

**SKRIPSI**  
**IMPLEMENTASI *FUZZY INFERENCE SYSTEM* (FIS)**  
**TIPE MAMDANI DAN SUGENO UNTUK PRAKIRAAN**  
**CUACA MENGGUNAKAN MATLAB**  
(Studi Kasus : BMKG Cilacap)



**Disusun Oleh :**

Nurkholis Makhfudz

NIM.18442011002

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU KOMPUTER**  
**UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI**  
**UNUGHA**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Saudara

Nama : Nurkholis Makhfudz  
NIM : 18442011002  
Fakultas/Prodi : Fakultas MIKOM/ Matematika  
Judul : IMPLEMENTASI *FUZZY INFERENCE SYSTEM* (FIS)  
TIPE MAMDANI DAN SUGENO UNTUK PRAKIRAAN  
CUACA DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB  
(Studi Kasus : BMKG Cilacap)

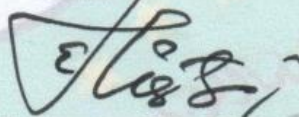
Telah disidangkan oleh Dewan Penguji Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap pada hari / tanggal :  
**Selasa, 25 Oktober 2022**

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata 1 (S.1) Matematika (MTK) Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer (FMIKOM) pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.

Cilacap, 25 Oktober 2022

Dewan Sidang

Ketua



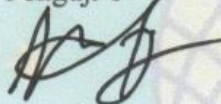
H. Edy Sulistiyanto, SH., M.Kom.  
NIDN. 0613065801

Sekretaris



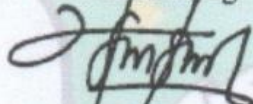
Riski Aspriyani, S.Pd., M.Pd  
NIDN. 0616118901

Penguji 1



Mizan Ahmad, M.Sc.  
NIDN. 0601099402

Pembimbing



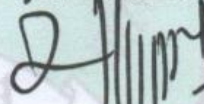
Eka Susiowati, M.Sc  
NIDN. 0724028901

Penguji 2



Lasidin, M.Kom.  
NIDN. 0605048602

Ass. Pembimbing



Riski Aspriyani, S.Pd., M.Pd  
NIDN. 0616118901

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer

H. Edy Sulistiyanto, SH., M.Kom.  
NIDN. 0613065801

## NOTA KONSULTAN

**(Mizan Ahmad, M.Sc.)**

Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap

---

Hal : Skripsi Saudara Nurkholis Makhfudz

Lampiran : -

Kepada :

Yth. Bapak Dekan FMIKOM

UNUGHA Cilacap

di-

Cilacap

**Assalamu'alaikum Wr.Wb.**

Setelah saya membaca, memeriksa dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka konsultan berpendapat bahwa skripsi saudara :

Nama : Nurkholis Makhfudz

NIM : 18442011002

Judul : Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeno untuk Prakiraan Cuaca Menggunakan Matlab (Studi Kasus : BMKG Cilacap).

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer (FMIKOM) pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Strata Satu (S1).

**Wassalamu'alaikum Wr.Wb.**

Cilacap, 07 November 2022

Konsultan



**Mizan Ahmad, M.Sc.**  
NIDN.0601099402

## NOTA PEMBIMBING

Cilacap, 24 Oktober 2022

Kepada Yth :

Kaprodi Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer (FMIKOM)

UNUGHA Cilacap

Di tempat

**Assalamu'alaikum Wr.Wb.**

Setelah Melakukan bimbingan, telaah, arahan dan koreksi tahap penulisan skripsi saudara :

Nama : Nurkholis Makhfudz

NIM : 18442011002

Fakultas : Matematika dan Ilmu Komputer

Program Studi : Matematika

Judul : Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Tipe

Mamdani dan Sugeno untuk Prakiraan Cuaca

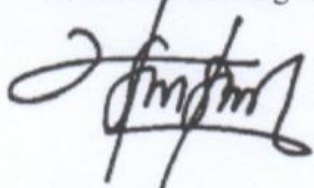
Menggunakan Matlab (Studi Kasus : BMKG Cilacap)

Kami berpendapat bahwa skripsi tersebut sudah dapat diajukan ke siding skripsi. Bersamaan ini kami kirimkan skripsi tersebut, semoga dapat segera disidangkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

**Wassalamu'alaikum Wr.Wb.**

**Mengetahui,**


Dosen Pembimbing I



**Eka Susilowati, M.Sc.**

NIDN. 0724028901

Dosen Pembimbing II



**Riski Aspriyani, M.Pd.**

NIDN.0616118901

## PERNYATAAN KEORISINILAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurkholis Makhfudz  
NIM : 18442011002  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Komputer  
Program Studi : Matematika  
Judul : Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Tipe Mamdani  
dan Sugeno untuk Prakiraan Cuaca Menggunakan Matlab  
(Studi Kasus : BMKG Cilacap)

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain yang telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai, apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap.

Cilacap, 24 Oktober 2022



Nurkholis Makhfudz  
NIM.18442011002

## **HALAMAN MOTO**

- ❖ Apabila kamu ingin meraih kesuksesan dan kebahagiaan, jangan bergantung kepada orang lain atau benda. Fokuslah pada tujuanmu karena tujuan tidak pernah berubah seperti manusia.
- ❖ Angkatlah kesedihan menjadi kekuatanmu. Tunjukkan pada dunia bahwa kamu kuat, bukan manusia lemah.

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT, atas limpahan karunianya yang luar biasa sehingga penuli mampu menyelesaikan skripsi ini. Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Orang tua saya Bapak Suwanto dan Ibu Sakiyem yang telah mendidik dan mengarahkan penulis, yang tidak pernah lelah memberikan doa, dan dukungan serta cinta kasih yang tiada henti.
2. Kakak saya Mba Rita Kurnia Dewi dan Mba Asih Beti Yulia Ningsih serta adik saya Abbas Ibnu Fadhilah yang selalu memberikan doa dan semangat, sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini.
3. Pembimbing saya Ibu Eka Susilowati, M.Sc dan Ibu Riski Aspriyani, M.Pd yang tidak pernah bosan dan lelah membimbing saya yang ndableg ini dalam menyelesaikan skripsi.
4. Sahabat saya #kitakankompak (Faesal Nur Riski, Wifqy Inayatul Illahy, Hana Yulia Dwi Anggraeni, Desti Setiawati, dan Soimah) yang selalu memberikan semangat, dukungan serta doa yang terus mengalir mengiringi setiap langkahku.
5. Sahabat gunung saya ( Alfin Nur Aziz, Meti, Rasmin, Vika, Yuni, Bathuk, Wildan, Ipul, dan lainnya yang pernah naik bareng) yang selalu memberikan semangat, dukungan serta doa yang terus mengalir mengiringi setiap langkahku.
6. Saudara saya (Lulu Luthfiah, Muhammad Ulil Firdaus, Rifan Nurul Hikmah, Jeni Fitri Awaliah, Muhammad Imam Baehaqi, Yuni Rahmawati, M Saiful Anam) yang selalu memberikan semangat dan dukungan doa disetiap langkahku.
7. Ponakan saya yang lucu (Muhammad Akhtarul Akmal), yang selalu menjadi motivasi saya untuk dapat segera menyelesaikan skripsi ini.
8. Keluarga FMIKOM yang selalu mendoakan, saling menghibur dan saling memberi semangat.

**IMPLEMENTASI *FUZZY INFERENCE SYSTEM* (FIS)  
TIPE MAMDANI DAN SUGENO UNTUK PRAKIRAAN CUACA  
MENGUNAKAN MATLAB**

(Studi Kasus : BMKG Cilacap)

Oleh : Nurkholis Makhfudz

NIM. 18442011002

**ABSTRAK**

Prakiraan cuaca merupakan salah satu kajian yang sangat menarik untuk dilakukan. Data mengenai cuaca juga sangat dibutuhkan di berbagai bidang kehidupan, sehingga membuat penulis tertantang untuk meneliti metode yang paling akurat dalam memprakirakan cuaca. Salah satu teknik pemodelan prakiraan cuaca adalah *Fuzzy Inference System* (FIS), dan metode FIS ini merupakan metode yang menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi.. Metode FIS terbagi menjadi tiga tipe yaitu Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Selain Teknik pemodelan, dalam memprakirakan cuaca juga harus memperhatikan beberapa fenomena yang berpengaruh terhadap cuaca, baik skala global, skala regional, atau skala lokal untuk parameter inputnya. Pada penelitian ini akan meneliti metode yang paling akurat antara metode FIS tipe Mamdani dan Sugeno dengan bantuan aplikasi *Matrix Laboratory* (MATLAB). Data diperoleh dari pihak BMKG Cilacap dan dari situs penyedia informasi parameter. Data yang digunakan ada 6 sebagai parameter inputnya yaitu Enso, DMI, MJO, SST, Tekanan, dan Kelembaban yang diambil dari bulan Juli 2021 sampai Juli 2022. Dengan menggunakan metode dan parameter input tersebut diperoleh hasil bahwa prakiraan cuaca dengan metode FIS tipe Mamdani studi kasus BMKG Cilacap memiliki tingkat akurasi sebesar 80,87% dan tingkat kesalahan sebesar 19,13%. Sedangkan untuk metode FIS tipe Sugeno menghasilkan tingkat akurasi sebesar 65,31% dan tingkat kesalahan sebesar 34,69%. Sehingga metode terbaik dalam memprakirakan cuaca studi kasus BMKG Cilacap adalah metode *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Mamdani.

Kata Kunci : Prakiraan Cuaca, *Fuzzy Inference System*, Mamdani, Sugeno, Matlab



**IMPLEMENTATION OF THE MAMDANI AND SUGENO TYPE  
FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS) FOR WEATHER  
FORECASTING USING MATLAB**

(Case Study : BMKG Cilacap)

By : Nurkholis Makhfudz

NIM. 18442011002

**ABSTRACT**

Weather forecasting is one of the most interesting studies to do. Weather data is also needed in various fields of life, thus making it challenging for writers to research the most accurate method of forecasting the weather. One of the weather forecasting modeling techniques is the Fuzzy Inference System (FIS), and this FIS method is a method that produces a high level of accuracy. The FIS method is the method that produces a higher level of accuracy. The FIS method is divided into three types, namely Mamdani, Sugeno, and Tsukamoto. In addition to modeling techniques, weather forecasting must also pay attention to several phenomena that affect the weather, either on a global scale, regional scale, or local scale for the input parameters. In this study, the most accurate method between the Mamdani and Sugeno FIS methods will be studied with the help of the Matrix Laboratory (MATLAB) application. The data was obtained from the Cilacap BMKG and the parameter information provider site. There are 6 data used as input parameters, namely Enso, DMI, MJO, SST, Pressure, and Humidity taken from July 2021 to July 2022. By using these methods and input parameters, the result is that the weather forecast using the FIS method, the Mamdani type, is a case study. BMKG Cilacap has an accuracy rate of 80,87% and an error rate of 19,13%. Meanwhile, the Sugeno-type FIS method produces an accuracy rate of 65,31% and an error rate of 34,69%. So the best method for forecasting the weather for the Cilacap BMKG case study is the Mamdani Fuzzy Inference System (FIS) method.

Keywords: Weather Forecast, Fuzzy Inference System, Mamdani, Sugeno, Matlab

## **KATA PENGANTAR**

**Assalamu'alaikum Warrohmatullah hiwabarokatuh**

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas karunia serta tuntunannya yang diberikan untuk kami sehingga dapat menyelesaikan PROPOSAL SKRIPSI dengan judul : Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeno untuk Prakiraan Cuaca Menggunakan Matlab. Proposal ini sengaja ditulis dengan tujuan untuk diseminarkan sebagai acuan untuk melakukan penelitian serta untuk melengkapi persyaratan dalam penulisan skripsi.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Proposal Skripsi ini baik berupa kritik, saran masukan maupun dukungan, diantaranya :

1. Bapak Edy Sulistyanto, M.Kom, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer.
2. Ibu Riski Aspriyani, M.Pd, selaku Kepala Program Studi Matematika
3. Ibu Eka Susilowati, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Orangtua serta keluarga yang selalu mendukung, memberikan motivasi, dan mendoakan tanpa henti.
5. Teman-teman Program Studi Matematika 2018 baik kelas regular maupun karyawan yang telah berjuang bersama dan saling mendukung satu sama lain.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih banyak kekurangan, baik mengenai bahan maupun teknik penulisan, hal ini disebabkan keterbatasan waktu, kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan.

**Wassalamu'alaikum Warohmatullah hiwabarokatuh.**

Cilacap,..... 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
NOTA KONSULTAN.....	ii
NOTA PEMBIMBING .....	iii
PERNYATAAN KEORISINILAN.....	iv
HALAMAN MOTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
<b>BAB I</b>	
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan .....	4
D. Batasan Masalah .....	5
E. Manfaat .....	5
<b>BAB II</b>	
LANDASAN TEORI.....	6
A. Cuaca .....	6
B. Peramalan .....	7
C. Skala Meteorologi.....	9
D. Logika Fuzzy .....	23
E. Fuzzy Inference System .....	30
F. Pengujian Sistem Fuzzy .....	34
G. Toolbox Fuzzy Pada MATLAB (Matrix Laboratory) .....	35
H. Penelitian Yang Relevan .....	37

<b>BAB III</b>	
<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>40</b>
<b>A. Jenis Penelitian .....</b>	<b>40</b>
<b>B. Sumber dan Jenis Data .....</b>	<b>40</b>
<b>C. Waktu dan Tempat Penelitian .....</b>	<b>40</b>
<b>D. Tahapan Penelitian.....</b>	<b>41</b>
<b>E. Alat Analisis Data.....</b>	<b>46</b>
<b>F. Prinsip Kerja FIS .....</b>	<b>47</b>
<b>BAB IV</b>	
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
<b>A. Pengumpulan Data.....</b>	<b>49</b>
<b>B. Variabel Yang Digunakan Dalam Pemodelan.....</b>	<b>50</b>
<b>C. Pengembangan Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe Mamdani         Dengan <i>Software</i> MATLAB R2020a.....</b>	<b>52</b>
<b>D. Pengembangan Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe Sugeno         Dengan <i>Software</i> MATLAB R2020a.....</b>	<b>65</b>
<b>E. Pembuatan Prototipe Model Prakiraan Cuaca Dengan Toolbox         <i>Graphich User Interface</i> (GUI) pada <i>Software</i> MATLAB R2020a.....</b>	<b>67</b>
<b>F. Pengujian Prototype Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe         Mamdani dan Sugeno .....</b>	<b>71</b>
<b>G. Analisis Hasil Data Pengujian Prototype Model Prakiraan Cuaca         Metode FIS Tipe Mamdani dan Sugeno.....</b>	<b>73</b>
<b>BAB V</b>	
<b>PENUTUP .....</b>	<b>76</b>
<b>A. Kesimpulan .....</b>	<b>76</b>
<b>B. Saran .....</b>	<b>77</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> <i>Tabel Perbandingan Tahapan Mamdani dan Sugeno</i> .....	<b>34</b>
<b>Tabel 2.2</b> <i>Tabel Penelitian Yang Relevan</i> .....	<b>37</b>
<b>Tabel 3.1</b> <i>Jadwal Penelitian</i> .....	<b>41</b>
<b>Tabel 4.1</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel Input dan Output</i> .....	<b>51</b>
<b>Tabel 4.2</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel ENSO</i> .....	<b>54</b>
<b>Tabel 4.3</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel DMI</i> .....	<b>55</b>
<b>Tabel 4.4.</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel MJO</i> .....	<b>56</b>
<b>Tabel 4.5</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel SST</i> .....	<b>58</b>
<b>Tabel 4.6</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel Tekanan</i> .....	<b>59</b>
<b>Tabel 4.7</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel RH</i> .....	<b>60</b>
<b>Tabel 4.8</b> <i>Himpunan Fuzzy Variabel Output Cuaca</i> .....	<b>62</b>
<b>Tabel 4.9</b> <i>Rangkuman Hasil Pengujian Prakiraan Cuaca Metode FIS</i> .....	<b>75</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Index El Nino Southern Oscillation</i> .....	12
Gambar 2.2 <i>Index Dipole Mode (DMI)</i> .....	14
Gambar 2.3 <i>Index Madden Julian Oscillation</i> .....	17
Gambar 2.4 <i>Index Sea Surface Temperature</i> .....	19
Gambar 2.5 <i>Representatif Kurva Linier Turun</i> .....	25
Gambar 2.6 <i>Representatif Kurva Linier Naik</i> .....	25
Gambar 2.7 <i>Representatif Kurva Segitiga</i> .....	26
Gambar 2.8 <i>Representatif Kurva Trapesium</i> .....	27
Gambar 2.9 <i>Representatif Kurva Gauss</i> .....	27
Gambar 2.10 <i>Representatif Kurva Cauchy</i> .....	28
Gambar 2.11 <i>Representatif Kurva Sigmoid</i> .....	28
Gambar 2.12 <i>Tampilan Awal Software MATLAB R2020a</i> .....	36
Gambar 3.1 <i>Analisis Data</i> .....	44
Gambar 3.2 <i>Tahapan Penelitian</i> .....	45
Gambar 3.3 <i>Blok Diagram Sistem FIS</i> .....	47
Gambar 3.4 <i>Rencana Prototype Prakiraan Cuaca</i> .....	48
Gambar 4.1 <i>Tampilan Command Window</i> .....	52
Gambar 4.2 <i>Tampilan FIS Editor Mamdanu</i> .....	53
Gambar 4.3 <i>Tampilan Fuzzy Logic Designer Mamdani</i> .....	53
Gambar 4.4 <i>Membership Function Variabel ENSO</i> .....	55
Gambar 4.5 <i>Membership Function Variabel DMI</i> .....	56

<b>Gambar 4.6</b>	<b><i>Membership Function Variabel MJO</i></b>	<b>57</b>
<b>Gambar 4.7</b>	<b><i>Membership Function Variabel SST</i></b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.8</b>	<b><i>Membership Function Variabel Tekanan</i></b>	<b>60</b>
<b>Gambar 4.9</b>	<b><i>Membership Function Variabel RH</i></b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.10</b>	<b><i>Membership Function Output Cuaca Metode Mamdani</i></b>	<b>63</b>
<b>Gambar 4.11</b>	<b><i>Rule Base Pada Software MATLAB R2020a</i></b>	<b>64</b>
<b>Gambar 4.12</b>	<b><i>Rule Viewer Pada Software MATLAB R2020a</i></b>	<b>64</b>
<b>Gambar 4.13</b>	<b><i>Surface Viewer Pada Software MATLAB R2020a</i></b>	<b>65</b>
<b>Gambar 4.14</b>	<b><i>Tampilan FIS Editor Sugeno</i></b>	<b>65</b>
<b>Gambar 4.15</b>	<b><i>Tampilan Fuzzy Logic Designer Sugeno</i></b>	<b>66</b>
<b>Gambar 4.16</b>	<b><i>Membership Function Output Cuaca Metode Sugone</i></b>	<b>66</b>
<b>Gambar 4.17</b>	<b><i>Tampilan Graphic User Interface</i></b>	<b>68</b>
<b>Gambar 4.18</b>	<b><i>Prototype Prakiraan Cuaca</i></b>	<b>68</b>
<b>Gambar 4.19</b>	<b><i>Pemanggilan Semua Variabel Input dan Output</i></b>	<b>69</b>
<b>Gambar 4.20</b>	<b><i>Prototype Prakiraan Cuaca Setelah Running</i></b>	<b>72</b>
<b>Gambar 4.21</b>	<b><i>Contoh Prototype Hasil Prakiraan</i></b>	<b>73</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Cuaca merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada waktu yang relative singkat, yang dinyatakan dengan nilai berbagai parameter seperti suhu, tekanan udara, kecepatan angin, kelembaban udara, dan berbagai fenomena atmosfer. Indonesia sendiri merupakan wilayah tropis, wilayah tersebut dikenal sebagai wilayah dengan kondisi atmosfer yang relative homogen. Walaupun homogen, tetapi terdapat beberapa perbedaan dalam beberapa hal, misalnya daerah paling basah maupun daerah paling kering. Hal tersebut terjadi karena ada faktor-faktor yang mempengaruhi cuaca, sehingga dalam melihat cuaca di Indonesia harus memperhatikan skala meteorologi yang terjadi yaitu skala global, skala regional dan skala lokal (Zakir, Sulistya & Khotimah, 2009).

Prakiraan cuaca merupakan salah satu kajian yang sangat menarik untuk dilakukan apalagi dengan kecerdasan buatan yang berkembang begitu pesat di masyarakat global saat ini. Pentingnya data cuaca di berbagai bidang seperti pertanian, transportasi, industri makanan, sistem di bandara, hingga semua aktifitas manusia yang bergantung dengan cuaca ini membuat para peneliti atmosfer tertantang untuk menemukan metode yang paling akurat dalam memprakirakan cuaca. Permasalahan yang dihadapi dalam prakiraan cuaca antara lain kondisi atmosfer berubah-ubah tidak stabil, terjadinya fenomena atmosfer, kesalahan pengukuran, data yang terlalu besar, dan pemahaman yang kurang mengenai prakiraan cuaca. Data mengenai cuaca tersedia secara open akses sehingga memudahkan untuk mencari metode terbaik dalam prakiraan cuaca. Metode dalam prakiraan cuaca sangat beragam tergantung pada ilmu pengetahuan dan teknologi lamapau dan kekinian, diantaranya adalah Teknik numerik (Jung & Matsueda, 2016)

Pemilihan metode dalam suatu penelitian merupakan bagian penting yang perlu diperhatikan. Metode untuk memprakirakan cuaca sendiri sangat bervariasi, dan sudah beberapa metode yang telah dilakukan untuk



memprakirakan cuaca oleh peneliti atmosfer atau cuaca. Walaupun beberapa metode telah dilakukan tetapi output yang dihasilkan belum terlalu akurat sehingga ini mendorong para peneliti untuk membuat prakiraan cuaca dengan metode lain yang menghasilkan keluaran output yang lebih akurat. Prakiraan cuaca adalah salah satu tugas dan tanggung jawab operasional untuk dilakukan oleh layanan meteorologi diseluruh dunia. Untuk di Indonesia sendiri lembaga yang menangani masalah meteorologi adalah BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika).

Teknik pemodelan prakiraan cuaca antara lain adalah *multiple regression* dan *fuzzy inference system* (FIS) yang telah banyak digunakan dalam beberapa penelitian, dan dalam beberapa penelitian tersebut model FIS menghasilkan presentase keakuratan lebih tinggi dibandingkan dengan regresi (Harmoko & Az, 2012) Model FIS sendiri terbagi menjadi tiga tipe yaitu tipe Mamdani, tipe Sugeno dan tipe Tsukamoto. Beberapa penelitian yang telah mengkaji permasalahan menggunakan metode FIS, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh (Widaningsih, 2017) yang menganalisis perbandingan teknik Fuzzy Tsukamoto, Mamdani, serta Sugeno sebagai pengambilan keputusan penentuan jumlah distribusi raskin yang dimana hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknik Fuzzy Sugeno adalah yang terbaik dari ketiga teknik fuzzy tersebut. (Irfan et al., 2018) juga melakukan penelitian mengenai perbandingan logika Fuzzy Tsukamoto, Mamdani, serta Sugeno untuk memperkirakan jumlah pendaftaran mahasiswa baru Fakultas Sains Teknologi, dimana hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode Fuzzy Mamdani paling efektif dari ketiga metode tersebut. (Puspita & Yulianti, 2016) yang menunjukkan hasil bahwa Logika Fuzzy dengan metode Sugeno sangat baik digunakan dalam peramalan cuaca. (Muliadi, 2015) yang menyatakan bahwa logia fuzzy tipe Mamdani sangat baik dipakai sebagai prakiraan cuaca karena akurasinya diatas 60%. (Mikha, 2018) dalam hasil penelitiannya menyatakan Metode fuzzy sugeno memiliki kemampuan peramalan paling baik dibandingkan yang lain dengan nilai MAPE sebesar 10,634%.

Selain pemilihan metode yang tepat, dalam menentukan kondisi cuaca pemilihan parameter yang digunakan juga sangat berpengaruh terhadap

keakuratan hasil prediksi. Dalam memprakirakan cuaca juga harus memperhatikan beberapa fenomena yang berpengaruh terhadap cuaca, baik skala global, skala regional, atau skala lokal. Parameter yang bisa digunakan dalam memprediksi cuaca sangat banyak, semakin banyak parameter yang digunakan maka semakin akurat hasil prakiraannya. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Harmoko & Az, 2012) mengenai prototipe model prediksi peluang kejadian hujan menggunakan metode fuzzy logic tipe mamdani dan sugeno, dimana dalam penelitian tersebut menggunakan 5 parameter input dari 3 skala yaitu skala global, regional dan lokal untuk memprakirakan cuaca.

Skala global meliputi dua fenomena yaitu fenomena *el nino/ la nina* (ENSO) dan fenomen dipole mode. Kedua fenomena tersebut merupakan fenomena meteorologi yang terjadi di lautan sehingga sangat berpengaruh terhadap perubahan cuaca di Indonesia yang merupakan negara kepulauan.

Skala Regional meliputi beberapa fenomena diantaranya *Madden Jullian Oscillation* (MJO), *Sea Surface Temperature* (SST), Monsun dan Gradien Angin Lapisan Atas. Berdasarkan buku Buletin Meteorologi BMKG, fenomena MJO dan SST merupakan fenomena meteorologi yang paling berpengaruh terhadap cuaca pada skala regional dibandingkan monsun dan gradien angin lapisan.

Skala lokal meliputi beberapa fenomena diantaranya labilitas udara, kondisi suhu, kelembaban, tekanan, arah angin dan jarak pandang. Pada skala lokal fenomena yang paling berpengaruh adalah labilitas udara dan suhu tetapi pada penelitian ini tidak akan menggunakan kedua fenomena tersebut sebagai parameter input dikarenakan untuk labilitas udara aplikasi yang digunakan untuk mengolah data yang didapat dari radio sonde mengalami gangguan sehingga output data yang dihasilkan kurang akurat. Untuk suhu sendiri pada penelitian ini sudah menggunakan suhu permukaan laut (SST) yang dimana SST ini lebih berpengaruh terhadap cuaca dibandingkan suhu udara permukaan. Karena sudah menggunakan suhu permukaan laut (SST), maka untuk suhu udara permukaan bisa diganti dengan parameter lain sebagai inputnya yaitu kelembaban udara (RH) dan Tekanan ( $\rho$ ).

Berdasarkan pengamatan dan studi literatur diatas, penulis memutuskan untuk meneliti metode FIS tipe mamdani dan sugeno untuk melakukan prakiraan cuaca studi kasus BMKG Cilacap dengan mengambil 6 parameter input dari 3 skala yaitu skala global, skala regional, dan skala lokal. Untuk skala global parameter yang diambil adalah *El Nino Southern Oscillation* (ENSO) dan *Dipole Mode Index* (DMI) sedangkan untuk skala regional parameter yang diambil adalah fenomena *Madden Julian Oscillation* (MJO) dan *Sea Surface Temperature* (SST). Skala Lokal menggunakan parameter Tekanan Udara dan Kelembaban Udara (RH), kemudian menentukan metode terbaik dari kedua metode tersebut.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penulisan ini adalah

1. Bagaimana penerapan metode FIS (*Fuzzy Inference System*) Tipe Mamdani dan Sugeno untuk menentukan model prakiraan cuaca studi kasus BMKG Cilacap?
2. Bagaimana *prototype* dari model prakiraan cuaca dengan metode FIS (*Fuzzy Inference System*) tipe Mamdani dan Sugeno?
3. Bagaimana prakiraan cuaca dengan menggunakan metode FIS (*Fuzzy Inference System*) tipe Mamdani dan Sugeno serta tingkat akurasinya?

