

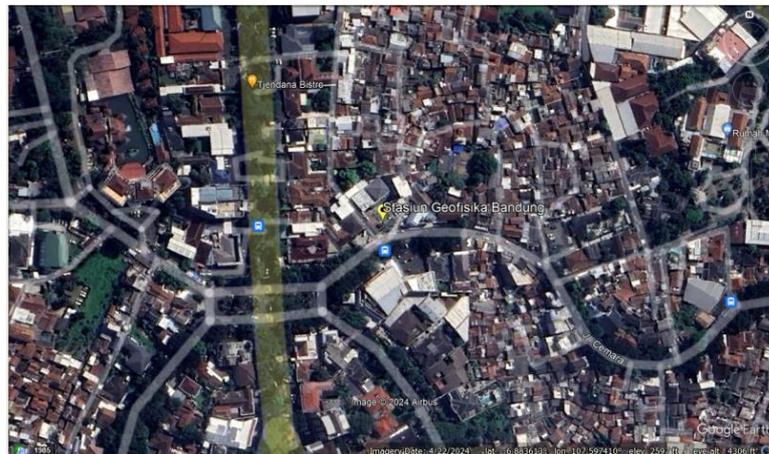
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini mengenai “**Penerapan Fuzzy Inference System dengan Metode Sugeno untuk Prediksi Curah Hujan**” menggunakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan parameter-parameter iklim dan hidrologi yaitu melakukan pengolahan curah hujan, prediksi curah hujan dan pembuatan *hyetograph*.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Bandung dengan menggunakan data-data berupa parameter iklim yang terdapat pada Stasiun Cemara Bandung yang berlokasi di Jl. Jl. Cemara No. 66, Pasteur, Kecamatan Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat 40161.



Gambar 3.1 Lokasi Stasiun Cemara Bandung

(*Sumber : Google Earth, 2024*)

3.3 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap dimulai pada bulan Oktober 2023 hingga Agustus 2024. Berikut adalah rincian waktu yang dibutuhkan dalam setiap tahapan pada penelitian ini:

Ashil Nurul Aini, 2024

PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Okt 2023		Nov 2023				Des 2023				Jan 2024				Feb 2024				Mar 2024			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Penentuan Topik & Judul Penelitian																						
2	Pengumpulan Kajian Pustaka																						
3	Pembuatan Proposal Penelitian																						
4	Pengumpulan Data Penelitian																						
5	Pengolahan & Analisis Data																						
6	Penyusunan Laporan Penelitian																						

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Tabel 3.2 Lanjutan Tabel Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Apr 2024				Mei 2024				Juni 2024				Juli 2024				Ags 2024					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Penentuan Topik & Judul Penelitian																						
2	Pengumpulan Kajian Pustaka																						
3	Pembuatan Proposal Penelitian																						
4	Pengumpulan Data Penelitian																						
5	Pengolahan & Analisis Data																						
6	Penyusunan Laporan Penelitian																						

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Ashil Nurul Aini, 2024

PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.4 Instrumen Penelitian

Instrumen yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Laptop yang digunakan sebagai perangkat untuk pengolahan data dengan bantuan *software* Matlab, Microsoft Office, Global Mapper dan Google Earth Pro

3.5 Populasi dan Sampel

1. Populasi

Populasi pada penelitian ini adalah data curah hujan harian hasil prediksi dengan metode FIS sugeno dan metode ANFIS.

2. Sampel

Sampel pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data iklim yang meliputi data suhu, kelembaban udara, kecepatan angin dan lama penyinaran matahari.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari beberapa instansi antara lain:

Tabel 3.3 Data Sekunder Penelitian

No	Jenis Data	Sumber	Tahun
1.	Data Curah Hujan Stasiun Cemara Kota Bandung	BMKG	2012 – 2022
2.	Data Klimatologi Stasiun Cemara Kota Bandung: <ul style="list-style-type: none"> • Suhu udara/temperatur rata-rata • Kelembaban udara rata-rata • Kecepatan angin rata-rata • Lama penyinaran matahari 	BMKG	2012 – 2022

(*Sumber: Pengolahan Data, 2024*)

3.7 Analisis Penelitian

Analisis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

1. Pemodelan Prediksi Curah Hujan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) dengan metode Sugeno dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) menggunakan *software* Matlab R2021b untuk mendapatkan data curah hujan harian hasil prediksi.
2. Analisis validitas dengan metode *Root Mean Square Error* (RMSE), untuk mengetahui ketepatan prediksi data curah hujan terhadap data curah hujan aktual.
3. Analisis hidrologi, digunakan untuk mendapatkan data curah hujan rencana
4. Pemodelan *Hyetograph* dengan metode *Alternating Block Method* (ABM) untuk mengetahui hubungan antara intensitas hujan dengan durasi waktu.

