

## 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)

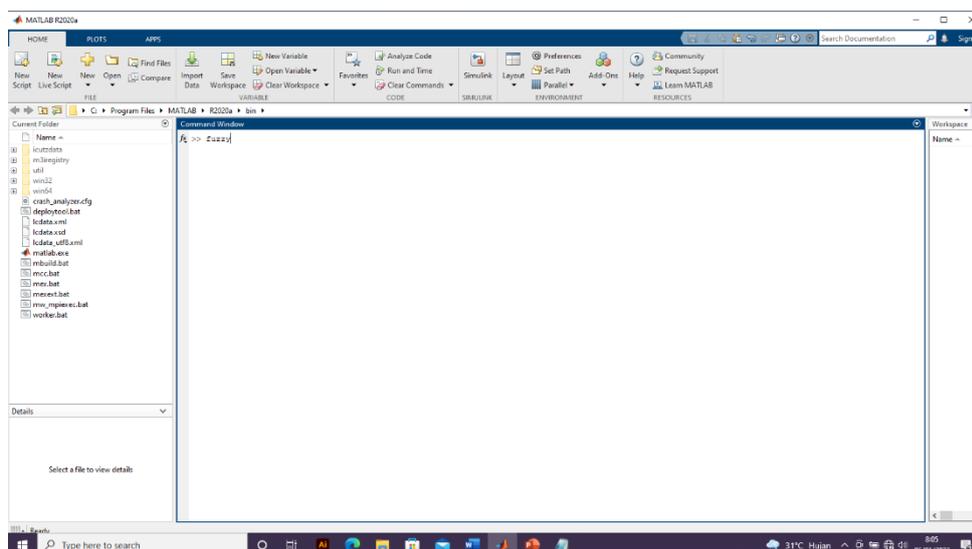
			Hujan Ringan - Hujan Sedang		(4.9-7.6)
			Hujan Sedang - Hujan Lebat		(7.4-10)

### 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.

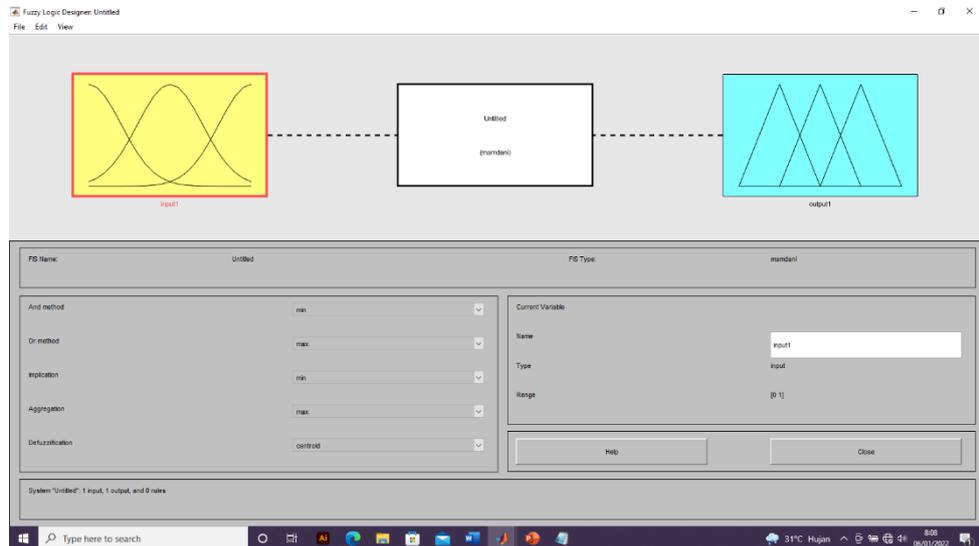
Salah satu aspek yang sangat berguna dari MATLAB ialah dengan adanya fasilitas *toolbox fuzzy logic* yang berguna dalam membuat sistem berbasis logika fuzzy yang memuat aturan-aturan berdasarkan keinginan pengguna. Berikut ini merupakan langkah dalam membuat program FIS pada *Software* MATLAB R2020a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