#### **C. Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk melihat model prakiraan cuaca dengan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeni studi kasus BMKG Cilacap.
2. Untuk melihat prototipe dari model prakiraan cuaca metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeno.
3. Untuk melihat prakiraan cuaca harian dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeno serta tingkat akurasinya.

#### **D. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data dari 6 (enam) indikator/parameter dan data cuaca harian dari bulan Januari 2021 – Desember 2021 di Kabupaten Cilacap.
2. Indikator atau parameter yang digunakan dalam prediksi cuaca ada enam yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan Udara dan RH.
3. *Software* yang digunakan dalam prakirakan cuaca dengan metode FIS (*Fuzzy Infence System*) Tipe Mamdani dan Sugeno yaitu MATLAB R2020a.
4. Cuaca yang diprakirakan adalah cuaca harian di Kabupaten Cilacap.

#### **E. Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritik
  - a. Dapat digunakan sebagai sumber informasi atau bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.
  - b. Sebagai sarana untuk mengembangkan dan menerapkan ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Universitas Nahdhatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.
2. Manfaat Aplikatif

Dengan dibuatnya prototype model prakiraan cuaca menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeno akan memudahkan penggunaannya, karena orang yang menjalankan prototype tersebut tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana kerjanya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Cuaca**

Cuaca merupakan suatu keadaan atmosfer yang terjadi di tempat tertentu pada waktu tertentu atau pada waktu yang cukup singkat. Cuaca dan iklim merupakan dua kondisi yang hampir sama, hanya berbeda dalam kurun waktunya. Iklim merupakan keadaan atmosfer dalam wilayah yang luas dan jangka waktu yang sangat Panjang yaitu kurang lebih 30 tahun (Riadi & Nurmahaludin, 2012), berbeda dengan cuaca yang ditunjukkan pada wilayah yang sempit dan kurun waktu yang cukup singkat. Rotasi bumi menyebabkan setiap tempat mengalami perubahan cuaca dengan siklus waktu 24 jam, sedangkan revolusi bumi menyebabkan perubahan cuaca dan iklim secara teratur dalam jangka satu tahun.

Cuaca dan iklim memiliki perbedaan definisi yang saling berhubungan. Iklim akan mempengaruhi cuaca di suatu tempat, sedangkan cuaca yang terjadi akan dipengaruhi iklim dari tempat tersebut. Pada dasarnya cuaca adalah keadaan udara pada saat tertentu dan diwilayah tertentu yang relatif sempit dan pada jangka waktu yang singkat. Cuaca itu terbentuk dari gabungan unsur cuaca dan jangka waktu cuaca bisa hanya beberapa jam saja.

Sedangkan iklim merupakan keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang penyelidikannya dilakukan dalam waktu yang lama (minimal 30 tahun) dan meliputi wilayah yang luas. Iklim terbentuk karena adanya revolusi dan rotasi bumi sehingga terjadi pergeseran semu harian matahari dan tahunan, serta karena adanya perbedaan lintang geografi dan lingkungan fisis. Perbedaan ini menyebabkan timbulnya penyerapan panas matahari oleh bumi sehingga besar pengaruhnya terhadap kehidupan di bumi (Yonny Koesmaryono, 2011:13).

Keadaan cuaca adalah faktor utama keselamatan untuk dalam berbagai bidang kehidupan. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem teknologi yang bisa mengetahui keadaan cuaca nasional secara akurat. Teknologi satelit

penginderaan jauh adalah solusi untuk permasalahan tersebut. Satelit merupakan kebutuhan yang tidak bisa dihindari lagi pada saat sekarang ini.

Awan merupakan indikator utama dalam menentukan keadaan cuaca disuatu daerah dan masing-masing jenis awan mempunyai arti yang berbeda. Adanya awan cumulonimbus dengan bentangan awan yang cukup luas pada suatu daerah dapat diasumsikan sebagai indikasi keadaan cuaca buruk karena akan turun hujan lebat. Awan stratocumulus menandakan daerah tersebut cenderung hujan gerimis. Namun, sering kali awan ini merupakan tanda bahwa cuaca yang lebih buruk akan datang. Awan cirrus tidak membawa hujan, namun jika banyak terdapat awan cirrus di atmosfer merupakan tanda bahwa 24 jam kedepan akan terjadi perubahan cuaca.

## **B. Peramalan**

Peramalan berasal dari kata ramalan yang berarti suatu kondisi yang diperkirakan akan terjadi pada masa yang akan datang. Sedangkan peramalan adalah bentuk kegiatannya. Peramalan (*forecasting*) merupakan penggunaan data untuk menguraikan kejadian yang akan datang dalam menentukan sasaran yang dikehendaki, sedangkan prediksi (*prediction*) adalah estimasi sasaran yang akan datang dengan tingkat kemungkinan terjadi besar dapat diterima (Anggriana, 2015)

Peramalan yang baik merupakan pramalan yang dilakukan mengikuti Langkah-langkah atau prosedur yang baik. Menurut (Anggriana, 2015) pada dasarnya ada tiga langkah peramalan yang penting, yaitu:

1. Menganalisa data masa lalu
2. Menentukan metode yang digunakan
3. Memproyeksikan data yang lalu dengan menggunakan metode dan mempertimbangkan adanya beberapa factor perubahan.

(Heizer & Render, 2015) menyatakan klasifikasi peramalan berdasarkan pendekatan umum, yaitu :

1. Peramalan Kualitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kualitatif pada masa lalu. Hal ini penting karena hasil peramalan tersebut ditentukan berdasarkan pemikiran yang bersifat intuisi, pendapat dan

pengetahuan dari orang yang menyusunnya. Biasanya peramalan secara kualitatif ini didasarkan atas hasil penyelidikan.

2. Peramalan Kuantitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat sangat bergantung pada metode yang digunakan dalam peramala tersebut. Dengan metode yang berbeda akan diperoleh hasil peramalan yang berbeda. Baik tidaknya metode yang digunakan ditentukan oleh perbedaan atau penyimpangan antara hasil peramalan dengan kenyataan yang terjadi.

Berdasarkan penggambaran umum, peramalan yang akan saya lakukan adalah peramalan kuantitatif, untuk karena data yang akan saya gunakan dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif pada masa lalu.

Dilihat dari horizon waktu, peramalan diklasifikasikan kedalam tiga kategori yaitu :

1. Peramalan Jangka Pendek, peramalan ini memiliki rentang waktu sampai dengan satu tahun, tetapi kurang dari tiga bulan.
2. Peramalan Jangka Menengah, kisaran menengah atau *immediate*, peramalan umumnya mencakup rentang waktu dari tiga bulan hingga tiga tahun.
3. Peramalan Jangka Panjang, umumnya tiga tahun atau lebih dalam rentang waktunya.

Berdasarkan horizon waktu, peramalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peramalan jangka pendek. Karena, peramalan ini memiliki rentang waktu sampai dengan satu tahun, tetapi kurang dari tiga bulan atau lebih tepatnya prakiraan cuaca harian.

Prakiraan cuaca merupakan salah satu kajian yang sangat menarik untuk dilakukan apalagi dengan kecerdasan buatan yang berkembang begitu pesat di masyarakat global saat ini. Pentingnya data cuaca di berbagai bidang seperti pertanian, transportasi, industri makanan, sistem di bandara, hingga semua aktifitas manusia yang bergantung dengan cuaca ini membuat para

peneliti atmosfer tertantang untuk menemukan metode yang paling akurat dalam memprakirakan cuaca. Permasalahan yang dihadapi dalam prakiraan cuaca antara lain kondisi atmosfer berubah-ubah tidak stabil, terjadinya fenomena atmosfer, kesalahan pengukuran, data yang terlalu besar, dan pemahaman yang kurang mengenai prakiraan cuaca. Data mengenai cuaca tersedia secara open akses sehingga memudahkan untuk mencari metode terbaik dalam prakiraan cuaca. Metode dalam prakiraan cuaca sangat beragam tergantung pada ilmu pengetahuan dan teknologi lamapau dan kekinian, diantaranya adalah Teknik numerik (Jung & Matsueda, 2016)

Wilayah tropis dikenal sebagai wilayah dengan kondisi atmosfer yang relative homogen. Walaupun homogen, tetapi terdapat beberapa perbedaan dalam beberapa hal, misalnya daerah paling basah maupun daerah paling kering. Hal tersebut terjadi karena ada factor-faktor yang mempengaruhi cuaca, sehingga dalam melihat cuaca di Indonesia harus memperhatikan skala meteorologi yang terjadi (Zakir, Sulistya & Khotimah, 2009).

### **C. Skala Meteorologi**

Skala meteorologi yang mempengaruhi cuaca antara lain : skala global yaitu fenomena ENSO (*El-Nino Southern Oscillation*) dan DMI (*Dipole Mode Index*), Skala Regional yaitu SST (*Sea Surface Temperature*) dan fenomena MJO (*Madden Julian Oscillation*), serta skala local yaitu kelembapan udara (RH) dan Tekanan Udara.

#### **1. Skala Global**

Skala global / *planetary* adalah fenomena meteorologi yang terjadi pada periode 1 (satu) minggu dengan jarak 1000 kilometer (KM) hingga 40000 kilometer (KM). Skala global meliputi dua fenomena yaitu fenomena *el nino/ la nina* (ENSO) dan fenomen dipole mode. Pada penelitian ini akan menggunakan fenomena ENSO dengan indeks ONI dan fenomena *Dipole Mode* sebagai parameter input, dikarenakan kedua fenomena tersebut terjadi di lautan dan sangat berpengaruh terhadap perubahan cuaca di Indonesia yang dimana Indonesia sendiri merupakan negara kepulauan.



#### a. Fenomena ENSO

Enso merupakan singkata dari *El Nino Southern Oscillation*. Fenomena ENSO terdiri dari tiga fase yaitu El Nino, La Nina dan Netral. ENSO sendiri merupakan fenomena alam berupa fluktuasi suatu suhu muka laut disekitar bagian tengah dan timur ekuator Samudera Pasifik yang berinteraksi dengan perubahan kondisi atmosfer diatasnya. Fluktuasi suhu muka laut tersebut kemudian akan menghasilkan episode El Nino, La Nina dan fase Netral yang berevolusi secara bergantian.

Fluktuasi suhu muka laut pada Samudera Pasifik pada saat fase El Nino dan fase La Nina membentuk pola naik turun yang terlihat seperti sebuah osilasi. Fluktuasi suhu muka laut tersebut akan berkaitan dengan pada pola tekanan udara yang diamati pada Darwin dan Tahiti di mana kedua kota ini berada di Bumi Belahan Selatan (BBS). Maka para ahli menyebut fenomena yang berkaitan dengan dinamika suhu muka laut dan atmosfer serta fase el nino dan la nina dengan istilah *El Nino Southern Oscillation* yang disingkat ENSO.

Untuk mengetahui fenomena ENSO digunakan beberapa indeks, yaitu ONI (*Oceanic Nino Index*) dan SOI (*Southern Oscilation Index*). ONI didasarkan pada Suhu Permukaan laut (SPL) dari rata-rata di wilayah Nino 3.4, dan merupakan ukuran utama untuk memantau, menilai dan memprediksi ENSO. Sedangkan penentuan indeks SOI didasarkan pada perbedaan tekanan udara permukaan laut antara Tahiti dan Darwin (Zakir)

WMO menyebutkan fenomena ENSO dengan fase El Nino dan fase La Nina di dalamnya merupakan faktor terbesar yang mempengaruhi pola iklim pada berbagai belahan dunia. Namun Kemajuan ilmu pengetahuan dalam memahami dan memodelkan ENSO telah meningkatkan kemampuan prediksi guna mengantisipasi bencana yang ditimbulkan seperti kekeringan ataupun banjir.

### **i. ENSO – Fase Netral**

Pada fase netral disebut juga kondisi normal dari ENSO, di mana tidak terjadi El Nino maupun La Nina. Pada fase ENSO netral atau normal, suhu muka laut, pola hujan kawasan tropis dan sirkulasi atmosfer berada dalam kondisi rata-ratanya. Selama fase normal Enso, angin pasat berhembus secara konstan ke arah barat dari kawasan Pasifik timur sepanjang ekuator. Hembusan angin pasat yang dikenal juga sebagai sirkulasi Walker timuran ini menghasilkan juga arus laut yang mengarah ke barat. Desakan angin dan arus laut ini menyebabkan muka laut di sekitar Indonesia naik sekitar 50 cm lebih tinggi dibanding muka laut di wilayah Peru.

Fase Enso Netral merupakan fase normal iklim di kawasan ini karena periode terjadinya lebih dari setengah dari total periode terjadinya fase netral, fase El Nino dan fase La Nina. Pada fase netral, dinamika atmosfer akan dikendalikan oleh faktor iklim yang lain. Selama fase Enso Netral, suhu muka laut di barat Pasifik akan selalu lebih hangat dari bagian timur Pasifik. Umumnya suhu laut yang relatif lebih dingin di Pasifik Timur menyebabkan iklim yang lebih kering di kawasan tersebut.

### **ii. ENSO – Fase La Nina**

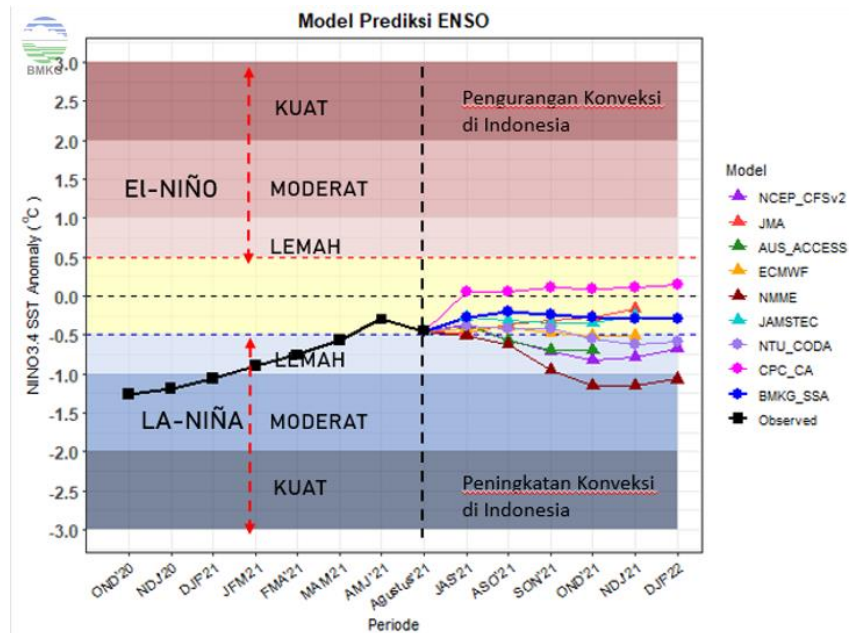
Fase La Nina disebut fase Enso dingin (*Cold Phase*). Ada juga yang menyebut La Nina sebagai fase Enso normal yang diperkuat. Hal ini karena pada fase La Nina hembusan angin pasat dari Pasifik timur ke arah barat sepanjang ekuator menjadi lebih kuat dari biasanya. Menguatnya angin pasat yang mendorong massa air laut ke arah barat, maka di Pasifik timur suhu muka laut menjadi lebih dingin. Hal ini karena kekosongan massa air laut yang berpindah ke barat, diisi oleh massa air laut yang lebih dingin dari bagian bawah lautan Pasifik timur. Dengannya maka episode La Nina disebut juga fase dingin dari Enso tersebut.

La Nina umumnya memberi dampak berupa peningkatan curah hujan di kawasan ekuator barat Pasifik termasuk Indonesia

dan potensi kekeringan di kawasan ekuator timur Pasifik. Peningkatan curah hujan di bagian barat Pasifik karena adanya peningkatan sistem konvektif. Peningkatan sistem konvektif karena desakan dari pasat timuran yang menggeser sistem konvektif yang biasanya ada di ekuator tengah Pasifik ke arah barat Pasifik hingga wilayah perairan Indonesia bagian tengah dan timur.

### iii. ENSO – Fase El Nino

Fase El Nino disebut juga sebagai fase Enso hangat. Fase El Nino ini merupakan anomali iklim dari kondisi normal. Angin pasat yang biasa berhembus dari timur ke barat melemah. Pelemahan ini dikaitkan dengan meluasnya suhu muka laut yang hangat di timur dan tengah Pasifik. Naiknya suhu muka laut di Pasifik Timur menyebabkan perubahan pada sirkulasi atmosfer. Hingga saat ini masih belum terjawab penyebabnya meningkatnya suhu muka laut di kawasan ekuator bagian timur Pasifik



Gambar 2.1 Index El Nino Southern Oscillation

Perubahan sirkulasi atmosfer pada fase El Nino dipicu menurunnya tekanan udara di timur Pasifik dan sebaliknya di barat Pasifik tekanan udara justru meningkat. Pusat konvektif bergeser ke Pasifik tengah karena Walker timuran melemah dan Walker barat menguat menuju wilayah konvektif. Karena perubahan sirkulasi

atmosfer oleh sebab itu fase El Nino disebut juga fase kebalikan dari kondisi Enso Netral dan juga La Nina.

Di Indonesia kemunculan El Nino dikaitkan dengan terjadinya kemarau panjang sebagaimana yang terjadi pada tahun 1997 dan 2015. Sebaliknya di wilayah Amerika Selatan terjadi peningkatan curah hujan.

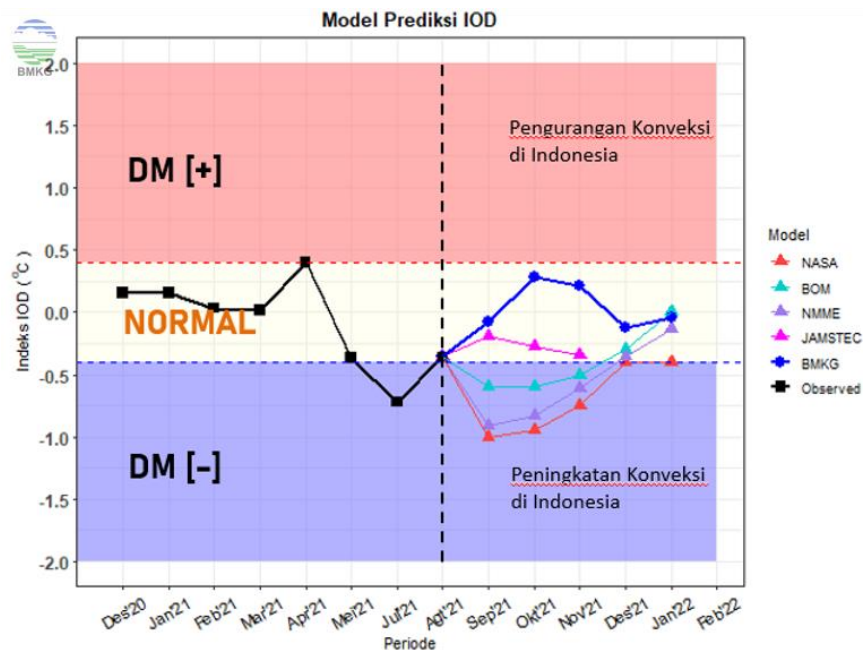
#### **b. Fenomena Dipole Mode**

Dipole Mode adalah sebutan populer dari *Indian Ocean Dipole*. *Dipole mode* disingkat DM merupakan fenomena yang mirip dengan ENSO tetapi terjadi di Samudera Hindia. Peristiwa dipole mode ditandai adanya perbedaan anomali suhu permukaan laut (SPL) antara Samudera Hindia tropis bagian barat (50 oE – 70 oE, 10 oS – 10 oN) dengan Samudera Hindia tropis bagian timur (90 oE – 110 oE, 10 oS – ekuator). Anomali SPL ini memiliki kondisi yang lebih dingin dari normal dan muncul dipantai barat Sumatera (Samudera Hindia bagian timur), sementara di Samudera Hindia bagian barat terjadi pemanasan dari biasanya.

Para ahli meteorologi berpendapat bahwa fenomena dipole mode merupakan hasil atau model interaksi antara atmosfer dan laut. Dari model tersebut dijelaskan bahwa timbulnya Dipole Mode didahului oleh pasat tenggara di atas lautan India bagian selatan dan timur yang kuat dan bertiup terus-menerus dalam suatu kurun waktu. Tiupan yang terus-menerus tersebut menimbulkan tegangan (stress) muka air laut sehingga terjadi penumpukan massa laut dan panas di bagian barat. Bersamaan dengan anomali suhu muka laut di lautan India khatulistiwa yang demikian, daerah golakan yang biasanya terdapat di bagian timur yang panas bergeser ke barat . Sebaliknya ketika angin pasat lemah angin banyak bertiup dari arah barat atau baratdaya sehingga terjadi pengumpulan massa dan panas di bagian timur. Tetapi dari pandangan oseanografi penurunan suhu muka laut di bagian timur lautan India khatulistiwa karena timbulnya massa laut naik atau upwelling yang berawal di lautan sebelah selatan Nusa

Tenggara Barat kemudian menjalar ke barat sehingga suhu muka laut di bagian timur lautan India sekitar khatulistiwa lebih dingin dibandingkan di bagian barat; sebaliknya apabila terjadi mass laut turun atau downwelling massa laut panas di bagian barat bergeser ke timur sehingga di bagian barak lebih dingin dibandingkan di bagian timur.

Fenomena dipole mode tersebut merupakan fenomena hasil interaksi antara atmosfer dan laut. Oleh karena itu dipole mode berkaitan dengan sistem peredaran atmosfer. Karena peredaran atmosfer merupakan salah satu komponen dalam sistem cuaca maka dipole mode juga berkaitan dengan cuaca. Seperti yang sampai kini telah diketahui, di sepanjang khatulistiwa terdapat sistem peredaran yang dalam potongan arah vertikal berbentuk sel-sel. Sistem tersebut dikenal dengan sistem peredaran Walker sesuai dengan nama penemunya (Gilbert Walker 1924).



Gambar 2.2 Index Dipole Mode Index

Dapat kita lihat bahwa dipole mode berkaitan erat dengan peredaran Walker di atas kawasan khatulistiwa lautan India antara Afrika dan Indonesia yang juga dikenal dengan peredaran Walker barat. (note: yang di atas Pasifik dikenal juga dengan peredaran

Walker timur). Dalam kondisi rata-rata (normal) peredaran Walker barat mempunyai komponen angin barat di bagian bawah dan komponen angin timur di bagian atas, serta komponen vertikal ke atas di bagian timur dekat Indonesia dan komponen vertikal ke bawah di bagian barat dekat Afrika. Dalam daerah komponen vertikal ke atas udara cenderung bergerak ke atas dan cenderung menimbulkan awan-awan golakan dan menimbulkan banyak hujan.

Dalam waktu timbul dipole positif pusat panas terdapat di bagian barat dan menimbulkan banyak awan dan hujan di bagian timur Afrika serta kekeringan di Indonesia. Kekeringan tersebut terjadi karena angin pasat tenggara yang kuat dan bertiup melalui lautan yang dingin sehingga udara pasat yang bersifat mantap (*stable*) bertambah mantap dengan adanya pendinginan di bagian bawah. Bila terjadi pasat tenggara lemah terjadi dipole mode negatif yang ditandai dengan daerah panas terdapat di bagian timur. Suhu laut yang tinggi tersebut mendorong bertambah banyaknya penguapan air laut sehingga pembentukan awan golakan di bagian timur tersebut menjadi lebih banyak. Selanjutnya dapat menimbulkan fenomena lain berupa pusaran di dekat sebelah barat Sumatra. Lebih lanjut Toshio Yamagata, Ashok Karumuri, dan Guan Zhaoyong, menunjukkan bahwa Dipole Mode tersebut berkaitan pula dengan Monsun India dan ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) yang terdapat di Pasifik.

Dipole mode dibagi menjadi menjadi DM(+) dan DM (-). DM(+):anomali SPL Samudera Hindia tropis bagian barat lebih besar daripada di bagian timurnya akibatnya terjadi peningkatan curah hujan dari normalnya di pantai timur Afrika dan Samudera Hindia bagian barat sedangkan di Benua Maritim Indonesia (BMI) mengalami penurunan curah hujan dari normalnya yang menyebabkan kekeringan. DM(-):Fenomena yang berlawanan dengan kondisi DM(+) seperti yang dikemukakan Ashok et al., (2001a).

## 2. Skala Regional

Skala Regional atau Synoptik adalah fenomena meteorologi yang terjadi pada periode 1 (satu) hari sampai dengan 1 (satu) minggu dengan jarak 100 (seratus) kilometer (KM) hingga 5000 (lima ribu) kilometer (KM). Skala Regional meliputi beberapa fenomena diantaranya *Madden Julian Oscillation (MJO)*, *Sea Surface Temperature (SST)*, Monsun dan Gradien Angin Lapisan Atas. Berdasarkan buku Buletin Meteorologi BMKG, fenomena MJO dan SST merupakan fenomena meteorologi yang paling berpengaruh terhadap cuaca pada skala regional dibandingkan monsun dan gradien angin lapisan, sehingga pada penelitian ini akan menggunakan kedua fenomen tersebut sebagai parameter input.

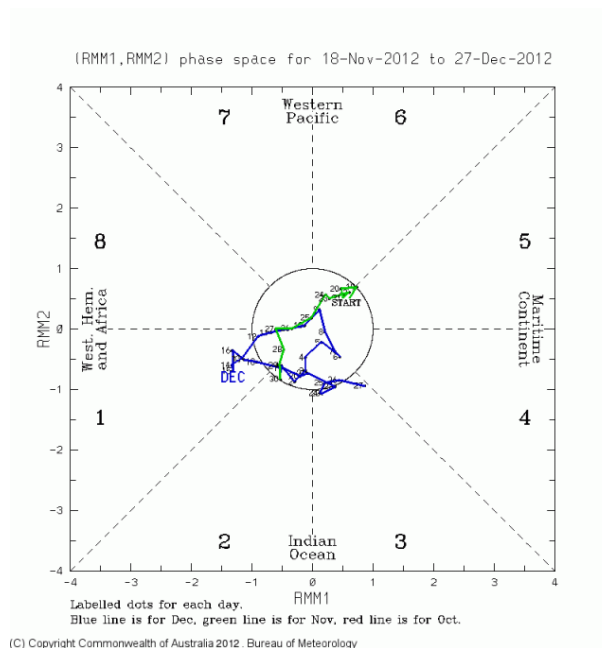
### a. Fenomena Madden Julian Oscillation

*Madden Julian Oscillation* merupakan elemen variabilitas intramusiman terbesar (30 hingga 90 hari) pada kondisi atmosfer tropis. MJO diketahui pada tahun 1971 oleh Roland Madden dan Paul Julian dari *American National Center for Atmospheric Research (NCAR)*. Osilasi ini merupakan gabungan sirkulasi atmosfer dengan skala besar antara sirkulasi atmosfer dan konveksi dalam pada iklim tropis. Berbeda halnya dengan *El Nino Southern Oscillation*, Madden Julian Oscillation merupakan pola perpindahan yang menyebar ke arah timur dengan kecepatan sekitar 4 hingga 8 m/s (14 hingga 29 km/jam, 9 hingga 18 mph), melalui atmosfer di atas bagian hangat dari samudra Hindia dan Pasifik. Pola sirkulasi keseluruhan ini mengejawantahkan dirinya dengan jelas sebagai curah hujan yang tidak normal.