3.7.1 Pemodelan Prediksi Curah Hujan

3.7.1.1 Perancangan *Fuzzy Inference System* dengan Metode Sugeno

Perancangan *fuzzy inference system* dengan metode Sugeno menggunakan bantuan *software* Matlab bertujuan untuk mendapatkan data curah hujan harian prediksi. Tetapi sebelum melakukan perancangan *fuzzy inference system* pada Matlab, variabel-variabel *input* dan *output* yang akan digunakan di dalam perancangan perlu dilakukan pengolahan sebagai berikut:

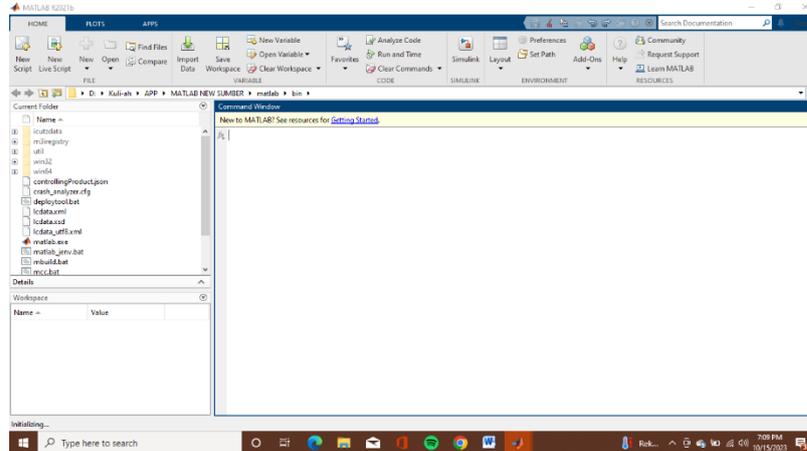
1. Buat semesta pembicaraan pada setiap variabel *input* dan *output* dengan rentang dari data terkecil sampai dengan data terbesar
2. Selanjutnya buat domain *fuzzy*/kelas pada setiap variabel *input* dan *output*

Catatan: Dimana pada penelitian ini domain *fuzzy*/kelas pada setiap variabel bersumber dari BMKG

3. Tentukan fungsi keanggotaan pada setiap variabel *input* dan *output*

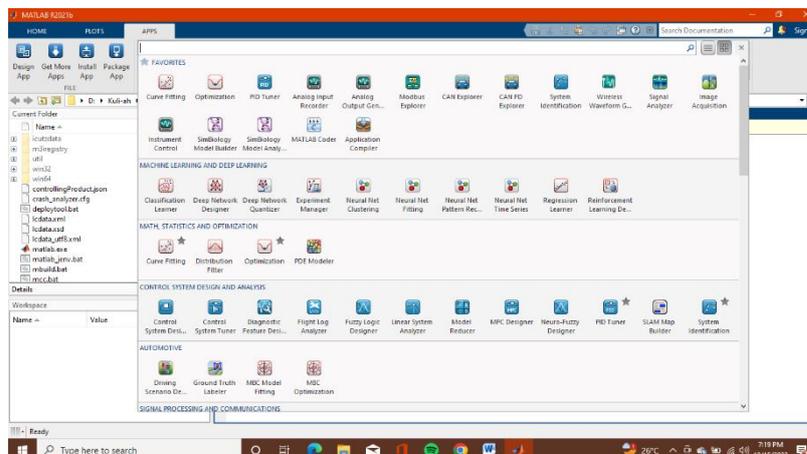
Setelah dilakukan pengolahan pada data *input* dan *output* ke dalam bentuk himpunan *fuzzy*, selanjutnya untuk mendapatkan prediksi curah hujan dengan metode *fuzzy sugeno* dapat dilakukan perancangan *fuzzy inference system* pada matlab. Berikut adalah tahapan pada *software* Matlab yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Buka *software* Matlab
2. Setelah muncul tampilan awal Matlab, untuk menampilkan *fuzzy logic designer* dapat dilakukan 2 cara yaitu dengan menuliskan *fuzzy* pada *command window* atau dengan memilih menu “APPS” lalu pilih “*Fuzzy Logic Designer*”.



Gambar 3.2 Tampilan Awal Matlab

(Sumber : Matlab)



Gambar 3.3 Toolbar APPS

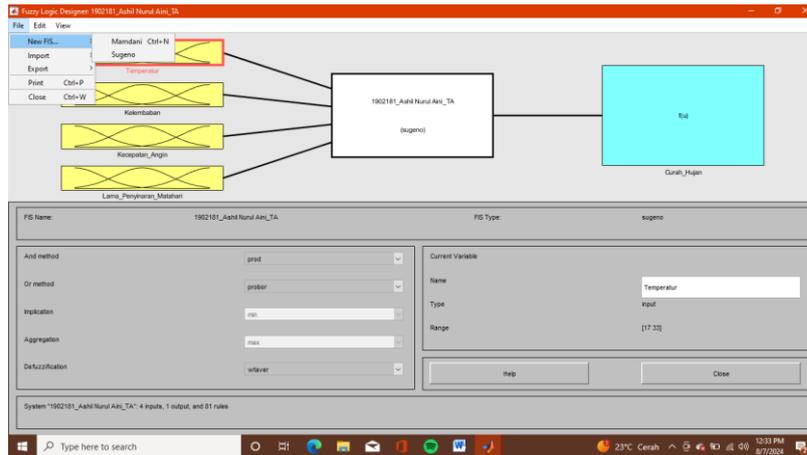
(Sumber : Matlab)

