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:

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

Tabel 3.1 Waktu 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:

No	Jenis Data	Sumber	Tahun
1.	Data Curah Hujan Stasiun Cemara Kota Bandung	BMKG	2012 – 2022
2.	Data Klimatologi Stasiun Cemara Kota Bandung: • Suhu udara/temperatur rata-rata • Kelembaban udara rata-rata • Kecepatan angin rata-rata • Lama penyinaran matahari	BMKG	2012 – 2022

Tabel 3.3 Data Sekunder Penelitian

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

3.7 Analisis Penelitian

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

- 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
- 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*, selajutnya 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:

Ashil Nurul Aini, 2024

- 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"*.

e Edit View New FIS : Mamdani Ctrl+N Import : Sugeno			- 0
Expont ? Tempendur Print Cole - Cole - View Kekenbalan Kekenbalan		1902181_Auhi Nurul Aku_TA (sugeno)	54
			Curah_Hujan
FIS Name:	1902181_Ashii Nurul Aini_TA	PIS Type.	sugeno
And method	prod	Current Variable	
And method	prod	Current Variable	Temperatur
And method Or method Implication	prod probor	Current Variable Current Variable Name Type	Tengenatur ngad
And method Or method Impication Aggregation	prod prober mix	Current Variable Carrent Variable Name Type Range Range	Temperatur Appli (17.23)
And method Or method treploation Aggregation Defuzzification	pred prober min man wilayer	Current Valuelle Name Type Renge	Ченун на
And restruct Cor method Implication Appropriation Defazzationation System "1920161_AleXi Nand Alex, TAX" & Ripola, 1 and	prod protocr reco reco port, and 31 miles	Current Valuation Bases Type Range Range Range	Temperatur Input I († 20) Obse

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*".

Fuzzy Logic Designer: 1902181_Ashil Nurul Aini_TA				- a >
File Edit View				
Undo Ctrl+Z Add Variable	put			
Remove Selected Variable Cbi-X Or Membership Functions. Cbi-X Rules Cbi+3 Anfis Cbi+4 Keepedam,Argin		1902181_Ashi Nurul A (sugeno)	M_TA	
				Curah_Hujan
Lama_Penyinaran_Matahari FIS Name:	1902181_Ashil Nurul AinLTA		PIS Type:	Sugeno
And method	prod	~ C	rrent Variable	
Or method	probor	~ Ne	Ine	Temperatur
Implication	min	- T	pe	input
Apprepation	200	R	inge	[17 33]
Defuzzification	wlaver	· [Неір	Close
System "1902181_Ashii Nurul Aini_TA": 4 inputs, 1 outpu	t, and 81 rules		`	
F Type here to search	o # 💽 🛛	🛯 🖬 🔳 🧕) 🐨 🧈	🥌 23°C Cerah \land 🦉 🐔 紀 🕼 40 🔐 7233 PM 🍕

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*.

Membership Function Editor: 1902181_Ashil N File Edit View	urul Aini_TA		– o x
FIS Variables		Membership function plots	plot points: 181
Trapentia Trapentia Kelentukan Noopular, Kejin	0.5 - 0.1 -	1 1 1 Named 1 1 1 Named 1 1 1 Named 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 Named 1 1 1 1 1 1 Named 1 1 1 1 1 1 1 1	Press 1
Lama_Penyinaran_Matahari Current Variable		Current Membership Function (click on MF to select)	
Name	Temperatur	Name	Sejuk
Туре	input	Туре	trapmf ~
Ranpe	[17 33]	Params [17 17 24 25]	
Display Range	[17 33]	Help	Close
Ready			
E P Type here to search	o # 💽	🚍 🛳 🕕 💿 🕮 🐶 🥵	23°C Cerah ^ @ 🐔 🍽 🔊 🕸 40) 12:34 PM

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)

6. 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*".

Add Variable					
Remove Selected Variable Ctrl-X Membership Functions Ctrl-2 Rules Ctrl-3 Anfis Ctrl-4 Koopatim_Angin		1902181_Ashii Nur (sugeno)	r Ani_TA	16	
\searrow				Curah_Hujan	
15 Name:	1902181_Ashii Nurul Aini_TA		FIS Type:	sugeno	
and method	prod		Current Variable		
Ir method	probor	~	Name	Temperatur	
rplication	min	×	Туре	input	
opresation	max		Range	[17 33]	
efuzzification	wlaver		Неір	Close	

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



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*".

Fuzzy Logic Designer: 1902131_Ashi 1 le Edit View Rules Ctrl=5 Surface Ctrl=6	Nurul Alei, TA		- 0
Tem Kelo Reopu	nodan nodan	1922181, Anie Hurri Ani, TA (supros)	na na
			Gurah_Hujan
FIS Name:	1902181_Ashi Nurul Ani_TA	РВ Тури:	sugeno
And method	prod	U Current Variable	
Or method	probor		Temperatur
implication	m	у Туре	input
Aggregation	max	Range	[17 33]
Defuzzification	wtaver	⊻ Heip	Close
Ready			
_			

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,

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

- 1. Buka *software* Matlab
- 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

	Training Data (000)		Alif's info	Turk 50
160 -		0	# of spat. 4 # of outputs. 1 # of spat. refs. 1.3.3.3	Optim. Method:
100 - 0 00 -	° ° ° °	0		hybrid
80-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-0				Error Tolerance:
0 500 1000	1500 2000 2500	3000 3500 40	Structure	0
	data set index		Clear Plot	Epochs:
Load data	Generate FS	Train FIS Optim. Nethod:	Test FS	1000
	O Load from file	hybrid	 Plot against: 	
(*) file	Load from worksp	Error Tolerance:	Training data	Train Now
	Grid pertition	0	O Testing data	
no Constante	O Sub. clustering	1000	C Checking data	
Load Data Diter Data	Losd	Train Now	Tast Now	

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:

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

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.

- 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)