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



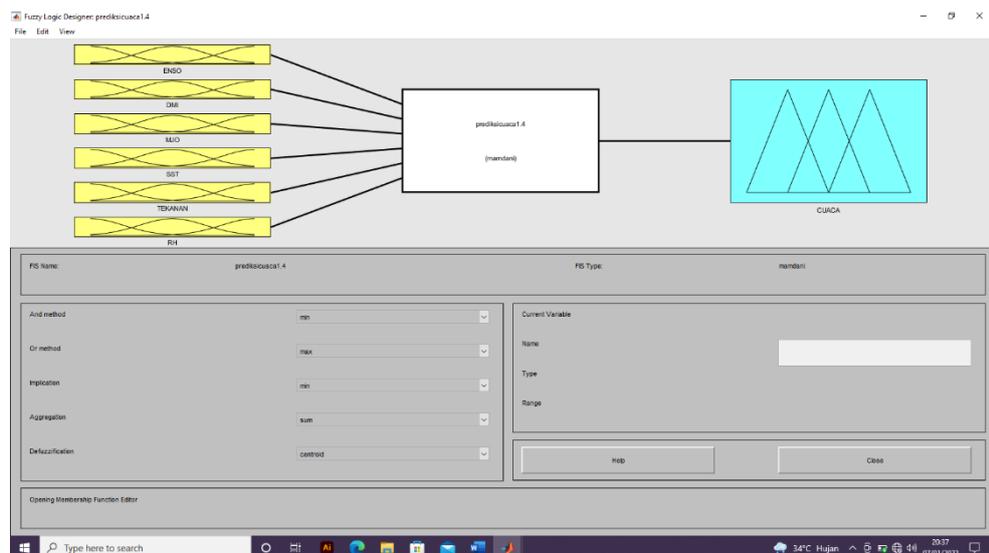
Gambar 4.1 Tampilan Command Window

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

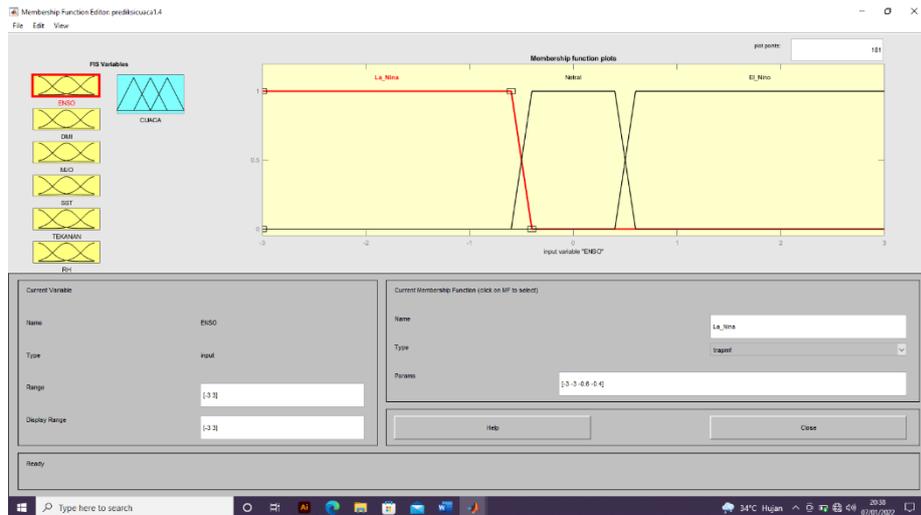
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
(-3 - (3))	La Nina	(-3 - (-0.4))
	Netral	(-0.6 - (0.6))
	El Nino	(0.4 - 3)

Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

$$\mu_{La\ Nina}(X_1) = \begin{cases} 1 & ; x \leq -0,6 \\ \frac{-0,4 - x}{-0,4 - (-0,6)} & ; -0,6 < x < -0,4 \\ 0 & ; x \geq -0,4 \end{cases}$$

$$\mu_{Netral}(X_1) = \begin{cases} 1 & ; -0,4 \leq x < 0,4 \\ \frac{x - (-0,6)}{-0,4 - (-0,6)} & ; -0,6 \leq x < -0,4 \\ \frac{0,6 - x}{0,6 - 0,4} & ; 0,4 \leq x < 0,6 \\ 0 & ; x < -0,6 \text{ } x \geq 0,6 \end{cases}$$

$$\mu_{El\ Nino}(X_1) = \begin{cases} 1 & ; x \geq 0,6 \\ \frac{x - 0,6}{0,6 - 0,4} & ; 0,4 < x < 0,6 \\ 0 & ; x \leq 0,4 \end{cases}$$



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*

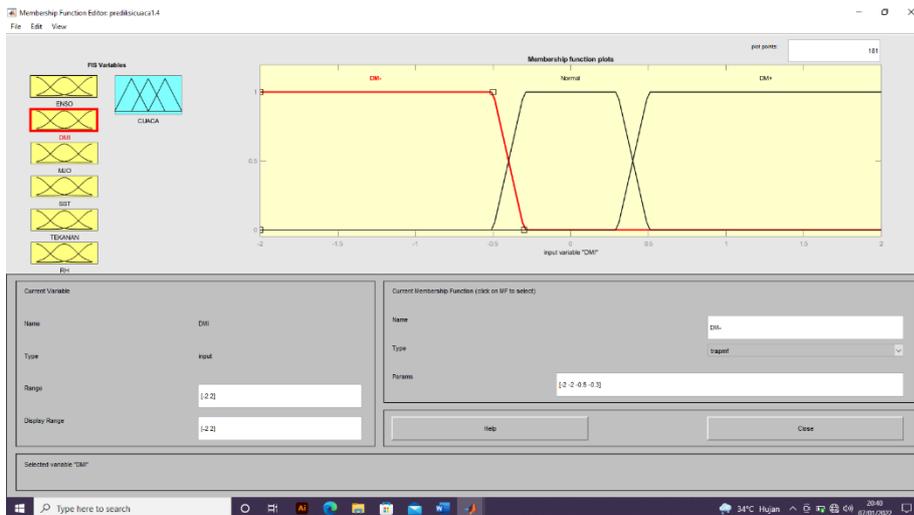
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
(-2 - (2))	DM+	(-2 - (-0.3))
	Normal	(-0.5 - (0.5))
	DM-	(0.3 - 2 )