3. Selanjutnya membuat rancangan *fuzzy* sesuai dengan metode yang digunakan, untuk memilih metode yang digunakan dapat ditampilkan/dipilih pada menu “*File*” lalu pilih “*New FIS*”.

Ashil Nurul Aini, 2024

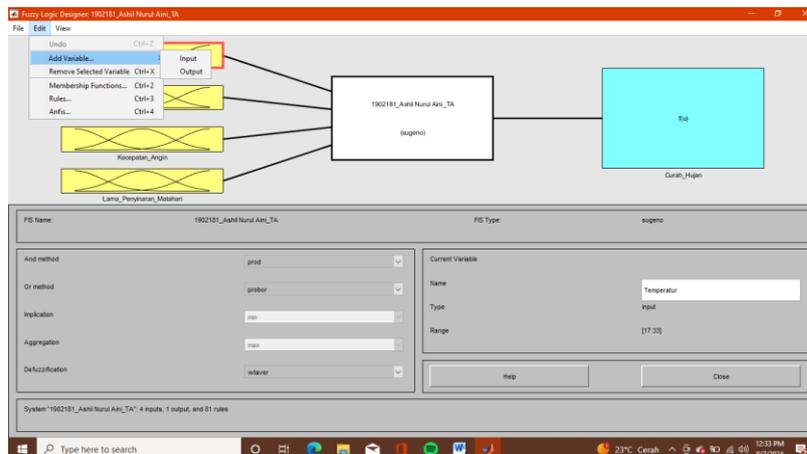
PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



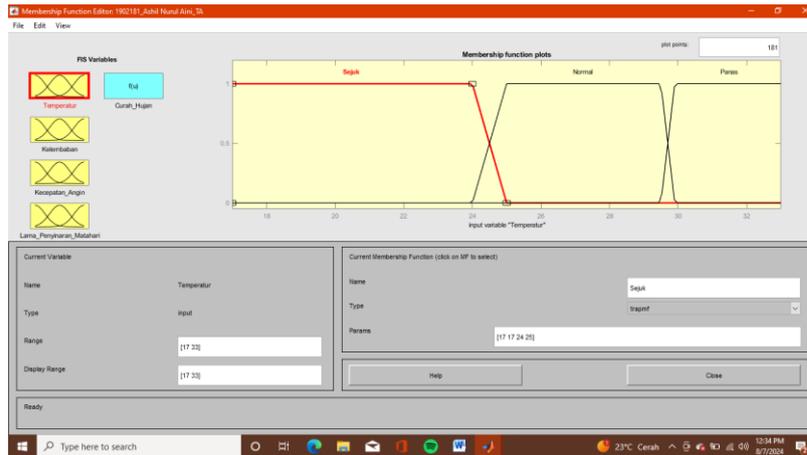
Gambar 3.4 *Toolbar New FIS* pada *Fuzzy Logic Designer*
(*Sumber : Matlab*)

4. Kemudian memasukkan variabel *input* dan *output*. Untuk variabel *input* dan *output* dapat ditambahkan dengan cara memilih menu “*Edit*” lalu pilih “*Add Variable*”.



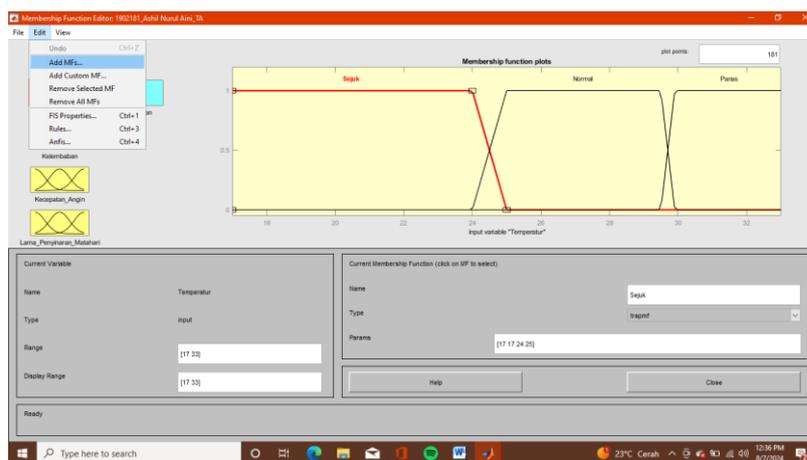
Gambar 3.5 *Toolbar Add Variable*
(*Sumber : Matlab*)

5. Masukkan semua nilai variabel-variabel *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, *range* dan parameter himpunan ke dalam *membership function editor*. Untuk menampilkan *membership function editor* dapat dilakukan dengan cara *Klik 2* kali pada variabel *input/output*.