Madden Julian Oscillation ditandai dengan perkembangan ke arah timur dari wilayah besar dari kedua curah hujan tropis yang ditingkatkan dan ditekan, yang khususnya diamati di atas Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Curah hujan yang tidak normal ini biasanya pertama kali terlihat di Samudra Hindia bagian barat, dan tetap berpengaruh nyata karena merambat di perairan Samudera Pasifik barat dan tengah yang sangat hangat. Pola curah hujan tropis ini kemudian menjadi tidak signifikan ketika bergerak di atas perairan samudera yang

lebih dingin di bagian Pasifik timur (kecuali di wilayah perairan yang lebih hangat di lepas pantai barat Amerika Tengah); tetapi kadang-kadang muncul kembali pada amplitudo rendah di atas Atlantik tropis dan amplitudo yang lebih tinggi di atas Samudera Hindia. Fase basah akibat peningkatan konveksi dan curah hujan diikuti oleh fase kering di mana aktivitas badai petir ditekan. Setiap siklus berlangsung sekitar 30–60 hari. Karena polanya seperti ini, *Madden Julian Oscillation* juga dikenal sebagai osilasi 30 - 60 hari, gelombang 30 - 60 hari, atau osilasi intramusiman.

Dampak yang teridentifikasi dari penjalaran MJO secara global terhadap kondisi cuaca pada periode Juni-Juli-Agustus adalah : (1) Perubahan periode basah dan kering; (2) Perubahan *Monsoon*; (3) Perubahan aktivitas siklon tropis. Dampak yang teridentifikasi dari penjalaran MJO secara global terhadap kondisi cuaca pada periode Desember-Januari-Februari adalah : (1) Perubahan periode basah dan kering; (2) Perluasan *plume* kelembapan tropis hingga ke lintang yang lebih tinggi dan mengakibatkan hujan lebat di *midlatitude*; (3) Perubahan *monsoon*; (4) Perubahan aktivitas siklon tropis; (5) Perubahan ENSO melalui Gelombang Kelvin di laut.



Gambar 2.3 *Index Madden Julian Oscillation*



Kemunculan MJO dicirikan dengan pertumbuhan kumpulan gugusan awan Cumulonimbus (Cb) di atas Samudera Hindia yang bergerak ke arah timur sepanjang ekuator mengelilingi bumi, dan memberi pengaruh pada variabilitas iklim dan cuaca di daerah tropis, sehingga MJO merupakan variasi iklim yang paling dominan terjadi di daerah tropis. Daerah yang dilalui MJO akan mengalami peningkatan suhu muka laut seiring dengan perjalanan arus laut ke timur yang nantinya akan berdampak padatingginya penguapan air laut. Terjadinya pergerakan uap air secara vertikal dan membentuk beberapa Cluster awan hujan. Awan ini mengandung air sangat banyak serta mempunyai periode ulang 30 sampai 60 hari yang berarti dalam kisaran waktu tersebut terjadi peningkatan hujan di Kawasan-kawasan yang dilaluinya.

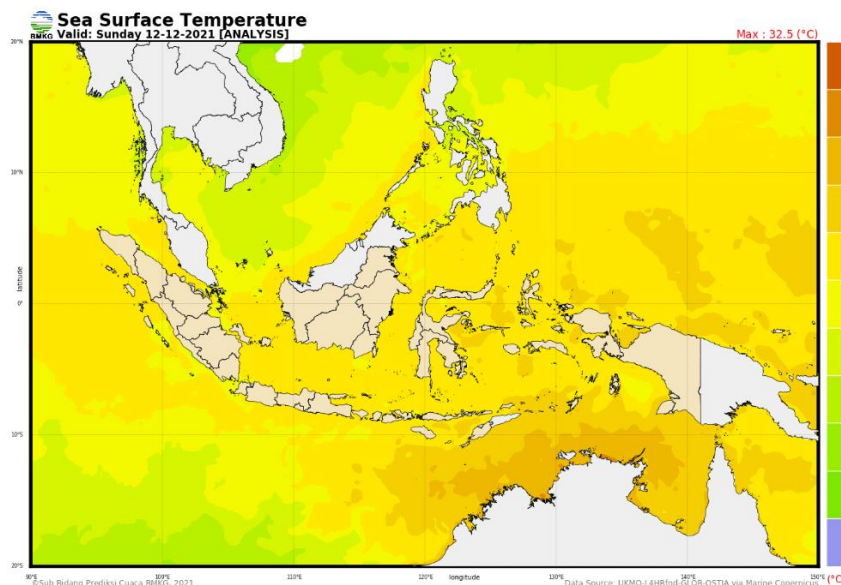
Salah satu cara untuk mendeteksi MJO adalah dengan menganalisa fasenya menggunakan Diagram Hovmoller, pada umumnya siklus MJO di bagi menjadi 8 fase yakni : (1) Fase 1 di Afrika; (2) Fase 2 di Samudera Hindia bagian barat; (3) Fase 3 di Samudera Hindia bagian timur; (4) Fase 4 di Benua Maritim Indonesia; (5) Fase 5 di Benua Maritim Indonesia; (6) Fase 6 di Kawasan Pasifik Barat; (7) Fase 7 di Pasifik Tengah; (8) Fase 8 di daerah belahan bumi bagian barat dan Afrika.

Pada fase 3,4,dan 5 mengindikasikan adanya potensi konvektif dalam skala besar di wilayah Indonesia, sehingga dapat berkontribusi cukup signifikan terhadap pembentukan awan dan hujan, terutama jika didukung dengan nilai intensitasnya yang cukup tinggi. Fase 3 dan 4 menunjukkan signifikansi fenomena MJO di wilayah Indonesia bagian barat dan tengah, sedangkan fase 5 menunjukkan signifikansi MJO di wilayah Indonesia bagian timur.

#### **b. Sea Surface Temperature**

Sea Surface Temperature disingkat SST adalah suhu perairan yang memiliki jarak dekat dengan permukaan lautan. Arti dari permukaan bisa berbeda, disesuaikan dengan metode pengukuran, tetapi ada di

antaranya 1 milimeter dan 20 meter di bawah permukaan laut. Massa udara di atmosfer bumi dimodifikasi oleh suhu permukaan laut dalam jarak terdekat dari pantai. Suhu permukaan laut yang hangat penyebab terjadinya siklogensis tropis di samudra bumi, dan topan tropis menyebabkan terjadinya udara dingin, karena adanya gejala pencampuran suhu 30 meter (100 ft) di atas permukaan laut. Variasi suhu permukaan laut akan lebih sedikit ketika arus angin lebih besar dibandingkan keadaan lebih tenang atau angin lebih sedikit. Selain itu, arus laut seperti *Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO)*, dapat meengaruhi suhu permukaan laut pada skala waktu multi-dekade. Temperatur laut yang berkaitan dengan kandungan panas laut, topik yang sangat penting dalam studi pemanasan global.



Gambar 2.4 *Index Sea Surface Temperature*

Sea Surface Temperature merupakan salah satu parameter oseanografi yang penting. SST di perairan Indonesia berkisar antar  $26^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  C, lapisan termoklin berkisar antara  $9^{\circ}$  C -  $26^{\circ}$  C dan lapisan dalam berkisar antara  $2^{\circ}$  C -  $8^{\circ}$  C (Soegiarto, 1976). Sebaran SST dapat digunakan sebagai salah satu indikator penting terjadinya *upwelling* yaitu kenaikan massa air laut dari suatu lapisan dalam ke lapisan permukaan sehingga suhu permukaan laut diperairan tersebut lebih dingin dibandingkan sekitarnya. Tingginya nilai SST di perairan Indonesia disebabkan oleh posisi geografi Indonesia yang terletak di

wilayah ekuator yang merupakan daerah penerima panas matahari terbanyak.

Kondisi permukaan laut di daerah tropis umumnya hangat dengan variasi suhu tahunan rendah. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap aktivitas konveksi yang tinggi. Sedangkan laut merupakan sumber uap air utama untuk segala proses yang ada di atmosfer. Daerah tropis menjadi penting pada sistem iklim global karena pemanasan yang kuat dan terungkapnya fluktuasi iklim jangka waktu tahunan maupun interdecadal yang mempengaruhi iklim global serta berdampak sosioekonomi pada daerah tersebut atau wilayah yang lebih luas. Salah satu akibat adanya perubahan SST di daerah tropis yang telah diteliti yaitu berubahnya curah hujan.

Rata-rata suhu laut berada pada  $26.5^{\circ}\text{C}$  ( $79.7^{\circ}\text{F}$ ) mencakup angka minimal di kedalaman 50 - meter merupakan satu prekursor yang dibutuhkan untuk mempertahankan siklon tropis. Tingkat kehangatan pada air ini diperlukan untuk mempertahankan inti hangat sebagai bahan bakar pada sistem tropis. Nilai ini jauh di atas  $16.1^{\circ}\text{C}$  ( $60.9^{\circ}\text{F}$ ), suhu rata-rata permukaan lautan global dalam jangka Panjang.

### **3. Skala Lokal**

Skala Lokal adalah fenomena meteorologi yang terjadi pada 1 (satu) menit sampai dengan 1 (satu) jam dengan jarak 1 (satu) kilometer (KM) hingga 100 (serratus) kilometer (KM). Skala lokal meliputi beberapa fenomena diantaranya labilitas udara, kondisi suhu, kelembaban, tekanan, arah angin dan jarak pandang.

Pada skala lokal fenomena yang paling berpengaruh adalah labilitas udara dan suhu tetapi pada penelitian ini tidak menggunakan kedua fenomena tersebut sebagai parameter input dikarenakan untuk labilitas udara aplikasi yang digunakan untuk mengolah data yang didapat dari radio sonde mengalami gangguan sehingga output data yang dihasilkan kurang akurat. Untuk suhu sendiri pada penelitian ini sudah menggunakan suhu permukaan laut (SST) yang dimana SST ini lebih berpengaruh terhadap cuaca dibandingkan suhu udara dilihat dari negara Indonesia yang sebagian

besar merupakan lautan sehingga fenomena yang terjadi di lautan memiliki pengaruh yang besar terhadap cuaca di Indonesia.

**a. Tekanan Udara (P)**

Tekanan Udara ialah tekanan yang diberikan udara setiap satu satuan luas dalam bidang datar permukaan bumi sampai batas atmosfer. Tekanan udara dibatasi oleh ruang dan waktu, dalam waktu dan tempat yang berbeda maka tekanannya berbeda pula.

Tekanan udara (atmosfer) merupakan salah satu parameter yang diamati oleh observer (pengamat cuaca) ketika melakukan pengamatan udara permukaan atau *synoptic observation* dan juga merupakan salah satu unsur cuaca terpenting yang dibutuhkan dalam memprediksi cuaca.

Tekanan sebenarnya di sebuah tempat dan pada satu waktu akan berbeda tergantung pada ketinggian, suhu dan kerapatan udara (air density) Perubahan tekanan udara (atmosfer) akan mempengaruhi pergerakan dalam atmosfer yaitu pergerakan vertikal dari arus naik dan turun serta pergerakan horizontal dalam bentuk angin. Kedua tipe pergerakan ini sangat penting karena keduanya mempengaruhi perubahan cuaca. Dengan mengamati gejala tekanan pada cakupan daerah yang luas, prakirawan cuaca akan bisa lebih akurat memprakirakan pergerakan sistem tekanan dan cuaca yang berhubungan dengannya.

Contohnya, jika ada sebuah pola tekanan yang meningkat di sebuah stasiun pengamatan cuaca biasanya menunjukkan bahwa cuaca yang baik akan terjadi sesaat kemudian. Sebaliknya, penurunan tekanan atau jatuhnya tekanan secara cepat biasanya menunjukkan bahwa cuaca buruk dan kemungkinan ada hujan atau badai akan terjadi. Tekanan yang diberikan sebanding dengan massa udara vertikal yang terdapat di atas permukaan tersebut sampai pada batas ketinggian lapisan atmosfer terluar. Hal ini yang membuat tekanan udara (atmosfer) di setiap tempat berbeda menurut ketinggian dari tempat tersebut. Meningkatnya ketinggian menyebabkan berkurangnya jumlah molekul udara. Oleh

karena itu, tekanan udara (atmosfer) menurun seiring meningkatnya ketinggian.

b. **Kelembaban Udara (RH)**

Kelembaban udara adalah kandungan uap air yang ada di dalam udara. Jumlah uap air yang ada dalam udara ini sebenarnya hanya sebagian kecil dari seluruh atmosfer. Kira-kira sekitar 2 persen dari jumlah massa. Akan tetapi, uap air tersebut merupakan salah satu komponen udara yang sangat penting, ditinjau dari segi cuaca dan iklim. Uap air dalam atmosfer bisa berubah bentuk menjadi cair atau padat, yang pada akhirnya bisa jatuh ke bumi atau kita kenal sebagai hujan. Kelembaban udara yang cukup besar pada suatu wilayah, memberikan petunjuk bahwa udara di wilayah tersebut banyak mengandung uap air atau udara dalam keadaan basah.

Kelembaban udara cenderung lebih tinggi ketika siang hari. Hal tersebut terjadi karena ada penambahan uap air hasil evapotranspirasi dari permukaan. Evapotranspirasi terjadi karena tanah menyerap radiasi sinar matahari selama siang hari. Sedangkan ketika malam hari, akan berlangsung proses kondensasi atau pengembunan dengan memanfaatkan uap air yang berasal dari udara. Oleh karena itu, kandungan uap air di udara dekat permukaan tersebut akan berkurang.

Dalam buku *Klimatologi Pertanian* (2019) karya Gunardi Djoko Winarno, Sugeng P. Harianto, dan Trio Santoso, dijelaskan bahwa ada tiga jenis kelembaban udara, yaitu:

- i. Kelembaban relatif Kelembaban relatif menunjukkan perbandingan jumlah uap air di udara dengan jumlah uap air maksimum yang bisa dikandung oleh udara pada suhu yang sama. Kelembaban relatif dinyatakan dalam satuan presentase. Jumlah kelembaban relatif paling besar adalah 100 persen.
- ii. Kelembaban absolut (mutlak) Kelembaban absolut merupakan massa uap air yang berada dalam satu satuan udara. Kelembaban ini dinyatakan dalam satuan gram per meter kubik. Kelembaban

absolut dipengaruhi oleh suhu udara di sekitarnya karena berkaitan dengan kekuatan udara dalam menampung uap air.

- iii. Kelembaban spesifik Kelembaban spesifik adalah perbandingan massa uap air di udara dengan satuan massa di udara. Kelembaban ini dinyatakan dalam satuan gram atau kilogram.

## **D. Logika Fuzzy**

### **1. Pengertian**

Logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali pada tahun 1965 oleh Prof Lutfi A. Zadeh seorang peneliti di Universitas California di Berkeley dalam bidang ilmu komputer. Professor Zadeh beranggapan logika benar salah tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, kemudian dikembangkanlah logika *fuzzy* yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia. Perbedaan antara logika tegas dan logika *fuzzy* terletak pada keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Jika dalam logika tegas suatu elemen mempunyai dua pilihan yaitu terdapat dalam himpunan atau bernilai 1 yang berarti benar dan tidak pada himpunan atau bernilai 0 yang berarti salah. Sedangkan dalam logika *fuzzy*, keanggotaan elemen berada di interval  $[0,1]$ .

### **2. Himpunan Tegas**

Himpunan tegas adalah suatu kumpulan dari obyek-obyek yang didefinisikan secara jelas. Artinya obyek-obyek tersebut dapat ditentukan dengan jelas keberadaannya. Obyek yang ada dalam himpunan itu disebut elemen atau anggota himpunan. Pada umumnya, himpunan disimbolkan dengan alfabet kecil. Notasi " $a \in A$ " dibaca  $a$  anggota himpunan  $A$  dan notasi " $a \notin A$ "  $a$  bukan anggota himpunan  $A$  (Susilo, 2006). Suatu elemen himpunan tegas  $A$  (misal  $a$ ) hanya mempunyai dua kemungkinan, yaitu termasuk dan tidak termasuk pada himpunan  $A$ . Dua kemungkinan tersebut direpresentasikan pada bilangan biner 0 dan 1. Jika  $a \in A$  maka elemen tersebut bernilai 1. Jika  $a \notin A$  maka elemen tersebut bernilai 0. Nilai atau derajat keanggotaan suatu himpunan tegas dinotasikan dengan  $\mu(x)$ . Jika  $x$  termasuk dalam

himpunan  $A$  maka  $\mu(x) = 1$ , dan jika sebaliknya maka  $\mu(x) = 0$  (Kusumadewi, 2002).

### 3. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan perkembangan dari himpunan tegas. Himpunan tegas adalah himpunan yang nilai keanggotaan dari elemennya hanya mempunyai dua kemungkinan derajat keanggotaan yaitu :

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

dengan  $\mu_A$  adalah fungsi karakteristik dari himpunan  $A$ . Sedangkan pada himpunan *fuzzy* derajat keanggotaan untuk setiap elemennya terletak dalam interval  $[0,1]$ .

### 4. Fungsi Keanggotaan

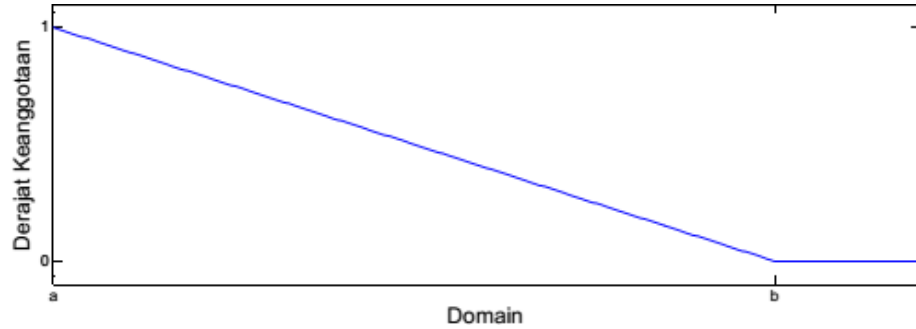
Fungsi keanggotaan merupakan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Kusumadewi, 2004). Fungsi keanggotaan inilah yang membedakan himpunan *fuzzy* dengan himpunan tegas. Fungsi keanggotaan dapat direpresentasikan dengan berbagai cara, namun yang paling umum dan banyak dipakai dalam sistem yang dibuat berdasarkan logika *fuzzy* adalah representasi secara analitik.

Pemodelan yang tepat dibutuhkan karena model *fuzzy* sensitif terhadap jenis pendeskripsian himpunan *fuzzy*. Terdapat berbagai jenis pendeskripsian himpunan *fuzzy*, namun fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian penulis yaitu representasi linier, segitiga, trapesium, gauss, bentuk lonceng dan signoid (Setiadji, 2009)

#### a. Representatif Linear

Representasi paling sederhana dalam fungsi keanggotaan yaitu representasi linier yang digambarkan sebagai suatu garis lurus. Keadaan himpunan *fuzzy* linier ada dua. Pertama, himpunan

mengalami penurunan dari derajat keanggotaan satu bergerak ke kanan menuju derajat keanggotaan yang lebih rendah menuju nol.



Representasi kurva linier turun dapat dilihat pada gambar 2.5.

Gambar 2.5 *Representatif Kurva linier turun*

Fungsi keanggotaan kurva linier turun:

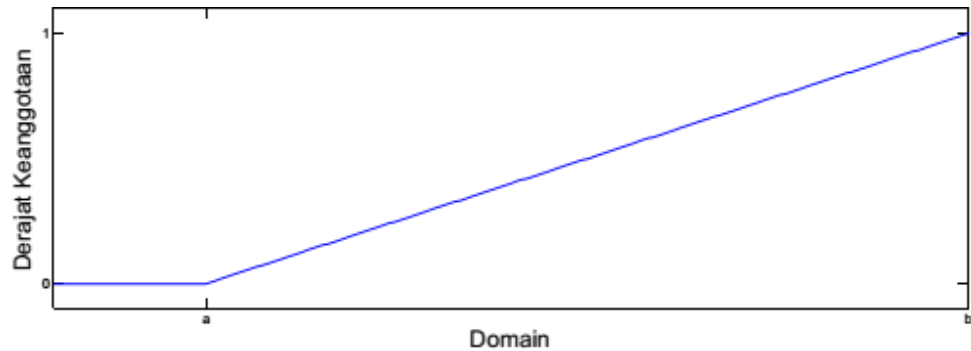
$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$a$  = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

$b$  = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

Kedua, himpunan mengalami kenaikan dari derajat keanggotaan nol bergerak ke kanan menuju derajat keanggotaan yang lebih tinggi menuju satu. Representasi kurva linier naik dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Representatif Kurva linier naik*

Fungsi keanggotaan kurva linier naik:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x < b \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$



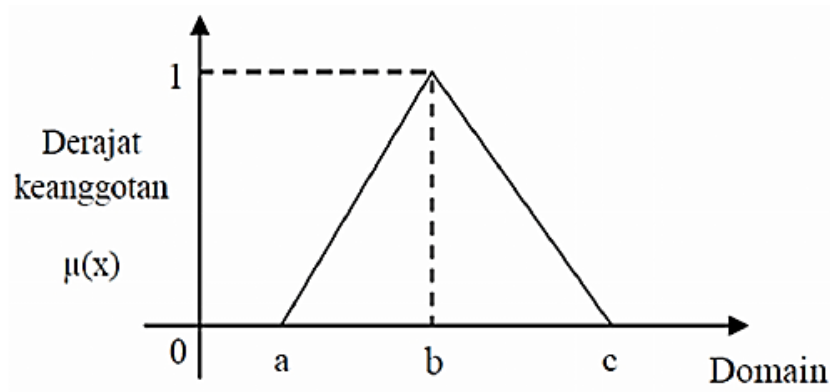
Keterangan :

$a$  = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

$b$  = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

### b. Representatif Segitiga

Representasi kurva segitiga mempunyai tiga buah parameter, yaitu  $a, b, c \in \mathbb{R}$  dengan  $a < b < c$ . Representasi kurva segitiga dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Representasi Kuva Segitiga

Fungsi keanggotaan kurva segitiga :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x < c \end{cases} \quad (2.4)$$

Keterangan :

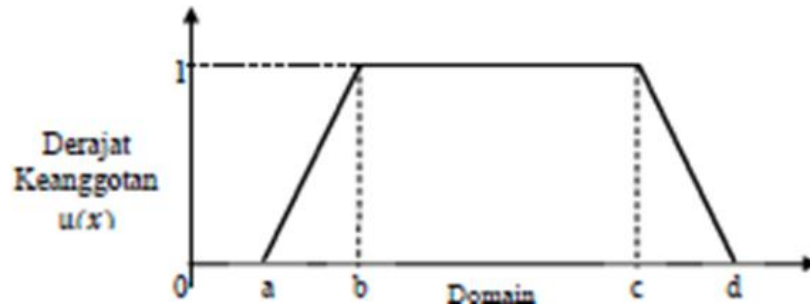
$a$  = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

$b$  = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

$c$  = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

### c. Representatif Trapesium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan. Representasi kurva trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan kurva trapesium :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x < d \\ 1, & b \leq x < c \end{cases} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$a$  = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

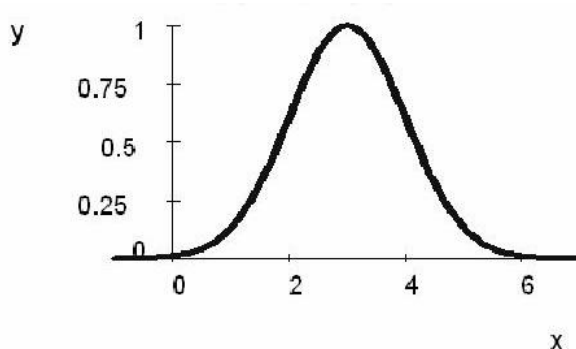
$b$  = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

$c$  = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

$d$  = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

#### d. Representatif Kurva Gauss

Representatif kurva gauss adalah fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dengan dua buah parameter  $a, b \in \mathbb{R}$ . Representasi kurva gauss bisa dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Representatif Kurva Gauss

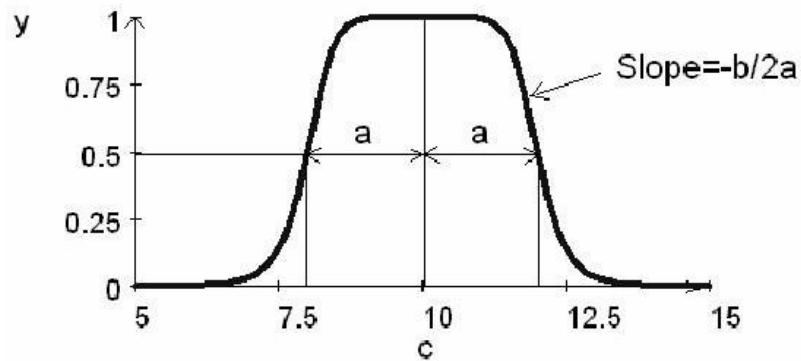
Fungsi keanggotaan kurva gauss :

$$\mu_A(x) = e^{-\left[\frac{x-a}{b}\right]^2} \quad (2.6)$$

Dimana  $x = a$  adalah pusat dan  $b$  menentukan lebar dari fungsi keanggotaan gauss tersebut.

**e. Representatif Kurva Bentuk Lonceng/Cauchy (*Generalized Bell*)**

Representatif kurva bentuk lonceng/cauchy (*generalized bell*) adalah fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dengan tiga buah parameter  $a, b, c \in \mathbb{R}$ . Representasi kurva bentuk lonceng bisa dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Representatif Kurva Cauchy

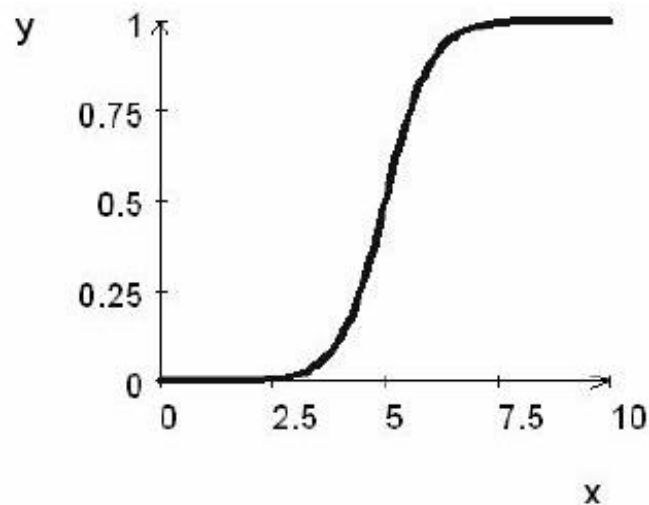
Fungsi keanggotaan kurva bentuk lonceng :

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (2.7)$$

Dimana  $x=c$  adalah pusat,  $a$  menentukan lebar, dan  $b$  menentukan kemiringan (*slope*) di titik silang dari fungsi keanggotaan Cauchy.

**f. Representatif Kurva Sigmoid**

Representatif kurva sigmoid adalah fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dengan dua buah parameter  $a, b \in \mathbb{R}$ . Representasi kurva sigmoid dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Representatif Kurva Sigmoid

Fungsi keanggotaan kurva sigmoid :

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}} \quad (2.8)$$

Dimana  $a$  menentukan kemiringan fungsi keanggotaan sigmoid tersebut di titik silang  $x=c$ .