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

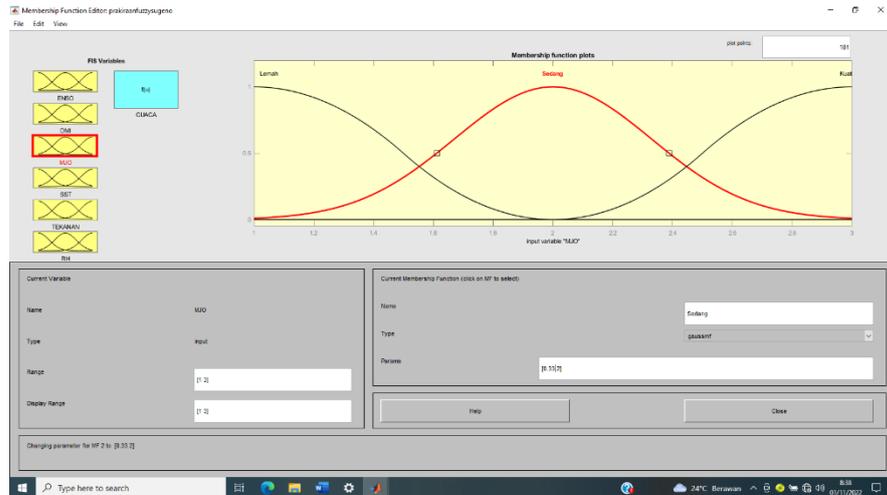
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
(1 - 3)	Lemah	(1-2)
	Sedang	(1-3)
	Kuat	(2 - 3)

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

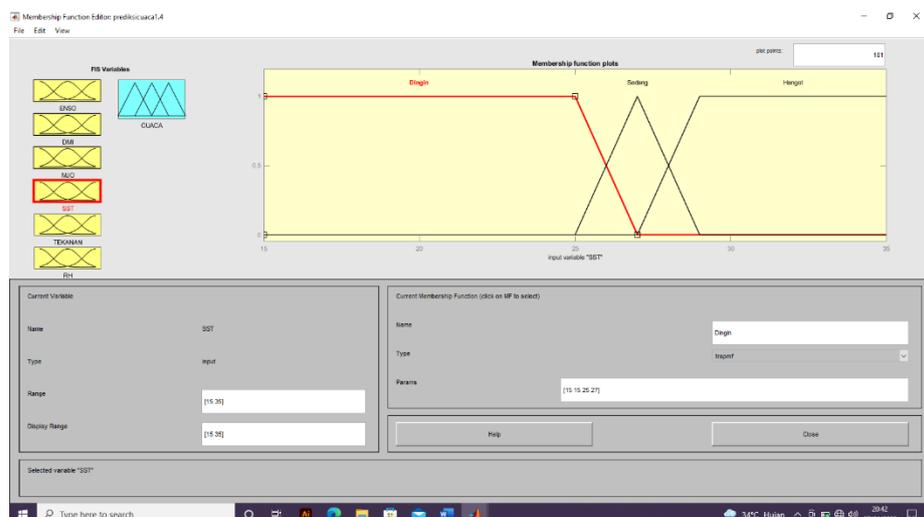
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
( 15 - 35 )	Dingin	(15 - 27)
	Sedang	(25 - 29)
	Hangat	(27 - 35 )

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*

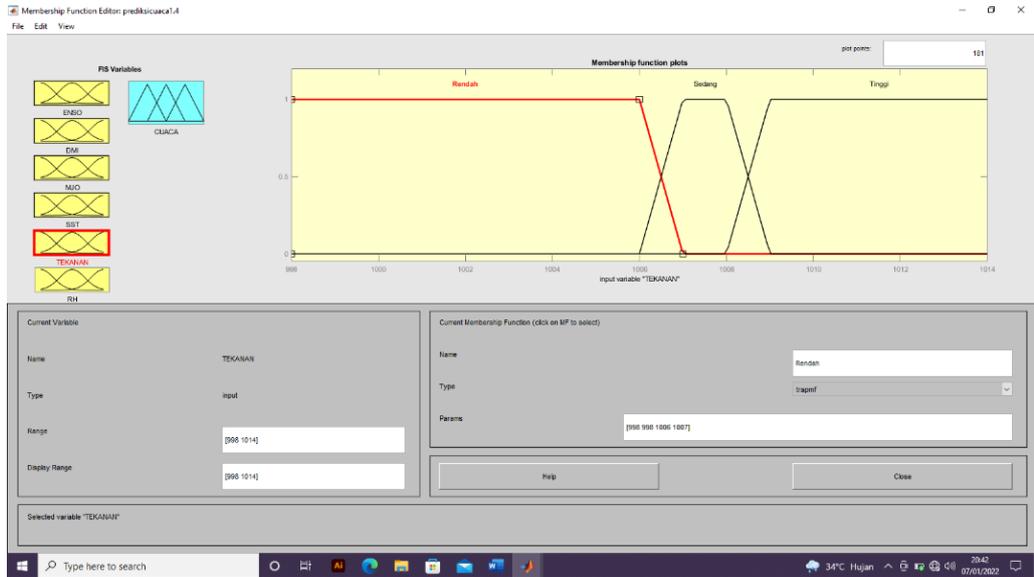
Semesta Pembicara	Himpunan Fuzzy	Domain
( 998 – 1016 )	Rendah	<1007
	Sedang	1006 - 1009
	Tinggi	>1008

