



TUGAS AKHIR - TF141581

**PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR CUACA  
DENGAN METODE ANFIS UNTUK  
MENENTUKAN PRODUKTIVITAS PANEN  
SAYURAN KUBIS PUTIH (*Brassica oleracea  
var. capitata*) DI KARANGPLOSO  
KABUPATEN MALANG**

NIMROATUL CHASANAH  
NRP 2411100014

Dosen Pembimbing  
Ir. Syamsul Arifin, MT.  
Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.

JURUSAN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL PROJECT - TF141581**

**DESIGN OF WEATHER PREDICTION SYSTEM  
WITH ANFIS METHOD TO DETERMINE THE  
CROP HARVEST PRODUCTIVITY OF WHITE  
CABBAGE (*Brassica oleracea* var. *capitata*)  
IN KARANGPLOSO MALANG REGENCY**

**NIMROATUL CHASANAH  
NRP 2411 100 014**

*Supervisors*

**Ir. Syamsul Arifin, MT.**

**Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.**

**DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

**PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR CUACA  
DENGAN METODE ANFIS UNTUK MENENTUKAN  
PRODUKTIVITAS PANEN SAYURAN KUBIS PUTIH  
(*Brassica oleracea var. capitata*) DI KARANGPLOSO  
KABUPATEN MALANG**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**Nimroatul Chasanah**  
**NRP. 2411 100 014**

**Surabaya, Januari 2015**  
**Mengetahui / Menyetujui**

**Pembimbing I,**

**Pembimbing II,**

  
**Ir. Syamsul Arifin, MT.**  
**NIPN. 196309071989031004**

  
**Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.**  
**NIPN. 196601161989032001**

**Ketua Jurusan**  
**Teknik Fisika FTI - ITS**

  
**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.**  
**NIPN. 19650309199002 1 001**

**PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR CUACA  
DENGAN METODE ANFIS UNTUK MENENTUKAN  
PRODUKTIVITAS PANEN SAYURAN KUBIS PUTIH  
(*Brassica oleracea var. capitata*) DI KARANGPLOSO  
KABUPATEN MALANG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada



Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol  
Program Studi S-1 Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**NIMROATUL CHASANAH**

NRP. 2411 100 014

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Syamsul Arifin, MT.  (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.  (Pembimbing II)
3. Ir. Yaumar, MT.  (Ketua Penguji)
4. Dr. Ir. Purwadi Agus D., MT.  (Penguji I)
5. Dr.-Ing. Doty Dewi R, ST., MT.  (Penguji II)
6. Arief Abdurrachman, ST., MT.  (Penguji III)

**SURABAYA  
JANUARI, 2015**

**PERANCANGAN SISTEM PREDIKTOR CUACA DENGAN  
METODE ANFIS UNTUK MENENTUKAN  
PRODUKTIVITAS PANEN SAYURAN KUBIS PUTIH  
(*Brassica oleracea var. capitata*) DI KARANGPLOSO  
KABUPATEN MALANG**

**Nama Mahasiswa** : Nimroatul Chasanah  
**NRP** : 2411100014  
**Jurusan** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Pembimbing I** : Ir. Syamsul Arifin, MT.  
**Pembimbing II** : Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.

**Abstrak**

Kubis (*Brassica oleracea var. capitata*) merupakan sayuran yang banyak ditanam oleh petani di Indonesia karena permintaan pasar yang besar dan masa tanam yang tidak terlalu lama. Namun, cuaca ekstrem sering tidak terduga beberapa tahun ini membuat peluang terjadinya gagal panen semakin meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang suatu sistem prediksi cuaca satu bulan kedepan dengan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) yang meliputi suhu udara, kelembaban dan curah hujan. Sistem prediksi cuaca ini selanjutnya akan digunakan untuk memperkirakan produktivitas kubis hasil panen. Perancangan prediktor dilakukan dengan dua skenario yaitu sistem prediksi cuaca dengan data per 3 jam dan sistem prediksi cuaca dengan data bulanan. Masing-masing sistem prediktor tersebut dibagi menjadi dua menurut jenis masukannya, yaitu dengan model masukan *time series* dan multi variabel. Keempat model sistem prediktor cuaca tersebut menunjukkan bahwa sistem prediktor dengan data bulanan dan masukan model *time series* mempunyai galat yang paling kecil, yaitu 0.58°C untuk suhu, 1.6% untuk kelembaban dan 1.39 mm untuk curah hujan. Variabel keluaran sistem prediktor yang baik tersebut selanjutnya dijadikan masukan sistem pengambilan keputusan produktivitas kubis.

Performansi sistem pengambil keputusan kualitas kubis sebesar 58.3%.

Kata kunci: cuaca, sistem prediktor cuaca, kubis putih, logika fuzzy, ANFIS, kelembaban, suhu, curah hujan.



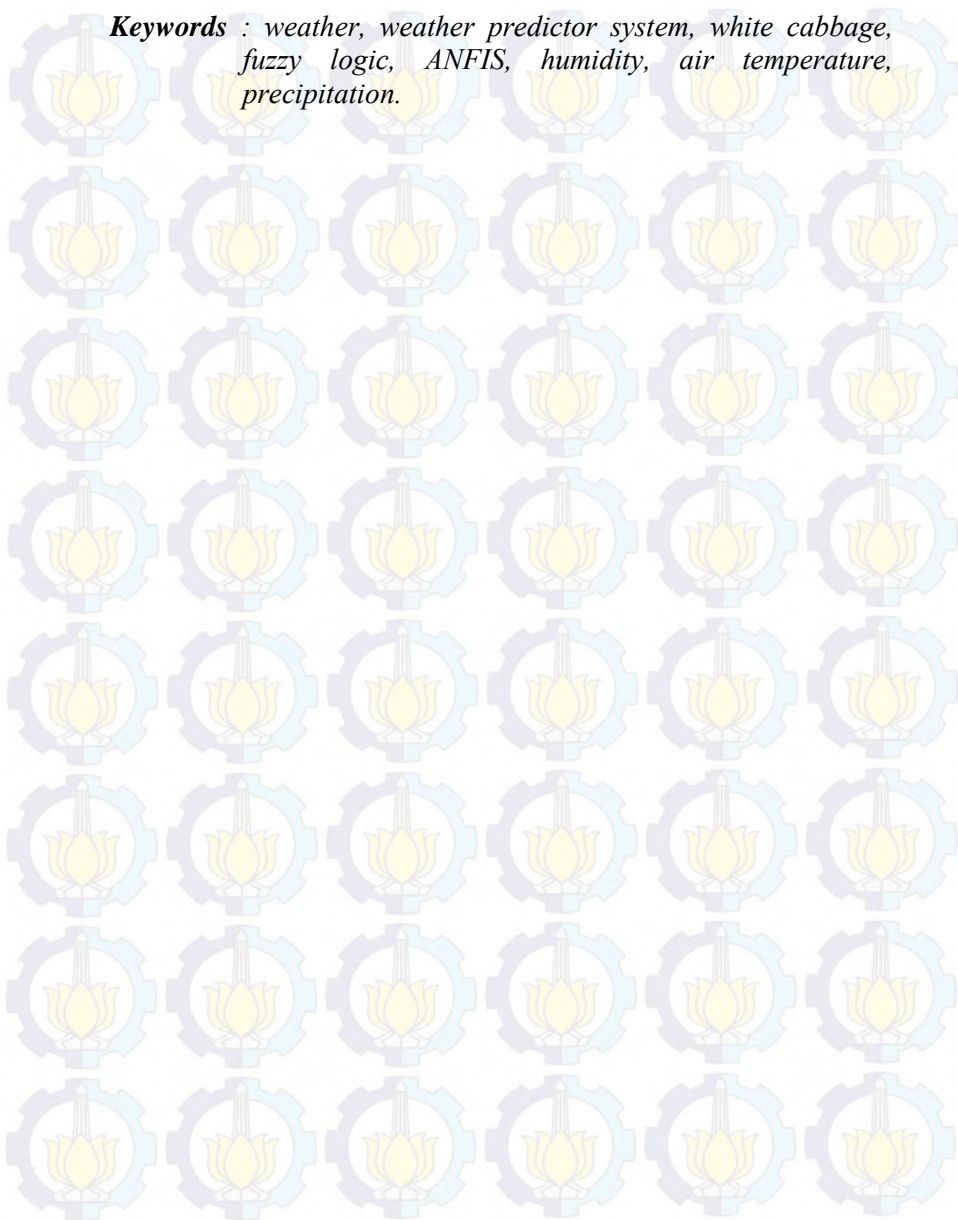
**DESIGN OF WEATHER PREDICTION SYSTEM WITH ANFIS METHOD TO DETERMINE THE CROP HARVEST PRODUCTIVITY OF WHITE CABBAGE (*Brassica oleracea* var. *capitata*) IN KARANGPLOSO MALANG REGENCY**

**Student's Name** : Nimroatul Chasanah  
**NRP** : 2411100014  
**Department** : Engineering Physics FTI-ITS  
**Supervisor** : Ir. Syamsul Arifin, MT.  
**Co Supervisor** : Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.

**Abstract**

*Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) is a vegetable that is commonly cultivated by farmers in Indonesia because of the huge market demand and the growing season is not too long. However, unpredictable extreme weather that happened this several years makes the chances of crop failure is increasing. The purposes of this study is to design a weather prediction system for a month later using ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) method that includes air temperature, humidity and rainfall. The weather prediction system is used to estimate the productivity of the cabbage harvest. Weather predictor systems designed with two scenarios, weather prediction systems with per 3 hours data and weather prediction systems with monthly data. Based on the input type, each weather prediction system is subdivided into two types, the time series model and multivariate model. The fourth weather predictor model shows that the weather prediction system with monthly data and time series input type has the smallest error, 0.58°C for temperature, 1.6% for humidity and 1.39 mm for rainfall. Output variables are good predictors of the system is then used as input predictor of the cabbage quality system. Validation of the quality cabbage shows the system performance of 58.3%.*

**Keywords** : *weather, weather predictor system, white cabbage, fuzzy logic, ANFIS, humidity, air temperature, precipitation.*





## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmat dan barokah-Nya serta sholawat salam kepada Rasulullah SAW sehingga laporan penelitian tugas akhir ini dapat selesai dengan baik. Laporan ini disusun sebagai syarat lulus Sarjana Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan judul **“Perancangan sistem prediktor cuaca dengan metode ANFIS untuk menentukan kualitas panen kubis putih (*Brassica oleracea var. capitata*) di Kabupaten Malang”**.

Pada proses penyusunan laporan penelitian tugas akhir ini, tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak berikut.

1. Ibu Kustiyah dan Bapak Chambali yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi kepada penulis.
2. Bapak Ir. Syamsul Arifin, MT. dan Ibu Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis dalam mengerjakan penelitian tugas akhir.
3. Bapak Ir. Agung Boediono, M.Eng selaku dosen wali yang selalu memberi nasihat dan masukan kepada penulis selama kuliah di Jurusan Teknik Fisika FTI ITS.
4. Saudari Putri Adenary Ciptaningrum selaku partner dalam mengerjakan tugas akhir bersama penulis menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
5. Pihak Dinas Pertanian Propinsi Jawa Timur dan UPTD Proteksi Tanaman Hortikultura Surabaya yang telah memberikan keterangan yang dibutuhkan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
6. Saudari Afina Lina, Fitri Ayu, Nur Ika, Eva Ummi dan Ratna Fuzita yang telah membantu penulis dengan memberikan ide, pemikiran dan motivasi yang besar.

7. Teman-teman angkatan 2011 yang selalu memberikan keceriaan dalam persahabatan.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan kritik yang membangun untuk memperbaikinya. Disamping itu, penulis berharap agar laporan tugas ini dapat bermanfaat untuk semua pembaca yang budiman.