## 5. Operasi Pada Himpunan Fuzzy

Operasi dasar pada himpunan *fuzzy* ada tiga, yaitu: komplemen, gabungan, dan irisan. Berikut definisi dari ketiga operasi tersebut:

### Definisi 2.1. Operasi dasar komplemen (Klir, 1997:90)

Diberikan himpunan fuzzy  $A$  pada himpunan semesta  $U$ , komplemen dari himpunan fuzzy  $A$  adalah  $\bar{A}$  atau  $A^c$  didefinisikan sebagai

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x), \forall x \in U \quad (2.9)$$

### Definisi 2.2. Operasi dasar gabungan (Klir, 1997:92)

Diberikan himpunan semesta  $U$  dan dua himpunan fuzzy  $A$  dan  $B$  pada  $U$ . Operasi dasar gabungan  $A$  dan  $B$  ditulis  $A \cup B$  didefinisikan dengan

$$\mu_{(A \cup B)}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)], \forall x \in U \quad (2.10)$$

### Definisi 2.3. Operasi dasar irisan (Klir, 1997: 93)

Diberikan dua himpunan fuzzy  $A$  dan  $B$  pada himpunan semesta  $U$ . Operasi dasar irisan  $A$  dan  $B$  ditulis  $A \cap B$  didefinisikan dengan

$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)], \forall x \in U \quad (2.11)$$

Operator dasar gabungan bisa disimbolkan dengan  $\cup$  atau ditulis dengan “OR” sedangkan operator dasar irisan bisa disimbolkan dengan  $\cap$  atau ditulis dengan “AND”.

## 6. Sistem Fuzzy

Sistem *fuzzy* merupakan sistem berdasarkan aturan himpunan *fuzzy*. Beberapa keistimewaan sistem *fuzzy* (Wang, 1997) yaitu:

- a. Sistem *fuzzy* cocok digunakan pada sistem pemodelan karena variabelnya bernilai real.
- b. Sistem *fuzzy* menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan *fuzzy* jika-maka yang bersumber dari pengalaman manusia.
- c. Terdapat berbagai pilihan dalam menentukan *fuzzifier* dan *defuzzifier* sehingga dapat diperoleh sistem *fuzzy* yang paling sesuai dengan model.

Elemen dasar dalam sistem fuzzy (Wang, 1997) :

- a. Basis kaidah (*rule base*), berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar.
- b. Mekanisme pengambil keputusan (*inference engine*), merupakan bagaimana para pakar mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*).
- c. Proses fuzzifikasi (*fuzzification*), yaitu mengubah nilai dari himpunan tegas ke nilai *fuzzy*.
- d. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*), yaitu mengubah nilai *fuzzy* hasil inferensi menjadi nilai tegas.

## E. Fuzzy Inference System

### i. Metode Mamdani

Metode Mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode ini merupakan metode yang paling sederhana dan paling sering digunakan untuk penelitian dibandingkan metode yang lain. Input dan output pada metode mamdani berupa himpunan *fuzzy* (Kusumadewi, 2002). Metode Mamdani menggunakan fungsi implikasi min dan agregasi max sehingga metode Mamdani juga disebut dengan metode MIN-MAX (*min-max inferencing*). Untuk mendapatkan output, dalam metode mamdani terdapat 4 tahapan :

- a. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (Fuzzifikasi)

Menentukan semua variabel yang akan digunakan untuk masing-masing variabel input, tentukan fungsi fuzzifikasi yang sesuai. Pada metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

- b. Pembentukan aturan dasar *fuzzy*

Aturan yang digunakan pada himpunan *fuzzy* adalah aturan *if-then*. Aturan *fuzzy IF-THEN* merupakan pernyataan yang direpresentasikan dengan

$$IF < \text{proposisi fuzzy} > THEN < \text{proposisi fuzzy} >$$

Proposisi *fuzzy* dibedakan menjadi dua, proposisi *fuzzy atomic* dan proposisi *fuzzy compound*. Proposisi *fuzzy atomic* adalah pernyataan *single* dimana  $x$  sebagai variabel linguistik dan  $A$  adalah himpunan *fuzzy* dari  $x$ . Proposisi *fuzzy compound* adalah gabungan dari proposisi *fuzzy atomic* yang dihubungkan dengan operator “*or*”, “*and*”, dan “*not*” (Wang, 1997).

c. Komposisi aturan

Komposisi aturan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan apabila sistem terdiri dari beberapa aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu:

i. Metode Max (*Maximum*)

Pada metode max ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap preposisi.

ii. Metode *Additive* (*Sum*)

Pada metode *Additive* ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah *fuzzy*.

iii. Metode Probabilistik OR (*Probor*)

Pada metode probabilistik OR ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah *fuzzy*.

d. Penegasan (*Defuzzifikasi*)

Defuzzifikasi merupakan proses yang berkebalikan dengan proses pada fuzzifikasi. (Wang, 1997) mendefinisikan defuzzifikasi sebagai pemetaan dari himpunan *fuzzy* ( $B$ ) ke himpunan tegas. Himpunan *fuzzy* yang dimaksud disini adalah hasil *output* yang diperoleh dari hasil inferensi. Pada proses defuzzifikasi ada tiga

kriteria yang harus dipenuhi yaitu masuk akal, perhitungannya sederhana dan kontinu. Berikut adalah beberapa metode yang digunakan untuk proses defuzzifikasi (Kusumadewi, 2002).

i. Metode *Centroid*

Metode *Centroid* disebut juga metode *Center of Gravity* atau metode pusat luas (*Center of Area, CoA*). Proses defuzzifikasi pada metode *Centroid* adalah dengan mengambil nilai titik pusat ( $x^*$ ) dari daerah pada fungsi keanggotaan  $B$ . Rumus metode *centroid* (Wang, 1997).

Selain mudah dalam perhitungan, keuntungan menggunakan metode *centroid* adalah nilai *defuzzy* bergerak halus sehingga perubahan dari suatu topologi himpunan *fuzzy* ke topologi himpunan *fuzzy* berikutnya juga bergerak secara halus.

ii. Metode Bisektor

Metode bisektor mengambil nilai pada domain himpunan *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy* sebagai solusi tegas.

iii. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

iv. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

v. Metode *Smallest of Maximum* (SOM)

Solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

Dari beberapa metode defuzzifikasi tersebut, yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode *centroid*.

**ii. Metode Sugeno**

Berbeda dengan metode Mamdani, metode Sugeno juga menggunakan himpunan *fuzzy* pada inputnya. Akan tetapi, *output* yang

digunakan pada metode Sugeno adalah konstanta atau persamaan linier. Metode ini pertama kali dikenalkan oleh Takagi- Sugeno Kang pada tahun 1985 (Kusumadewi, 2002). Jika pada metode Mamdani proses defuzzifikasi menggunakan agregasi daerah kurva, maka pada metode Sugeno agregasi berupa singleton-singleton. Sama halnya dengan metode mamdani, metode Sugeno juga terdapat 4 tahapan untuk memperoleh *output* yaitu :

a. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (Fuzzifikasi)

Menentukan semua variabel yang akan digunakan. Untuk masing-masing variabel *input*, tentukan fungsi fuzzifikasi yang sesuai. Pada metode sugeno, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

b. Pembentukan aturan dasar *fuzzy*

Menyusun aturan-aturan implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan hubungan antara variabel *input* dan variabel *output*. Pada metode fuzzy Sugeno *output* sistem tidak berupa himpunan *fuzzy* tetapi berupa konstanta atau persamaan linier (Lukanto, Djoko, 2000).

c. Komposisi aturan

Komposisi aturan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan apabila sistem terdiri dari beberapa aturan. Komposisi pada logika fuzzy Sugeno metode yang digunakan sama dengan pada logika Mamdani yaitu metode Max (*maximum*). Perbedaan hanya terdapat pada daerah hasilnya yang berupa konstanta.

d. Penegasan (Defuzzifikasi)

Pada proses penegasan ini *output* berupa bilangan *crisp*. *Defuzzification* dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya.



Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Tahapan Mamdani dan Sugeno

	Fuzzifikasi	Pembentukan Aturan Dasar	Komposisi Aturan	Defuzzifikasi	Output
Mamdani	Menentukan semua variabel yang akan digunakan untuk masing-masing variabel <i>input</i>	Aturan yang digunakan pada himpunan <i>fuzzy</i> adalah aturan <i>if-then</i>	Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu <i>maximum</i> , <i>additive</i> , probabilistic OR. Dalam penelitian ini menggunakan metode <i>maximum</i> .	Ada 5 metode dalam defuzzifikasi yaitu <i>centroid</i> , bisector, MOM, LOM, SOM. Pada penelitian ini menggunakan metode <i>centroid</i> .	Himpunan Fuzzy
Sugeno	Menentukan semua variabel yang akan digunakan untuk masing-masing variabel <i>input</i>	Aturan yang digunakan pada himpunan <i>fuzzy</i> adalah aturan <i>if-then</i>	Komposisi pada logika fuzzy Sugeno metode yang digunakan sama dengan pada logika Mamdani yaitu metode Max ( <i>maximum</i> )	Pada proses penegasan ini <i>output</i> berupa bilangan <i>crisp</i> . <i>Defuzzification</i> dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya ( <i>Weighted Average</i> ).	Konstanta

#### F. Pengujian Sistem Fuzzy

Tahap pengujian dilakukan untuk menguji apakah diagnosis yang dilakukan sudah sesuai atau belum. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menghitung keakurasian sistem. Keakurasian sistem didapat dari perbandingan antara hasil jumlah data yang sesuai dengan kenyataan dengan jumlah seluruh data. Secara matematis dapat dinyatakan dengan formula (Ramdhany, 2006):

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Jumlah seluruh data}}$$

Kesalahan pada sistem didapat berdasarkan data masukan. Besar kesalahan dapat diketahui dengan cara:

$$\text{Kesalahan} = 100\% - \text{Akurasi}$$

Sistem *fuzzy* dengan tingkat keakurasian yang tinggi dianggap mampu mewakili diagnosis suatu permasalahan. Dalam hal ini, Kesamaan output model pada penelitian dengan pengamatan cuaca yang dilakukan oleh observer. Misalnya observasi menyatakan hujan ringan, sementara prediksi menghasilkan output hujan ringan – hujan sedang.

## **G. Toolbox Fuzzy Pada Matlab (*Matrix Laboratory*)**

### **1. Pengertian MATLAB**

Matlab (*Matrix Laboratory*) merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi. Matlab digunakan untuk komputasi, visualisasi dan pemrograman. Matlab telah digunakan oleh peneliti-peneliti dari berbagai wilayah di dunia. Sampai saat ini program-program pada matlab masih terus diperbaharui. Pemrograman pada Matlab sering digunakan untuk pengembangan algoritma matematika dan pengembangan, pensisteman, simulasi dan prototype, analisis, eksplorasi dan visualisasi data, scientific dan engineering, pengembangan aplikasi berbasis grafik dan pembuatan *Graphical User Interface* (GUI).

### **2. Fuzzy Logic Toolbox**

*Fuzzy Logic Toolbox* adalah sekumpulan tool yang membantu dalam merancang model fuzzy untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang. *Fuzzy logic toolbox* menyediakan lima tools untuk keperluan rancang bangun FIS (Putra et al., 2018):

#### *a. Fuzzy Inference System (FIS) Editor*

Merupakan tampilan awal pada *toolbox fuzzy*. Cara menampilkannya adalah dengan menuliskan fuzzy pada *command window*. Pada FIS editor hal yang harus diperhatikan adalah memilih inferensi fuzzy yang diinginkan.

#### *b. Membership Function*

Berfungsi mengedit tiap fungsi keanggotaan pada *input (anteseden)* dan *output (konsekuen)*, atau klik *input* atau *output* dua kali.

c. *Rule Editor*

Berfungsi untuk mengedit aturan yang akan atau telah disusun. Cara menampilkan rule editor adalah klik edit – rules.

d. *Rule Viewer*

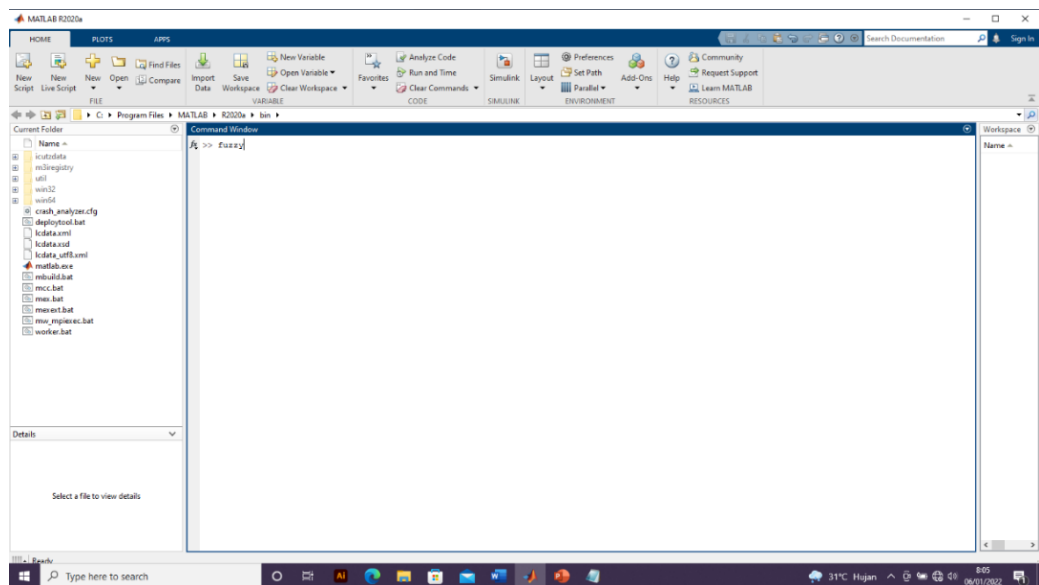
Berfungsi untuk menampilkan grafik input dan output. *Rule viewer* juga digunakan untuk memetakan tiap input sehingga diketahui hasil *output* berdasarkan data masukan. Cara menampilkan rule viewer dengan klik *view – rules* atau klik *ctrl+5*.

e. *Surface Viewer*

Berfungsi untuk menampilkan hasil pemetaan semua variabel input ke variabel *output*. Cara memanggil tampilan ini adalah dengan mengklik *view-surface* atau klik *ctrl+6*.

### 3. *Graphical User Interface (GUI)*

GUI adalah suatu media visual yang membuat pengguna memberikan perintah tertentu pada komputer tanpa menyetik perintah tersebut, tetapi menggunakan gambar yang tersedia (Vicky, 2012: 1). Keunggulan GUI Matlab yaitu GUI dapat dimunculkan dari Matlab dengan mengetikkan *guide* pada *command window* lalu pilih *Blank GUI (Default)* untuk menampilkan halaman baru.



Gambar 2.12 Tampilan Awal Software MATLAB R2020a

## H. Penelitian Yang Relevan

Studi pustaka merupakan kajian dari buku, skripsi, majalah, jurnal, internet dan lain-lain yang digunakan sebagai referensi yang terkait dengan variabel penelitian yang relevan dengan hasil penelitian lain. Adapun penelitian serupa yang dapat diasumsikan memiliki relevansi dengan penelitian ini adalah :

Tabel 2.2 Tabel Penelitian Yang Relevan

No	Judul	Hasil Penelitian	Perbedaan
1	Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i> Tipe Mamdani dan Sugeno (Harmoko, I.W., & Az, N. Jurnal TICOM; Vol.1, No.1, 2012)	Hasil dari penelitian ini adalah Model <i>fuzzy logic</i> Tipe Mamdani lebih handal dibandingkan Tipe Sugeno untuk memprakirakan cuaca pada semua musim.	Menggunakan 5 parameter cuaca sebagai input yaitu (SOI, SST, MJO, LI dan RH) sedangkan penulis menggunakan 6 parameter input (ENSO, DMI, SST, MJO, Tekanan Udara, RH)
2	Perancangan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika <i>Fuzzy</i> (Puspita, E. S., & Yulianti, L. Jurnal Media Infotama; Vol.12, No.1, 2016)	Logika <i>Fuzzy</i> dengan Metode Sugeno sangat baik digunakan karena akurasi di atas 60%	Logika <i>Fuzzy</i> dengan Metode Sugeno, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan Metode Mamdani dan Sugeno
3.	Analisa Teknik <i>Fuzzy Logic</i> Mamdani Untuk Menentukan Prakiraan Cuaca (Harahap, Munandar, A. Jurnal Fisika : Seri Konferensi; Vol.1783, No.1, 2020)	Logika <i>Fuzzy</i> Tipe Mamdani sangat baik dipakai sebagai prakiraan cuaca karena akurasi di atas 60%	Logika <i>Fuzzy</i> Tipe Mamdani, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan Tipe Mamdani dan Sugeno
4	Analisa Perbandingan Metode Sugeno dan Mamdani Dalam Sistem Prediksi Cuaca (Mahmud, Z. Jurnal Informatika, 2016)	Metode sugeno menghasilkan akurasi lebih besar dibandingkan dengan metode mamdani yaitu sebesar 76,67%	Menggunakan 5 parameter input (suhu, tekanan, kelembaban, kecepatan angin, intensitas cahaya), sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan 6 parameter input (ENSO, DMI, SST, MJO, Tekanan Udara, RH)

5	Prediksi Nilai Ekspor Sepatu Kulit HS 6403 Ke Jepang Dengan Metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto (Rohimah, L. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer; Vol.4, No.2, Februari 2019)	Metode <i>fuzzy</i> mamdani paling dekat dengan hasil sebenarnya dengan tingkat error 7%.	Logika <i>Fuzzy</i> tipe Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto untuk prediksi nilai ekspor sepatu kulit HS 6403 ke Jepang, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis hanya menggunakan tipe Mamdani dan Sugeno untuk memprakirakan cuaca
6	<i>Fuzzy</i> Mamdani dan <i>Fuzzy</i> Tsukamoto Untuk Kesesuaian Prediksi Pemberian Kelayakan Pinjaman (Studi Kasus : Sentra Gadai) (Hadinegoro, A. INFOS Journal; Vol.3, No.2, November 2020)	Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani memiliki tingkat kesesuaian cukup tinggi yaitu 90% dibanding tsukamoto yaitu 70%.	Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani dan Tsukamoto untuk kesesuaian prediksi pemberian kelayakan pinjaman, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis hanya menggunakan tipe Mamdani dan Sugeno untuk memprakirakan cuaca
7	Perbandingan Logika <i>Fuzzy</i> Tsukamoto, Sugeno serta Mamdani untuk Memperkirakan Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Teknologi (Irfan, M., Ayuningtias, L. P., & Juaidi, J. Jurnal Teknik Informatika; Vol.10, No.1, 2017)	Metode <i>fuzzy</i> mamdani lebih direkomendasikan dalam memperkirakan jumlah pendaftar mahasiswa baru Fakultas Sains Teknologi	Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto untuk memprakirakan jumlah pendaftar mahasiswa baru, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis hanya menggunakan tipe Mamdani dan Sugeno untuk memprakirakan cuaca
8	Analisis Perbandingan Teknik <i>Fuzzy</i> Tsukamoto, Mamdani, serta Sugeno sebagai Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur (Widianingsih, S. Jurnal Ilmu	Dari ketiga metode hanya metode sugeno yang nilai t statistiknya masuk daerah trima, maka metode sugeno yang dipilih untuk pengambilan keputusan penerima raskin yang dilakukan oleh Bulog Cianjur.	Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto untuk pengambilan keputusan penentuan jumlah distribusi raskin, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis hanya menggunakan tipe Mamdani dan Sugeno untuk memprakirakan cuaca

	Manajemen dan Informatika; Vol.11, No.1, 2017)		
9	Sistem Peramalan Cuaca dengan <i>Fuzzy Mamdani</i> ( Studi Kasus : BMKG Lasiana) (Welu, I. H., Rumlaklak, N.D., & Boru M. Jurnal Komputer dan Informatika; Vol.8, No.2, 2020)	Sistem yang dibangun menggunakan <i>Fuzzy Mamdani</i> dapat melakukan prakiraan cuaca dengan baik dengan tingkat akurasi sistem 61,062%	Logika <i>Fuzzy</i> Tipe Mamdani, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis menggunakan Tipe Mamdani dan Sugeno
10	Perbandingan <i>Fuzzy</i> Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno Dalam Penentuan Hari Baik Pernikahan Berdasarkan Wariga Menggunakan <i>Confusion Matrix</i> (Candana, E. W. H. Jurnal Ilmu Komputer Indonesia; Vol.6, No.2. 2021)	Dari tiga metode logika <i>fuzzy</i> , metode Sugeno memberikan nilai presentasi akurasi prediksi terbaik dalam menentukan hari baik pernikahan dengan nilai presentasi 82,76%	Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto untuk penentuan hari baik pernikahan, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis hanya menggunakan tipe Mamdani dan Sugeno untuk memprakirakan cuaca

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Cilacap mengenai prakiraan cuaca adalah penelitian aplikatif. Dimana penelitian aplikatif merupakan jenis penelitian yang hasilnya bisa secara langsung diaplikasikan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan deskriptif.

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan semua informasi yang diperlukan dalam menyelesaikan penelitian. Sedangkan pendekatan deskriptif kuantitatif dilakukan dengan menganalisa dan menyusun data yang diperlukan dalam menyelesaikan penelitian. Pada Penelitian ini, metode yang diuji adalah metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Tipe Sugeno.

#### **B. Sumber dan Jenis Data**

##### **1. Sumber Data**

Penelitian ini menggunakan data sekunder, data sekunder merupakan data yang diperoleh dari buku-buku, hasil penelitian, jurnal-jurnal ataupun sarana-sarana lainnya yang biasa diambil dari instansi terkait. Metode yang dilakukan dalam penelitian kali ini termasuk dalam metode observasi yaitu dengan mengunduh dari situs penyedia informasi data parameter yang digunakan dan dari BMKG Cilacap.

##### **2. Jenis Data**

Jenis data yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah data kuantitatif untuk variabel input yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan, dan Kelembaban (RH).

#### **C. Waktu dan Tempat Penelitian**

Tempat penelitian dilaksanakan di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Cilacap yang berlokasi di di Jl. Gatot Subroto No. 20, Tambaksari, Sidanegara, Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah

53272 atau berada di Balai Besar Wilayah II. Berikut merupakan tabel jadwal penelitian yang akan dilakukan :

Tabel 3.1 *Jadwal Penelitian*

Kegiatan	2021/2022																			
	Des		Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agu		Sep	
	Minggu ke-																			
	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4
Observasi																				
Pengumpulan Data																				
Pengolahan Data																				
Penyusunan Laporan																				

#### D. Tahapan Penelitian

##### 1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan penentuan masalah yang akan dipecahkan dan diselesaikan pada penelitian ini serta menjadi pedoman dalam penelitian ini.

##### 2. Studi Literatur

Studi literatur adalah mempelajari tulisan-tulisan baik dari buku, jurnal penelitian, artikel ilmiah, laporan tugas akhir dan lainnya yang berkaitan dengan prakiraan cuaca menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS), dan bagaimana membangun model serta membuat *prototype* menggunakan aplikasi MATLAB.

##### 3. Penentuan Parameter Penelitian

Parameter penelitian yang ditentukan adalah parameter cuaca yang akan diprakirakan atau yang dijadikan data output, dan parameter yang akan digunakan sebagai data input dalam melakukan prakiraan. Informasi mengenai hal tersebut bisa didapatkan dari jurnal penelitian, artikel ilmiah dan lain sebagainya yang berhubungan dengan prakiraan cuaca. Penelitian yang dilakukan penulis ini merupakan pengembangan dari penelitian yang dilakukan oleh Iis Widya Harmoko dan Nazori AZ (2012) mengenai



“Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno”. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan penulis dengan penelitian sebelumnya adalah penggunaan parameter input, dimana pada penelitian sebelumnya menggunakan 5 parameter input sedangkan pada penelitian kali ini menggunakan 6 parameter input dari 3 skala meteorologi. Dari informasi tersebut kemudian dilakukan analisa kembali untuk mengetahui hubungan antara parameter-parameter cuaca.

#### **4. Pengumpulan Data Parameter**

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data laporan cuaca yang berasal dari BMKG Cilacap dan beberapa situs online yang menyediakan informasi data parameter yang digunakan. Parameter data yang dibutuhkan antara lain ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan, dan RH dalam kurun waktu 14 bulan (Januari 2021 – Februari 2022).

#### **5. Klasifikasi Data Parameter**

Data parameter yang telah ditentukan dan dikumpulkan kemudian diklasifikasikan. Setiap parameter diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, dimana setiap kategorinya memiliki kriteria tersendiri. Hal ini dilakukan untuk memudahkan saat proses pengolahan data yaitu pembentukan himpunan fuzzy (*Fuzzifikasi*).

#### **6. Analisis Data**

Pengolahan data dengan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe mamdani dan sugeno menggunakan MATLAB adalah sebagai berikut:

a. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (Fuzzifikasi)

Membentuk himpunan *fuzzy* dan menentukan fungsi keanggotaan setiap parameternya.

b. Pembentukan Implikasi Fungsi Aplikasi

Menentukan fungsi implikasi minimum untuk setiap aturan dasar (*Rule Base*) yang telah dibentuk, kemudian membentuk aplikasi fungsi implikasi

c. *Rule Base* (Aturan Dasar)

Membuat komposisi aturan dasar dengan metode *max* (*maximum*)

d. Penegasan (Defuzzifikasi)

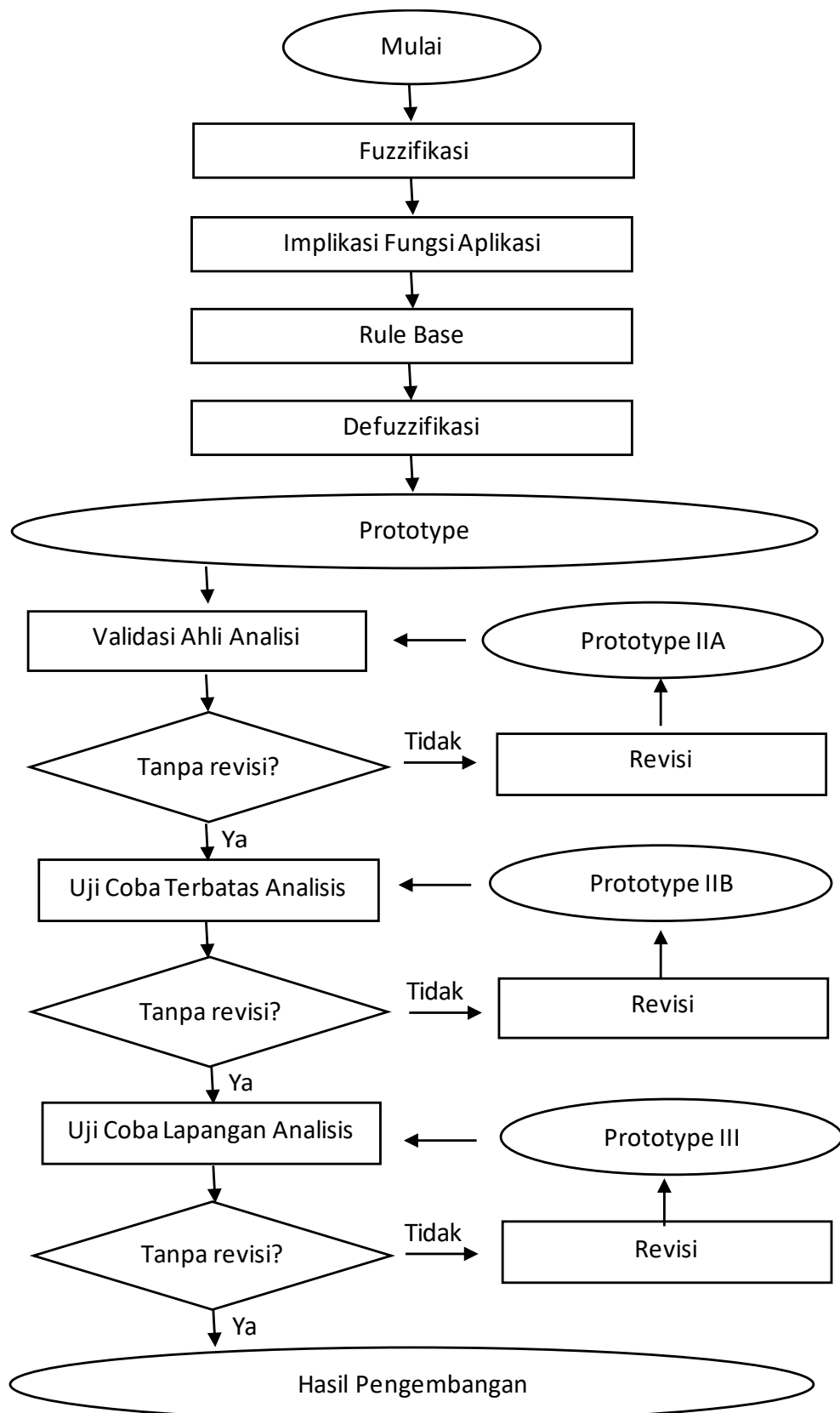
Pada metode FIS tipe Mamdani menggunakan metode *centroid*. Sedangkan pada metode FIS tipe Sugeno menggunakan metode rata-rata terbobot.

e. Pembuatan *Prototype*

Pembuatan prototype dilakukan guna mempermudah pengoperasian model prakirakan cuaca. Prototype ini dibuat menggunakan *tools* yang ada pada MATLAB yaitu *Grafic User Interface* (GUI).

f. Validasi

Validasi dilakukan untuk memperoleh tingkat akurasi dari masing-masing metode, baik metode FIS tipe Mamdani maupun tipe Sugeno.