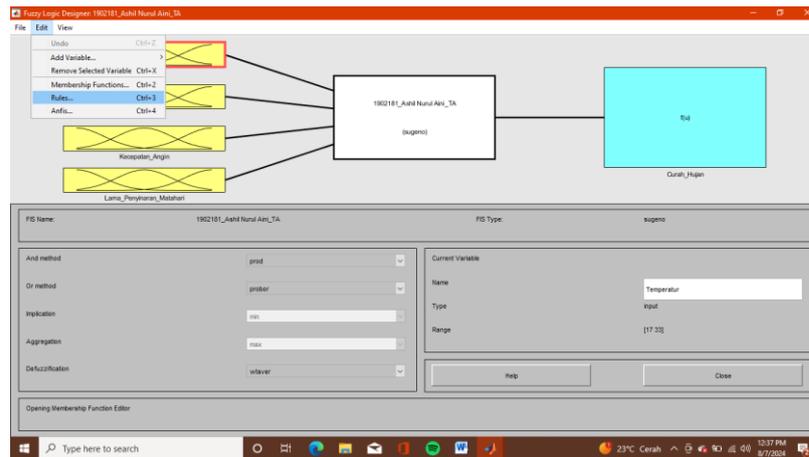
Gambar 3.6 Tampilan *Membership Function Editor*
(Sumber : Matlab)

Catatan: untuk menambahkan himpunan *fuzzy* dapat dilakukan dengan memilih menu “*Edit*” lalu pilih “*Add MFs*”.



Gambar 3.7 *Toolbar Edit* pada *Membership Function Editor*
(Sumber : Matlab)

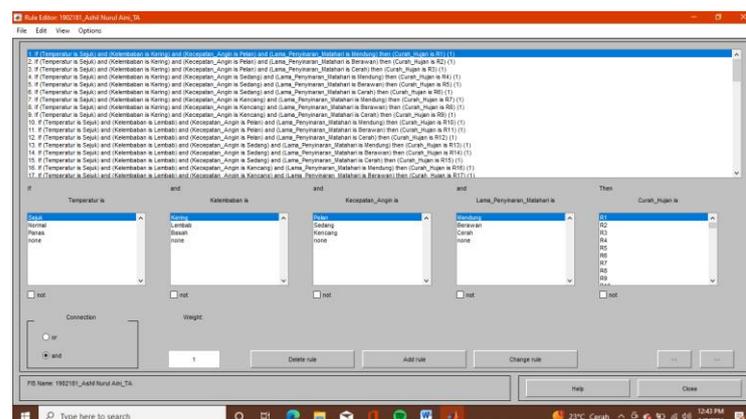
- Setelah memasukkan semua variabel *input* dan *output*, kemudian masukan aturan-aturan *fuzzy* pada *Rule Editor*. Untuk menampilkan *rule editor* dapat dilakukan dengan cara memilih menu “*Edit*” pada *fuzzy logic designer* lalu pilih “*Rule*”.



Gambar 3.8 *Toolbar Edit* pada *Fuzzy Logic Designer*
(Sumber : Matlab)

Catatan:

- Aturan *fuzzy* dibuat dengan konsep *IF-THEN* (sebab akibat) dari setiap variabel *input* dan *output*. Variabel *input* yang dianggap memberi pengaruh pada variabel *output* dihubungkan dengan operasi *fuzzy*.
- Untuk menambahkan aturan *fuzzy* pada *Rule Editor* dapat dilakukan dengan memilih terlebih dahulu operasi *fuzzy* yang digunakan untuk penghubung variabel *input* pada kolom “*Connection*”, kemudian dapat memilih himpunan *fuzzy* pada setiap variabel *input* dan variabel *output*. Selanjutnya pilih “*Add Rule*”. Lakukan tahapan tersebut secara terus-menerus sampai semua aturan *fuzzy* masuk ke dalam *software* matlab.



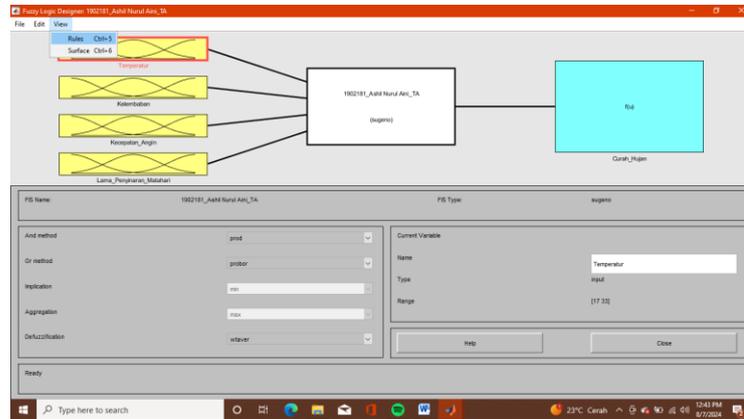
Gambar 3.9 Tampilan *Rule Editor*
(Sumber : Matlab)