Surabaya, 2 Januari 2015

Penulis

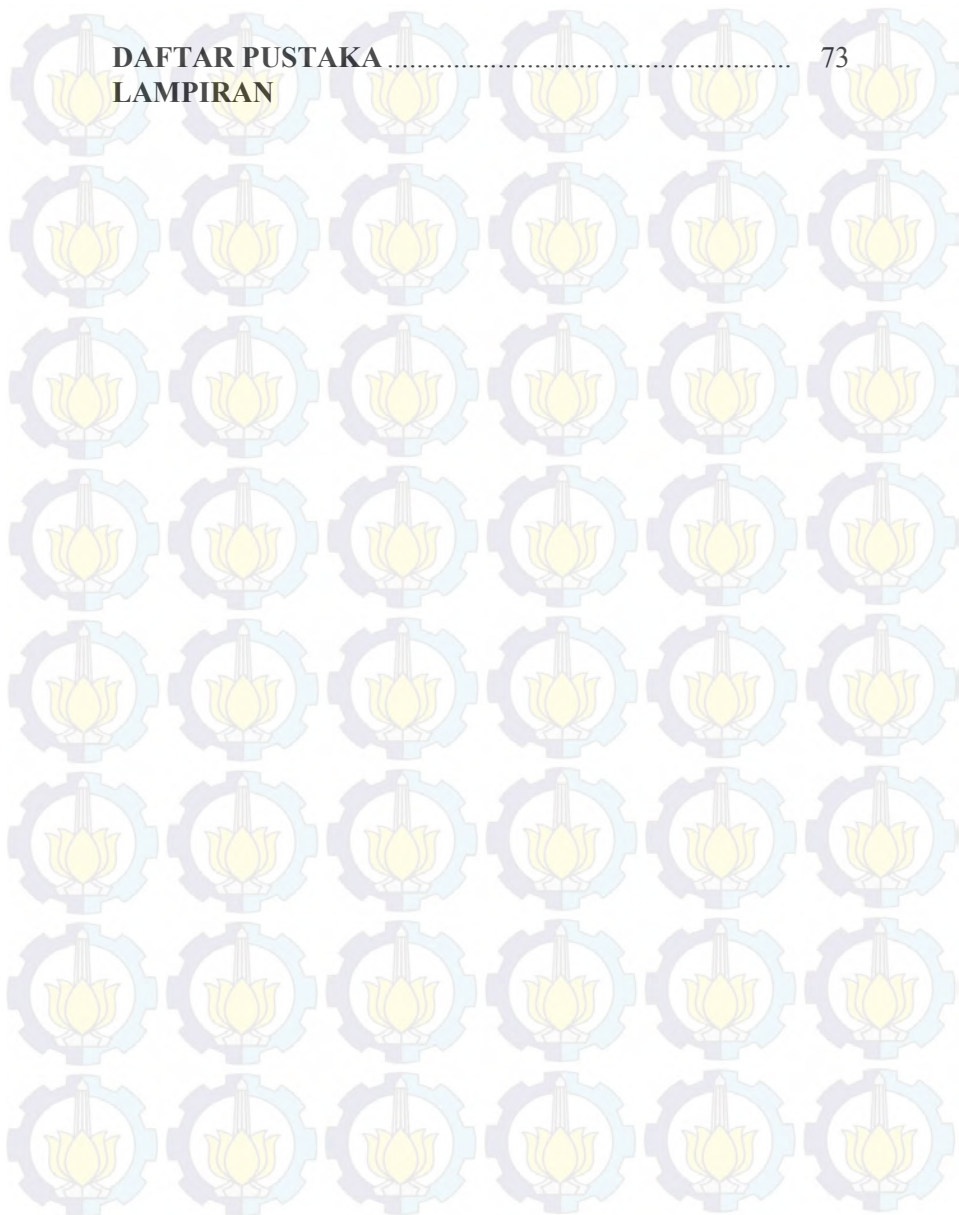
## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	v
Abstrak .....	ix
Abstrak .....	xi
Kata Pengantar .....	xiii
Daftar Isi .....	xv
Daftar Gambar .....	xvii
Daftar Tabel .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Laporan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Cuaca dan Sistem Prediktor Cuaca .....	7
2.1.1. Aplikasi Sistem Prediktor Cuaca Bidang Pelayaran .....	8
2.1.2. Aplikasi Sistem Prediktor Cuaca Bidang Penerbangan .....	9
2.1.3. Aplikasi Sistem Prediktor Cuaca Bidang Pertanian .....	9
2.2 Logika fuzzy .....	10
2.2.1. Fuzzifikasi .....	10
2.2.2. <i>Rule base</i> (Aturan dasar) .....	11
2.2.3. <i>Decision logic</i> .....	12
2.2.4. Defuzzifikasi .....	12
2.3 ANFIS ( <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> ) .....	12
2.4 SayurKubis .....	15

<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	19
3.1. Alur Penelitian.....	19
3.2. Studi Literatur .....	21
3.3. Pengumpulan Data .....	21
3.4. ANFIS Editor GUI.....	22
3.5. Pengolahan Data Input .....	24
3.6. Perancangan Model ANFIS.....	26
3.6.1. Prediktor Suhu Per 3 Jam.....	28
3.6.2. Prediktor Kelembaban Per 3 Jam.....	32
3.6.3. Prediktor Curah Hujan Per 3 Jam.....	36
3.6.4. Prediktor Suhu Bulanan .....	40
3.6.5. Prediktor Kelembaban Bulanan .....	43
3.6.6. Prediktor Curah Hujan Bulanan.....	45
3.7. Validasi Prediktor ANFIS .....	48
3.8. Perancangan Logika Fuzzy Sayur Kubis.....	48
3.9. Perancangan GUI Matlab.....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	53
4.1. Sistem Prediktor Cuaca .....	53
4.1.1. Prediktor Suhu Bulanan dengan Data Per 3 Jam ....	53
4.1.2. Prediktor Kelembaban Bulanan dengan Data Per 3	56
Jam .....	
4.1.3. Prediktor Curah Hujan Bulanan dengan Data	59
Per 3 Jam.....	
4.1.4. Prediktor Suhu Bulanan dengan Data Bulanan	62
4.1.5. Prediktor Kelembaban Bulanan dengan Data	63
Bulanan .....	
4.1.6. Prediktor Curah Hujan Bulanan dengan Data	65
Bulanan .....	
4.2. Hasil Sistem Prediktor Cuaca.....	66
4.3. Sistem Logika Fuzzy Perkiraan Kualitas Kubis.....	68
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	71
5.1. Kesimpulan .....	71
5.2. Saran .....	72

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**

73



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Prediktor ANFIS data per 3 jam time series .....	25
Tabel 3. 2 Prediktor ANFIS data per 3 jam multi variabel ...	25
Tabel 3. 3 Prediktor ANFIS data bulanan time series.....	25
Tabel 3. 4 Prediktor ANFIS bulanan multivariabel .....	25
Tabel 3. 5 Fungsi keanggotaan variabel cuaca .....	50
Tabel 3. 6 Fungsi keanggotaan produktivitas dan kualitas kubis .....	50
Tabel 4. 1 Galat dan standar deviasi sistem prediktor cuaca	68
Tabel 4. 2 Tabel validasi kualitas kubis .....	69



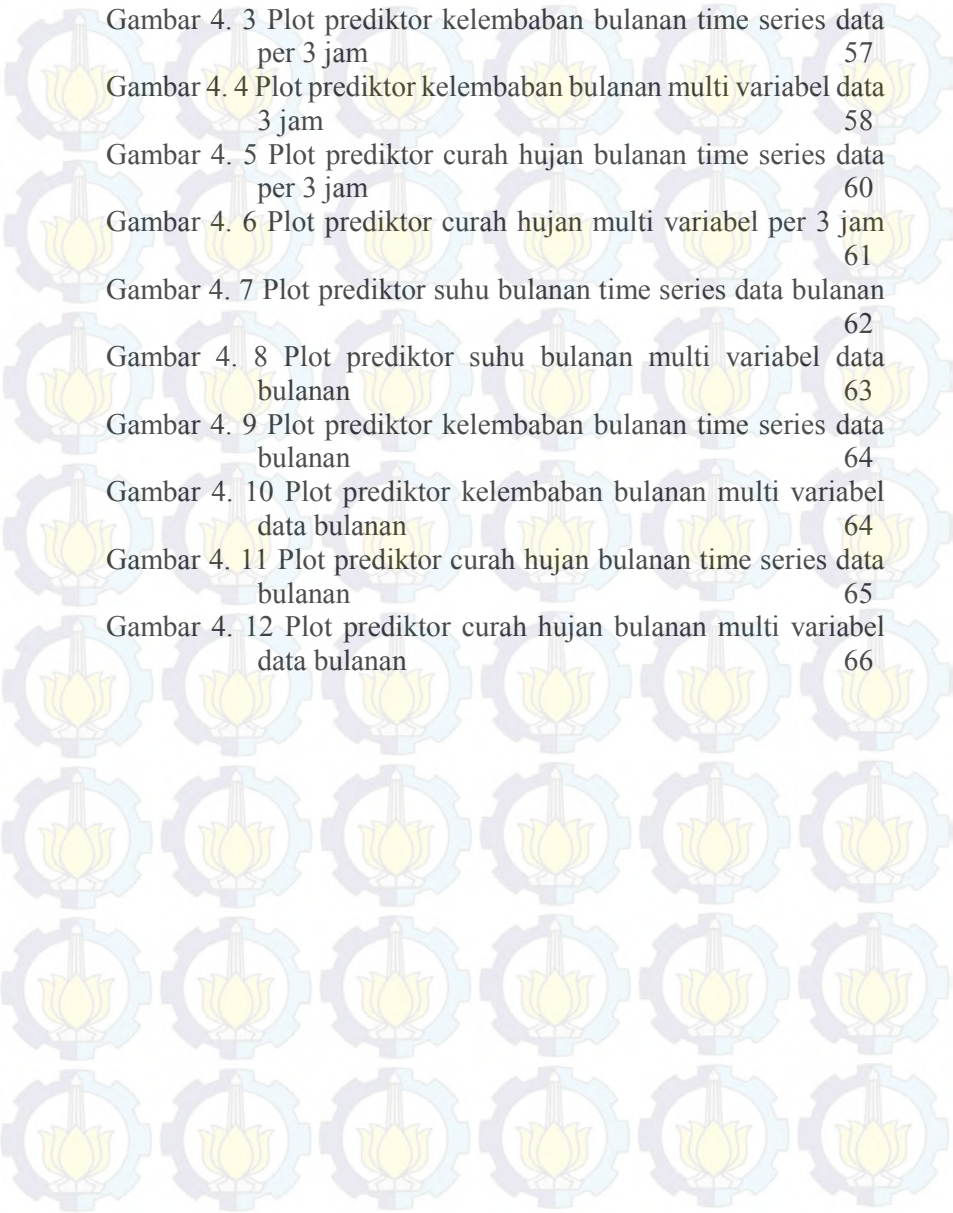
*Halaman ini memang dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur dasar logika fuzzy (Jang, 1993)	11
Gambar 2. 2 Kurva Gaussian (Kusumadewi, 2003)	11
Gambar 2. 3 Struktur Fuzzy Sugeno Takagi	13
Gambar 2. 4 Sistem arsitektur ANFIS (Jang, 1993)	14
Gambar 2. 5 Sayur kubis (Nusantara, 2015)	16
Gambar 3. 1 Diagram alir tahapan penelitian	20
Gambar 3. 2 Peta Kabupaten Malang	22
Gambar 3. 3 ANFIS Editor GUI	23
Gambar 3. 4 Contoh workspace Matlab	26
Gambar 3. 5 Hasil load data training pada ANFIS Editor GUI	27
Gambar 3. 6 Arsitektur sistem prediktor cuaca dengan ANFIS	27
Gambar 3. 7 Hasil model ANFIS time series suhu bulanan data per 3 jam	29
Gambar 3. 8 Surface model ANFIS time series suhu bulanan data per 3 jam	30
Gambar 3. 9 Hasil model ANFIS multi variabel suhu bulanan data per 3 jam	31
Gambar 3. 10 Surface model ANFIS multi variabel suhu per 3 jam	32
Gambar 3. 11 Hasil model ANFIS time series kelembaban bulanan data per 3 jam	33
Gambar 3. 12 Surface model ANFIS time series kelembaban bulanan data per 3 jam	34
Gambar 3. 13 Hasil model ANFIS multi variabel kelembaban bulanan data per 3 jam	35
Gambar 3. 14 Surface model ANFIS multi variabel kelembaban bulanan data per 3 jam	36
Gambar 3. 15 Hasil model ANFIS time series curah hujan bulanan data per 3 jam	37
Gambar 3. 16 Surface model ANFIS time series curah hujan bulanan data per 3 jam	38
Gambar 3. 17 Hasil model ANFIS multi variabel curah hujan bulanan data per 3 jam	39



Gambar 3. 18 Surface model ANFIS multi variabel curah hujan bulanan data per 3 jam	40
Gambar 3. 19 Hasil model ANFIS suhu bulanan time series data bulanan	41
Gambar 3. 20 Surface model ANFIS suhu bulanan time series data bulanan	41
Gambar 3. 21 Hasil model ANFIS suhu bulanan multi variabel data bulanan	42
Gambar 3. 22 Surface model ANFIS suhu bulanan multi variabel data bulanan	42
Gambar 3. 23 Hasil model ANFIS kelembaban time series bulanan	43
Gambar 3. 24 Surface model ANFIS kelembaban bulanan time series data bulanan	44
Gambar 3. 25 Hasil model ANFIS kelembaban bulanan multivariabel data bulanan	44
Gambar 3. 26 Surface model ANFIS kelembaban bulanan multi variabel data bulanan	45
Gambar 3. 27 Hasil model ANFIS curah hujan time series bulanan	46
Gambar 3. 28 Surface model ANFIS curah hujan bulanan time series data bulanan	46
Gambar 3. 29 Hasil model ANFIS curah hujan bulanan multi variabel data bulanan	47
Gambar 3. 30 Surface model ANFIS curah hujan bulanan multi variabel data bulanan	47
Gambar 3. 31 Contoh grafik validasi	48
Gambar 3. 32 Data produktivitas Kubis Kabupaten Malang	49
Gambar 3. 33 Struktur sistem logika fuzzy prediktor produksi sayur kubis	51
Gambar 3. 34 GUI Matlab prediktor	52
Gambar 4. 1 Plot prediktor suhu bulanan time series data per 3 jam	54
Gambar 4. 2 Plot prediktor suhu bulanan multi variabel data per 3 jam	55