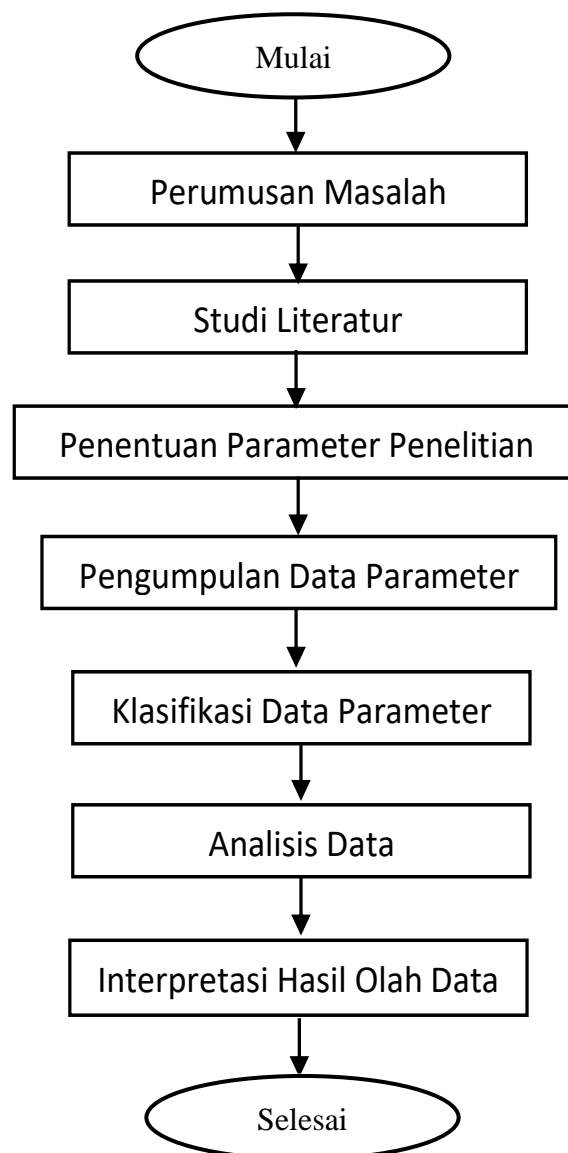


Gambar 3.1 Analisis Data

## 7. Interpretasi Hasil Olah Data

Setelah pengolahan data akan dilakukan interpretasi hasil olah data, dimana penulis akan melakukan perbandingan terhadap dua metode *Fuzzy Inference System* (FIS) yaitu Mamdani dan Sugeno, kemudian menentukan metode terbaik dari kedua metode tersebut.

*Flowchart* tahapan penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

## E. Alat Analisis Data

### 1. Komputer atau Laptop

Pengertian Laptop menurut Bahasa diambil dari kata '*lap*' yang berarti 'pangkuan' dan '*top*' yang berarti 'atas' jika disatukan dapat diartikan sebagai 'diatas pangkuan'. Sedangkan secara umum laptop memiliki pengertian sebuah perangkat yang diciptakan untuk megolah, menyimpan bahkan menciptakan data multimedia yang dikomandokan oleh sistem akun secara manual dan sering disebut *computer portable* yang memudahkan penggunaanya agar dapat menggunakannya dimana dan kapan saja.

Menurut Robert H.Blissmer, Laptop adalah alat tipis, kecil dan ringan yang mampu melakukan tugas contohnya sperti menerima input data sesuai dengan program, pengolahan data dan penyimpanan yang kemudian memberikan respon output yang berbentuk informasi.

Menurut William M.fouri dalam bukunya yang berjudul *The Bisnis* menjelaskan bahwa computer/laptop adalah sebuah pemroses data yang dapat menjalankan perintah secara cepat dan melakukan perhitungan yang besar dan cepat, seperti aritmatika dan logika tanpa campur tangan manusia dalam memproses sebuah data.

### 2. MATLAB R2020a

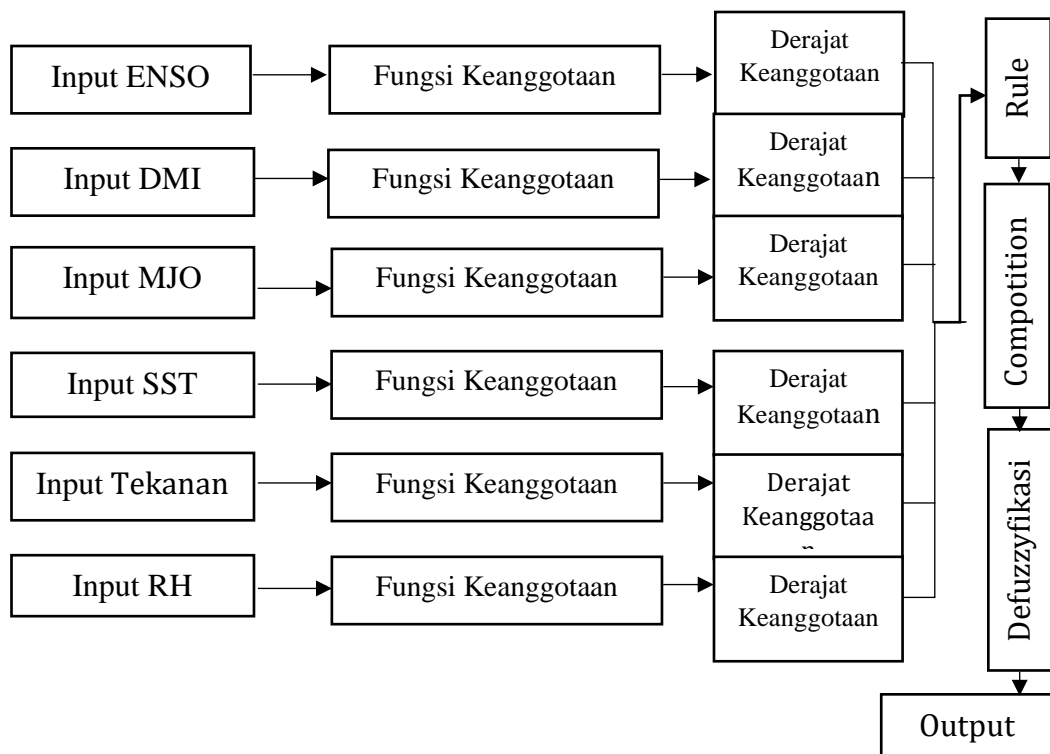
Matlab (*Matrix Laboratory*) merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai bahasa pemrograman tingkat tinggi. Matlab digunakan untuk komputasi, visualisasi dan pemrograman. Prakiraan cuaca dengan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeno ini akan dilakukan dengan bantuan software *Matrix Laboratory* (MATLAB) R2020a menggunakan tool *Fuzzy Logic Designer* untuk pembuatan sistem FIS tipe mamdani dan sugeno. Kemudian dilanjutkan pembuatan *prototype* yaitu dengan mengintegrasikan kedua FIS-file tersebut ke dalam sebuah *Graphic User Interface* (GUI) pada *Software* MATLAB R2020a. Dengan adanya *prototype* tersebut akan lebih mudah dioperasikan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana cara kerjanya.

Aplikasi MATLAB R2020a ini bisa diterapkan di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Cilacap untuk prakiraan cuaca, tetapi kurang efisien karena ukuran file yang terbilang sangat besar yaitu sekitar 30GB sehingga untuk menjalankan aplikasi MATLAB ini membutuhkan perangkat komputer atau laptop yang memiliki penyimpanan dan prosesor yang memadai. Sebagai solusinya, jika memang pihak BMKG ingin menggunakan *prototype* prakiraan cuaca ini maka bisa dilakukan secara *online*. Jadi pihak BMKG mengirimkan data parameter input dan nanti hasil *output* dari prakiraan cuaca akan dikirimkan ke pihak BMKG.

## F. Prinsip Kerja FIS

### 1. Blok Diagram FIS

Penelitian ini menggunakan 6 parameter input dari 3 skala yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan, dan RH. Setelah diketahui parameter input yang digunakan, Langkah selanjutnya adalah menciptakan sistem dengan suatu algoritma.



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem FIS

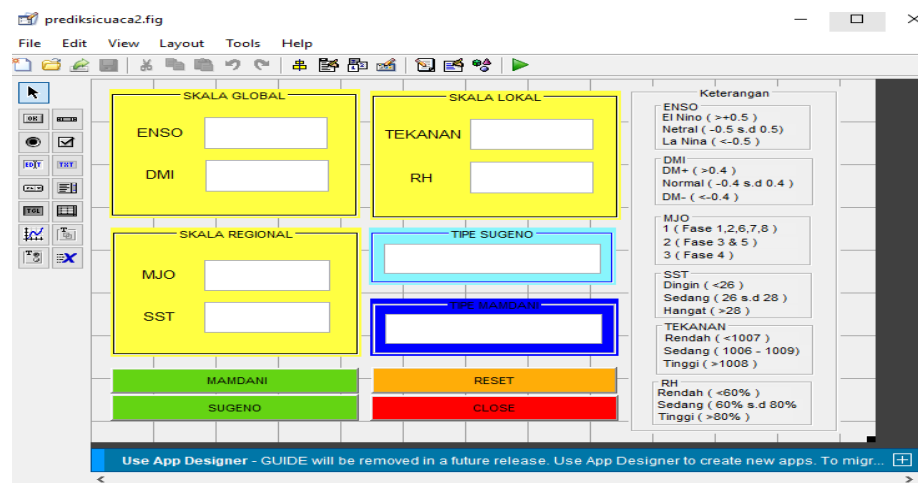
Cuaca dipengaruhi dari beberapa skala yaitu skala global, skala regional dan skala lokal. Dari ketiga skala tersebut akan diambil masing-masing dua sebagai parameter input yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan dan RH. Keenam parameter ini dijadikan masukan (*input*) sebagai kumpulan fuzzy dalam bentuk numerik. Parameter input ini masuk dalam tahapan fuzzifikasi, yaitu menentukan fungsi keanggotaan serta derajat keanggotaan dari setiap parameter input.

## 2. Unsur FIS

Dalam *Fuzzy Inference System* (FIS) Terdapat satu unsur yaitu *Rule Base* (Aturan Dasar). Pembuatan aturan dasar (*rule base*) terkait prakiraan cuaca yang meliputi 6 parameter input, dimana setiap parameter input diklasifikasikan menjadi 3 kategori. Sehingga aturan dasar yang akan dibuat adalah sebanyak  $3^6 = 729$  aturan.

## 3. Prototype FIS

Setelah sistem FIS tipe mamdani dan sugeno selesai, dilanjutkan dengan pembuatan *prototype* sistem FIS dengan tools *Grafic User Interface* (GUI) pada *Software MATLAB R2020a*.



Gambar 3.4 Rencana Prototype Prakiraan Cuaca

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengumpulan Data

*Fuzzy Logic* dikenal sebagai bagian dari sistem pakar fuzzy yang memungkinkan klasifikasi lebih yang fleksibel pada data set anggota yang dimiliki. *Fuzzy* digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan dalam menangani penentuan prediksi kejadian hujan berdasarkan data input. Dari keterangan mengenai *fuzzy logic*, metode penelitian yang dipakai adalah dengan metode penelitian eksperimental. Karena akan dipakai parameter inputan untuk menyelidiki kemungkinan saling hubungan sebab akibat dengan cara mengenalkan kepada satu atau lebih kelompok eksperimental satu atau lebih kondisi perlakuan dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok yang tidak dikenai kondisi perlakuan.

Data *input* merupakan parameter-parameter yang termasuk dalam skala-skala meteorologi yang digunakan. Untuk Skala global menggunakan parameter ENSO dan DMI, skala regional menggunakan parameter MJO dan SST, sedangkan untuk skala lokal menggunakan parameter input Tekanan Udara dan RH. Parameter-parameter tersebut kemudian diproses dengan metode FIS Tipe Mamdani. Dalam prosesnya, aturan dasar (*rule base*) dibuat berdasarkan studi literatur dan hasil diskusi dengan prakirawan yang ada di BMKG Cilacap.

Dalam pembuatan laporan ini, pengumpulan data merupakan salah satu hal yang harus dilakukan guna mencapai tujuan penulisan. Metode yang dilakukan dalam penelitian kali ini termasuk dalam metode observasi yaitu dengan mengunduh dari situs penyedia informasi data parameter yang digunakan dan dari BMKG Cilacap, yaitu :

1. Data Enso

Diunduh dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>, berupa data bulanan.

2. Data DMI

Diunduh dari <http://www.bmkg.go.id>, berupa data bulanan.

3. Data MJO

Diunduh dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>, berupa data harian.

4. Data SST



Diunduh dari <http://www.cpc.ncep.noaa.gov> berupa data mingguan.

5. Data Tekanan Udara

Didapat dari data synop yang tersedia di Stasiun Meteorologi Kelas III Tunggal Wulung Cilacap, berupa data harian.

6. Data RH

Didapat dari data synop yang tersedia di Stasiun Meteorologi Kelas III Tunggal Wulung Cilacap, berupa data harian.

Penelitian kali ini, data yang digunakan adalah data dalam kurun waktu enam bulan yaitu dari bulan Juli 2021 sampai dengan Juni 2022. Data yang diperoleh adalah data kuantitatif untuk data variabel input (ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan, dan RH) serta data kualitatif untuk variabel output (Cuaca).

## **B. Variabel Yang Digunakan Dalam Pemodelan**

Ada 6 variabel input yang akan dimodelkan :

1. ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*, yaitu El Nino, Netral, dan La Nina
2. DMI (*Dipole Mode Index*) terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*, yaitu DM+, Normal, dan DM-.
3. MJO (*Maden Julian Oscillation*) terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Lemah, Sedang, dan Kuat.
4. SST (*Sea Surface Temperature*) terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Dingin, Sedang, dan Hangat.
5. Tekanan Udara terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi.
6. RH (Kelembaban Udara) terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi.

Sedangkan variable *output* berupa cuaca terdiri dari 4 himpunan *fuzzy*, yaitu Cerah – Berawan, Berawan – Hujan Ringan, Hujan Ringan – Hujan Sedang, Hujan Sedang – Hujan Lebat. Range dan kriteria dari setiap parameter input dan output diambil berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Harmoko & Az, 2012).

Tabel 4.1 Himpunan Fuzzy Variabel Input dan Output

Fungsi		Parameter	Kategori	Range	Kriteria
Input	Skala Global	ENSO	El Nino	((-3) – (+3))	>+0.5
			Netral		-0.5 s.d +0.5
			La Nina		<-0.5
		DMI	DM+	(-2 – (2))	>+0.4
			Normal		-0.4 s.d +0.4
			DM-		<-0.4
	Skala Regional	MJO	Lemah	(1-8)	Fase 1,2,6,7,8
			Sedang		Fase 3 dan 5
			Kuat		Fase 4
		SST	Dingin	(15 – 35 )	<26
			Sedang		26 s.d 28
			Hangat		>28
	Skala Lokal	TEKANAN	Rendah	(998 – 1016)	<1007
			Sedang		1006 s.d 1009
			Tinggi		>1008
		RH	Rendah	(0-100)	<60%
			Sedang		60% s.d 80%
			Tinggi		>80%
	Output	Cuaca	Cerah - Berawan	(0-10)	(0-2.6)
			Berawan - Hujan Ringan		(2.4-5.1)

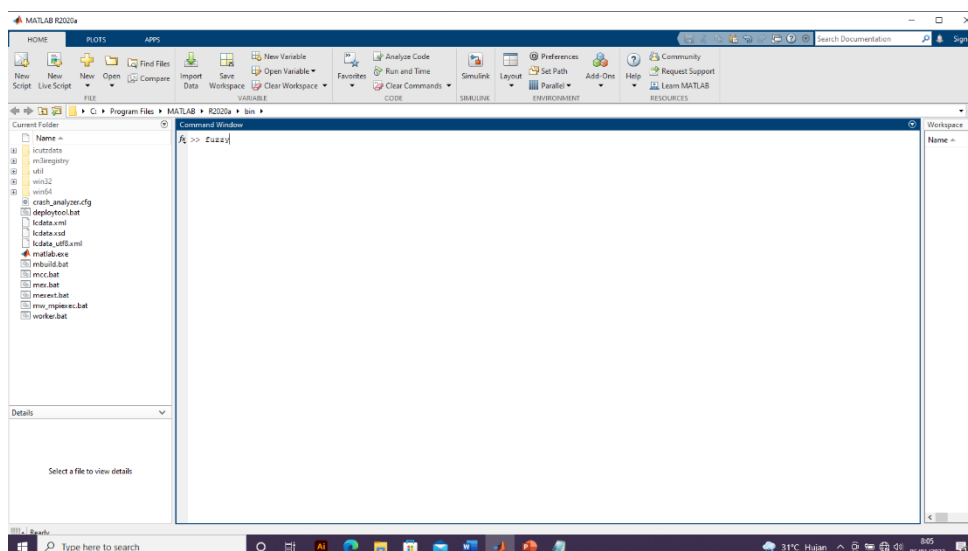
			Hujan Ringan - Hujan Sedang		(4.9-7.6)
			Hujan Sedang - Hujan Lebat		(7.4-10)

### C. Pengembangan Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe Mamdani Dengan *Software* MATLAB R2020a

MATLAB 7.0.4 (R14) suatu software pemrograman perhitungan dan analisis yang banyak digunakan dalam semua area penerapan matematika baik bidang pendidikan maupun penelitian pada universitas dan industri. Dengan matlab, maka perhitungan matematis yang rumit dapat diimplementasikan dalam program dengan lebih mudah.

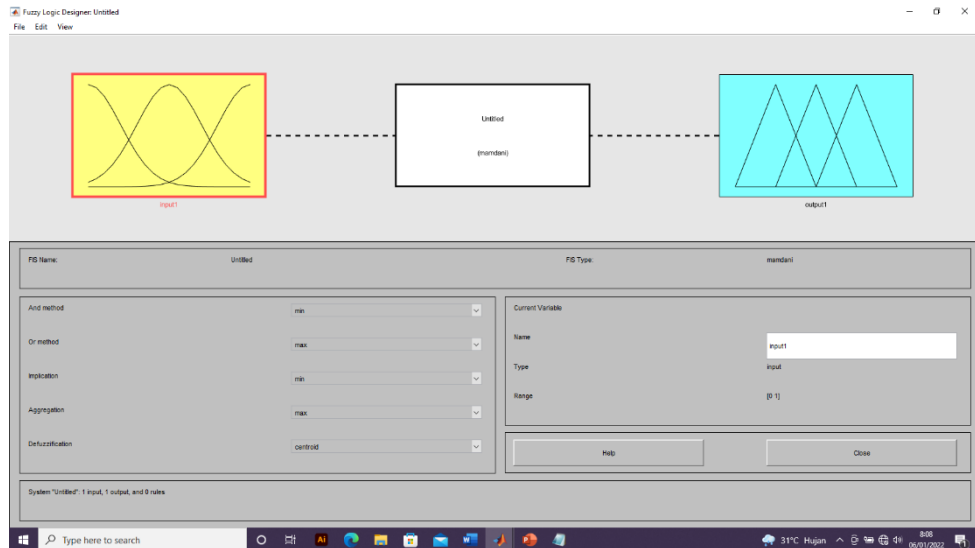
Salah satu aspek yang sangat berguna dari MATLAB ialah dengan adanya fasilitas *toolbox fuzzy logic* yang berguna dalam membuat sistem berbasis logika fuzzy yang memuat aturan-aturan berdasarkan keinginan pengguna. Berikut ini merupakan langkah dalam membuat program FIS pada *Software* MATLAB R2020a :

#### 1. Mengetikkan *Fuzzy* pada *command window*



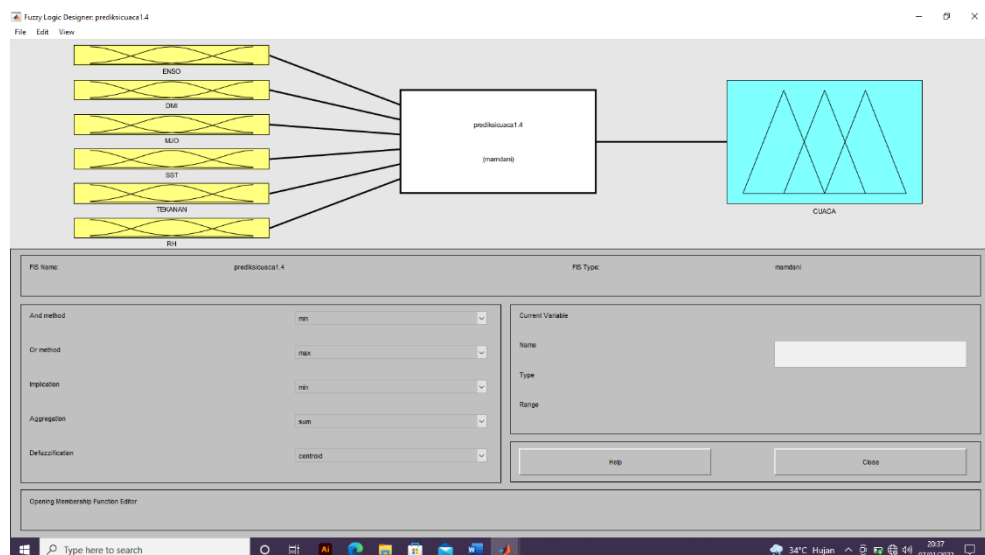
Gambar 4.1 Tampilan Command Window

Setelah menekan enter akan muncul tampilan jendela FIS Editor dengan tipe mamdani.



Gambar 4.2 Tampilan FIS Editor Mamdani

- Menambahkan jumlah input parameter yang diinginkan yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan Udara, dan RH serta output yaitu Cuaca pada FIS Editor. Kemudian menentukan metode *Defuzzifikasi* dan *Implikasi* yang akan digunakan, pada tipe Mamdani menggunakan metode *centroid* untuk *Defuzzifikasi* serta *min* untuk *Implikasinya*.



Gambar 4.3 Tampilan Fuzzy Logic Designer Mamdani

### 3. Fuzzifikasi

Menentukan Fungsi Keanggotaan setiap variabel input yang telah ditentukan yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan, dan RH serta variable output yaitu Cuaca.

a. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) Variabel Input ENSO.

Variabel input ENSO memiliki tiga kategori, yaitu *La Nina*, *Netral*, dan *El Nino*. Nilai semesta pembicara dan domain dari variabel ENSO akan disajikan dalam bentuk tabel dan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium (trapmf).

Tabel 4.2 Himpunan Fuzzy Variabel ENSO

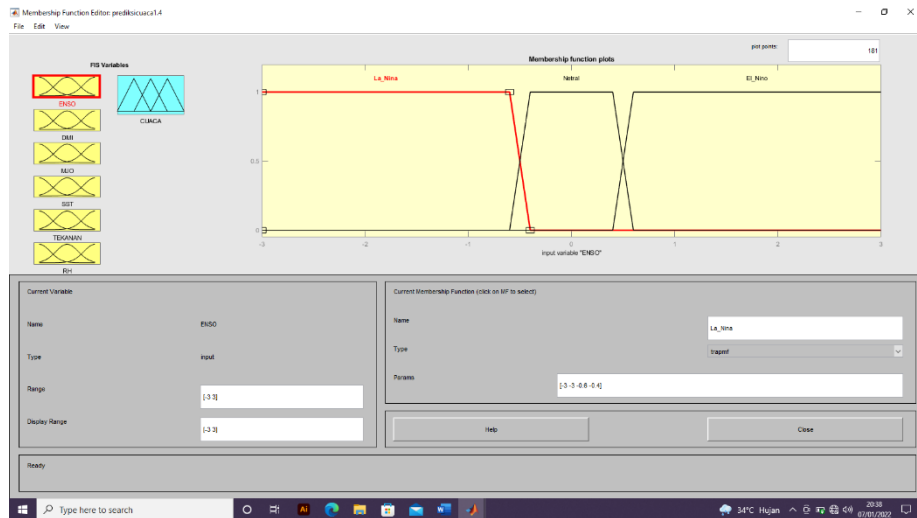
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
(-3 - (3))	La Nina	(-3 - (-0.4))
	Netral	(-0.6 - (0.6))
	El Nino	(0.4 - 3)

Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{La\ Nina}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x \leq -0,6 \\ \frac{-0,4 - x}{-0,4 - (-0,6)} & ; -0,6 < x < -0,4 \\ 0 & ; x \geq -0,4 \end{cases}$$

$$\mu_{Netral}(X1) = \begin{cases} 1 & ; -0,4 \leq x < 0,4 \\ \frac{x - (-0,6)}{-0,4 - (-0,6)} & ; -0,6 \leq x < -0,4 \\ \frac{0,6 - x}{0,6 - 0,4} & ; 0,4 \leq x < 0,6 \\ 0 & ; x < -0,6 \ x \geq 0,6 \end{cases}$$

$$\mu_{El\ Nino}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 0,6 \\ \frac{x - 0,6}{0,6 - 0,4} & ; 0,4 < x < 0,6 \\ 0 & ; x \leq 0,4 \end{cases}$$



Gambar 4.4 *Membership Function Variabel ENSO*

b. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) Variabel Input DMI

Variabel input DMI memiliki tiga kategori, yaitu DM+, Normal, dan DM-. Masing-masing kategori menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe sama yaitu *trapmf* (Trapezium). Nilai semesta pembicara dan domain dari variabel input DMI akan disajikan dalam bentuk tabel dan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium (*trapmf*).