Ashil Nurul Aini, 2024

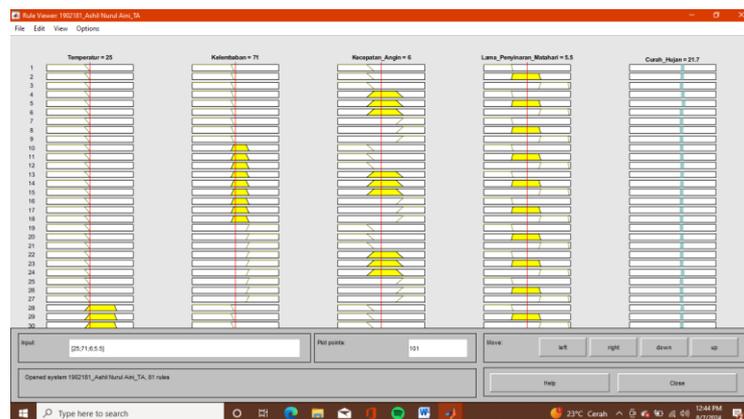
PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

7. Selanjutnya, nilai *output* dapat diketahui dengan cara memasukkan nilai setiap variabel *input* pada *Rule Viewer*. *Rule viewer* menampilkan proses keseluruhan yang terjadi pada FIS. *Rule viewer* dapat ditampilkan dengan cara memilih menu “View” pada *fuzzy logic designer* lalu pilih “Rules”.



Gambar 3.10 *Toolbar View* pada *Fuzzy Logic Designer*
(Sumber : Matlab)



Gambar 3.11 Tampilan *Rule Viewer*
(Sumber : Matlab)

3.7.1.2 Pemodelan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS)

Pemodelan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) bertujuan untuk mendapatkan data curah hujan harian prediksi sebagai perbandingan dengan data prediksi curah hujan harian FIS Metode Sugeno. Tetapi sebelum melakukan proses *learning* pada data iklim, terdapat dua jenis data yaitu data untuk proses *training* dan untuk *testing* berupa data temperatur, kelembaban, kecepatan angin,

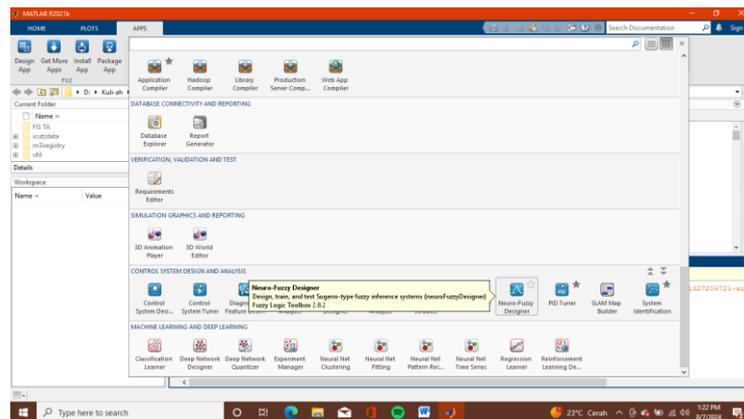
Ashil Nurul Aini, 2024

PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

lama penyinaran matahari dan curah hujan harian pada tahun 2013 sampai dengan 2022. Untuk proses pemodelan selanjutnya sebagai berikut:

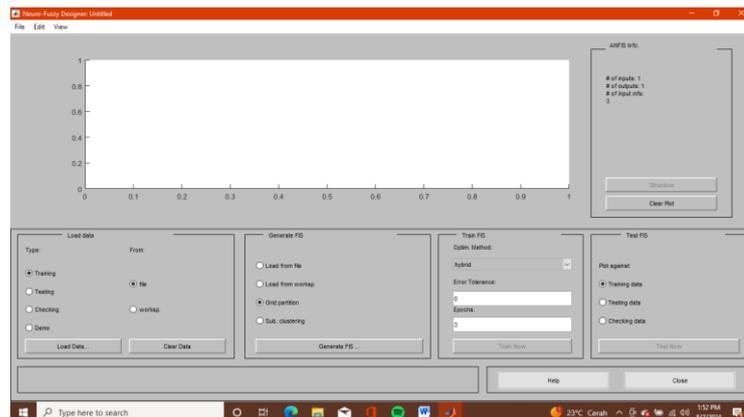
1. Buka *software* Matlab
2. Setelah muncul tampilan awal Matlab, untuk menampilkan *neuro-fuzzy designer* dapat dilakukan 2 cara yaitu dengan menuliskan *anfisedit* pada *command window* atau dengan memilih menu “APPS” lalu pilih “*Neuro-Fuzzy Designer*”.