- 
- Gambar 4. 3 Plot prediktor kelembaban bulanan time series data per 3 jam 57
- Gambar 4. 4 Plot prediktor kelembaban bulanan multi variabel data 3 jam 58
- Gambar 4. 5 Plot prediktor curah hujan bulanan time series data per 3 jam 60
- Gambar 4. 6 Plot prediktor curah hujan multi variabel per 3 jam 61
- Gambar 4. 7 Plot prediktor suhu bulanan time series data bulanan 62
- Gambar 4. 8 Plot prediktor suhu bulanan multi variabel data bulanan 63
- Gambar 4. 9 Plot prediktor kelembaban bulanan time series data bulanan 64
- Gambar 4. 10 Plot prediktor kelembaban bulanan multi variabel data bulanan 64
- Gambar 4. 11 Plot prediktor curah hujan bulanan time series data bulanan 65
- Gambar 4. 12 Plot prediktor curah hujan bulanan multi variabel data bulanan 66



*Halaman ini memang dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- . (2014). *Instrumentasi dan Rekayasa Meteorologi* . (BMKG) Retrieved 12 31, 2014, from [http://www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/IT\\_-\\_Sarana\\_Teknis/Instrumentasi\\_dan\\_Rekayasa\\_Meteorologi.bmkg](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/IT_-_Sarana_Teknis/Instrumentasi_dan_Rekayasa_Meteorologi.bmkg)
- 130/93, L. I. (1993). *Budidaya Tanaman Kubis*. Jayapura: Balai Informasi Pertanian Irian Jaya.
- Chevaliar, R., Hoogenboom, G., McClendon, R., & Paz, J. (2012). A web-based fuzzy expert system for frost warnings in horticultural crops. *Elsevier: Environmental Modelling & Software*, 35, 84-91.
- Hermantoro. (2011). Pengaruh perubahan iklim pada produktivitas perkebunan kelapa sawit menggunakan model Jaringan Syaraf Tiruan. *Seminar Mekanisasi Pertanian*. Serpong.
- Hortikultura, B. P. (2014). *Luas Panen Kol/Kubis Menurut Provinsi, 2009-2013*. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian.
- Huda, M., Choiruddin, A., Budiarto, O., & Sutikno. (2012). Peramalan data curah hujan dengan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) dengan deteksi outlier sebagai upaya optimalisasi produksi pertanian di Kabupaten Mojokerto. *Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi*.
- Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3).
- Kalisz, A., & Siwek, P. (2006). Yield and quality of spring Chinese cabbage as affected by different temperature conditions during seedling production. *Folia Horticulture*, 18(2), 3-15.
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence: teknik dan aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lu, J., Xue, S., Zhang, X., Zhang, S., & Lu, W. (2014). Neural Fuzzy Inference System-Based Weather Prediction Model and Its Precipitation Predicting Experiment. *Asmosphere*, 5, 788-805.

- Maulana, R. (2012). Prediksi curah hujan dan debit menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. *Program Studi Meteorologi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung*, 1-10.
- Moertini, V., & Dhaneswara. (2004). Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik untuk Klasifikasi Data. Jurusan Ilmu Komputer Universitas Parahyangan.
- Muleke, E., Saidi, M., Itulya, F., Martin, T., & Nguoajio, M. (2014). Enhancing Cabbage (*Brassica oleraceae* Var capitata) Yields and Quality Through Microclimate Modification and Physiological Improvement Using Agronet Covers. *Sustainable Agriculture Research; Vol. 3, No. 2, 3(2)*.
- Musadat, F., Zainuddin, Z., & Baharuddin, M. (2013). Implementasi Algoritma untuk Prediksi Curah Hujan pada Sistem Pendeteksian Dini Bencana Banjir. *Universitas Hasanuddin*.
- Poltasingh, K. R., Goyari, P., & Mishra, R. (2012). Measuring wetaher impact on crop yield using aridity index: Evidence from Odisha. *Agricultural Economics Research Review*, 25(2), 205-216.
- Putra, B. W. (2014). *Perancangan prediktor suhu permukaan laut menggunakan interpolasi lagrange dan logika fuzzy di perairan Laut Jawa*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Radovich, T., Kleinhenz, M., Delwiche, J., & Ligget, R. (2004). *Triangle tests indicate that irrigation timing affects fresh cabbage sensory quality*. USA: Elsevier Journal of Food Quality and Preference.
- Sampurna, R. J. (2011). *Perancangan prediktor cuaca maritim dengan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk meningkatkan jangkauan ramalan, studi kasus: pelayaran Surabaya-Banjarmasin*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santosa, M. Y. (2012). *Pengembangan sistem deteksi dini dan diagnosa kanker paru berbasis Adaptive Neuro Fuzzy*

*Inference System (ANFIS)*. Suarabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sari, N. E., & Sukirman, E. (2012). Prediksi cuaca berbasis logika fuzzy untuk rekomendasi penerbangan di bandar udara Raja Haji Fisabilillah. *Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma*.

Sinta. (2015, January 7). Pengaruh variabel cuaca terhadap pertanian kubis.

Statistik, B. P. (2014). *Kabupaten Malang dalam Angka*. Retrieved November 27, 2014, from [http://malangkab.bps.go.id/index.php?act=detail&n\\_id=9](http://malangkab.bps.go.id/index.php?act=detail&n_id=9)

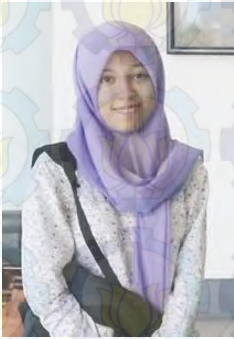
*Teknik Budidaya Kubis*. (2011, April 11). (BBPP-Lembang) Retrieved 12 18, 2014, from <http://bbpp-lembang.info/index.php/arsip/artikel-pertanian/586>

Wijaya, A., & Suhartono. (2012). Peramalan Produksi Padi dengan ARIMA, Fungsi Transfer dan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System. *Jurusan Statistika Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nimroatul Chasanah. Lahir di Desa Pododadi, Kecamatan Karanganyar, Kabupaten Pekalongan pada dini hari tanggal 2 Nopember 1993. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh penulis sampai saat ini antara lain, TK Muslimat NU Masyithoh XI Kuripan Lor Kota Pekalongan pada tahun 1997-1999. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SD Negeri Kuripan Lor 1 Kota Pekalongan pada tahun 1999-2005. Jenjang berikutnya, Penulis menuntut ilmu di SMP Negeri 6 Pekalongan pada tahun 2005-2008 dan SMA Negeri 1 Pekalongan pada tahun 2008-2011. Pada jenjang Pendidikan Tinggi, Penulis diterima di Jurusan Teknik Fisika ITS dengan SNMPTN jalur Undangan. Selama kuliah, penulis aktif di organisasi HMTF-ITS sebagai wakil ketua Departemen Riset dan Teknologi periode 2013-2014. Saran dan kritik yang membangun untuk Penulis dapat dikirimkan melalui email [ninim.chasanah@yahoo.co.id](mailto:ninim.chasanah@yahoo.co.id).



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Kubis (*Brassica oleracea* var. *capitata*) merupakan salah satu jenis sayuran penting yang banyak dikembangkan pada lahan pertanian yang sempit (Muleke, Saidi, Itulya, Martin, & Nguoajio, 2014). Meskipun berasal dari daratan Eropa, sekarang ini famili kubis-kubisan dapat ditemukan di berbagai negara dunia. Di Indonesia, sayur kubis telah banyak ditanam para petani, khususnya petani pedesaan, karena mengandung vitamin A, B dan C (130/93, 1993). Tahun 2013, luas lahan pertanian kol/kubis di Jawa Timur mencapai 8.793 ha (Hortikultura, 2014). Hal ini perlu diperhatikan karena kubis menjadi salah satu komoditi sayuran utama provinsi Jawa Timur.

Proses penanaman kol/kubis, jenis varietas, perlakuan terhadap tanaman dan waktu penanaman sangat mempengaruhi kualitas kubis (Radovich, Kleinhenz, Delwiche, & Liggett, 2004). Waktu penanaman kubis berkaitan erat dengan kondisi atmosfer lingkungan lahan pertanian saat penanaman. Fluktuasi parameter cuaca disekitarnya seperti temperatur, kelembaban relatif, curah hujan dan lain sebagainya sangat mempengaruhi kondisi kubis secara umum (Muleke, Saidi, Itulya, Martin, & Nguoajio, 2014). Pertumbuhan kepala kubis akan terganggu ketika suhu udara terlalu panas. Begitu pula dengan kelembaban yang rendah dapat mempengaruhi kondisi tanah dan krop (kepala kubis), sehingga secara tidak langsung akan menurunkan kualitas kubis.

Didukung adanya perubahan cuaca ekstrem yang tidak menentu beberapa tahun ini, menjadikan cuaca sebagai faktor yang perlu diwaspadai oleh para petani kol/kubis di daerah dataran tinggi. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat penurunan produktivitas kubis untuk provinsi Jawa Timur dari 23,87 ton/ha pada tahun 2012 menjadi 22,45 ton/ha pada tahun 2013 (Hortikultura, 2014). Secara keseluruhan, penurunan produksi kol/kubis di Jawa Timur tahun 2012-2013 sebesar 39.342 ton. Hal

ini tentu sangat merugikan berbagai pihak, khususnya petani kubis.

Salah satu upaya untuk meminimalisir dampak perubahan cuaca ekstrem terhadap pertanian kubis, maka perlu dibuat suatu sistem komputasi yang dapat memprediksi parameter cuaca darat yang diaplikasikan pada bidang pertanian. Dengan demikian diharapkan petani kubis dapat memutuskan langkah yang harus diambil untuk mengantisipasi kemungkinan buruk yang dapat terjadi pada sistem pertanian mereka.

Penelitian sebelumnya tentang pengaruh perubahan parameter cuaca terhadap kubis China selama proses penyemaian menunjukkan bahwa baik suhu maupun kondisi cuaca lainnya mempengaruhi hasil panen kubis China dan kandungan gizinya (Kalisz & Siwek, 2006). Penelitian lainnya dengan metode statistik menyebutkan bahwa fluktuasi cuaca tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan curah hujan, tetapi juga dipengaruhi oleh besarnya temperatur di suatu wilayah (Poltasingh, Goyari, & Mishra, 2012). Beberapa penelitian di atas menjelaskan adanya hubungan yang sangat erat antara parameter cuaca, seperti curah hujan, suhu udara, dan kelembaban, terhadap hasil panen kubis secara umum.

Sedangkan penelitian tentang sistem prediksi cuaca telah banyak dilakukan untuk berbagai bidang, seperti pelayaran, penerbangan, pertanian, dan sistem deteksi bencana dengan banyak jenis metode pengolahan data (Wijaya & Suhartono, 2012) (Maulana, 2012) (Musadat, Zainuddin, & Baharuddin, 2013) (Sari & Sukirman, 2012). Oleh karena itu, pembuatan sistem prediktor cuaca untuk mengetahui hasil panen kubis sangat penting sebagai langkah preventif menghadapi kemungkinan terjadinya gagal panen yang diakibatkan cuaca buruk.

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

- a. Bagaimana merancang suatu sistem prediktor cuaca darat dengan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*)?
- b. Bagaimana memperoleh sistem prediktor cuaca yang valid dan presisi?
- c. Bagaimana hubungan antara parameter cuaca dengan perkiraan produktivitas hasil pertanian sayur kubis (*Brassica oleracea var. capitata*)?

### 1.3 Tujuan

Penelitian tentang perancangan sistem pakar ini mempunyai beberapa tujuan, antara lain sebagai berikut.

- a. Menghasilkan suatu rancangan sistem prediktor cuaca darat menggunakan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*).
- b. Mempreoleh sistem prediktor cuaca yang valid dan presisi.
- c. Mengetahui hubungan antara parameter cuaca dengan perkiraan produktivitas hasil panen pertanian sayur kubis (*Brassica oleracea var. capitata*).

### 1.4 Manfaat

Melalui tugas akhir ini akan didapatkan sistem prediktor cuaca yang akan memprediksi beberapa parameter cuaca darat satu bulan kedepan. Prediktor cuaca tersebut juga akan memperkirakan jumlah produksi sayur kubis, sehingga dapat diketahui kualitas kubis tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan mampu membantu para petani sayur kubis agar dapat memperkirakan cuaca dimasa depan sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya gagal panen.

### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Data cuaca yang digunakan meliputi data cuaca Kabupaten Malang per tiga jam selama 5 tahun yaitu tahun 2009 sampai

dengan 2013 dan terdiri dari tiga variabel yaitu curah hujan, kelembaban, dan suhu udara.

- *Software* yang digunakan dalam penelitian ini untuk merancang sistem adalah Matlab R2009b.
- Model sistem peramalan dengan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*).
- Sayuran yang dijadikan obyek penelitian adalah kubis (*Brassica oleracea var. capitata*).
- Pengaruh variabel lama penyinaran matahari terhadap produktivitas tanaman diabaikan.
- Tipe perlakuan terhadap tanaman dan kemungkinan terjadinya penyakit diabaikan.
- Sawah yang dimaksud yaitu sawah tadah hujan.

## 1.6 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Bab I Pendahuluan

Pada bab ini, terdiri dari latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika laporan. Bab ini menjelaskan permasalahan awal sehingga dapat diketahui alasan pentingnya penelitian tugas akhir ini.

- Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi beberapa referensi penelitian sebelumnya yang mendasari dilakukannya penelitian tugas akhir ini. Disamping itu juga disertai teori-teori yang mendasari proses penyelesaian permasalahan sehingga tujuan penelitian dapat dicapai dengan baik. Dasar teori ini meliputi materi tentang cuaca dan sistem prediksi cuaca, logika fuzzy, ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*), dan karakteristik sayuran kubis.

- Bab III Metodologi

Pada bab ini terdiri dari uraian tahapan-tahapan penelitian secara rinci dan berurutan dalam proses pengerjaan penelitian tugas akhir. Bab ini berisi proses pengolahan data

beberapa parameter cuaca yang digunakan sebagai prediktor cuaca. Beberapa variasi masukan sistem prediksi dibuat untuk menentukan model sistem prediktor dengan galat yang paling kecil. Selanjutnya sistem prediktor terbaik akan digunakan untuk memprediksi produktivitas sayur kubis. Sistem tersebut secara keseluruhan akan ditampilkan dalam bentuk GUI (*Graphical User Interface*).

- Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini diperoleh hasil pengolahan data beberapa sistem prediksi cuaca dengan metode ANFIS dan data kualitas sayur kubis untuk satu bulan kedepan. Hasil tersebut kemudian dianalisis dan dibahas apakah sudah sesuai dengan tujuan tugas akhir ini. Disamping itu juga dicari nilai galat sistem untuk menentukan besarnya performansi sistem.

- Bab V Penutup

Pada bab ini merupakan kesimpulan dari hasil program prediktor yang dihubungkan dengan kualitas panen sayur kubis. Apabila terdapat kekurangan dalam pengerjaannya, dapat dicantumkan dalam subbab saran untuk penelitian selanjutnya.



*Halaman ini memang dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir yang berjudul “Perancangan Sistem Prediktor Cuaca dengan Metode ANFIS untuk Menentukan Kualitas Panen Sayuran Kubis Putih (*Brassica oleraceae var. capitata*) di Kabupaten Malang”. Beberapa teori penting tersebut antara lain: cuaca dan sistem prediktor cuaca, logika fuzzy, metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*), dan karakteristik sayur kubis putih.

### 2.1 Cuaca dan Sistem Prediktor Cuaca

Cuaca merupakan aspek natural yang sangat penting bagi keberlangsungan proses pertanian. Cuaca dapat mempengaruhi sifat-sifat kimia dan fisika tanah serta organisme yang hidup didalamnya (Moertini & Dhaneswara, 2004). Kondisi cuaca ekstrem dapat menyebabkan gagal panen, serangan hama dan penyakit. Cuaca merupakan kondisi atmosfer pada suatu wilayah tertentu untuk periode waktu yang singkat yang meliputi kondisi suhu, kelembaban serta tekanan udara sebagai komponen utamanya (Sari & Sukirman, 2012). Berbeda dengan iklim yang merupakan keadaan kondisi atmosfer bumi pada periode waktu yang lama dan mencakup wilayah yang sangat luas. Iklim juga dapat diartikan sebagai keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang penyelidikannya dilakukan dalam waktu yang lama ( $\pm$  minimal 30 tahun) dan meliputi wilayah yang luas (Sari & Sukirman, 2012).

Informasi tentang kondisi cuaca dan iklim digunakan dalam berbagai bidang, misalnya keperluan transportasi laut dan udara yang sangat tergantung pada kondisi alam. Selain itu, cuaca juga digunakan dalam bidang pertanian dan peringatan dini akan datangnya cuaca ekstrem seperti banjir dan badai. Peramalan cuaca dilakukan dengan pemodelan dan metode numerik yang dihubungkan dengan sistem komputasi yang memperhatikan perkembangan kondisi cuaca pada beberapa kurun waktu tertentu.

Prediksi cuaca bertujuan untuk memprediksi keadaan atmosfer, seperti temperatur, kecepatan angin, curah hujan, kelembaban dan tekanan pada suatu wilayah tertentu dengan menggunakan ilmu dan teknologi meteorologi (Lu, Xue, Zhang, Zhang, & Lu, 2014). Pada hakikatnya, sistem informasi cuaca atau iklim merupakan cara yang dilakukan untuk mengoptimalkan usaha pemantauan, pengumpulan, analisis data, hingga menjadi bentuk evaluasi atau prediksi cuaca dan iklim (Sari & Sukirman, 2012). Sistem peramalan cuaca dilakukan dengan mengumpulkan data historis kondisi atmosfer pada suatu wilayah dan secara ilmiah menyelidiki bagaimana model perubahan atmosfer pada wilayah tersebut (Sari & Sukirman, 2012). Sistem peramalan cuaca juga dapat membantu manusia untuk mengidentifikasi perkembangan kondisi udara yang lalu, sekarang dan yang akan datang sebagai langkah antisipasi akan terjadinya cuaca ekstrem.

Metode yang ditawarkan dalam penelitian ini yaitu metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) yang sudah banyak digunakan untuk memprediksi cuaca yang diaplikasikan dalam berbagai bidang (Maulana, 2012) (Lu, Xue, Zhang, Zhang, & Lu, 2014) (Putra, 2014) (Huda, Choiruddin, Budiarto, & Sutikno, 2012). Peramalan cuaca sendiri dapat dimanfaatkan untuk berbagai bidang keperluan seperti pelayaran, penerbangan, pertanian dan lain sebagainya.

### **2.1.1 Aplikasi Sistem Prediktor Cuaca Bidang Pelayaran**

Dalam bidang kemaritiman, kondisi cuaca dan iklim sangat penting. Unsur cuaca yang mempengaruhi kondisi permukaan laut antara lain kecepatan angin, kecepatan arus laut, tinggi gelombang laut dan suhu permukaan laut. Sistem prediktor cuaca laut dimaksudkan untuk memberikan perkiraan kondisi laut yang akan untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan transportasi laut karena cuaca buruk (Sampurna, 2011). Penelitian sebelumnya tentang prediksi cuaca untuk keperluan pelayaran dengan memvariasikan variabel masukan dan keluaran dari tiga variabel yaitu kecepatan arus, kecepatan angin, dan tinggi gelombang menunjukkan nilai galat yang cukup baik (Sampurna, 2011).



Adapula penelitian sebelumnya tentang prediksi cuaca laut yang dapat bermanfaat untuk memberikan informasi kepada nelayan tentang kemungkinan adanya jenis ikan layang di suatu titik berdasarkan besarnya nilai suhu permukaan laut (Putra, 2014).

### **2.1.2 Aplikasi Sistem Prediktor Cuaca Bidang Penerbangan**

Selain pelayaran, bidang penerbangan juga sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Keadaan atmosfer yang bisa kapan saja berubah sangat berbahaya untuk penerbangan. Oleh karena itu, stasiun penerbangan biasanya mempunyai alat pendeteksi cuaca sendiri yang dilengkapi oleh prediktor sehingga mampu meramal cuaca beberapa jam kedepan. Prediktor cuaca untuk penerbangan ini biasanya digunakan sebagai rekomendasi penerbangan guna meningkatkan keamanan baik ketika lepas landas, mendarat maupun selama penerbangan (Sari & Sukirman, 2012). Unsur cuaca penerbangan dipengaruhi oleh kecepatan angin dan suhu udara. Kedua variabel tersebut selanjutnya akan menentukan jarak pandang dan angin buritan sebagai rekomendasi kelayakan penerbangan (Sari & Sukirman, 2012).

### **2.1.3 Aplikasi Sistem Prediktor Cuaca Bidang Pertanian**

Bidang pertanian tidak dapat dipisahkan dari unsur cuaca. Kegagalan panen yang sering terjadi umumnya disebabkan terjadinya cuaca ekstrem yang mengacaukan sistem kalender tanam petani (Huda, Choiruddin, Budiarto, & Sutikno, 2012). Kualitas suatu hasil pertanian dipengaruhi oleh bibit tanaman, perlakuan petani dan kondisi cuaca. Namun, hanya faktor kondisi cuaca yang tidak dapat diubah oleh manusia. Oleh karena itu, manusia melakukan upaya untuk mengetahui parameter cuaca di masa depan.

Penelitian oleh Chevalier (2012) memprediksi tiga variabel cuaca yaitu suhu udara, suhu titik lebur dan kecepatan angin yang digunakan sebagai peringatan terjadinya cuaca beku pada panen hortikultura di wilayah Georgia. Kondisi beku ini selanjutnya dibagi menjadi lima kategori sesuai dengan keterangan ahli dan hasilnya dapat ditampilkan dengan format web pada

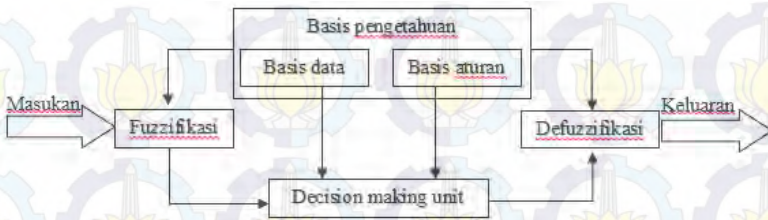
www.georgiaweather.net (Chevaliar, Hoogenboom, McClendon, & Paz, 2012). Sedangkan Hermantoro (2011) memprediksi dan menganalisis pengaruh perubahan iklim pada produktivitas lahan perkebunan kelapa sawit dan hasilnya menunjukkan bahwa pengurangan curah hujan sebesar 100 mm/y, peningkatan suhu rata-rata 1°C, dan peningkatan defisit air sebesar 50 mm/y secara simultan menyebabkan penurunan produksi kelapa sawit rata-rata sebesar 2.15 ton/ha/y (Hermantoro, 2011).

Penelitian tentang kondisi lingkungan yang dihubungkan dengan pertanian kubis sebelumnya sudah dilakukan oleh Everlyne (2014) dengan dua variabel cuaca lingkungan, yaitu kelembaban dan suhu udara (Muleke, Saidi, Itulya, Martin, & Nguoajio, 2014). Kedua variabel cuaca tersebut dipilih untuk mengetahui kondisi lingkungan tempat kubis ditanam.

## 2.2 Logika Fuzzy

Logika fuzzy pertama kali dicetuskan oleh Lotfi Zadeh (1965) dengan melihat kenyataan bahwa manusia dapat membuat keputusan lebih baik berdasarkan informasi yang bukan numerik dan kurang pasti. Logika fuzzy dikenalkan setelah sebelumnya terdapat sistem logika *crisp* yang memisahkan nilai benar dan salah secara tegas. Logika fuzzy merupakan sistem logika dengan banyak nilai kemungkinan terhadap sesuatu dimana memiliki nilai keanggotaan yang terletak diantara 0 sampai 1 (Zadeh, 1965). Misalnya untuk variabel suhu yang dibagi menjadi lima himpunan fuzzy yaitu dingin, sejuk, normal, hangat dan panas.

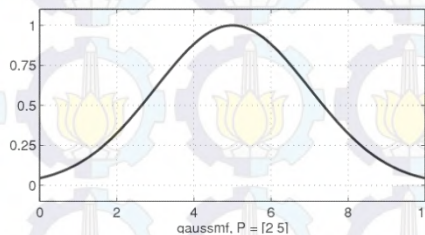
Struktur dasar logika fuzzy terdiri dari empat bagian utama, yaitu fuzzifikasi, basis pengetahuan, logika pengambilan keputusan dan defuzzifikasi. Struktur logika fuzzy pada umumnya dapat sesuai Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Struktur dasar logika fuzzy (Jang, 1993)

### 2.3.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi (*fuzzyfication*) merupakan suatu proses pengubahan nilai tegas menjadi nilai dalam fungsi keanggotaan (Sari & Sukirman, 2012). Data yang telah dipetakan sebelumnya diubah kedalam bentuk linguistik himpunan fuzzy yang telah terdefinisi oleh masukan sistem. Proses fuzzifikasi terdapat dua komponen, yaitu fungsi keanggotaan (*membership function*) dan anggota himpunan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan biasanya dibagi menjadi beberapa kelompok (*cluster*). Penentuan kelompok ini disesuaikan dengan karakteristik sistem dan variabel yang ada. Kurva fungsi keanggotaan yang digunakan yaitu kurva Gaussian.