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* (Trapeسيوم). 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*

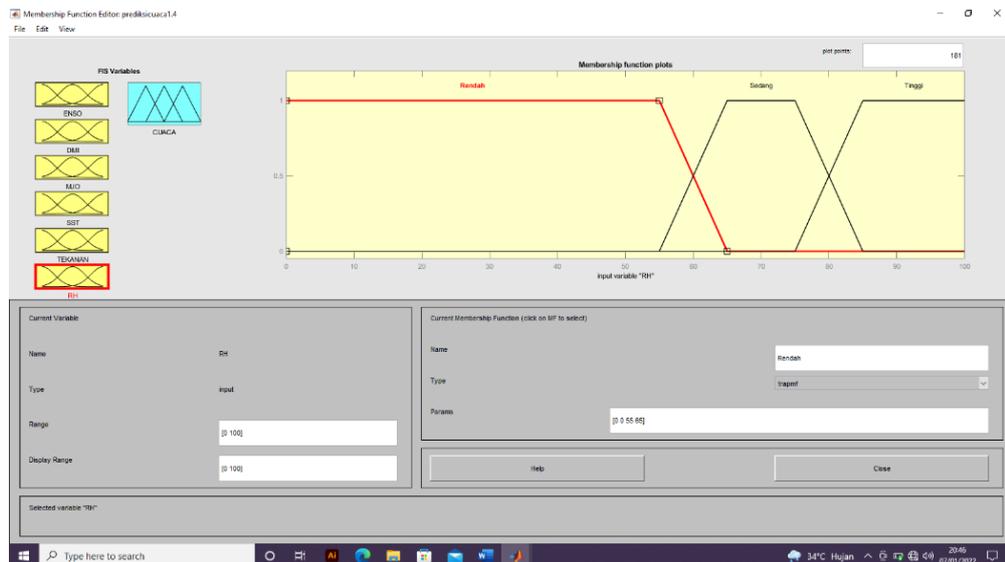
Semesta Pembicara	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
( 0 - 100 )	Rendah	( 0 – 65 )
	Sedang	( 55 – 85 )
	Tinggi	( 75 - 100 )

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)

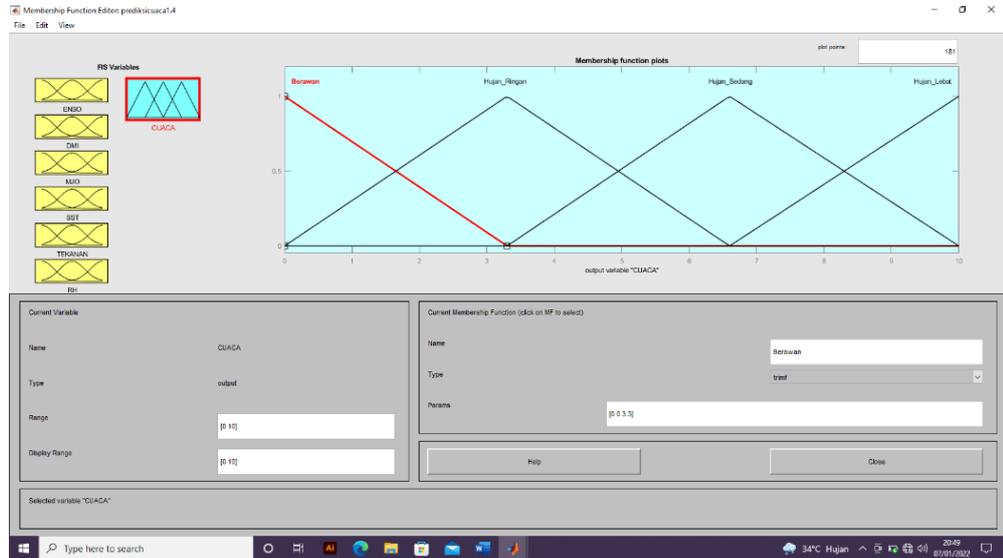
Fungsi keanggotaan dari setiap kategori dapat dilihat dalam persamaan berikut :