Gambar 3.12 *Toolbar APPS Neuro-Fuzzy Designer*

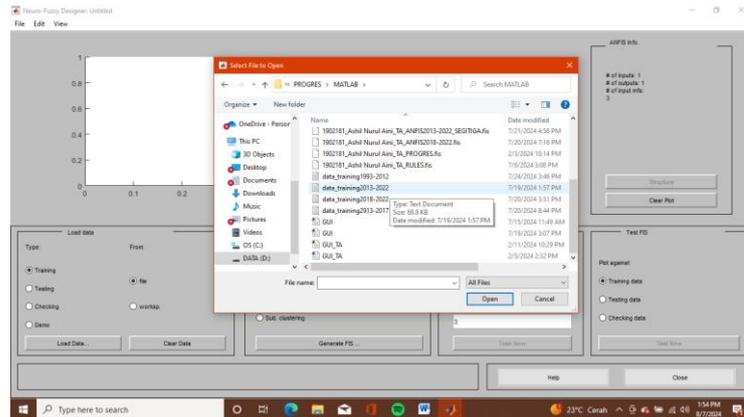
(*Sumber : Matlab*)

3. Selanjutnya masukan data *training* dengan cara milih *load data type training* kemudian masukan data yang sudah disimpan pada komputer dengan *jenis text document*.



Gambar 3.13 *Tampilan Awal Neuro-Fuzzy Designer*

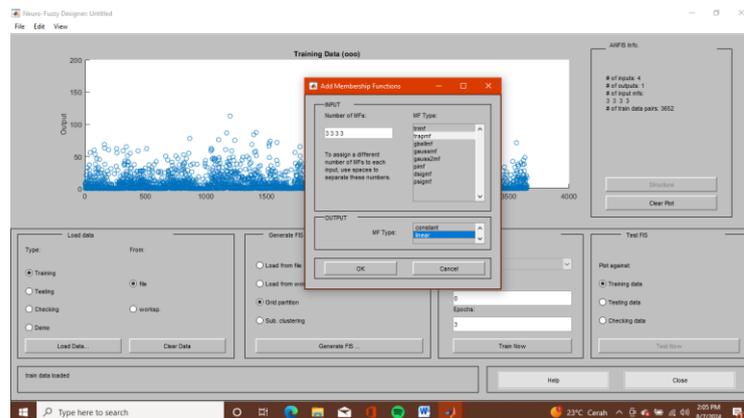
(*Sumber : Matlab*)



Gambar 3.14 Proses pemasukan data *training*
(Sumber : Matlab)

4. Pilih jenis *membership function* FIS untuk proses *learning* pada ANFIS dengan memilih “*Grid Partition*” dan klik “*generate FIS*”.

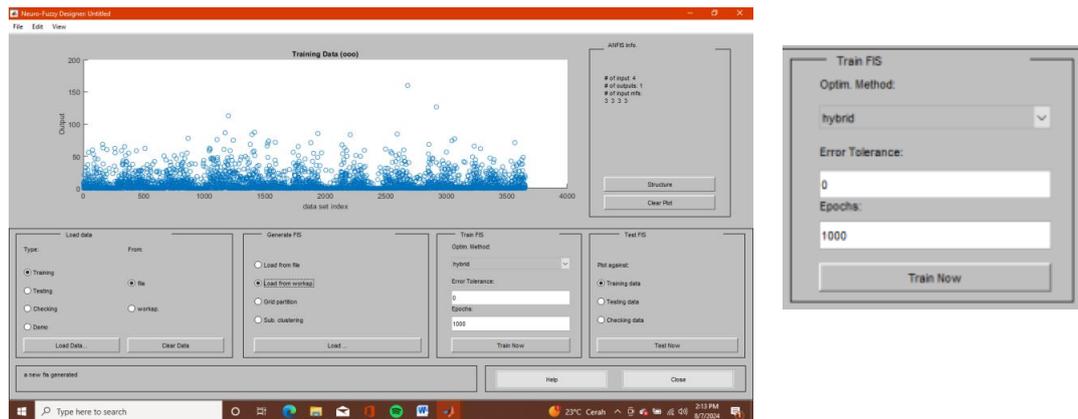
Catatan : Pada penelitian ini digunakan *membership input* dengan jenis trapesium dan *number of membership* 3 3 3 3 sedangkan untuk *membership output* menggunakan jenis linear.