Gambar 2. 2 Kurva Gaussian (Kusumadewi, 2003)

Kurva Gaussian merupakan kurva dengan distribusi normal yang mempunyai persamaan sesuai dengan Persamaan (2.1). (Sari & Sukirman, 2012).

$$\mu[x] = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x-c}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.1)$$

### 2.3.2 Rule Base (Aturan Dasar)

Basis pengetahuan (*knowledge base*) terdiri dari basis data dan basis aturan (*rule base*). Basis data merupakan bagian yang memuat kumpulan informasi tentang variabel, objek, peristiwa atau situasi. Sedangkan *rule base* merupakan dasar peraturan dari pembangkitan data baru yang sesuai dengan hipotesis yang ada. Basis aturan menghubungkan pengaruh antara fungsi keanggotaan variabel masukan dengan keluaran himpunan fuzzy. Pembuatan basis aturan ini bersifat subyektif yang didasarkan pada pengetahuan ahli pada bidang tertentu. Bahasa yang digunakan dalam pembuatan basis aturan yaitu logika jika maka (*If...Then...*).

### 2.3.3 Decision Logic

Logika pengambilan keputusan (*decision logic*) berperan sebagai mesin inferensi. Bagian ini biasanya dinamakan *Fuzzy Inference System*. Logika ini memproses data yang berbentuk himpunan tegas untuk diteruskan pada *rule base* yang telah diaktifkan. Jika masukan memenuhi aturan logika *if*, maka logika *then* akan diaktifkan. Jika aturan berjumlah lebih dari satu, maka dilakukan agregasi dari semua aturan. Selanjutnya hasil agregasi akan masuk pada proses defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai keluaran sistem.

### 2.3.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi (*defuzzification*) adalah proses perubahan dari keluaran FIS menjadi bilangan *crisp*. Proses defuzzifikasi mempunyai dua jenis metode yaitu metode titik pusat (*Center of Area*) yang membagi momen pertama menjadi dua fungsi dan metode rata-rata maksimum (*Mean of Maximum*) yang memberikan nilai titik tengah dari keluaran fungsi keanggotaan maksimum.

### 2.3 ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*)

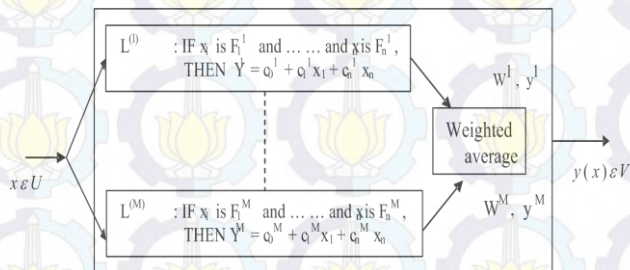
ANFIS merupakan suatu teknik optimasi yang menggabungkan konsep *neural-network* dengan *fuzzy inference system* (Wijaya & Suhartono, 2012). ANFIS pertama kali dikenalkan oleh Jang pada tahun 1993 (Jang, 1993). *Neural-network* mengenal pola-pola dan menyesuaikan pola terhadap perubahan lingkungan, sedangkan *fuzzy logic* menggabungkan pengetahuan manusia dan mencari kesimpulan untuk membuat suatu keputusan.

Sebagai contoh sederhana, kita mengasumsikan *fuzzy inference system* dengan dua masukan yaitu  $x$  dan  $y$ , dan satu keluaran  $z$ . Model FIS yang banyak digunakan untuk aplikasi sistem pakar adalah model fuzzy Sugeno, dengan dua kaidah fuzzy *if-then* dapat diekspresikan sebagai berikut (Jang, 1993).

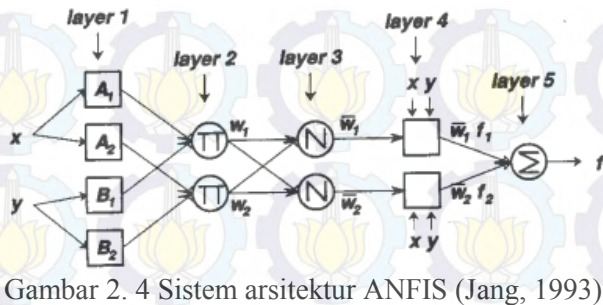
*Rule 1: If  $x$  is  $A_1$  and  $y$  is  $B_1$ ; then  $f_1(x,y) = p_1x + q_1y + r_1$*

*Rule 2: If  $x$  is  $A_2$  and  $y$  is  $B_2$ ; then  $f_2(x,y) = p_2x + q_2y + r_2$*

Dimana  $p_1, q_1, r_1$  dan  $p_2, q_2, r_2$  merupakan parameter pada bagian konsekuensi (*then*). Logika fuzzy Sugeno didasarkan pada masukan linguistik dan keluaran numerik. Keluarannya berupa konstanta atau persamaan linier.



Gambar 2. 3 Struktur Fuzzy Sugeno Takagi



Sistem ANFIS ini terdiri atas lima lapisan yang saling berhubungan dengan fungsi berbeda untuk setiap lapisannya. Berikut ini penjelasan untuk masing-masing lapisan dari sistem ANFIS ini (Jang, 1993).

- a. Lapisan 1: lapisan fuzzifikasi dimana setiap node  $i$  pada lapisan ini adalah node adaptif dengan fungsi node  $O_{1,i} = \mu_{A_i}(x)$  untuk  $i = 1, 2$ ; atau  $O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y)$  untuk  $i = 3, 4$ , dengan  $x$  adalah masukan ke node  $i$ ,  $A_i$  dan  $B_i$  adalah label linguistik (kecil, besar, dan sebagainya) yang sesuai dengan fungsi node ini atau yang biasa digolongkan oleh bentuk fungsi keanggotaan. Bentuk fungsi keanggotaan yang banyak digunakan adalah bentuk Bell (lonceng) dan Gaussian.

Fungsi keanggotaan bentuk Bell dinyatakan dengan persamaan (2.2) (Jang, 1993).

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{(x - c_i)}{a_i} \right]^{2b_i}} \quad (2.2)$$

Dimana ( $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ) merupakan parameter yang mengubah bentuk fungsi keanggotaan dengan maksimum sama dengan 1 dan minimum sama dengan 0.

- b. Lapisan 2: simpul non-adaptif (parameter tidak dapat diubah) yang mensintesisasikan pentransmision informasi dengan lapisan 1 dan perkalian semua sinyal yang masuk dan mengirim

produk keluar (Jang, 1993). Keluaran dari lapisan produk ini bertindak sebagai fungsi bobot dan dinyatakan dengan Persamaan (2.3).

$$O_{2,i} = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_{i-2}}(y) = w_i \text{ dimana } i = 1,2 \quad (2.3)$$

Banyaknya simpul pada lapisan ini menunjukkan banyaknya *rule base* yang dibentuk.

- c. Lapisan 3: Lapisan normalisasi yang berperan menormalisasi fungsi bobot yang didapat dari lapisan produk sebelumnya. Setiap node pada layer ini merupakan *fixed-node* yang dilabeli dengan N. Node ke-i dihitung dari perbandingan antara fungsi bobot ke-i dengan penjumlahan semua kaidah fungsi bobot (Jang, 1993). Keluaran normalisasi dihitung dengan Persamaan (2.4).

$$O_{3,i} = \overline{w_i} = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \text{ dimana } i = 1,2 \quad (2.4)$$

- d. Lapisan 4: lapisan defuzzifikasi yang nodenya bersifat adaptif. Node i pada layer ini menghitung besarnya pengaruh kaidah ke-i pada model keluaran. Keluaran defuzzifikasi dihitung dengan Persamaan (2.5).

$$O_{4,i} = \overline{w_i} f_i(p_i x + q_i y + r_i) \quad (2.5)$$

Dimana  $\overline{w_i}$  merupakan keluaran layer 3 dan  $(p_i, q_i, r_i)$  merupakan himpunan parameter (Jang, 1993).

- e. Layer 5: lapisan total keluaran. Node tunggal pada lapisan ini menghitung semua keluaran dengan menjumlahkan semua sinyal masukan menggunakan fungsi Persamaan (2.7) (Jang, 1993):

$$O_{5,i} = \sum_i \overline{w_i} f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum w_i} \quad (2.7)$$

Adapun kriteria penentuan tingkat kesalahan atau galat yang digunakan untuk menentukan performansi sistem menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati

0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut. Nilai error ini diperoleh dari akar perbandingan jumlah kuadrat dari selisih data aktual dan data prediksi dengan banyaknya data.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(X_i - Y_i)^2}{n}} \quad i = 1, 2, \text{ dst.} \quad (2.6)$$

dimana  $X_i$  adalah nilai aktual pada iterasi ke- $i$ ,  $Y_i$  adalah nilai ideal yang diinginkan, dan  $n$  adalah jumlah data.

#### 2.4 Sayur Kubis

Kubis atau kol merupakan salah satu sayuran daun yang populer. Kelompok ini dimanfaatkan daunnya sebagai bahan makanan. Daun kubis tersusun sangat rapat membentuk bulatan atau bulat pipih, yang disebut krop (kepala kubis). Tanaman kubis telah lama dibudidayakan sebagai tanaman sayuran dan merupakan sumber vitamin, mineral dan serat (130/93, 1993). Menurut Rukmana (1994), sistematika tanaman kubis putih berdasarkan klasifikasinya adalah sebagai berikut.

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisio	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisio	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Papavorales</i>
Famili	: <i>Cruciferae (Brassicaceae)</i>
Genus	: <i>Brassica</i>
Species	: <i>Brassica oleraceae</i> L. var. <i>capitata</i> L.



Gambar 2. 5 Sayur kubis (Nusantara, 2015)



Beberapa parameter cuaca sangat mempengaruhi kondisi kubis secara umum (Sinta, 2015). Misalnya curah hujan, kelembaban dan suhu udara. Kubis membutuhkan curah hujan yang cukup, suhu yang relatif sedang dan kelembaban yang cukup tinggi untuk menghasilkan krop yang baik. Oleh karena itu, kubis banyak ditanam di dataran tinggi. Hampir seluruh wilayah dataran tinggi di Indonesia dapat ditanami sayur kubis. Parameter cuaca seperti curah hujan secara signifikan mempengaruhi kelembaban dan suhu udara. Jika curah hujan naik, maka kelembaban akan naik dan suhu akan menurun sehingga secara serentak ketiga parameter cuaca tersebut mempengaruhi pertumbuhan kubis. Sedangkan parameter tekanan pengaruhnya cukup kecil pada perkembangan sayur kubis. Ketika curah hujan terlalu tinggi, kemungkinan terjadinya pembusukan pada krop kubis semakin besar. Namun apabila curah hujan dan kelembaban rendah, suhu udara terlalu tinggi maka krop kubis kemungkinan besar akan layu dan mati.

Cuaca yang tidak sesuai dengan kebutuhan kubis dapat menyebabkan turunnya produktivitas pertanian (Sinta, 2015). Keadaan iklim yang cocok untuk tanaman kubis adalah daerah yang relatif lembab dan dingin. Lingkungan yang kering atau tidak lembab dapat menghambat pertumbuhan kubis dan kelembaban yang terlalu tinggi akan memicu berbagai macam penyakit sehingga kemungkinan gagal panen akan semakin besar. Waktu tanam kubis yang paling baik adalah pada musim hujan atau awal musim kemarau. Meskipun demikian, kubis dapat ditanam sepanjang tahun. Kubis akan optimum bila ditanam pada tanah yang kaya unsur hara. Kubis juga memerlukan jumlah air yang pas, tidak boleh terlalu berlebih maupun kekurangan air.