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

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

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

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



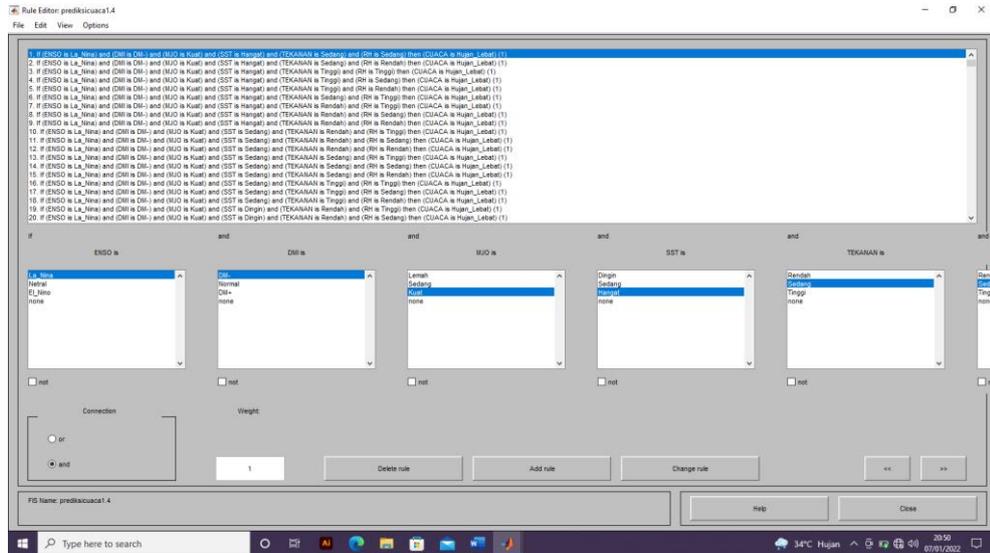
Gambar 4.10 Membership Function Variabel Output Cuaca Metode Mamdani

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 :

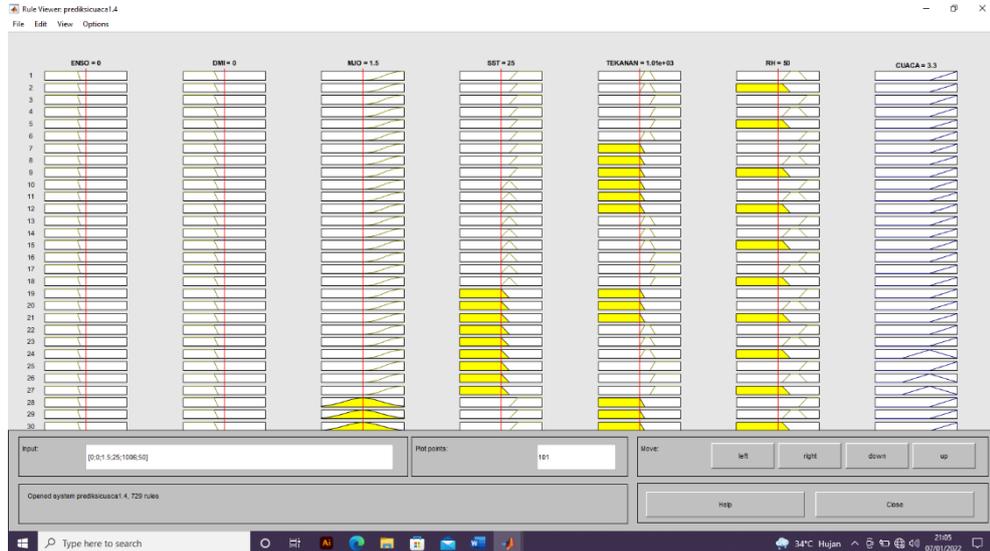
01. If (ENSO is La Nina) and (DM is DM-) and (MJO is Kuat) and (SST is Hangat) and (TEKANAN is Rendah) and (RH is Tinggi) then (Cuaca is Hujan Lebat)
02. If (ENSO is La Nina) and (DM is DM-) and (MJO is Kuat) and (SST is Hangat) and (TEKANAN is Rendah) and (RH is Sedang) then (Cuaca is Hujan Lebat)
03. 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.