Tabel 4.3 *Himpunan Fuzzy Variabel DMI*

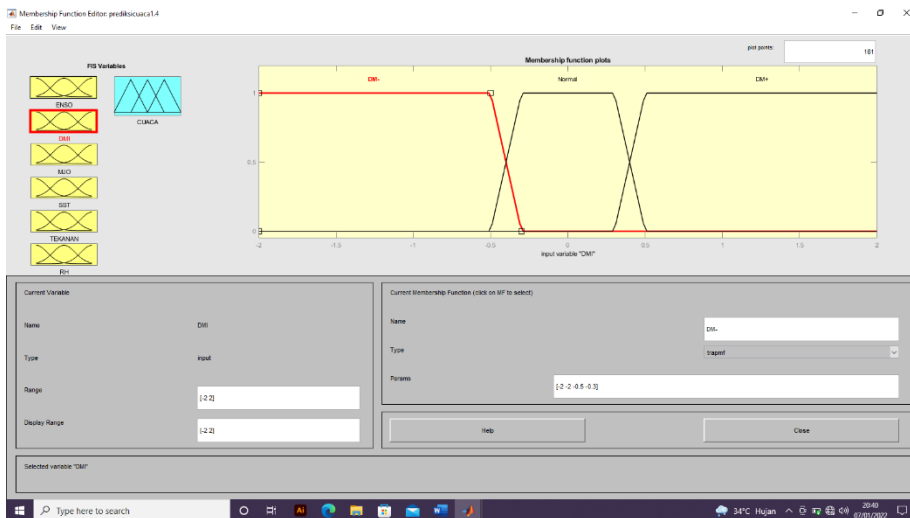
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
(-2 - (2))	DM+	(-2 - (-0.3))
	Normal	(-0.5 - (0.5))
	DM-	(0.3 - 2)

Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{DM-}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x < -0,5 \\ \frac{-0,3-x}{-0,3-(-0,5)} & ; -0,5 \leq x < -0,3 \\ 0 & ; x \geq -0,3 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(X1) = \begin{cases} 1 & ; -0,3 \leq x < 0,3 \\ \frac{x - (-0,6)}{-0,4 - (-0,6)} & ; -0,5 \leq x < -0,3 \\ \frac{0,5 - x}{0,5 - 0,3} & ; 0,3 \leq x < 0,5 \\ 0 & ; x < -0,3 \text{ atau } x \geq 0,5 \end{cases}$$

$$\mu_{DM+}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 0,5 \\ \frac{x - 0,5}{0,5 - 0,3} & ; 0,3 \leq x < 0,5 \\ 0 & ; x < 0,3 \end{cases}$$



Gambar 4.5 Membership Function Variabel DMI

c. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) Variabel Input MJO

Variabel input MJO memiliki tiga kategori, yaitu Lemah, Sedang, dan Kuat. Masing-masing kategori menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe berbeda. Untuk kategori Lemah menggunakan tipe zmf, kategori Sedang menggunakan tipe gaussmf dan kategori Kuat menggunakan tipe smf. Nilai semesta pembicara dan domain dari variabel input RH akan disajikan dalam bentuk tabel dan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva.

Tabel 4.4 Himpunan Fuzzy Variabel MJO

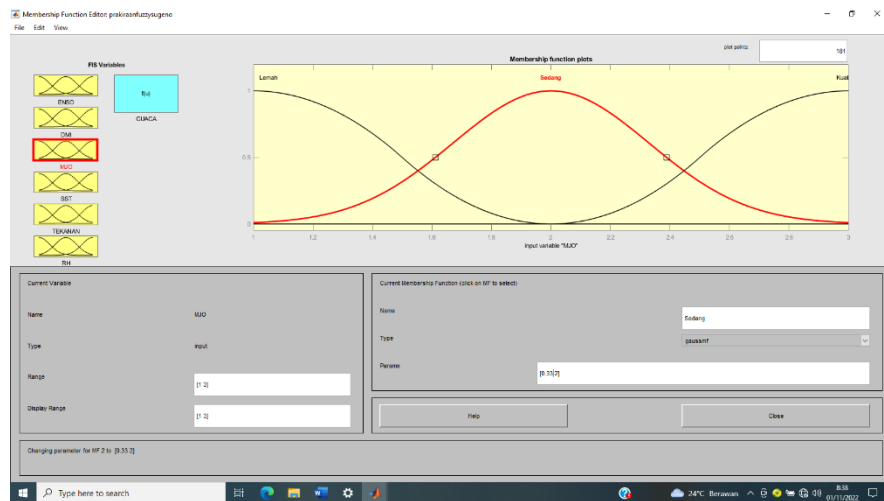
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
(1 - 3)	Lemah	(1-2)
	Sedang	(1-3)
	Kuat	(2 - 3)

Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{Lemah}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x = 1 \\ 1 - 2 \left( \frac{x-1}{1,5-1} \right)^2 & ; 1 < x < 1,5 \\ 2 \left( \frac{2-x}{2-1,5} \right)^2 & ; 1,5 \leq x < 2 \\ 0 & ; x \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x = 2 \\ 1 - 2 \left( \frac{2-x}{2-0} \right)^2 & ; x \leq 2 \\ 2 \left( \frac{3-x}{3-2} \right)^2 & ; x > 2 \\ 0 & ; x = 1 \text{ atau } x = 3 \end{cases}$$

$$\mu_{Kuat}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x = 3 \\ 2 \left( \frac{x-2}{2,5-2} \right)^2 & ; 2 < x < 2,5 \\ 1 - 2 \left( \frac{3-x}{3-2,5} \right)^2 & ; 2,5 \leq x < 3 \\ 0 & ; x \leq 2 \end{cases}$$



Gambar 4.6 *Membership Function Variabel MJO*

- d. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) Variabel Input SST
- Variabel input SST memiliki tiga kategori, yaitu Dingin, Sedang, dan Hangat. Masing-masing kategori menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe *trapmf* (Trapezium) untuk kategori Dingin dan hangat, sedangkan untuk kategori Sedang tipenya *trimf* (Segitiga). Nilai semesta pembicara dan domain dari variabel input SST akan disajikan dalam bentuk tabel dan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva.



Tabel 4.5 Himpunan Fuzzy Variabel SST

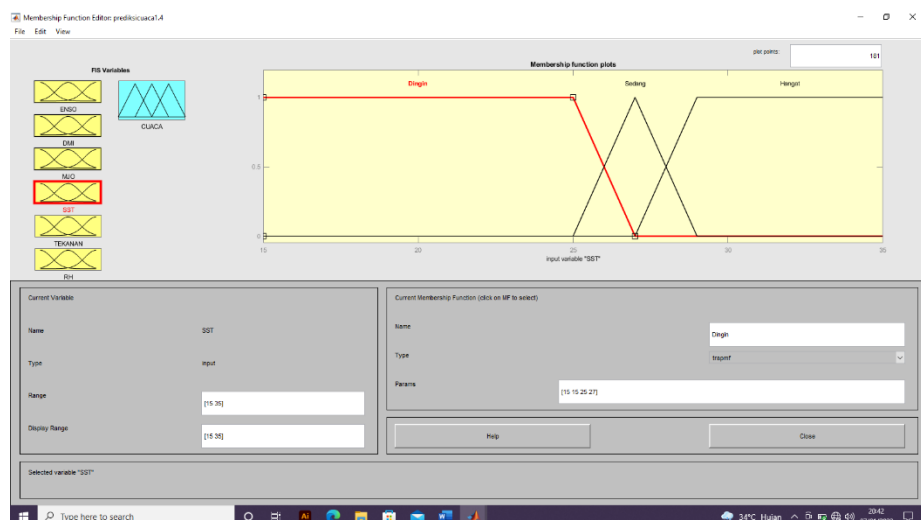
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
( 15 - 35 )	Dingin	(15 - 27)
	Sedang	(25 - 29)
	Hangat	(27 - 35 )

Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{Dingin}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x < 25 \\ \frac{27 - x}{27 - 25} & ; 25 \leq x < 27 \\ 0 & ; x \geq 27 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x = 27 \\ \frac{x - 25}{27 - 25} & ; 25 \leq x < 27 \\ \frac{29 - x}{29 - 27} & ; 27 < x < 29 \\ 0 & ; x < 25 \text{ atau } x \geq 29 \end{cases}$$

$$\mu_{Hangat}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 29 \\ \frac{x - 29}{29 - 27} & ; 27 \leq x < 29 \\ 0 & ; x < 27 \end{cases}$$



Gambar 4.7 Membership Function Variabel SST

e. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) Variabel Input

TEKANAN

Variabel input Tekanan Udara memiliki tiga kategori, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi. Masing-masing kategori menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe sama yaitu *trapmf* (Trapeسيوم). Nilai semesta pembicara dan domain dari variabel input Tekanan Udara akan disajikan dalam bentuk tabel dan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium (*trapmf*).

Tabel 4.6 *Himpunan Fuzzy Variabel Tekanan*

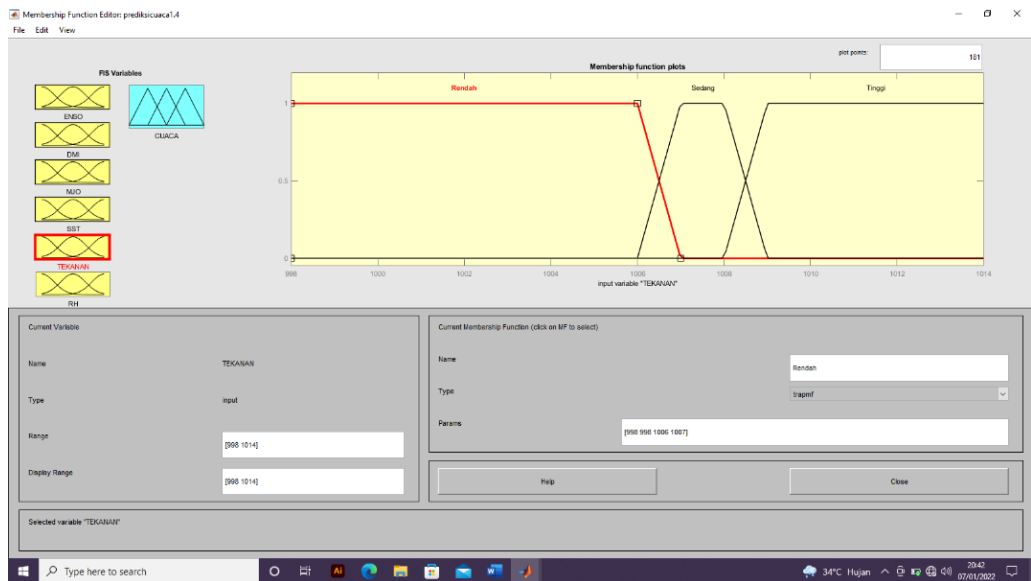
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
( 998 – 1016 )	Rendah	<1007
	Sedang	1006 - 1009
	Tinggi	>1008

Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{Dingin}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x < 1006 \\ \frac{1007 - x}{1007 - 1006} & ; 1006 \leq x < 1007 \\ 0 & ; x \geq 1007 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(X1) = \begin{cases} 1 & ; 1007 \leq x < 1008 \\ \frac{x - 1006}{1006 - 1007} & ; 1006 \leq x < 1007 \\ \frac{1009 - x}{1009 - 1008} & ; 1008 \leq x < 1009 \\ 0 & ; x < 1006 \text{ atau } x \geq 1009 \end{cases}$$

$$\mu_{Hangat}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 1009 \\ \frac{x - 1008}{1009 - 1008} & ; 1008 \leq x < 1009 \\ 0 & ; x < 1008 \end{cases}$$



Gambar 4.8 *Membership Function Variabel Tekanan*

f. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) Variabel Input RH

Variabel input RH memiliki tiga kategori, yaitu Rendah, Sedang, Tinggi. Masing-masing kategori menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe sama yaitu *trapmf* (Trapezium). Nilai semesta pembicara dan domain dari variabel input DMI akan disajikan dalam bentuk tabel dan fungsi keanggotaan dalam bentuk kurva trapesium (*trapmf*).

Tabel 4.7 *Himpunan Fuzzy Variabel RH*

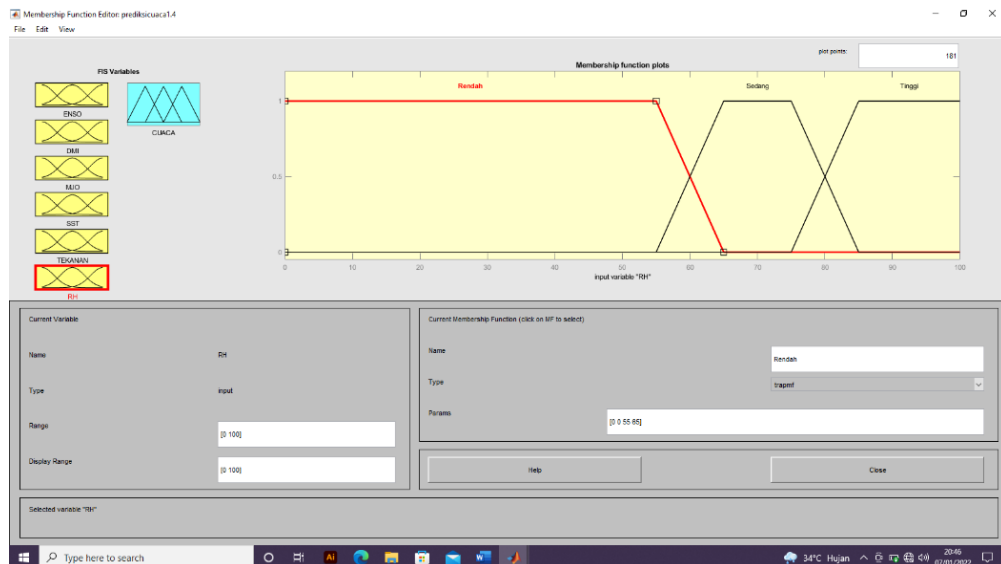
Semesta Pembicara	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
( 0 - 100 )	Rendah	( 0 – 65 )
	Sedang	( 55 – 85 )
	Tinggi	( 75 - 100 )

Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{Rendah}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x < 55 \\ \frac{65 - x}{65 - 55} & ; 55 \leq x < 65 \\ 0 & ; x \geq 65 \end{cases}$$

$$\mu_{Sedang}(X1) = \begin{cases} 1 & ; 65 \leq x < 75 \\ \frac{x - 1006}{1006 - 1007} & ; 55 \leq x < 65 \\ \frac{1009 - x}{1009 - 1008} & ; 75 \leq x < 85 \\ 0 & ; x < 55 \text{ atau } x \geq 85 \end{cases}$$

$$\mu_{Tinggi}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 85 \\ \frac{x - 75}{85 - 75} & ; 75 \leq x < 85 \\ 0 & ; x < 75 \end{cases}$$



Gambar 4.9 Membership Function Variabel RH

g. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*) Variabel Output Cuaca

Variabel output Cuaca memiliki empat kategori, yaitu Cerah – Berawan, Berawan – Hujan Ringan, Hujan Ringan – Hujan Sedang, dan Hujan Sedang – Hujan Lebat. Untuk Metode Mamdani masing-masing kategori menjadi sebuah membership function (MF) yang mempunyai tipe sama yaitu *trimf* (Segitiga).

Tabel 4.8 *Himpunan Fuzzy Variabel Output Cuaca*

Semesta Pembicara	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
(0 - 10)	Cerah - Berawan	(0 - 3.3)
	Berawan - Hujan Ringan	(0 - 6.6)
	Hujan Ringan - Hujan Sedang	(3.3 - 10)
	Hujan Sedang - Hujan Lebat	(6.6 - 10)

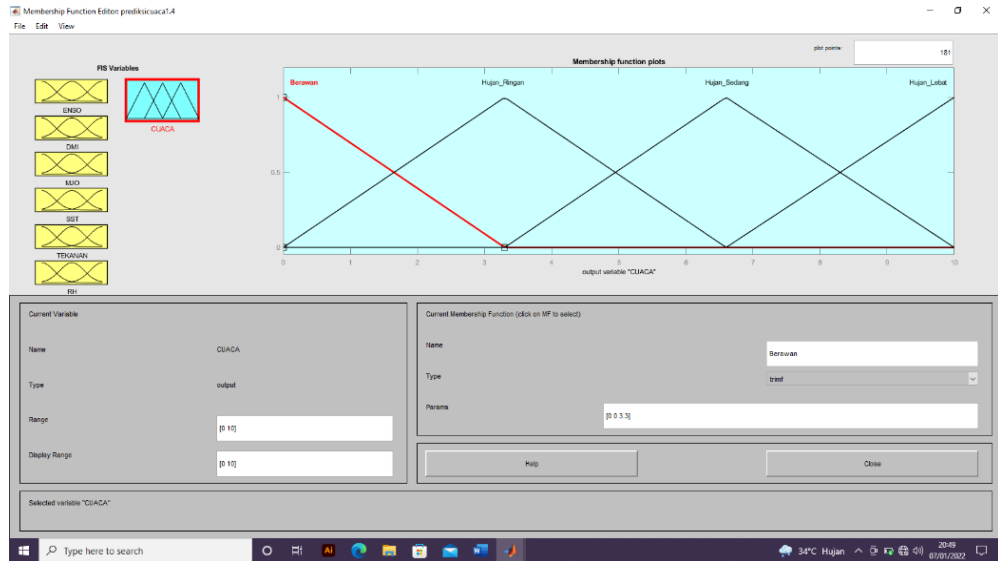
Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{HS - HL}(X1) = \begin{cases} \frac{3,3 - x}{6,6 - 3,3} & ; 0 \leq x < 3,3 \\ 0 & ; x \geq 3,3 \end{cases}$$

$$\mu_{B - HR}(X1) = \begin{cases} \frac{x - 0}{3,3 - 0} & ; 0 \leq x < 3,3 \\ \frac{3,3 - x}{6,6 - 3,3} & ; 3,3 \leq x < 6,6 \\ 0 & ; x < 0 \text{ atau } x \geq 6,6 \end{cases}$$

$$\mu_{HR - HS}(X1) = \begin{cases} \frac{x - 3,3}{6,6 - 3,3} & ; 3,3 \leq x < 6,6 \\ \frac{6,6 - x}{10 - 6,6} & ; 6,6 \leq x < 10 \\ 0 & ; x < 3,3 \text{ atau } x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{HS - HL}(X1) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 10 \\ \frac{x - 6,6}{10 - 6,6} & ; 6,6 \leq x < 10 \\ 0 & ; x < 6,6 \end{cases}$$



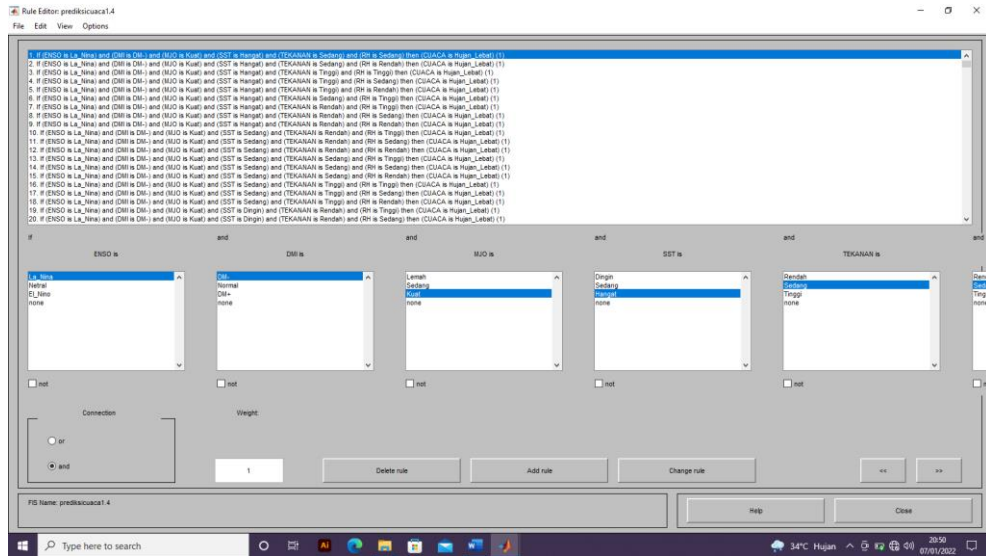
Gambar 4.10 Membership Function Variabel Output Cuaca Metode Mamdani

4. Pembentukan Aturan Dasar (*Rule Base*) dengan *Rule Editor* Metode Mamdani dan Sugeno Pada *Software* MATLAB 2020R.

Penggunaan enam variabel input dengan masing-masing variabel mempunyai tiga MF, menggunakan formula  $n^i$  dimana nilai  $n = 3$  dan  $i = 6$ , sehingga  $3^6 = 729$  kombinasi. Maka akan dibuat *rule* sebanyak 729 buah dengan algoritma sebagai berikut :

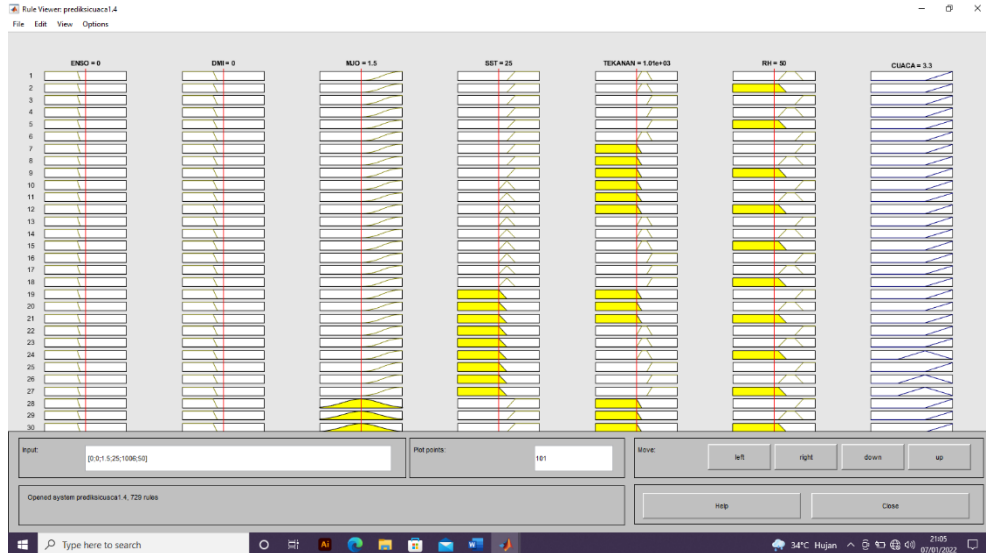
01. If (ENSO is La Nina) and (DM is DM-) and (MJO is Kuat) and (SST is Hangat) and (TEKANAN is Rendah) and (RH is Tinggi) then (Cuaca is Hujan Lebat)
02. If (ENSO is La Nina) and (DM is DM-) and (MJO is Kuat) and (SST is Hangat) and (TEKANAN is Rendah) and (RH is Sedang) then (Cuaca is Hujan Lebat)
03. If (ENSO is La Nina) and (DM is DM-) and (MJO is Kuat) and (SST is Hangat) and (TEKANAN is Rendah) and (RH is Rendah) then (Cuaca is Hujan Lebat)
- ....
- ....
- ....
727. If (ENSO is El Nino) and (DM is DM+) and (MJO is Lemah) and (SST is Dingin) and (TEKANAN is Tinggi) and (RH is Tinggi) then (Cuaca is Berawan)
728. If (ENSO is El Nino) and (DM is DM+) and (MJO is Lemah) and (SST is Dingin) and (TEKANAN is Tinggi) and (RH is sedang) then (Cuaca is Berawan)
729. If (ENSO is El Nino) and (DM is DM+) and (MJO is Lemah) and (SST is Dingin) and (TEKANAN is Tinggi) and (RH is Rendah) then (Cuaca is Berawan)

Secara lengkap, seluruh algoritma dibuat dalam *Rule Editor* dengan menggunakan *operand and* dalam menentukan nilai prediksi.



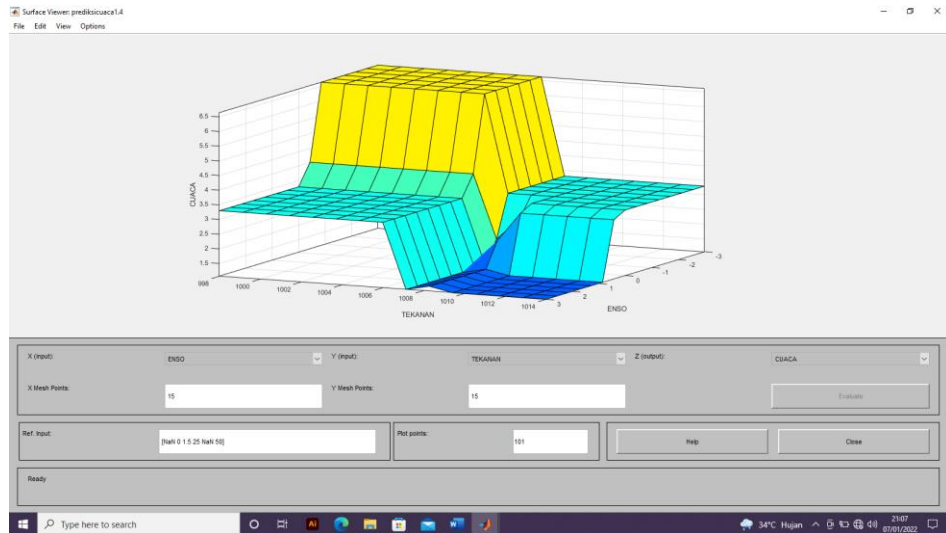
Gambar 4.11 Rule Base Pada Software MATLAB R2020a

Algoritma yang dibuat dalam *rule editor* bisa di visualisasikan dengan menggunakan *Rule Viewer*, dimana dengan mengubah nilai-nilai variabel input akan memperoleh nilai variabel output.



Gambar 4.12 Rule Viewer Pada Software MATLAB R2020a

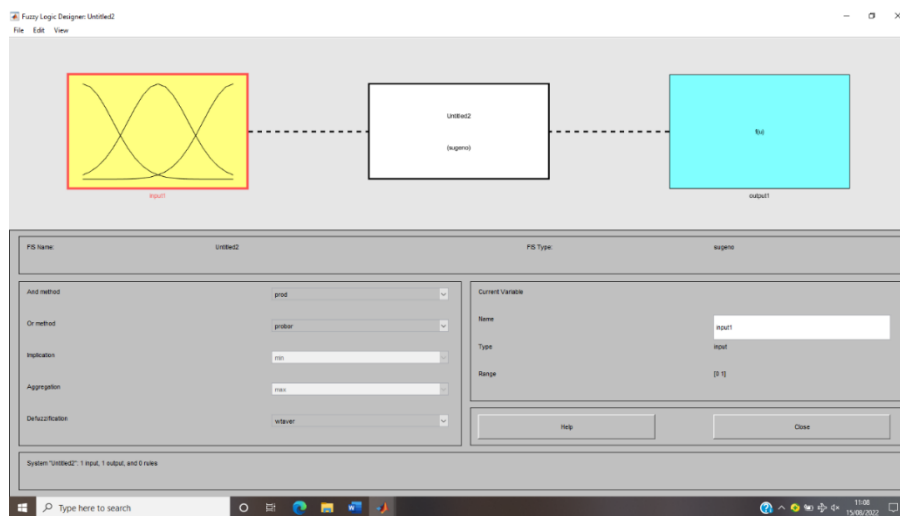
Selain bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Rule Viewer*, algoritma yang sudah dibuat dalam *Rule Editor* juga bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Surface Viewer*. Sehingga dapat diketahui tampilan dari hasil pemetaan semua variabel input ke variabel *output*.