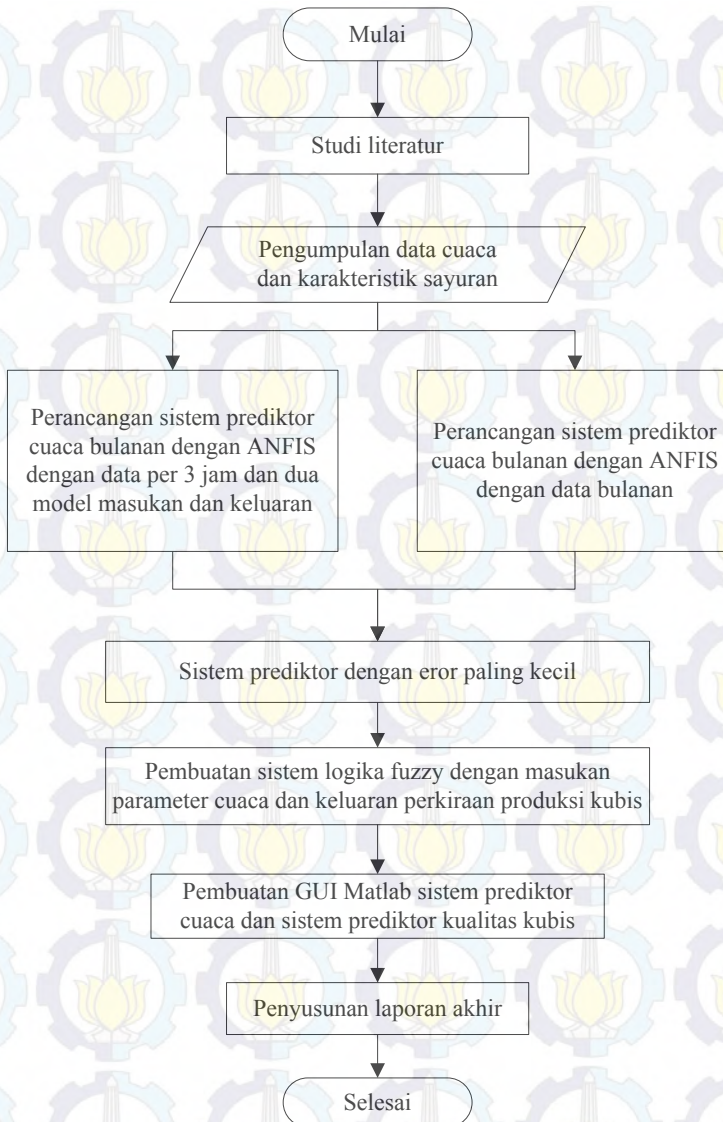
*Halaman ini memang dikosongkan*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Alur Penelitian

Bab ini akan membahas prosedur dan tahapan penelitian untuk merancang model prediktor cuaca darat dengan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) yang akan digunakan untuk memperkirakan kualitas hasil panen sayur kubis berdasarkan produktivitasnya di Kabupaten Malang. Adapun skema tahapan penelitian ditampilkan pada gambar 3.1. Alur penelitian diawali dengan studi literatur untuk mempelajari pembuatan prediktor cuaca dengan metode ANFIS menggunakan *software* Matlab R2009b, dan hubungan antara variabel cuaca darat dengan parameter kualitas sayur kubis (*Brassica oleracea var. capitata*).

Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, prediktor cuaca dibuat dengan *software* Matlab R2009b dengan metode ANFIS. Sistem prediktor cuaca dibuat dengan membuat dua model masukan (*masukan*) menggunakan dua jenis data dari masing-masing variabel. Kedua model tersebut yaitu model runtut waktu (*time series*) dimana semua variabel masukan dan keluaran merupakan satu variabel yang sama dan model variabel ganda (*multivariate*) dimana variabel masukan berbeda dengan variabel keluaran. Jenis data yang dimaksud yaitu data per 3 jam dan data bulanan, dimana data per 3 jam jumlahnya jauh lebih banyak dibandingkan data bulanan. Jika sistem prediktor yang telah dihasilkan tersebut sudah valid atau mempunyai galat yang kecil, maka tahap selanjutnya yaitu perancangan logika fuzzy untuk memprediksi tingkat produktivitas sayur kubis agar dapat menentukan kualitas panen sayur kubis. *Rule base* yang disusun pada sistem ini sesuai dengan keterangan yang diperoleh dari pakar dan literatur. Pembahasan data hasil simulasi dan validasi perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar galat dan performansi sistem tersebut. Alur penelitian ini ditutup dengan penyusunan laporan akhir untuk membukukan penelitian dari tahap awal sampai akhir.



Gambar 3. 1 Diagram alir tahapan penelitian

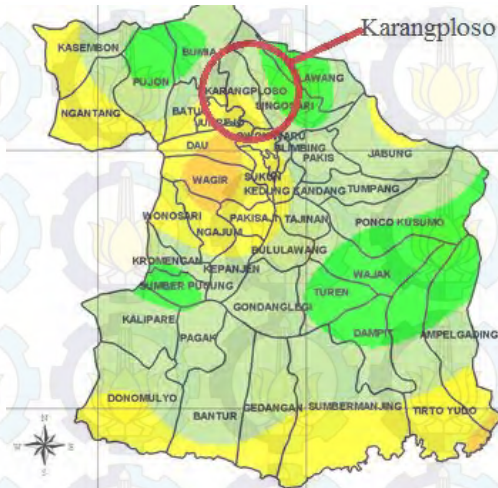
### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan antara lain tentang cuaca dan sistem prediktor cuaca, logika fuzzy, ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) dan karakteristik sayur kubis. Sumber literatur yang digunakan yakni buku, jurnal dan penelitian sebelumnya. Studi literatur tentang cuaca dan berbagai macam variabelnya bertujuan untuk mengetahui karakteristik cuaca. Beberapa variabel cuaca darat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain suhu udara, kelembaban dan curah hujan. Keempatnya merupakan variabel yang sangat penting dalam menentukan kondisi cuaca di suatu daerah.

Metode ANFIS merupakan pengembangan dari metode *Fuzzy Inference System* yang sudah banyak digunakan sebagai metode peramalan cuaca. Ricky Jaya (2011) telah merancang suatu prediktor cuaca maritim yang terdiri dari kecepatan arus laut dan tinggi gelombang laut dengan metode ANFIS ini (Sampurna, 2011). Pada tahun yang sama, Yusuf Santosa merancang suatu sistem diagnosa penyakit paru-paru dengan metode ANFIS, dan hasilnya menunjukkan performansi yang bagus (Santosa, 2012). Selain studi tentang beberapa teori di atas, dilakukan pula studi mengenai karakteristik sayur kubis (*Brassica oleracea var. capitata*). Studi tentang kubis dilakukan dengan dua macam cara, yaitu melalui literatur dan wawancara kepada pakar bidang pertanian sayuran.

### 3.3 Pengumpulan Data

Data cuaca yang digunakan adalah data tiap 3 jam selama 5 tahun yaitu tahun 2009 sampai dengan tahun 2013 yang melingkupi wilayah Kabupaten Malang. Data tersebut meliputi beberapa variabel yaitu suhu udara, kelembaban, dan curah hujan. Ketiga variabel ini selanjutnya akan digunakan sebagai masukan dan keluaran sistem prediktor cuaca. Wilayah Kabupaten Malang dipilih karena letaknya yang termasuk dataran tinggi sehingga banyak lahan pertanian terutama pertanian sayuran.



Gambar 3. 2 Peta Kabupaten Malang

Peta di atas menunjukkan wilayah Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. Kecamatan Karangploso merupakan salah satu daerah utama penghasil sayuran di Kabupaten Malang. Hal ini karena letaknya yang ada di dataran tinggi dengan suhu rendah dan kelembaban yang cukup tinggi. Berdasarkan studi literatur tentang sayuran menyebutkan bahwa jenis sayuran dengan produksi berlimpah di Kabupaten Malang yaitu kubis putih (*Brassica oleracea var. capitata*) sebanyak 506.744 kuintal pada tahun 2013 dengan luas lahan 2036 hektar (Statistik, 2014).

Data cuaca yang diperoleh akan dibagi menjadi dua bagian yaitu data *training* dan data validasi. Data yang digunakan sebagai data *training* adalah data tahun 2009 sampai dengan tahun 2012. Sedangkan data yang digunakan untuk data validasi yaitu data pada tahun 2013. Adapula data tentang produktivitas bulanan panen kubis di Kabupaten Malang pada tahun 2012-2014 yang akan dijadikan data tambahan. Data dan keterangan tentang karakteristik sayur kubis dilakukan dengan dua metode yaitu dengan pendalaman literatur dalam bentuk buku, jurnal penelitian dan publikasi pemerintah tentang pertanian, dan wawancara dengan ahli atau pakar dibidang pertanian sayuran.

### 3.4 ANFIS Editor GUI

Perancangan dilakukan menggunakan *software* Matlab R2009b. ANFIS *editor* GUI digunakan untuk memprediksi data yang akan mempermudah dalam proses pengolahan data. ANFIS *Toolbox* seperti gambar di bawah ini akan muncul dengan menuliskan ‘anfisedit’ pada *Command Window* Matlab.



Gambar 3. 3 ANFIS Editor GUI

Pada tampilan *toolbox* di atas, terlihat bahwa ANFIS *Editor* akan menampilkan data masukan maupun keluaran dalam bentuk grafik. Fasilitas ini dapat digunakan untuk fasilitas *training* data, *testing* data dan *checking* data. ANFIS *toolbox* menyediakan fasilitas pembangkit data otomatis dengan beberapa pilihan yaitu *substractive clustering*, *grid partition*, dan model FIS yang dibuat sendiri. Metode *grid partition* membutuhkan penentuan banyaknya fungsi keanggotaan dimana masing-masing variabel menjadi tiga fungsi keanggotaan. Metode ini secara otomatis akan membagi data menjadi 3 cluster yang sama besar. Sedangkan tipe kurva fungsi keanggotaan (*membership function*) yang ditentukan berupa *gaussmf* dan tipe fungsi keanggotaan dari keluaran yaitu *constant*.

Fasilitas proses pembelajaran ANFIS yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *hybrid*. Metode *hybrid* ini merupakan gabungan antara algoritma *backpropagation* dan *Recursive Least Square Error* (RLSE). Disamping itu, kita juga dapat menentukan toleransi galat yang harus dipatuhi sistem dan jumlah iterasi selama proses *training*. Membandingkan antara data masukan dan data keluaran, kita dapat melakukan uji (*test*) dengan plot data pada kurva.

### 3.5 Pengolahan Data

Pada penelitian ini, secara garis besar, sistem prediktor cuaca bulanan dibuat untuk memprediksi produksi sayur kubis satu bulan kedepan. Berdasarkan datanya, sistem prediksi cuaca dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem prediktor dengan data per 3 jam dan sistem prediktor dengan data bulanan. Kedua sistem prediktor tersebut masing-masing menggunakan metode ANFIS dengan dua model masukan dan keluaran, yaitu model *time series* dimana semua variabel masukan dan keluaran merupakan variabel yang sama dan model *multivariate* (multi variabel) dengan variabel masukan berbeda dengan variabel keluaran.

Model ANFIS *time series*, misalnya untuk memprediksi kelembaban, masukan yang digunakan adalah data kelembaban sekarang dan kelembaban satu bulan lalu, sedangkan keluarannya adalah data kelembaban satu bulan kedepan. Model ANFIS variabel ganda, jenis variabel data masukan berbeda dengan jenis variabel keluarannya, misalnya untuk memprediksi suhu satu bulan yang akan datang, masukan yang digunakan yaitu data suhu sekarang dan kelembaban sekarang.

Ada beberapa kombinasi masukan-keluaran yang dibentuk untuk mendapatkan performansi prediktor yang paling baik. Berikut ini susunan masukan-keluaran yang akan dibuat sebagai prediktor parameter cuaca darat untuk aplikasi pertanian sayuran.



Tabel 3. 1 Prediktor ANFIS data per 3 jam *time series*

<b>Masukan 1</b>	<b>Masukan 2</b>	<b>Hasil prediksi</b>
Suhu sekarang (t)	Suhu 1 bulan lalu (t-1)	Suhu 1 bulan kedepan (t+1)
Kelembaban sekarang (t)	Kelembaban 1 bulan lalu (t-1)	Kelembaban 1 bulan kedepan (t+1)
Curah hujan sekarang (t)	Curah hujan 1 bulan lalu (t-1)	Curah hujan 1 bulan kedepan (t+1)

Tabel 3. 2 Prediktor ANFIS data per 3 jam multi variabel

<b>Masukan 1</b>	<b>Masukan 2</b>	<b>Hasil prediksi</b>
Suhu sekarang (t)	Kelembaban sekarang (t)	Suhu 1 bulan kedepan (t+1)
Kelembaban sekarang (t)	Suhu sekarang (t)	Kelembaban 1 bulan kedepan (t+1)
Kelembaban sekarang (t)	Curah hujan sekarang (t)	Curah hujan 3 jam kedepan (t+1)

Tabel 3. 3 Prediktor ANFIS data bulanan *time series*

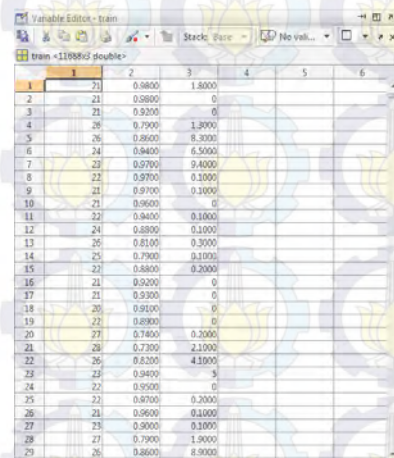
<b>Masukan1</b>	<b>Masukan2</b>	<b>Keluaran</b>
Kelembaban bulan ini (t)	Kelembaban satu bulan lalu (t-1)	Kelembaban bulan depan (t+1)
Suhu bulan ini (t)	Suhu satu bulan lalu (t-1)	Suhu bulan depan (t+1)
Curah hujan bulan ini (t)	Curah hujan satu bulan lalu (t-1)	Curah hujan bulan depan (t+1)

Tabel 3. 4 Prediktor ANFIS bulanan multivariabel

<b>Masukan 1</b>	<b>Masukan 2</b>	<b>Hasil prediksi</b>
Suhu bulan ini (t)	Kelembaban bulan ini (t)	Suhu bulan depan (t+1)
Kelembaban bulan ini (t)	Suhu bulan ini (t)	Kelembaban bulan depan (t+1)
Kelembaban bulan ini (t)	Curah hujan bulan ini (t)	Curah hujan bulan depan (t+1)

### 3.6 Perancangan Model ANFIS

Pembuatan prediktor dengan ANFIS diawali dengan *download* data ke *workspace* Matlab untuk memudahkan proses prediksi. Letak data dalam kolom menentukan peran variabel data tersebut. Data yang terletak pada kolom sebelah kiri adalah masukan. Sedangkan data yang terletak pada satu kolom yang paling kanan adalah keluaran. Pada metode ANFIS, keluaran yang diperbolehkan hanya satu variabel, namun data masukannya bisa lebih dari satu variabel.