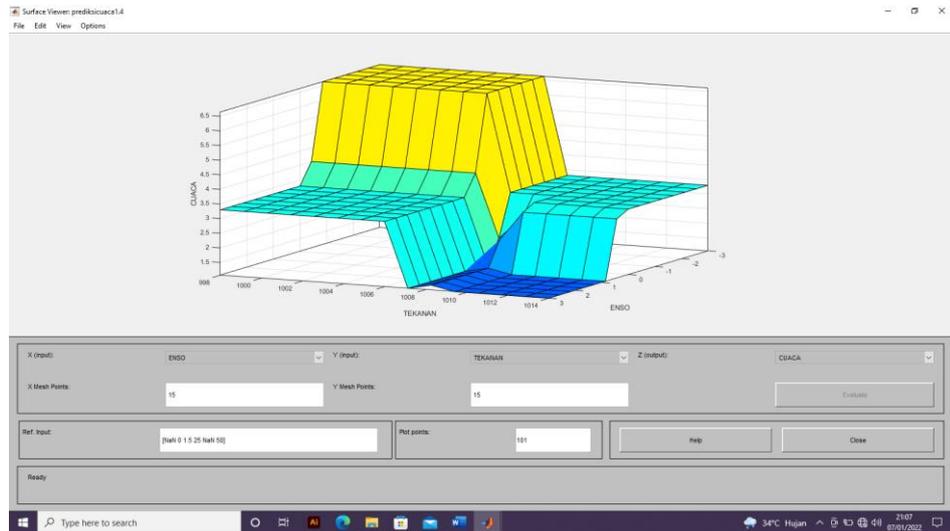
Gambar 4.11 Rule Base Pada Software MATLAB R2020a

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

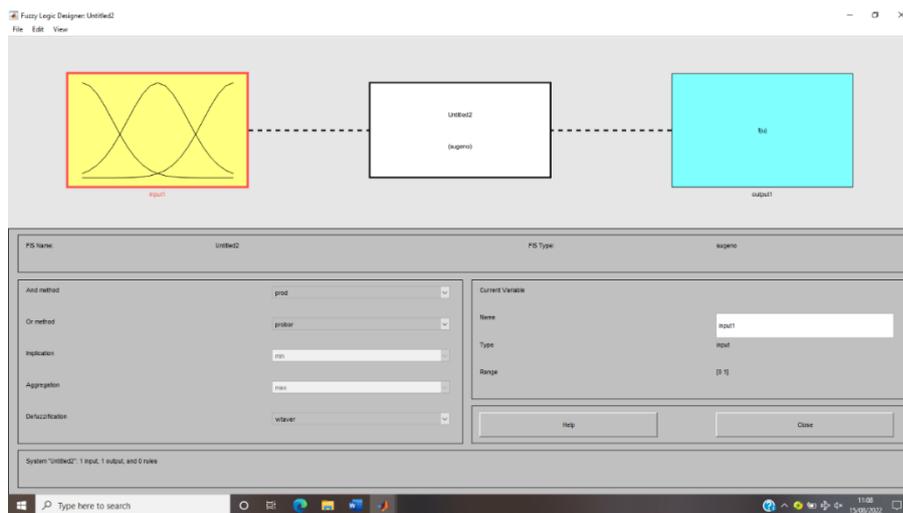
Selain bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Rule Viewer*, algoritma yang sudah dibuat dalam *Rule Editor* juga bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Surface Viewer*. Sehingga dapat diketahui tampilan dari hasil pemetaan semua variabel input ke variabel *output*.



Gambar 4.13 *Surface Viewer* Pada Software MATLAB R2020a

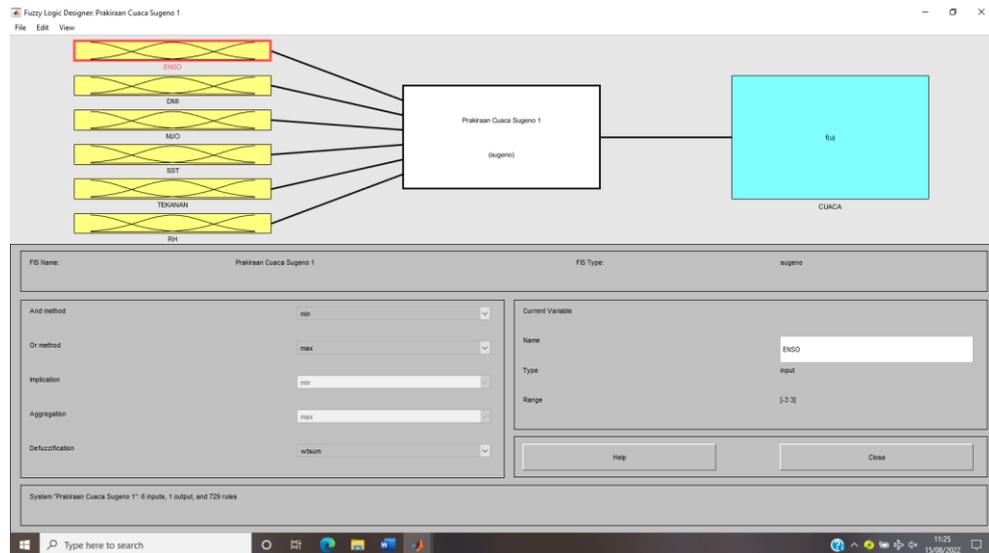
#### D. Pengembangan Model Prakiraan Cuaca Metode FIS Tipe Sugeno Dengan Software MATLAB R2020a