Gambar 3.15 Proses pemasukan *membership FIS*
(Sumber : Matlab)

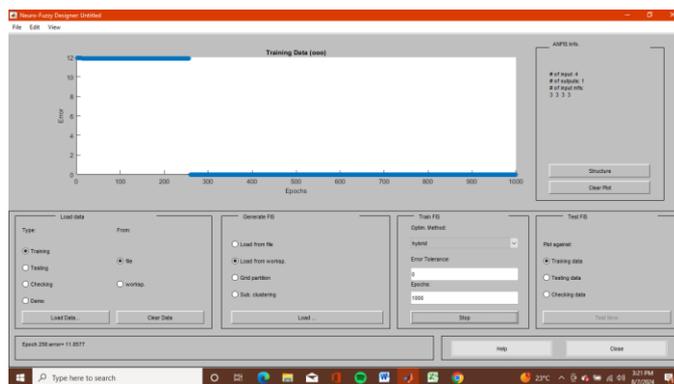
5. Pada penelitian ini, kolom *train FIS* yang digunakan:

- *Optim.method: Hybrid*
- *Error tolerance: 0*
- *Epochs: 1000*

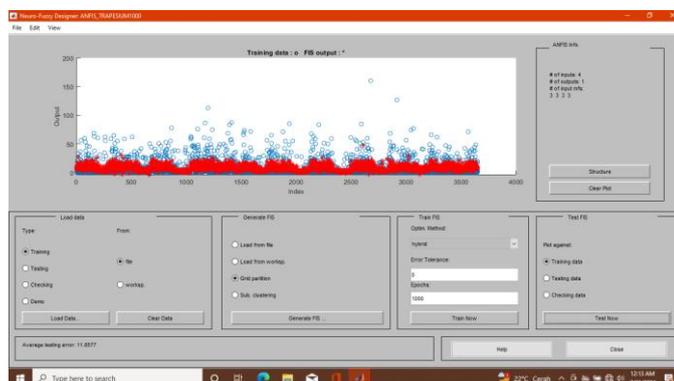


Gambar 3.16 Proses pemilihan *Train FIS*
(*Sumber : Matlab*)

6. Kemudian untuk memulai proses *learning*, klik “*Train Now*”.

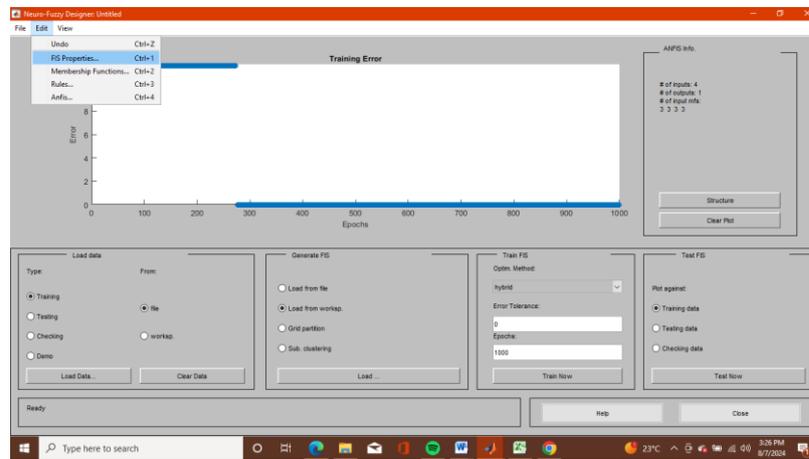


Gambar 3.17 Proses *learning* ANFIS
(*Sumber : Matlab*)



Gambar 3.18 Hasil *learning* ANFIS
(*Sumber : Matlab*)

7. Untuk melihat hasil pemodelan FIS pada ANFIS dengan cara dapat memilih menu “*Edit*” lalu pilih “*FIS Properties*”.



Gambar 3.19 Menu *Edit* pada *Neuro-Fuzzy Designer*

(*Sumber : Matlab*)

3.7.2 Analisis Validitas

Uji validitas dari prediksi curah hujan metode *fuzzy* sugeno terhadap data aktual yang terdapat di pos curah hujan dilakukan menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai ketepatan hasil prediksi. Nilai RMSE dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2}{n}}$$

Keterangan:

X_t = Nilai aktual data periode t

F_t = Nilai peramalan pada periode t

n = Jumlah pengamatan atau periode waktu

3.7.3 Analisis Hidrologi

Tahapan dalam analisis hidrologi untuk mendapatkan data yang akan dilakukan pada tahapan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung curah hujan maksimum dari curah hujan harian
2. Menghitung uji konsistensi data curah hujan dengan menggunakan metode *RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums)* dan metode *Inlier-Outliner*.
3. Menghitung parameter statistik.