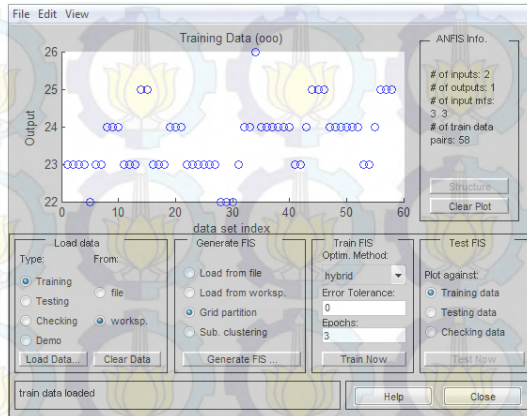


	1	2	3	4	5	6
1	21	0.8800	1.8000			
2	21	0.8800	0			
3	21	0.9200	0			
4	28	0.7900	1.8000			
5	26	0.8600	8.3000			
6	24	0.8400	6.5000			
7	23	0.9700	9.4000			
8	22	0.9700	0.1000			
9	21	0.9700	0.1000			
10	21	0.9600	0			
11	22	0.8400	0.1000			
12	24	0.8800	0.1000			
13	26	0.8100	0.3000			
14	26	0.7900	0.1700			
15	27	0.8800	0.2000			
16	21	0.9200	0			
17	21	0.9300	0			
18	20	0.9100	0			
19	22	0.8300	0			
20	27	0.7400	0.2000			
21	28	0.7300	2.1000			
22	26	0.8200	4.1000			
23	23	0.8400	3			
24	22	0.9200	0			
25	22	0.8700	0.2000			
26	21	0.9600	0.1000			
27	23	0.9000	0.1000			
28	27	0.7900	1.9000			
29	26	0.8600	8.9000			

Gambar 3. 4 Contoh *workspace* Matlab

Tabel *workspace* tersebut juga dapat dibuat secara manual dengan memasukkan satu per satu data pada tabel. Berbeda dengan tabel Ms. Excel, tabel pada *workspace* hanya menerima data berupa angka dan tidak menerima data yang berupa huruf atau 'string'. Prediksi dengan ANFIS juga hanya dapat dilakukan jika jumlah data masing-masing variabel sama.

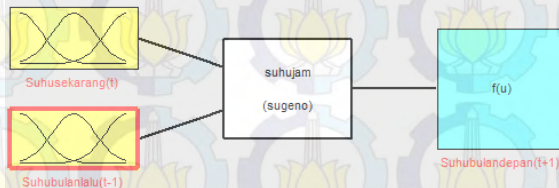
Selanjutnya, pada ANFIS Editor GUI, dilakukan *load data* yang sudah ada pada *workspace* Matlab dengan terlebih dulu memilih 'training' sebagai proses pengolahan data.



Gambar 3. 5 Hasil load data training pada ANFIS Editor GUI

Langkah selanjutnya dengan membangkitkan data dan memilih ‘*grid partition*’ untuk menentukan jumlah fungsi keanggotaan beserta tipe kurva yang dipilih. Semua variabel masukan dalam sistem prediktor cuaca ini membagi fungsi keanggotaan sebanyak 3 buah dan jenis kurva Gaussian. Pemilihan fungsi Gaussian karena fungsinya yang kontinu dan sifat variabel cuaca yang juga kontinu (Putra, 2014). Sedangkan teknik optimasi yang dipilih yaitu *hybrid*, karena merupakan teknik optimasi gabungan antara teknik *recursive least square error* (RLSE) dan *backpropagation* (Sampurna, 2011).

Hasil arsitektur logika fuzzy masing-masing sistem prediktor cuaca digambarkan pada lembar lampiran.



Gambar 3. 6 Arsitektur sistem prediktor cuaca dengan ANFIS

Adapun basis aturan ANFIS untuk masing-masing sistem prediktor cuaca berjumlah 9 dan pembagian kelas keluaran sistem juga berjumlah 9 parameter sesuai dengan jumlah basis aturannya. Sedangkan tipe keluaran yang digunakan yaitu *constant*. Penentuan besarnya masing-masing parameter pada keluaran sistem diperoleh secara otomatis dengan metode ANFIS.

R(1) : If (suhusekarang(t) is rendah) and (suhubulanlalu(t-1) is rendah) then (suhubulandepan(t+1) is out1mf1)

R(2) : If (suhusekarang(t) is rendah) and (suhubulanlalu(t-1) is sedang) then (suhubulandepan(t+1) is out1mf2)

.

.

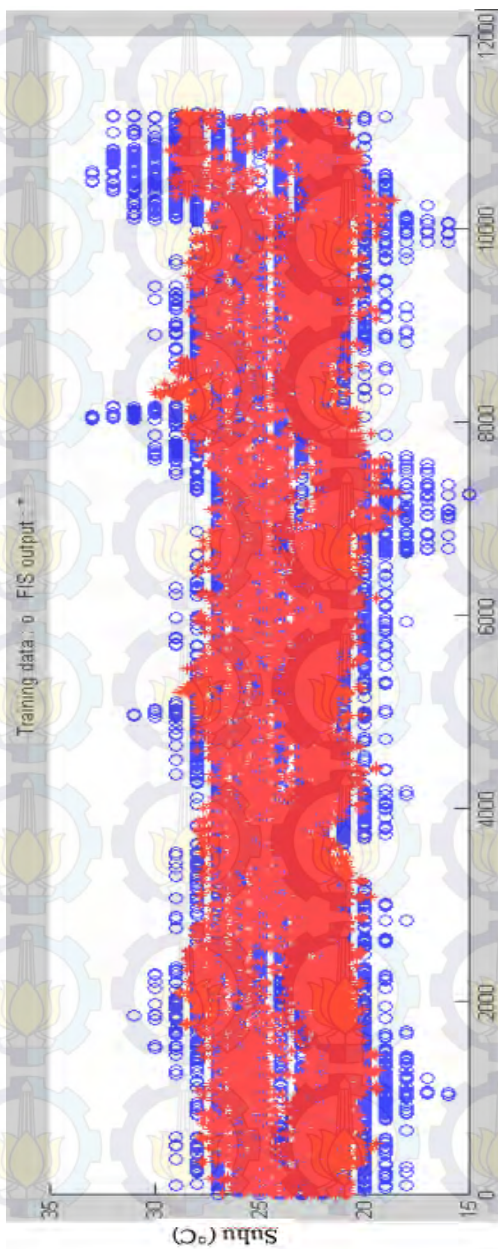
.

R(9) : If (suhusekarang(t) is tinggi) and (suhubulanlalu(t-1) is tinggi) then (suhubulandepan(t+1) is out1mf9).

### 3.6.1 Prediktor Suhu Bulanan dengan Data Per 3 Jam

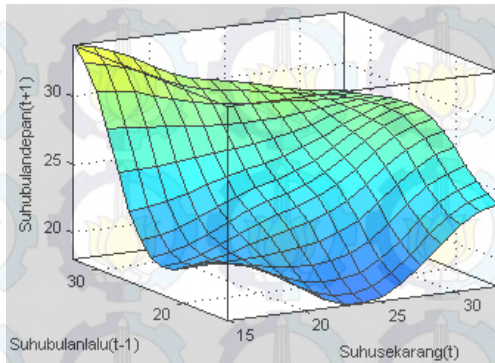
Ada dua macam prediktor suhu bulanan, yaitu sistem prediktor suhu dengan model ANFIS masukan *time series* dan sistem prediktor suhu dengan model ANFIS masukan multi variabel. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan model dengan performansi terbaik.

Prediktor suhu model ANFIS *time series* dengan masukan suhu sekarang (t) dan suhu satu bulan lalu (t-1), dan keluaran variabel suhu satu bulan yang akan datang menghasilkan gambar grafik keluaran pada ANFIS *toolbox* ada pada Gambar 3.7. Gambar tersebut diperoleh setelah melakukan *training* pada data masukan dan keluaran yang sudah diplot dalam ANFIS *Editor* GUI. Setelah 30 iterasi dan menghasilkan eror, maka plot data ANFIS sesuai Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Hasil model ANFIS *time series* suhu bulanan data per 3 jam

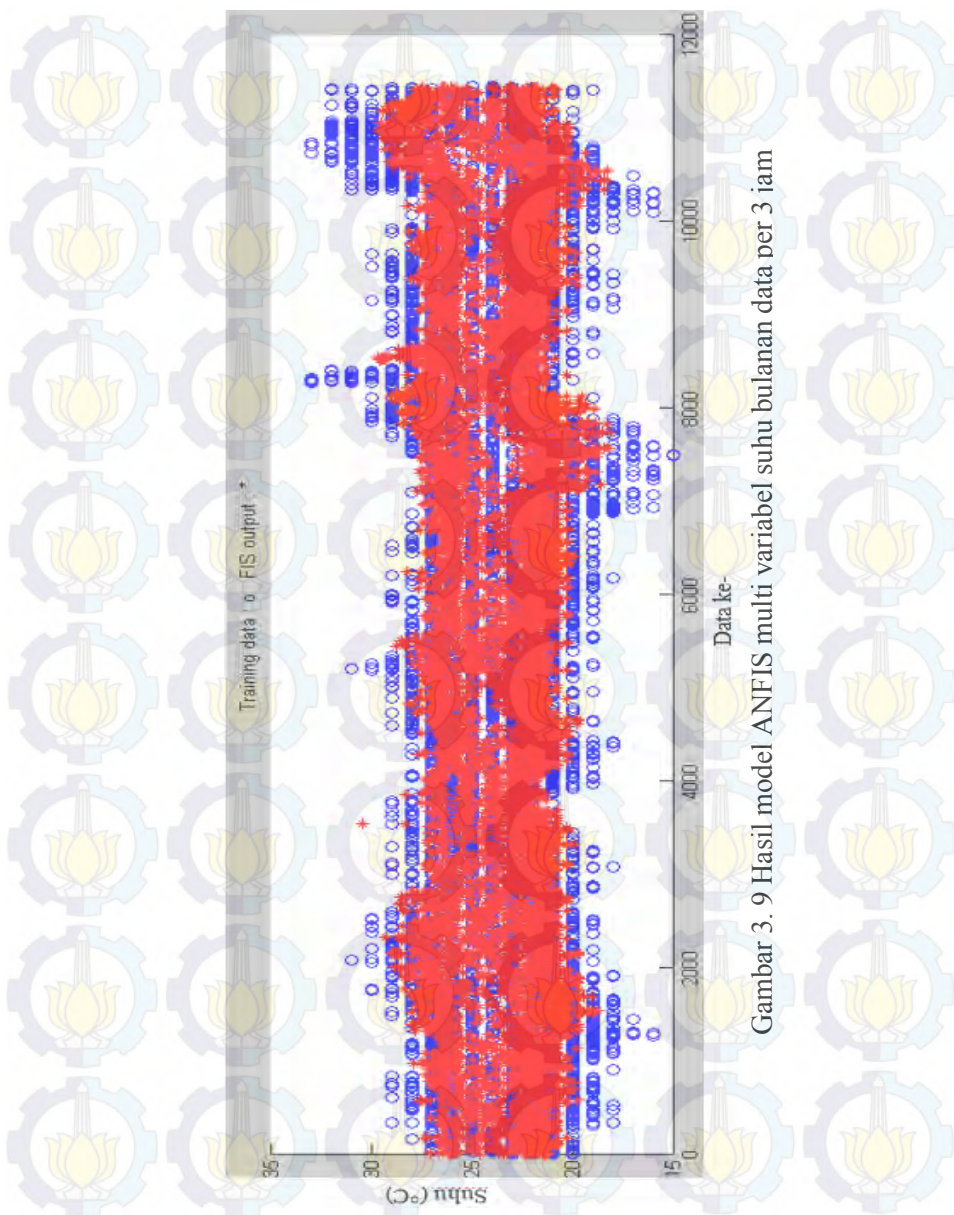
Titik bulat berwarna biru merupakan data suhu aktual, sedangkan titik bintang berwarna merah merupakan data suhu hasil prediksi. Semakin banyaknya titik merah yang berhimpit dengan titik biru, maka sistem prediktor semakin baik. Gambar 3.7 menunjukkan selisih yang cukup besar antara data suhu aktual dan data suhu hasil prediksi. Bentuk kurva *surface* tiga dimensi antara masukan1, masukan2 dan keluaran dari sistem prediktor suhu *time series* sesuai Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 *Surface* model ANFIS *time series* suhu bulanan data per 3 jam

Gambar 3.8 menunjukkan hubungan suhu bulan ini ( $t$ ) dan suhu bulan lalu ( $t-1$ ) sebagai masukan dengan besar suhu antara  $15^{\circ}\text{C}$  sampai  $33^{\circ}\text{C}$  menghasilkan suhu hasil prediksi antara  $18^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $32^{\circ}\text{C}$ . Semakin lembut bentuk permukaan kurva menunjukkan bahwa sistem prediktor semakin bagus.