Gambar 4.13 *Surface Viewer* Pada Software MATLAB R2020a

#### D. Pengembangan Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe Sugeno Dengan Software MATLAB R2020a

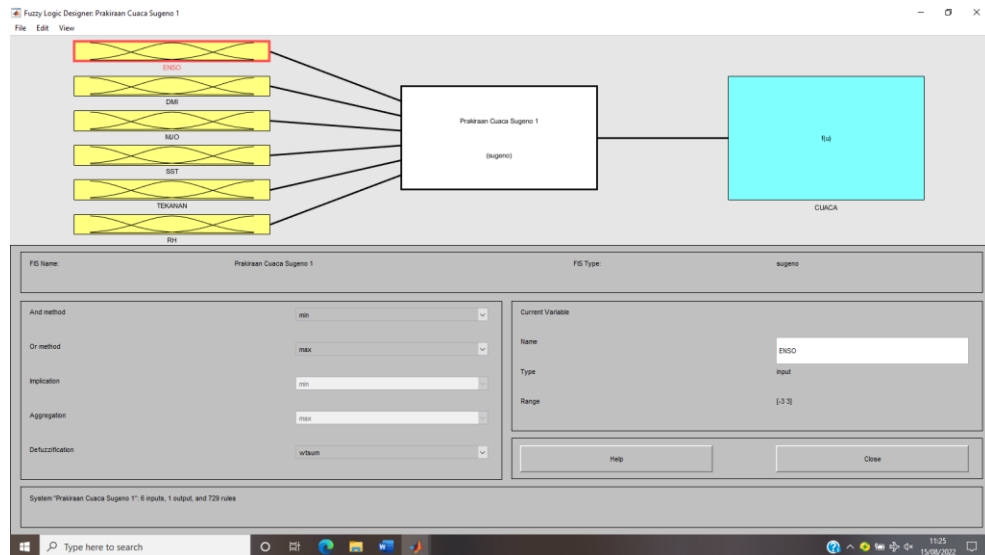
1. Mengetikkan *Fuzzy* pada *command window*, setelah itu tekan enter akan muncul tampilan jendela FIS Editor dengan tipe mamdani seperti pada Gambar 4.2. Untuk memunculkan tampilan jendela FIS Editor dengan tipe sugeno tekan *file – New FIS – Sugeno*



Gambar 4.14 Tampilan FIS Editor Sugeno



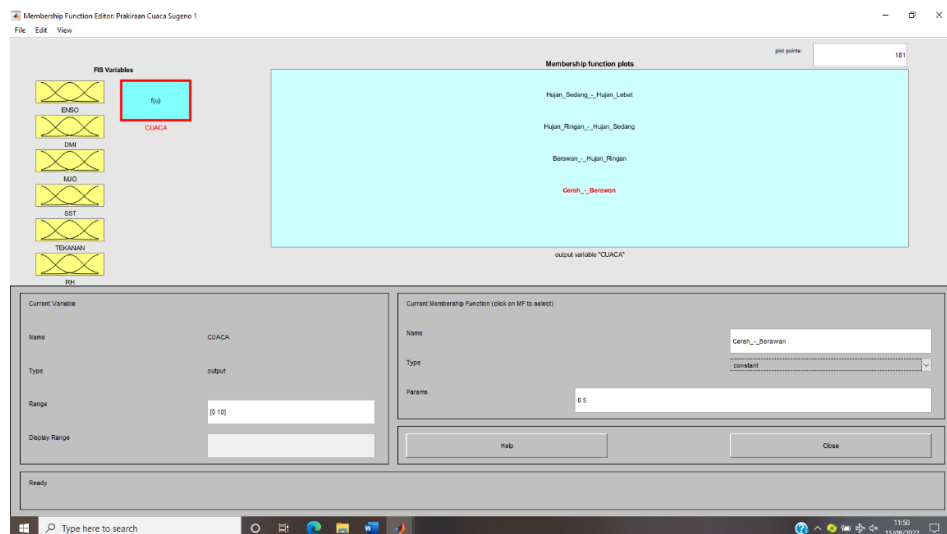
- Menambahkan jumlah input parameter yang diinginkan yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan Udara, dan RH serta output yaitu Cuaca pada FIS Editor. Pada Tipe Sugeno juga menambahkan parameter input dan output yang diinginkan, yang membedakan hanya pada proses *defuzzifikasinya* yaitu menggunakan metode *weighted Average*.



Gambar 4.15 Tampilan Fuzzy Logic Desighner Sugeno

### 3. Fuzzifikasi

Tahap Fuzzifikasi pada metode Sugeno sama dengan tahap fuzzifikasi Mamdani. Perbedaannya hanya terletak pada variable outputnya, dimana variable *output* untuk metode Sugeno masing-masing kategori menjadi sebuah *membership function* (MF) yang mempunyai tipe *constant*.



Gambar 4.16 Membership Fuction Variabel Output Cuaca Metode Sugeno

4. Pembentukan Aturan Dasar (*Rule Base*) dengan *Rule Editor* Metode Sugeno Pada *Software* MATLAB 2020R.

Sama dengan metode Sugeno yang menggunakan enam variabel input dengan masing-masing variabel mempunyai tiga MF, menggunakan formula  $n^i$  dimana nilai  $n = 3$  dan  $i = 6$ , sehingga  $3^6 = 729$  kombinasi. Maka akan dibuat *rule* sebanyak 729 buah. Secara lengkap, seluruh algoritma dibuat dalam *Rule Editor* dengan menggunakan *operand and* dalam menentukan nilai prediksi seperti pada Gambar 4.11.

Algoritma yang dibuat dalam *rule editor* bisa di visualisasikan dengan menggunakan *Rule Viewer*, dimana dengan mengubah nilai-nilai variabel input akan memperoleh nilai variabel *output* seperti pada Gambar 4.12.

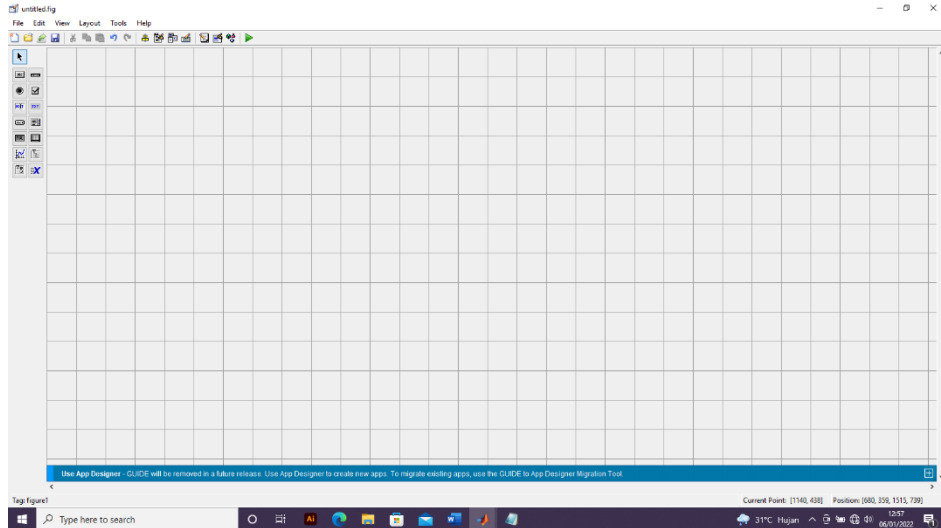
Selain bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Rule Viewer*, algoritma yang sudah dibuat dalam *Rule Editor* juga bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Surface Viewer*. Sehingga dapat diketahui tampilan dari hasil pemetaan semua variabel input ke variabel output seperti pada Gambar 4.13.

**E. Pembuatan *Prototype Model Prakiraan Cuaca Dengan Toolbox Grapich User Interface (GUI) pada Software MATLAB R2020a.***

Tahap selanjutnya adalah mengintegrasikan FIS-file mamdani ke dalam sebuah *Graphic User Interface* untuk memudahkan bagi pengguna. Matlab menyediakan fasilitas dalam membuat *Graphic User Interface (GUI)*. Tujuan dari pembuatan GUI adalah untuk memudahkan pengguna dalam melakukan prakiraan cuaca dengan menentukan parameter input yang diinginkan. Dengan menggunakan Aplikasi GUI umumnya lebih mudah dioperasikan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana kerjanya.

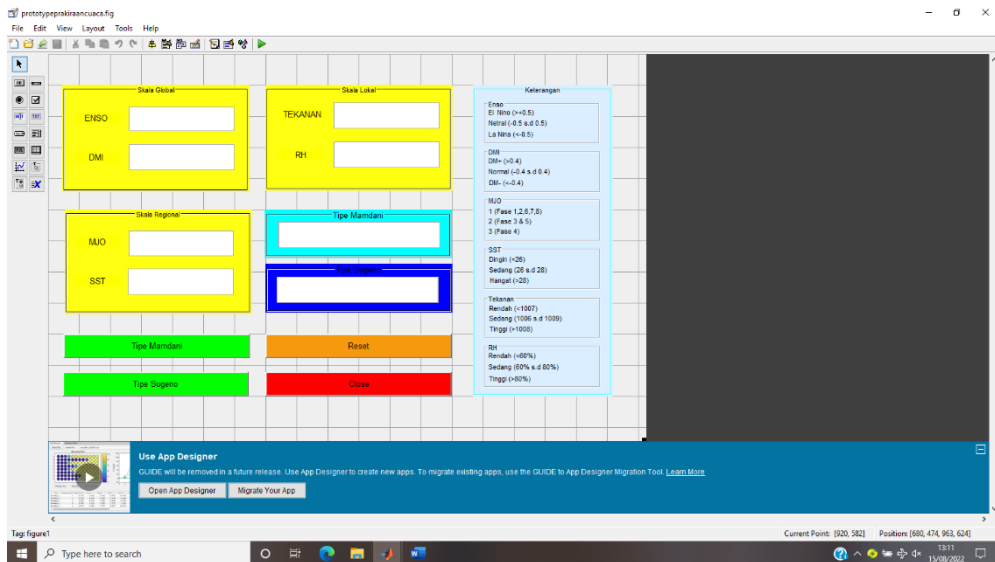
1. Mengetikan *Guide* pada *Command Window*

Setelah menekan enter akan muncul tampilan jendela seperti dibawah ini



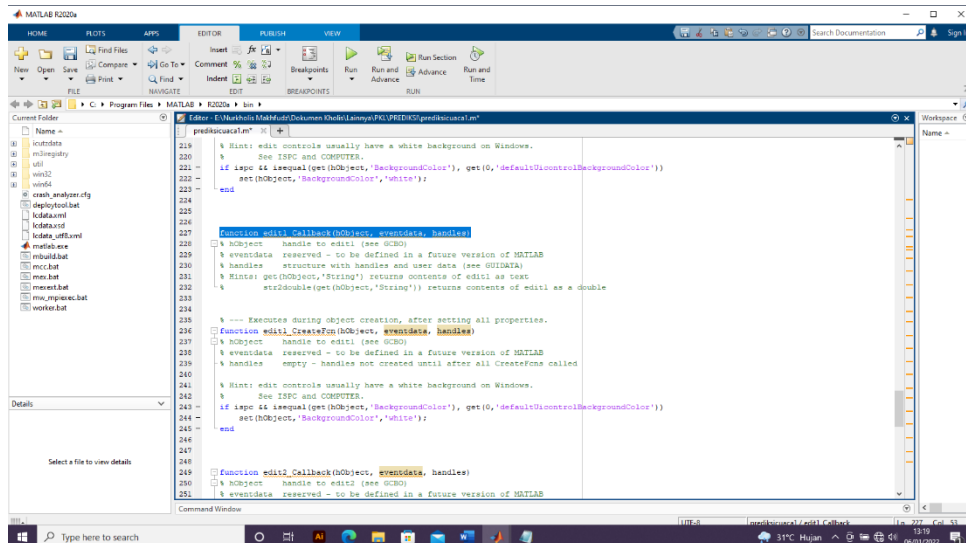
Gambar 4.17 Tampilan Graphic User Interface

2. Membuat tampilan prototipe untuk input data variabel yang telah ditentukan dengan menggunakan elemen-elemen handles yang telah tersedia pada GUI.



Gambar 4.18 Prototipe Prakiraan Cuaca

3. Setelah file disimpan lakukan pemanggilan ( *View Callbacks – Callback* ) pada setiap variabel input yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, LI, dan RH serta variabel output yaitu Prakiraan Cuaca.



Gambar 4.19 Pemanggilan Semua Variabel Input dan Output

Untuk setiap variabel harus ditambahkan program/coding seperti berikut :

```
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
ENSO=str2double(get(hObject,'string'));
handles.ENSO=ENSO;
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as
text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents
of edit1 as a double
```

Program tersebut merupakan program untuk variabel ENSO, setelah itu dilanjutkan pembuatan program/coding untuk variabel yang lain baik variabel input maupun variabel output.

#### 4. Tombol Proses

Tombol proses merupakan tombol yang fungsinya untuk menjalankan program proses (*preprocessing*) dalam *Prototype* Prakiraan Cuaca. Adapun program dari tombol proses adalah sebagai berikut :

##### a. Tombol Proses Mamdani

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
```

```

fis=readfis('prakiraancuacamamdani');
input=[handles.ENS0 handles.DMI handles.MJO handles.SST
handles.TEKANAN handles.RH];
out=evalfis(input,fis)
set(handles.edit7,'string',out);
if out<2.5 && out>=0
    set(handles.edit8,'string','CERAH - BERAWAN');
elseif out<=5 && out>=2.5
    set(handles.edit8,'string','BERAWAN - HUJAN RINGAN');
elseif out<=7.5 && out>=5
    set(handles.edit8,'string','HUJAN RINGAN - HUJAN
SEDANG');
else
    set(handles.edit8,'string','HUJAN SEDANG - HUJAN
LEBAT');
end;

```

#### b. Tombol Proses Sugeno

```

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
fis=readfis('prakiraancuacasugeno');
input=[handles.ENS0 handles.DMI handles.MJO handles.SST
handles.TEKANAN handles.RH];
out=evalfis(input,fis)
set(handles.edit9,'string',out);
if out<2.5 && out>=0
    set(handles.edit10,'string','CERAH - BERAWAN');
elseif out<=5 && out>=2.5
    set(handles.edit10,'string','BERAWAN - HUJAN RINGAN');
elseif out<=7.5 && out>=5
    set(handles.edit10,'string','HUJAN RINGAN - HUJAN
SEDANG');
else
    set(handles.edit10,'string','HUJAN SEDANG - HUJAN
LEBAT');
end;

```

#### 5. Tombol Reset

Tombol Reset digunakan untuk mengembalikan tampilan awal GUI apabila terjadi kesalahan pada saat proses penginputan data variabel serta jika *user* ingin kembali memulai proses dari awal. Program Tombol *Reset* adalah sebagai berikut :

```

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
set(handles.edit1,'string','');
set(handles.edit2,'string','');
set(handles.edit3,'string','');
set(handles.edit4,'string','');
set(handles.edit5,'string','');
set(handles.edit6,'string','');
set(handles.edit7,'string','');
set(handles.edit8,'string','');
set(handles.edit9,'string','');
set(handles.edit10,'string','');

```

## 6. Tombol *Close*

Tombol *Close* berfungsi untuk mengakhiri atau keluar dari program tampilan GUI Prediksi Cuaca. Adapun program Tombol *Close* adalah sebagai berikut :