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

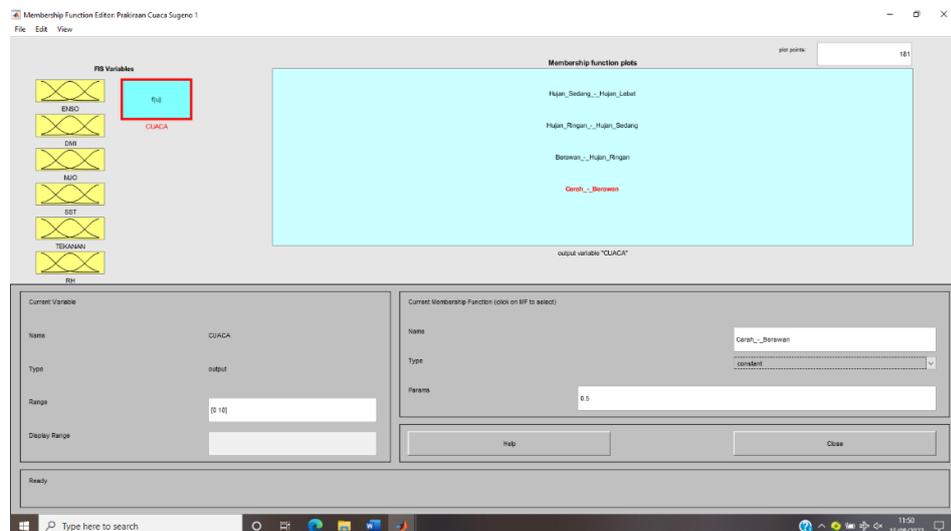
- Menambahkan jumlah input parameter yang diinginkan yaitu ENSO, DMI, MJO, SST, Tekanan Udara, dan RH serta output yaitu Cuaca pada FIS Editor. Pada Tipe Sugeno juga menambahkan parameter input dan output yang diinginkan, yang membedakan hanya pada proses *defuzzifikasinya* yaitu menggunakan metode *weighted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

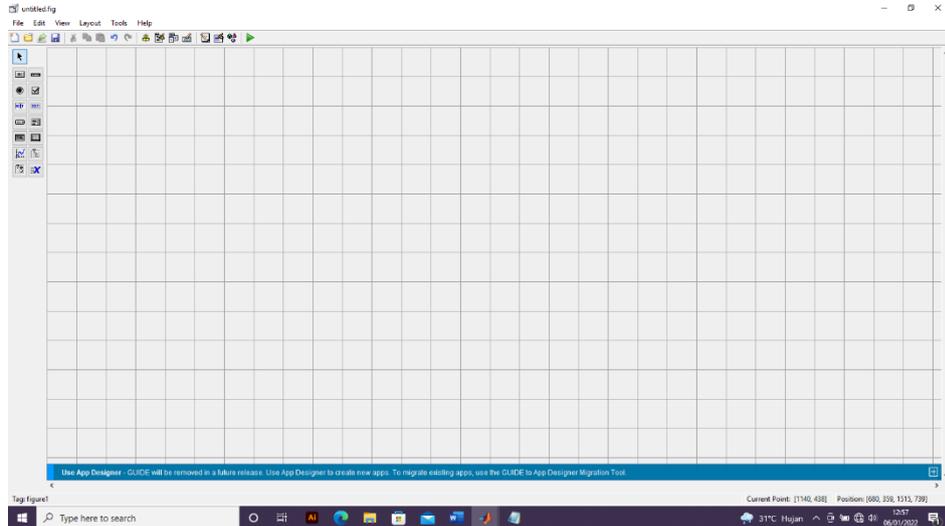
Selain bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Rule Viewer*, algoritma yang sudah dibuat dalam *Rule Editor* juga bisa divisualisasikan dengan menggunakan *Surface Viewer*. Sehingga dapat diketahui tampilan dari hasil pemetaan semua variabel input ke variabel output seperti pada Gambar 4.13.

**E. Pembuatan *Prototype Model Prakiraan Cuaca Dengan Toolbox *Graphic 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.

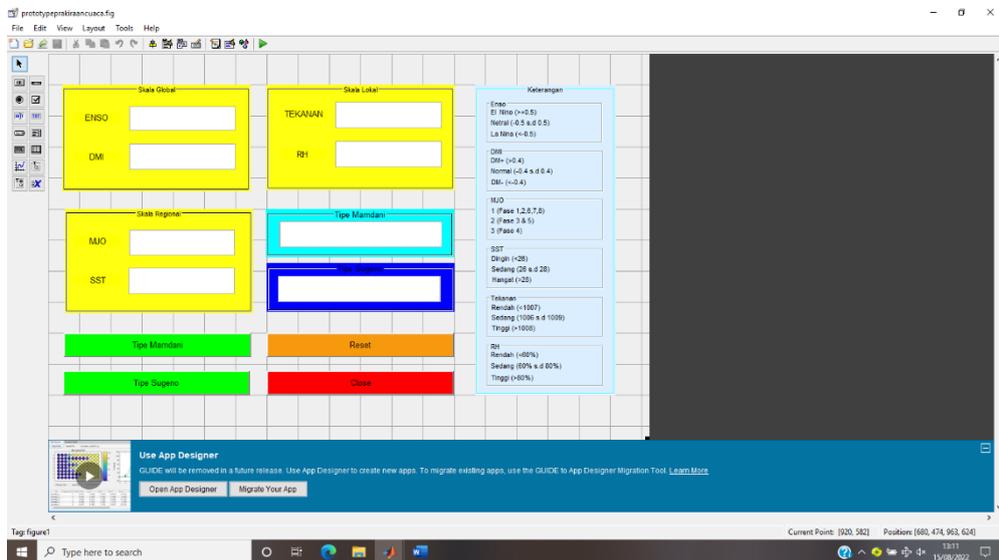
1. Mengetikan *Guide* pada *Command Window*