Ashil Nurul Aini, 2024

PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM DENGAN METODE SUGENO UNTUK PREDIKSI CURAH HUJAN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

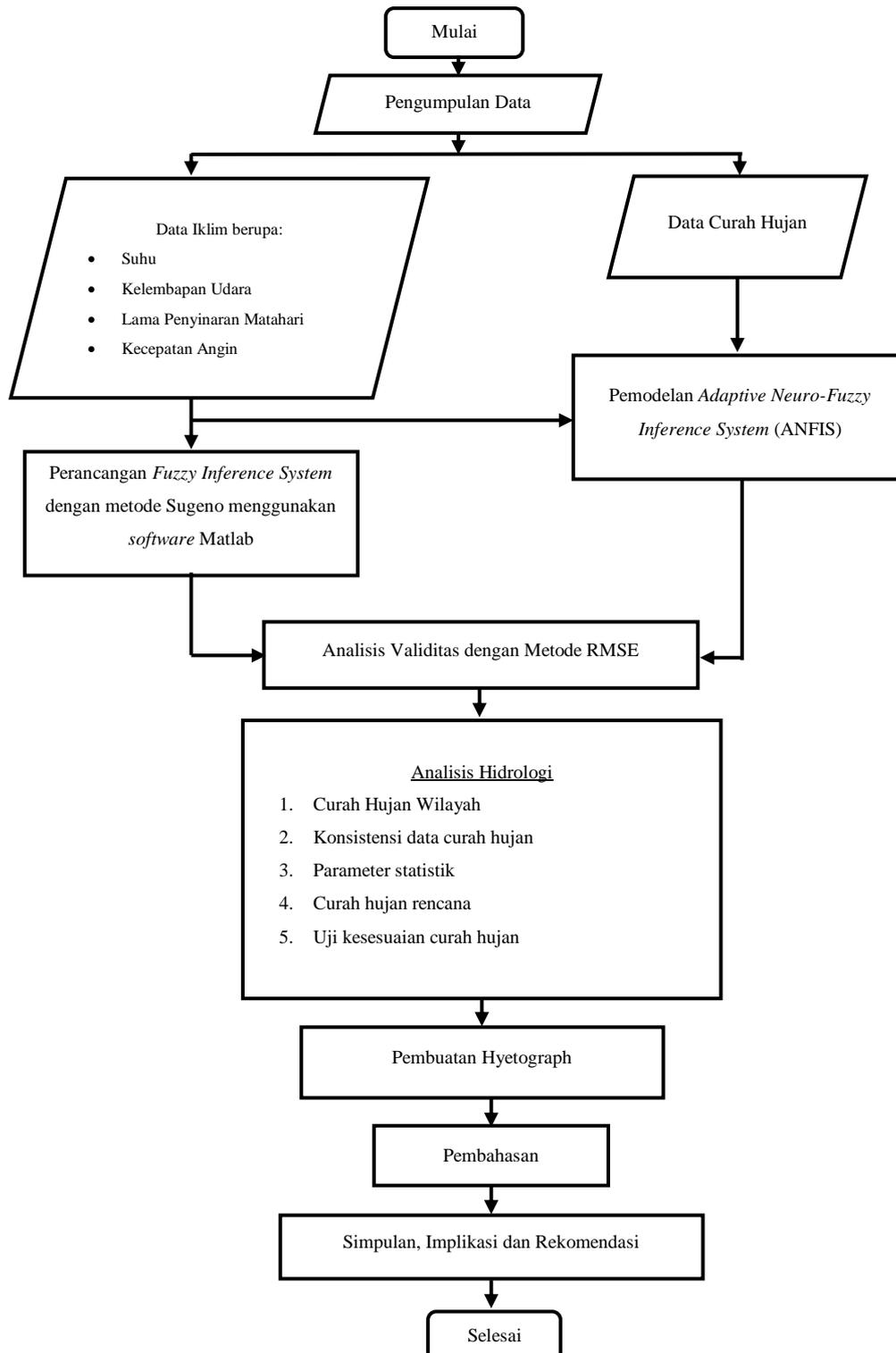
4. Menghitung curah hujan rencana/distribusi frekuensi dengan periode ulang.
5. Menghitung uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan uji *Chi-Kuadrat*, *Smirnov-Kolmogorof* dan *Least Square*

3.7.4 Pembuatan *Hyetograph*

Pembuatan *hyetograph* bertujuan untuk melihat intensitas curah hujan pada setiap pertambahan waktu. Pada penelitian ini digunakan metode *Alternating Block Method* (ABM). Berikut ini adalah tahapan pembuatan *hyetograph*:

1. Menghitung intensitas hujan rencana (I) dengan metode *Mononobe*
2. Menghitung kedalaman hujan (P)
3. Menghitung selisih kedalaman hujan (ΔP)
4. Menghitung total selisih kedalaman hujan ($\sum \Delta P$)
5. Menghitung persentase selisih kedalaman hujan
6. Membuat *hyetograph* % dengan meletakkan nilai dari urutan terbesar ke yang terkecil *persentase* selisih kedalaman hujan. Nilai *persentase* terbesar diletakkan pada baris tengah kemudian nilai selanjutnya diletakkan secara selang-seling dari bawah keatas baris tengah.
7. Nilai *hyetograph* hujan jamnya ditentukan dengan mengalikan *hyetograph* % dengan nilai hujan kala ulang.

3.8 Prosedur Penelitian



Gambar 3.20 Prosedur Penelitian
(Sumber :Pengolahan Data, 2024)