```

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
close

```

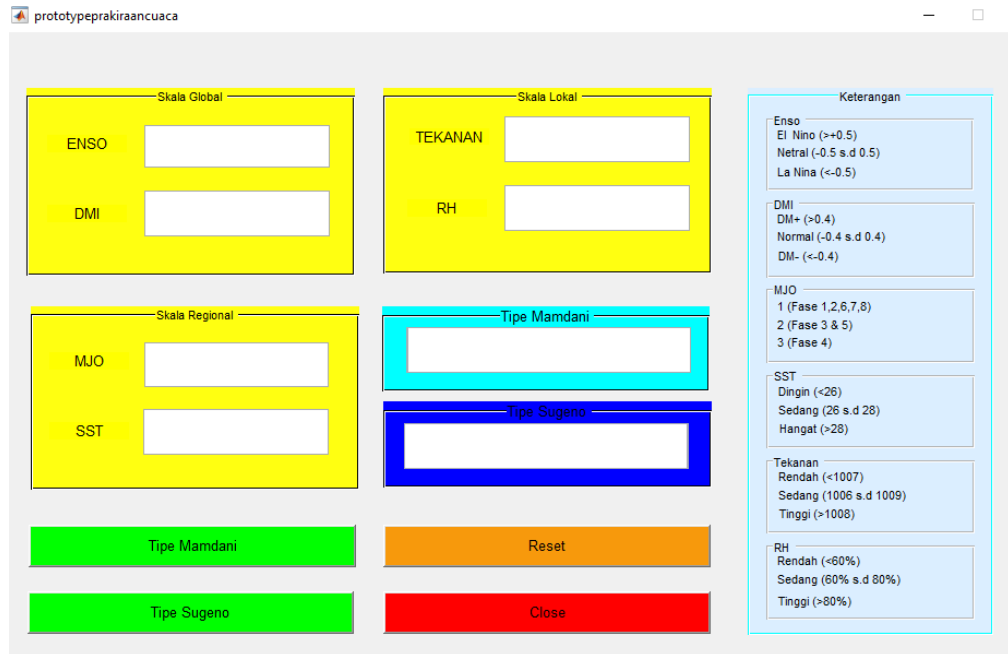
## F. Pengujian *Prototype* Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe Mamdani dan Sugeno

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa program yang telah dirancang dapat berjalan dengan baik sesuai yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan dengan memasukan data variable input yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, TEKANAN, dan RH selama kurun waktu 1 tahun ( Juli 2021 – Juni 2022 ) sehingga diperoleh hasil Prakiraan Cuaca selama satu tahun.

Adapun Langkah yang dilakukan untuk melakukan pengujian *prototype* prediksi cuaca ini adalah sebagai berikut :

1. Membuka *Software* MATLAB 2020R.
2. Setelah masuk pada tampilan utama MATLAB, kemudian membuka program prediksi cuaca pada folder dimana program disimpan sebelumnya.
3. Ketik “prototypeprakiraancuaca” pada *Comand Window* untuk memanggil program prediksi cuaca.

- Setelah menekan tombol “Enter” akan muncul tampilan GUI pada layar monitor yang merupakan *Prototype* dari Model Prediksi Cuaca dengan Metode FIS Tipe Mamdani.



5.

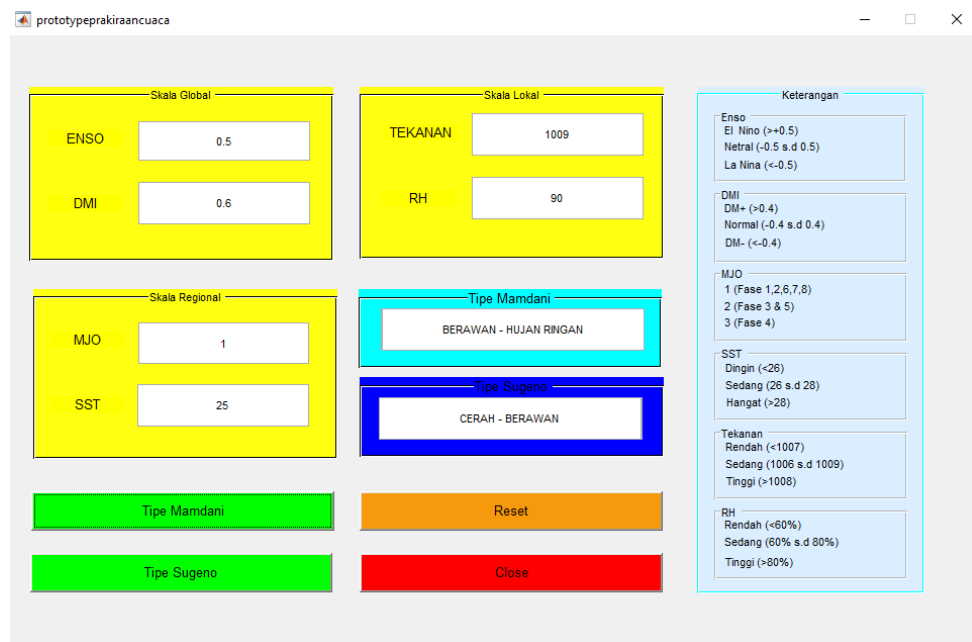
Gambar 4.20 *Prototype Prakiraan Cuaca Setelah Running*

Berikut ini merupakan penjelasan dari setiap kolom dan tombol yang ada pada *prototype* prediksi cuaca diatas :

- Kolom “*Skala Global*” berfungsi untuk menginput data parameter cuaca skala global yaitu ENSO dan DMI.
- Kolom “*Skala Regional*” berfungsi untuk menginput data parameter cuaca skala regional yaitu MJO dan SST.
- Kolom “*Skala Lokal*” berfungsi untuk menginput data parameter cuaca skala local yaitu TEKANAN dan RH.
- Kolom “*Nilai Prediksi*” berfungsi untuk menampilkan output nilai prediksi dari model prediksi yang telah dibuat.
- Kolom “*Cuaca*” berfungsi untuk menampilkan output prakiraan cuaca yang didapat daari model prediksi cuaca yang telah dibuat.
- Tombol “*Tipe Mamdani*” berfungsi untuk menjalankan program proses (*preprocessing*) dalam *Prototype* Prakiraan Cuaca sehingga saat ditekan

akan menampilkan output berupa prakiraan cuaca metode FIS tipe Mamdani.

7. Tombol “*Tipe Sugeno*” berfungsi untuk menjalankan program proses (*preprocessing*) dalam *Prototype* Prakiraan Cuaca sehingga saat ditekan akan menampilkan output berupa prakiraan cuaca metode FIS tipe Sugeno.
8. Tombol “*Reset*” berfungsi untuk mengembalikan tampilan awal GUI apabila terjadi kesalahan pada saat proses penginputan data variabel serta jika *user* ingin kembali memulai proses dari awal.



Gambar 4.21 Contoh *Prototype Hasil Prakiraan*

Setelah semua data *variable input* selama enam bulan telah dimasukkan ke dalam program prakiraan cuaca dan didapatkan hasil prakiraan cuaca selama satu tahun. Setelah itu dilakukan analisis hasil data pengujian prakiraan cuaca dengan data aktual cuaca yang terjadi di Kabupaten Cilacap selama kurun satu tahun (Juli 2021 – Juni 2022).

#### G. Analisis Hasil Data Pengujian *Prototype Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe Mamdani dan Sugeno.*

Berdasarkan data hasil pengujian prakiraan cuaca dengan metode *Fuzzy Inference System (FIS)* yang telah dilakukan, pada bulan Juli 2021 untuk tipe Mamdani memiliki jumlah data benar sebanyak 23 dari 31 data dengan akurasi 74,19%, sedangkan untuk tipe Sugeno memiliki jumlah data benar sebanyak



15 dari 31 data dengan akurasi 48,39%. Pada bulan Agustus 2021 terdapat 31 data, untuk tipe mamdani memiliki 25 data benar dengan akurasi 80,65%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 28 data benar dengan akurasi 90,31%. Pada bulan September 2021 terdapat 30 data, untuk tipe Mamdani memiliki 25 data benar dengan akurasi 83,32%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 16 data benar dengan akurasi 53,32%. Pada bulan Oktober 2021 terdapat 31 data, untuk tipe Mamdani memiliki 28 data benar dengan akurasi 90,31%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 24 data benar dengan akurasi 77,42%. Pada bulan November 2021 terdapat 30 data, untuk tipe Mamdani memiliki 24 data benar dengan akurasi 80%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 20 data benar dengan akurasi 66,67%. Pada bulan Desember terdapat 31 data, untuk tipe mamdani memiliki 26 data benar dengan akurasi 83,87%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 22 data benar dengan akurasi 70,97%.

Untuk tahun 2022 bulan terdapat 31 data, untuk tipe Mamdani memiliki 29 data benar dengan akurasi 93,55%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 25 data benar dengan akurasi 80,65%. Pada bulan Februari terdapat 28 data, untuk tipe Mamdani memiliki 23 data benar dengan akurasi 82,14%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 18 data benar dengan akurasi 64,29%. Pada bulan Maret terdapat 31 data, untuk tipe Mamdani memiliki 22 data benar dengan akurasi 70,97%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 18 data benar dengan akurasi 58,06%. Pada bulan April terdapat 30 data, untuk tipe Mamdani memiliki 23 data benar dengan akurasi 76,67%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 20 data benar dengan akurasi 66,67%. Pada bulan Mei terdapat 31 data, untuk tipe Mamdani memiliki 25 data benar dengan akurasi 90,32%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 10 data benar dengan akurasi 32,26%. Pada bulan Juni terdapat 30 data, untuk tipe Mamdani memiliki 22 data benar dengan akurasi 73,32%, sedangkan tipe Sugeno memiliki 23 data benar dengan akurasi 76,67%.

Jumlah keseluruhan data adalah sebanyak 366 data, untuk tipe Mamdani memiliki 296 data benar dan untuk tipe Sugeno memiliki 239 data benar. Nilai rata-rata akurasi dalam kurun waktu 1 tahun (Juli 2021 – Juni 2022) untuk tipe Mamdani sebesar 80,87% dengan kesalahan 19,13%, sedangkan untuk tipe Sugeno sebesar 65,31% dengan kesalahan 34,69%.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Harmoko & Az, 2012) yang menggunakan 5 parameter input dari 3 skala, penelitian yang dilakukan oleh penulis memiliki kelebihan, baik itu tipe Mamdani maupun tipe Sugeno. Dimana dari hasil pengujian yang telah dilakukan, prakiraan cuaca dengan metode FIS tipe Mamdani dan tipe Sugeno menggunakan 6 parameter dari 3 skala mempunyai tingkat akurasi lebih besar yaitu 80,87% untuk tipe Mamdani dan 65,31% untuk tipe Sugeno, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Harmoko & Az, 2012) mempunyai tingkat akurasi 80,32% untuk tipe Mamdani dan 45,67% untuk tipe Sugeno. Berikut ini rangkuman hasil pengujian prakiraan cuaca dengan metode FIS tipe Mamdani dan Sugeno yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Rangkuman Hasil Pengujian Prakiraan Cuaca Metode FIS

Thn	Bulan	Prakiraan Cuaca					
		Mamdani			Sugeno		
		Data Benar	Data Salah	Akurasi	Data benar	Data Salah	Akurasi
2021	Juli	23	8	74,19%	15	16	48,39%
	Agustus	25	6	80,65%	28	3	90,31%
	September	25	5	83,32%	16	14	53,32%
	Oktober	28	3	90,31%	24	7	77,42%
	November	24	6	80%	20	10	66,67%
	Desember	26	5	83,87%	22	9	70,97%
2022	Januari	29	2	93,55%	25	6	80,65%
	Februari	23	5	82,14%	18	10	64,29%
	Maret	22	9	70,97%	18	13	58,06%
	April	23	7	76,67%	20	10	66,67%
	Mei	25	6	90,32%	10	21	32,36%
	Juni	22	8	73,32%	23	7	76,67%
Jumlah		296	70	80,87%	239	127	65,31%

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Menurut hasil observasi yang penulis lakukan di BMKG Cilacap, penulis mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini yang berjudul Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Mamdani dan tipe Sugeno untuk Prakiraan Cuaca Menggunakan MATLAB, dengan data 1 tahun (Juli 2021 – Juni 2022), maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penerapan Metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tipe Mamdani dan Sugeno untuk model prakiraan cuaca menggunakan *software* MATLAB yaitu dengan menambahkan semua variabel *input* dan *output* pada FIS *Editor* – fuzzifikasi – pembentukan *Rule Base*.
2. Prototype dari Model Prakiraan Cuaca ini dirancang menggunakan *tools Graphic User Interface* (GUI) pada *software* MATLAB dengan mengintegrasikan FIS-file yang telah dibuat. Dengan adanya prototype ini sangat memudahkan bagi penggunaannya, karena untuk mengoperasikannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana cara kerjanya.
3. Prakiraan cuaca ini dilakukan dengan memasukan variabel input pada kolom yang telah disediakan ( Skala Global, Skala Regional, dan Skala Lokal), kemudian menekan tombol “Tipe Mamdani” untuk metode FIS tipe Mamdani dan tombol “Tipe Sugeno” untuk metode FIS tipe Sugeno), maka akan keluar hasil prakiraan cuacanya. Berdasarkan hasil pengujian prakiraan cuaca dengan metode FIS tipe Mamdani dikatakan handal, karena memiliki tingkat akurasi lebih dari 70% yaitu 80,87%. Sedangkan untuk FIS tipe Sugeno kurang handal, karena tingkat akurasinya kurang dari 70% yaitu 65,31%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode terbaik dalam memprakirakan cuaca dengan studi kasus di BMKG Cilacap adalah menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Mamdani. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dengan menggunakan 6 parameter input dari 3 skala memiliki

tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Harmoko dan Az pada tahun 2012 yang menggunakan 5 parameter input dari 3 skala, baik itu tipe Mamdani atau tipe Sugeno.

## **B. Saran**

Untuk penulisan lebih lanjut, penulis memberikan beberapa saran diantaranya :

1. Menggunakan data training yang lebih banyak
2. Menambahkan parameter input lain yang berkaitan dengan perubahan cuaca, terutama untuk Skala Lokal.
3. Menggunakan metode FIS lainnya seperti Tsukamoto atau dengan metode lainnya seperti ARIMA kemudian membandingkan hasilnya dengan metode Mamdani dan Sugeno yang telah dibuat.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. Zakir, W. Sulistya dan M. K. Khotimah. (2009). *Perspektif Operasional Cuaca Tropis*. Jakarta: Puslitbang BMKG.
- Amelia, C., Sari, N. P., & Muryeti. (2020). Analisis Perencanaan Jumlah Persediaan Opp Film Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno. *Politeknologi*, 19(3), 259–269.
- Anggriana, K. (2015). Analisis Perencanaan Dan Pengendalian Persediaan Busbar Berdasarkan Sistem Mrp (Material Requirement Planning) Di Pt. Tis. *Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri*, 9(3), 320–337.
- Citra Mutia, A., Sundoro, A. F., Yajiddin, A., Khoirullah, M., & Aini, Q. (2017). Review Penerapan Fuzzy Logic Sugeno Dan Mamdani Pada Sistem Pendukung Keputusan Prakiraan Cuaca Di Indonesia. *Prosiding SESINDO*, November, 2017, 115–120.
- Hadinegoro, A. (2021). Fuzzy Mamdani dan Fuzzy Tsukamoto untuk Kesesuaian Prediksi Pemberian Kelayakan Pinjaman (Studi Kasus : Sentra Gadai). *Information System Journal*, 3(2), 18-23.
- Harmoko, I. W., & Az, N. (2012). Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno. *Jurnal Technology of Information and Communication*. 1(1), 59–70.
- Irfan, M., Ayuningtias, L. P., & Jumadi, J. (2018). Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani ( Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung). *Jurnal Teknik Informatika*, 10(1), 9–16.
- Jung, T., & Matsueda, M. (2016). Verification of global numerical weather forecasting systems in polar regions using TIGGE data. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 142(695), 574–582.
- Kusumadewi, S. (2002). *Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box*

- Matlab* (Cetakan Pe). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Puspita, E. S., & Yulianti, L. (2016). Perancangan Sistem Peramalan Cuaca Berbasis Logika Fuzzy. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 1-10.
- Putra, H., Kelviandy, M., & Eka Putera, B. (2018). Penerapan Kontrol Fuzzy Logic Berbasis Matlab Pada Perangkat Mesin Cuci. *Multinetics*, 4(2), 14–21.
- Ramdhany, D. N. (2006). Diagnosis Gangguan Sistem Urinari Pada Anjing dan Kucing Menggunakan VFI 5. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*. 2, (9), 86-94.
- Riadi, J., & Nurmahaludin. (2012). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Multi Layer Perceptron Pada Aplikasi Prakiraan Cuaca. *Poros Teknik*, 4(1), 71–76.
- Rohimah, L. (2019). Prediksi Nilai Ekspor Sepatu Kulit HS 6403 Ke Jepang Dengan Metode Mamdani, Sugeno Dan Tsukamoto. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer*, 4(2), 239–244.
- Setiadji. (2009). *Himpunan & Logika Samar Serta Aplikasinya* (Edisi 1). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Susilo, F. (2006). *Himpunan & Logika Kabur Serta Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wang, L.-X. (1997). *A Course In Fuzzy Systems And Control*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Wele, I. H., Rumlaklak, N. D., & Boru, M. (2020). Sistem Peramalan Cuaca dengan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: BMKG Lasiana). *Jurnal Komputer Dan Informatika*, 8(2), 163–169.
- Widaningsih, S. (2017). Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur. *Infoman's*, 11(1), 51–65.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1

Bh	No	Skala Global		Skala Regional		Skala Lokal		Prakiraan		Aktual	Keakuratan	
		ENSO	DMI	MJO	SST	Tekanan	RH	Mamdani	Sugeno		Mam	Sug
Juli	1	-0,4	-0,4	2	27,6	1011,4	82	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	0	0
	2	-0,4	-0,4	2	27,6	1010,7	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	3	-0,4	-0,4	2	27,6	1010,9	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	0	0
	4	-0,4	-0,4	2	27,6	1011	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	0	0
	5	-0,4	-0,4	3	27,6	1010,5	77	Berawan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	1	0
	6	-0,4	-0,4	3	27,6	1010,5	76	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	7	-0,4	-0,4	3	27,3	1011,1	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	0	0
	8	-0,4	-0,4	3	27,3	1010,8	79	Berawan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	1	0
	9	-0,4	-0,4	3	27,3	1009,3	84	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	10	-0,4	-0,4	2	27,3	1009	86	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	11	-0,4	-0,4	2	27,3	1009,7	85	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	12	-0,4	-0,4	2	27,3	1010,5	82	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	13	-0,4	-0,4	3	27,3	1011	80	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	14	-0,4	-0,4	3	27,1	1011,3	75	Berawan	Berawan	Hujan Ringan	1	0
	15	-0,4	-0,4	4	27,1	1012,3	75	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	16	-0,4	-0,4	4	27,1	1012	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	17	-0,4	-0,4	4	27,1	1011,4	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	18	-0,4	-0,4	5	27,1	1010,6	80	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	19	-0,4	-0,4	5	27,1	1011	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	20	-0,4	-0,4	5	27,1	1012	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	21	-0,4	-0,4	6	27,1	1012,5	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	22	-0,4	-0,4	6	26,9	1011,3	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	23	-0,4	-0,4	6	26,9	1012,1	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	24	-0,4	-0,4	6	26,9	1012,9	77	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	25	-0,4	-0,4	6	26,9	1012,4	77	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	26	-0,4	-0,4	6	26,9	1011,9	79	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	27	-0,4	-0,4	6	26,9	1012	78	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	28	-0,4	-0,4	6	26,7	1012,5	77	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	29	-0,4	-0,4	7	26,7	1012,8	78	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Sedang	0	1
	30	-0,4	-0,4	8	26,7	1013,4	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	31	-0,4	-0,4	8	26,7	1012,9	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
Agustus	32	-0,4	-0,5	8	26,7	1012,5	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	33	-0,4	-0,5	8	26,7	1012,9	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	34	-0,4	-0,5	8	26,7	1014,1	93	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	35	-0,4	-0,5	8	26,6	1013,4	90	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	36	-0,4	-0,5	8	26,6	1013,1	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	37	-0,4	-0,5	1	26,6	1012,1	84	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	38	-0,4	-0,5	1	26,6	1012,5	84	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	39	-0,4	-0,5	1	26,6	1012,3	85	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	40	-0,4	-0,5	2	26,6	1011,7	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	41	-0,4	-0,5	2	26,6	1012,7	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	42	-0,4	-0,5	2	26,7	1013,8	78	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	43	-0,4	-0,5	2	26,7	1013,9	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	44	-0,4	-0,5	2	26,7	1012,3	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	45	-0,4	-0,5	2	26,7	1011,3	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	46	-0,4	-0,5	2	26,7	1012,5	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	47	-0,4	-0,5	2	26,7	1013,6	83	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	48	-0,4	-0,5	2	26,7	1012,5	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	49	-0,4	-0,5	2	26,6	1011,3	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	50	-0,4	-0,5	2	26,6	1012,1	79	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	51	-0,4	-0,5	2	26,6	1012,7	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	52	-0,4	-0,5	2	26,6	1012,8	85	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	53	-0,4	-0,5	2	26,6	1011,9	83	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	54	-0,4	-0,5	2	26,6	1012,5	81	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	55	-0,4	-0,5	2	26,6	1012,9	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	56	-0,4	-0,5	2	26,4	1012,3	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	57	-0,4	-0,5	2	26,4	1011,5	79	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	58	-0,4	-0,5	2	26,4	1011,8	77	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	59	-0,4	-0,5	2	26,4	1010,6	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	60	-0,4	-0,5	2	26,4	1011,2	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	61	-0,4	-0,5	2	26,4	1011,7	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	62	-0,4	-0,5	2	26,4	1011,9	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1



September	63	-0,5	-0,16	3	26,4	1012,7	80	Berawan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	1	0
	64	-0,5	-0,16	3	26,4	1012,9	77	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	65	-0,5	-0,16	3	26,4	1012,6	80	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	66	-0,5	-0,16	3	26,4	1012,6	80	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	67	-0,5	-0,16	3	26,4	1012,6	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	68	-0,5	-0,16	4	26,4	1012,3	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	69	-0,5	-0,16	4	26,4	1012,4	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	70	-0,5	-0,16	3	26,6	1012,8	83	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	71	-0,5	-0,16	3	26,6	1013	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	72	-0,5	-0,16	3	26,6	1012,6	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	73	-0,5	-0,16	3	26,6	1011,3	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	74	-0,5	-0,16	3	26,6	1010,7	89	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	75	-0,5	-0,16	3	26,6	1010,9	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	76	-0,5	-0,16	3	26,6	1012,8	91	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	77	-0,5	-0,16	3	26,4	1012,2	87	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Lebat	0	0
	78	-0,5	-0,16	3	26,4	1011,6	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	79	-0,5	-0,16	3	26,4	1011,6	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	80	-0,5	-0,16	3	26,4	1012,5	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	81	-0,5	-0,16	3	26,4	1013	82	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	82	-0,5	-0,16	4	26,4	1012,2	88	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	83	-0,5	-0,16	4	26,4	1011,6	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	84	-0,5	-0,16	4	26,4	1011,6	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	85	-0,5	-0,16	4	26,4	1011,8	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	86	-0,5	-0,16	4	26,4	1010,9	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	87	-0,5	-0,16	5	26,4	1010	84	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	88	-0,5	-0,16	4	26,4	1010,1	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	89	-0,5	-0,16	4	26,4	1010,3	81	Berawan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	1	0
	90	-0,5	-0,16	4	26,4	1011,1	80	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	0	0
	91	-0,5	-0,16	4	26,3	1011,1	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	92	-0,5	-0,16	4	26,3	1011,7	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	93	-0,7	0,27	4	26,3	1012,2	84	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	94	-0,7	0,27	5	26,3	1011,5	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
95	-0,7	0,27	5	26,3	1011,2	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
96	-0,7	0,27	5	26,3	1010,7	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
97	-0,7	0,27	5	26,3	1010,4	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
98	-0,7	0,27	5	26,1	1010,4	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
99	-0,7	0,27	5	26,1	1011,1	78	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0	
100	-0,7	0,27	5	26,1	1011,9	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
101	-0,7	0,27	5	26,1	1011,3	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
102	-0,7	0,27	5	26,1	1010,6	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
103	-0,7	0,27	5	26,1	1010,7	79	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0	
104	-0,7	0,27	6	26,1	1009,6	76	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1	
105	-0,7	0,27	6	26	1010	75	Berawan	Berawan	Hujan Ringan	0	0	
106	-0,7	0,27	6	26	1009,7	78	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1	
107	-0,7	0,27	6	26	1009,4	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
108	-0,7	0,27	5	26	1009,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
109	-0,7	0,27	4	26	1009,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
110	-0,7	0,27	3	26	1012,5	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
111	-0,7	0,27	2	26	1014,3	85	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0	
112	-0,7	0,27	2	25,9	1012,9	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
113	-0,7	0,27	2	25,9	1012,3	84	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0	
114	-0,7	0,27	2	25,9	1013,4	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
115	-0,7	0,27	2	25,9	1012,4	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
116	-0,7	0,27	2	25,9	1011,4	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
117	-0,7	0,27	2	25,9	1010,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
118	-0,7	0,27	2	25,9	1011	87	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0	
119	-0,7	0,27	1	25,6	1011,3	88	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
120	-0,7	0,27	1	25,6	1011,4	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
121	-0,7	0,27	1	25,6	1012,7	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
122	-0,7	0,27	1	25,6	1012	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
123	-0,7	0,27	1	25,6	1011,4	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	

November	124	-0,8	0,23	2	25,6	1011,3	88	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	125	-0,8	0,23	2	25,6	1010,9	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	126	-0,8	0,23	3	25,8	1010	85	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	127	-0,8	0,23	4	25,8	1009,5	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	128	-0,8	0,23	4	25,8	1008,3	84	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	129	-0,8	0,23	4	25,8	1007,3	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	130	-0,8	0,23	4	25,8	1007,5	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	131	-0,8	0,23	3	25,8	1008,2	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	132	-0,8	0,23	3	25,8	1009,1	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Lebat	0	0
	133	-0,8	0,23	4	26	1010,3	89	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	134	-0,8	0,23	4	26	1010,3	89	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Ringan	0	1
	135	-0,8	0,23	5	26	1010,7	90	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	136	-0,8	0,23	5	26	1010,1	87	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Lebat	0	0
	137	-0,8	0,23	5	26	1010	89	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	138	-0,8	0,23	5	26	1009,3	91	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	139	-0,8	0,23	4	26	1009,6	87	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	140	-0,8	0,23	4	25,7	1009,5	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	141	-0,8	0,23	4	25,7	1007,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	142	-0,8	0,23	4	25,7	1007,4	89	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	143	-0,8	0,23	4	25,7	1008	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	144	-0,8	0,23	4	25,7	1008	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	145	-0,8	0,23	4	25,7	1008	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	146	-0,8	0,23	3	25,7	1008,8	90	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	147	-0,8	0,23	3	26	1009	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	148	-0,8	0,23	4	26	1009,2	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	149	-0,8	0,23	4	26	1009,7	89	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	150	-0,8	0,23	4	26	1008,2	93	Hujan Lebat	Hujan Sedang	Hujan Lebat	1	0
	151	-0,8	0,23	5	26	1009,6	85	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	152	-0,8	0,23	5	26	1009	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	153	-0,8	0,23	6	26	1009,4	77	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	Desember	154	-1,1	-0,2	6	25,8	1010,2	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1
155		-1,1	-0,2	6	25,8	1010,2	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
156		-1,1	-0,2	6	25,8	1010,4	83	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
157		-1,1	-0,2	6	25,8	1010,8	93	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
158		-1,1	-0,2	6	25,8	1010,1	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
159		-1,1	-0,2	6	25,8	1008,9	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
160		-1,1	-0,2	6	25,8	1009,7	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
161		-1,1	-0,2	7	25,5	1010,4	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
162		-1,1	-0,2	7	25,5	1010,2	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
163		-1,1	-0,2	7	25,5	1010,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
164		-1,1	-0,2	7	25,5	1010,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
165		-1,1	-0,2	7	25,5	1010	84	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Lebat	0	0
166		-1,1	-0,2	7	25,5	1009,1	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
167		-1,1	-0,2	7	25,5	1008,8	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
168		-1,1	-0,2	7	25,5	1009	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
169		-1,1	-0,2	7	25,5	1009,6	87	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
170		-1,1	-0,2	7	25,5	1009,5	84	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
171		-1,1	-0,2	7	25,5	1007,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
172		-1,1	-0,2	7	25,5	1007,4	89	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
173		-1,1	-0,2	7	25,5	1008	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
174		-1,1	-0,2	7	25,5	1008	86	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
175		-1,1	-0,2	7	25,5	1008	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
176		-1,1	-0,2	7	25,5	1008,8	90	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
177		-1,1	-0,2	7	25,5	1009	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
178		-1,1	-0,2	7	25,5	1009,2	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
179		-1,1	-0,2	7	25,5	1009,7	89	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
180		-1,1	-0,2	7	25,5	1010,1	93	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Lebat	0	0
181		-1,1	-0,2	7	25,5	1009,6	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
182		-1,1	-0,2	8	25,5	1009	79	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
183		-1,1	-0,2	8	25,5	1009,4	77	Hujan Ringan	Berawan	Hujan Ringan	1	0
184		-1,1	-0,2	8	25,5	1011,4	87	Hujan Sedang	Berawan	Hujan Lebat	0	0

Januari	185	-1,2	0,1	7	25,5	1009,8	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	186	-1,2	0,1	7	25,5	1010,2	79	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	187	-1,2	0,1	7	25,5	1010,6	77	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	188	-1,2	0,1	7	25,5	1010,9	78	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	189	-1,2	0,1	7	25,5	1011	78	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	190	-1,2	0,1	7	25,5	1011,3	78	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	191	-1,2	0,1	7	25,5	1011,7	85	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	192	-1,2	0,1	7	25,5	1010,3	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	193	-1,2	0,1	7	25,5	1009,5	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	194	-1,2	0,1	8	25,5	1009,8	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	195	-1,2	0,1	8	25,5	1010,5	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	196	-1,2	0,1	8	25,7	1010,8	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	197	-1,2	0,1	8	25,7	1010,7	88	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	198	-1,2	0,1	8	25,7	1010	83	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	199	-1,2	0,1	7	25,7	1010	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	200	-1,2	0,1	8	25,7	1009,4	76	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	201	-1,2	0,1	8	25,7	1009,2	79	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	202	-0,9	0	7	25,7	1008,5	82	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	203	-0,9	0	6	25,7	1008,5	86	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	204	-0,9	0	6	25,7	1009,8	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	205	-0,9	0	7	25,7	1009,8	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	206	-0,9	0	7	25,7	1009,5	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	207	-0,9	0	7	25,7	1009	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	208	-0,9	0	7	25,7	1007,7	80	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	209	-0,9	0	8	25,7	1007,5	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
210	-0,9	0	8	25,8	1008,5	83	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0	
211	-0,9	0	8	25,8	1009,4	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
212	-0,9	0	7	25,8	1010	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
213	-0,9	0	7	25,8	1009,8	78	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0	
214	-0,9	0	6	25,8	1009,4	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
215	-0,9	0	6	25,8	1009	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0	
Februari	216	-0,9	-0,1	4	25,8	1008,6	80	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	217	-0,9	-0,1	3	25,9	1009,6	84	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	218	-0,9	-0,1	3	25,9	1009,1	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	219	-0,9	-0,1	3	25,9	1008,1	83	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	220	-0,9	-0,1	2	25,9	1008,1	88	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	221	-0,9	-0,1	2	25,9	1007,3	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	222	-0,9	-0,1	2	25,9	1007,7	75	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	223	-0,9	-0,1	2	25,9	1008,9	74	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	224	-0,9	-0,1	2	26	1008,7	82	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	225	-0,9	-0,1	2	26	1007,3	77	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	226	-0,9	-0,1	2	26	1007,3	78	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	227	-0,9	-0,1	2	26	1006,5	82	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	0	0
	228	-0,9	-0,1	2	26	1007,2	89	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	229	-0,9	-0,1	2	26	1009,5	82	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	230	-0,9	-0,1	3	26	1009,6	93	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	231	-0,9	-0,1	3	26	1007	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	232	-0,9	-0,1	3	26	1007,4	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	233	-0,9	-0,1	3	26	1009,1	84	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	234	-0,9	-0,1	3	26	1009,9	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	235	-0,9	-0,1	3	26	1009,8	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	236	-0,9	-0,1	4	26	1009,8	83	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	237	-0,9	-0,1	3	26	1010,9	88	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	238	-0,9	-0,1	3	25,9	1010,8	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	239	-0,9	-0,1	3	25,9	1010,6	77	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	240	-0,9	-0,1	3	25,9	1010,1	78	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	241	-0,9	-0,1	3	25,9	1009,7	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	242	-0,9	-0,1	4	25,9	1008,5	79	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	243	-0,9	-0,1	4	25,9	1008,6	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0

Maret	245	-1	0	5	25,9	1008,6	79	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	246	-1	0	5	25,9	1008,9	82	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	247	-1	0	7	25,9	1009,3	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	248	-1	0	8	25,9	1009,9	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	249	-1	0	6	25,9	1010,1	89	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	250	-1	0	1	25,9	1009,4	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	251	-1	0	1	25,9	1009,4	90	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	252	-1	0	1	25,9	1008,7	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	253	-1	0	1	26,1	1008,4	87	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	254	-1	0	1	26,1	1007,7	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	255	-1	0	1	26,1	1006,3	81	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	256	-1	0	1	26,1	1006,4	86	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	257	-1	0	2	26,1	1007,9	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	258	-1	0	2	26,1	1008,2	84	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Lebat	0	0
	259	-1	0	2	26,1	1008,1	91	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	260	-1	0	2	26,2	1007,7	85	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	261	-1	0	2	26,2	1007,2	81	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Lebat	0	0
	262	-1	0	3	26,2	1007,8	85	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	263	-1	0	3	26,2	1008,1	84	Hujan Sedang	Hujan Sedang	Hujan Sedang	1	1
	264	-1	0	3	26,2	1008,7	80	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Hujan Ringan	1	0
	265	-1	0	3	26,2	1009,2	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	266	-1	0	4	26,2	1009,1	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	267	-1	0	4	26,5	1009,2	88	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Ringan	0	1
	268	-1	0	4	26,5	1009,3	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	269	-1	0	4	26,5	1010,5	83	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	270	-1	0	4	26,5	1011,1	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	271	-1	0	7	26,5	1010,2	83	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
272	-1	0	1	26,5	1008,9	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0	
273	-1	0	1	26,5	1009,4	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1	
274	-1	0	8	26,7	1009,8	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1	
275	-1	0	1	26,7	1010,3	81	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0	
April	276	-1,1	0	1	26,7	1010,5	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	277	-1,1	0	2	26,7	1010,4	84	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Lebat	0	0
	278	-1,1	0	1	26,7	1011	88	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	279	-1,1	0	2	26,7	1011,6	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	280	-1,1	0	2	26,7	1011,6	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	281	-1,1	0	3	26,7	1011,5	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	282	-1,1	0	4	26,7	1011	84	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	283	-1,1	0	5	26,7	1010,8	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	284	-1,1	0	5	26,7	1010,1	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	285	-1,1	0	6	26,7	1010,4	79	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	286	-1,1	0	6	26,7	1009,5	80	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	287	-1,1	0	7	26,7	1009	78	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	288	-1,1	0	7	26,8	1008,9	78	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	289	-1,1	0	7	26,8	1008,8	79	Berawan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	1	0
	290	-1,1	0	8	26,8	1009,3	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	291	-1,1	0	8	26,8	1008,7	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	292	-1,1	0	1	26,8	1009	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	293	-1,1	0	1	26,8	1008,7	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	294	-1,1	0	1	26,8	1009,4	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	295	-1,1	0	1	26,8	1008,9	85	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	296	-1,1	0	2	26,8	1009,3	80	Berawan	Berawan	Cerah/Berawan	1	1
	297	-1,1	0	2	26,8	1009,2	83	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Hujan Sedang	1	0
	298	-1,1	0	2	26,8	1008,6	83	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	299	-1,1	0	3	26,8	1008,8	84	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	300	-1,1	0	3	26,8	1007,9	84	Hujan Ringan	Berawan	Cerah/Berawan	0	1
	301	-1,1	0	3	26,8	1007,1	81	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	302	-1,1	0	3	26,8	1006,9	78	Hujan Ringan	Hujan Sedang	Cerah/Berawan	0	0
	303	-1,1	0	3	26,8	1008,1	82	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Hujan Ringan	1	1
	304	-1,1	0	4	26,8	1008,3	84	Hujan Sedang	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0
	305	-1,1	0	4	26,8	1008,2	85	Hujan Ringan	Hujan Ringan	Cerah/Berawan	0	0



## Lampiran 2

```
function varargout = prototypeprakiraancuaca(varargin)
% PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA MATLAB code for
prototypeprakiraancuaca.fig
%     PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA, by itself, creates a new
PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA or raises the existing
%     singleton*.
%
%     H = PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA returns the handle to a new
PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA or the handle to
%     the existing singleton*.
%
%
PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%     function named CALLBACK in PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA.M with
the given input arguments.
%
%     PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA('Property','Value',...) creates a
new PROTOTYPEPRAKIRAANCUACA or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property
value pairs are
%     applied to the GUI before
prototypeprakiraancuaca_OpeningFcn gets called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to
prototypeprakiraancuaca_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help
prototypeprakiraancuaca

% Last Modified by GUIDE v2.5 03-Aug-2022 10:58:16

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @prototypeprakiraancuaca_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @prototypeprakiraancuaca_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
```

```

else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before prototypeprakiraancuaca is made
visible.
function prototypeprakiraancuaca_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to prototypeprakiraancuaca
(sees VARARGIN)

% Choose default command line output for prototypeprakiraancuaca
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes prototypeprakiraancuaca wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = prototypeprakiraancuaca_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
fis=readfis('prakiraancuacamamdani');
input=[handles.ENS0 handles.DMI handles.MJO handles.SST
handles.TEKANAN handles.RH];
out = evalfis(input, fis)
set(handles.edit7, 'string', out);
if out<2.5 && out>=0
    set(handles.edit8, 'string', 'CERAH - BERAWAN');
elseif out<=5 && out>=2.5
    set(handles.edit8, 'string', 'BERAWAN - HUJAN RINGAN');

```

```

elseif out<=7.5 && out>=5
    set(handles.edit8,'string','HUJAN RINGAN - HUJAN SEDANG');
else
    set(handles.edit8,'string','HUJAN SEDANG - HUJAN LEBAT');
end;

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
fis=readfis('prakiraancuacasugeno2');
input=[handles.ENS0 handles.DMI handles.MJO handles.SST
handles.TEKANAN handles.RH];
out=evalfis(input,fis)
set(handles.edit9,'string',out);
if out<5 && out>=0
    set(handles.edit10,'string','CERAH - BERAWAN');
elseif out<=10 && out>=5
    set(handles.edit10,'string','BERAWAN - HUJAN RINGAN');
elseif out<=15 && out>=10
    set(handles.edit10,'string','HUJAN RINGAN - HUJAN SEDANG');
else
    set(handles.edit10,'string','HUJAN SEDANG - HUJAN LEBAT');
end;

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
set(handles.edit1,'string','');
set(handles.edit2,'string','');
set(handles.edit3,'string','');
set(handles.edit4,'string','');
set(handles.edit5,'string','');
set(handles.edit6,'string','');
set(handles.edit7,'string','');
set(handles.edit8,'string','');
set(handles.edit9,'string','');
set(handles.edit10,'string','');

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
close

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```



```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit8 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit8 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit7 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit7 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
MJO=str2double(get(hObject,'string'));
handles.MJO=MJO;
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit3 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
SST=str2double(get(hObject,'string'));
handles.SST=SST;
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as text
%      str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit4 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
TEKANAN=str2double(get(hObject,'string'));
handles.TEKANAN=TEKANAN;
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit5 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit5 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
RH=str2double(get(hObject,'string'));
handles.RH=RH;
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit6 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
ENSO=str2double(get(hObject,'string'));
handles.ENSO=ENSO;
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit1 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
DMI=str2double(get(hObject,'string'));
handles.DMI=DMI;
guidata(hObject,handles);
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit2 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

```

```

% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit9 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit9 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit10 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
edit10 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)

```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```