Setelah menekan enter akan muncul tampilan jendela seperti dibawah ini



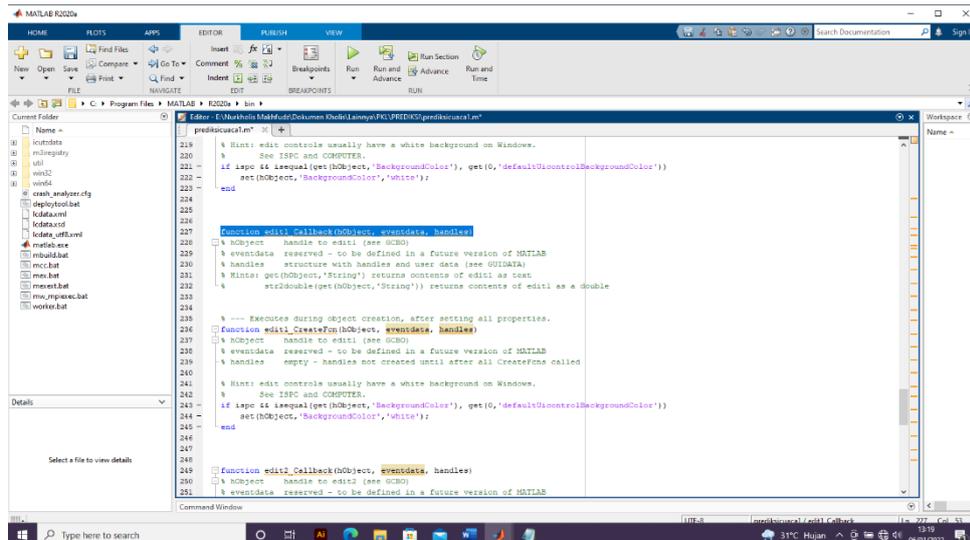
Gambar 4.17 Tampilan Graphic User Interface

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 memasukkan 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.

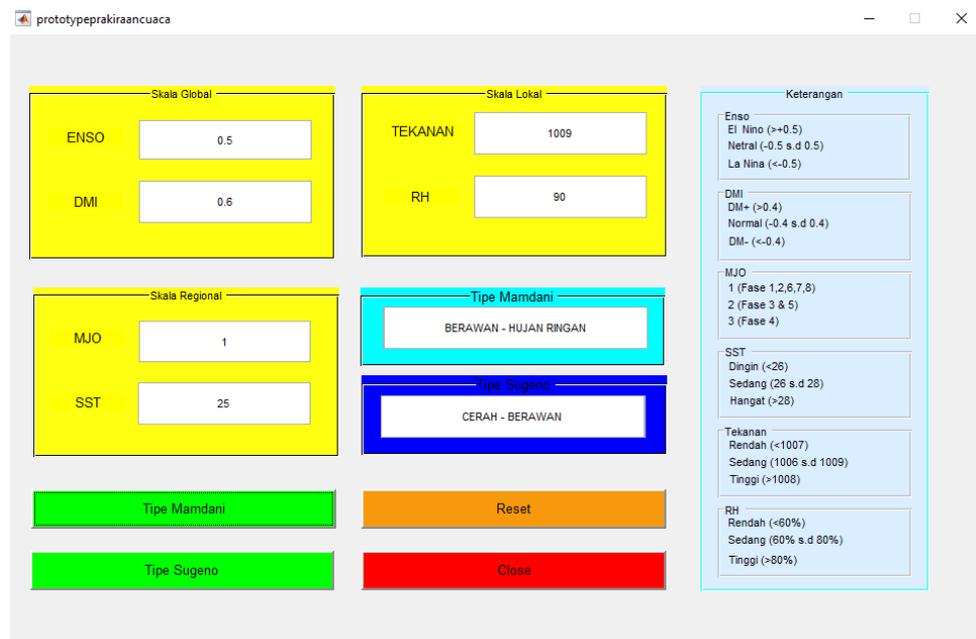
Gambar 4.20 *Prototype Prakiraan Cuaca Setelah Running*

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. Analisa 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%