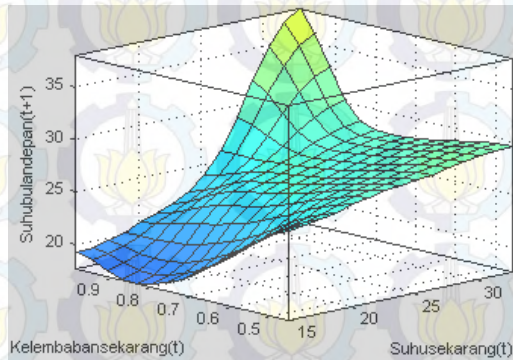
Sedangkan model prediktor suhu ANFIS multi variabel digunakan masukan suhu sekarang ( $t$ ) dan kelembaban sekarang ( $t$ ) untuk memprediksi satu bulan kedepan ( $t+1$ ) dengan data suhu per 3 jam. Prediktor tersebut menghasilkan grafik *training* pada ANFIS *toolbox* sesuai Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Hasil model ANFIS multi variabel suhu bulanan data per 3 iam

Gambar 3.9 memperlihatkan titik bulat berwarna biru sebagai data suhu aktual dan titik berwarna merah merupakan persebaran data suhu hasil prediksi. Secara sekilas, sulit untuk mengetahui kurva yang lebih antara Gambar 3.7 dan Gambar 3.8. Namun, hal ini dapat diketahui dengan melihat galat masing-masing sistem prediktor.

Bentuk kurva *surface* tiga dimensi antara masukan1 yaitu suhu sekarang ( $t$ ), masukan2 yaitu kelembaban sekarang ( $t$ ), dan keluaran yaitu suhu bulan depan ( $t+1$ ) dari sistem prediktor suhu multi variabel di atas sesuai Gambar 3.10.



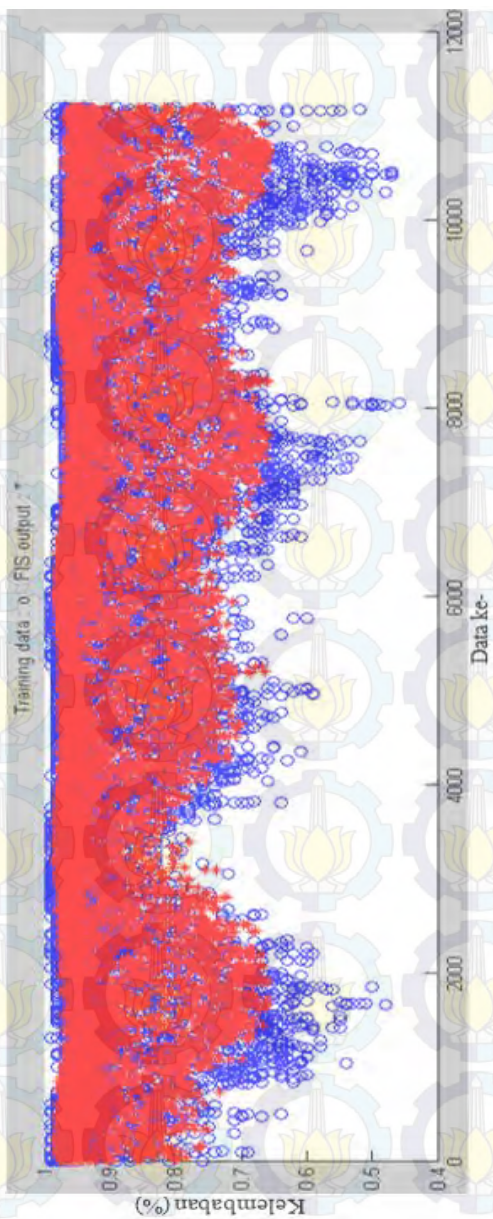
Gambar 3. 10 *Surface* model ANFIS multi variabel suhu per 3 jam

Pada permukaan kurva Gambar 3.10, jika warna semakin biru, maka nilai suhu semakin rendah, namun jika warnanya semakin kuning berarti nilai suhu semakin tinggi. Permukaan kurva yang berwarna biru muda menunjukkan nilai suhu yang tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah yakni sekitar  $25^{\circ}\text{C}$  sampai  $18^{\circ}\text{C}$ .

### 3.6.2 Prediktor Kelembaban Bulanan dengan Data Per 3 Jam

Prediktor kelembaban model *time series* dimana variabel masukan yaitu kelembaban sekarang ( $t$ ) dan kelembaban bulan lalu ( $t-1$ ) dan variabel keluarannya yaitu kelembaban satu bulan yang akan datang ( $t+1$ ).

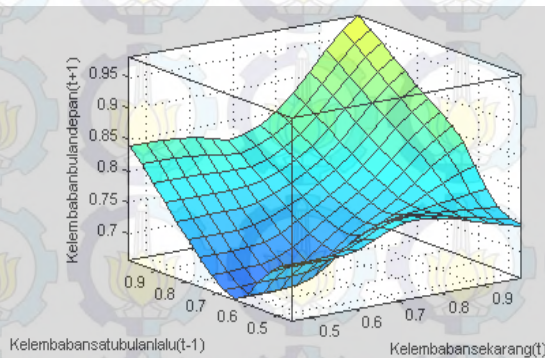




Gambar 3. 11 Hasil model ANFIS time series kelembaban bulanan data per 3 jam

Gambar 3.11 menunjukkan persebaran data kelembaban aktual (titik berwarna biru) dan data kelembaban hasil prediksi (titik berwarna merah). Galat sistem prediktor kelembaban *time series* ini cukup kecil yaitu 6%.

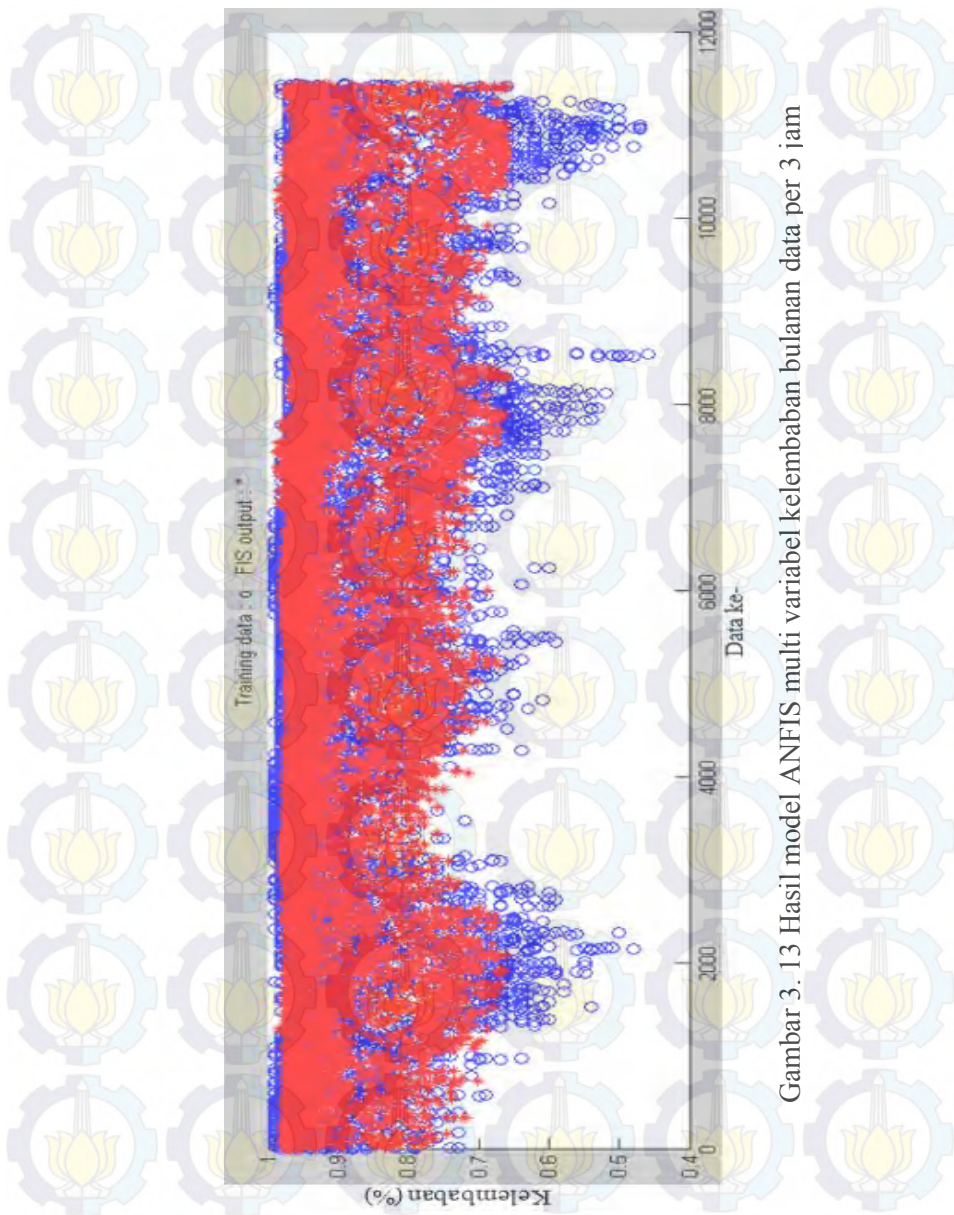
Sedangkan grafik *surface* yang menggambarkan hubungan masukan dan keluaran secara tiga dimensi untuk prediktor kelembaban sesuai Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 *Surface* model ANFIS *time series* kelembaban bulanan data per 3 jam

Kurva pada Gambar 3.12 menunjukkan bahwa data kelembaban hasil prediksi mempunyai *range* antara nilai 83% sampai dengan 99%. Warna permukaan kurva yang semakin biru menunjukkan nilai kelembaban yang semakin rendah, sedangkan warna permukaan kurva yang semakin kuning menunjukkan nilai kelembaban yang semakin tinggi.

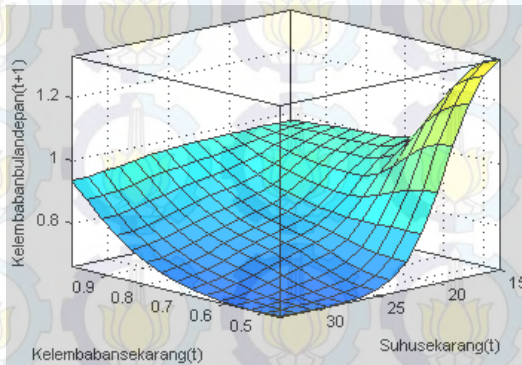
Model prediktor ANFIS multi variabel untuk kelembaban dibuat dengan dua variabel masukan yang berbeda, yaitu kelembaban sekarang ( $t$ ) dan suhu sekarang ( $t$ ) untuk memprediksi kelembaban satu bulan yang akan datang ( $t+1$ ). Berikut grafik perbandingan data *training* aktual dan data *training* prediktor.



Gambar 3. 13 Hasil model ANFIS multi variabel kelembaban bulanan data per 3 jam

Titik berbentuk bulat dan berwarna biru di atas menunjukkan data kelembaban aktual, sedangkan titik berbentuk bintang dan berwarna merah menunjukkan data kelembaban hasil prediksi. Galat yang dihasilkan pada sistem prediktor kelembaban dengan model masukan multi variabel ini lebih buruk dibandingkan sistem prediktor kelembaban yang telah dibuat sebelumnya.

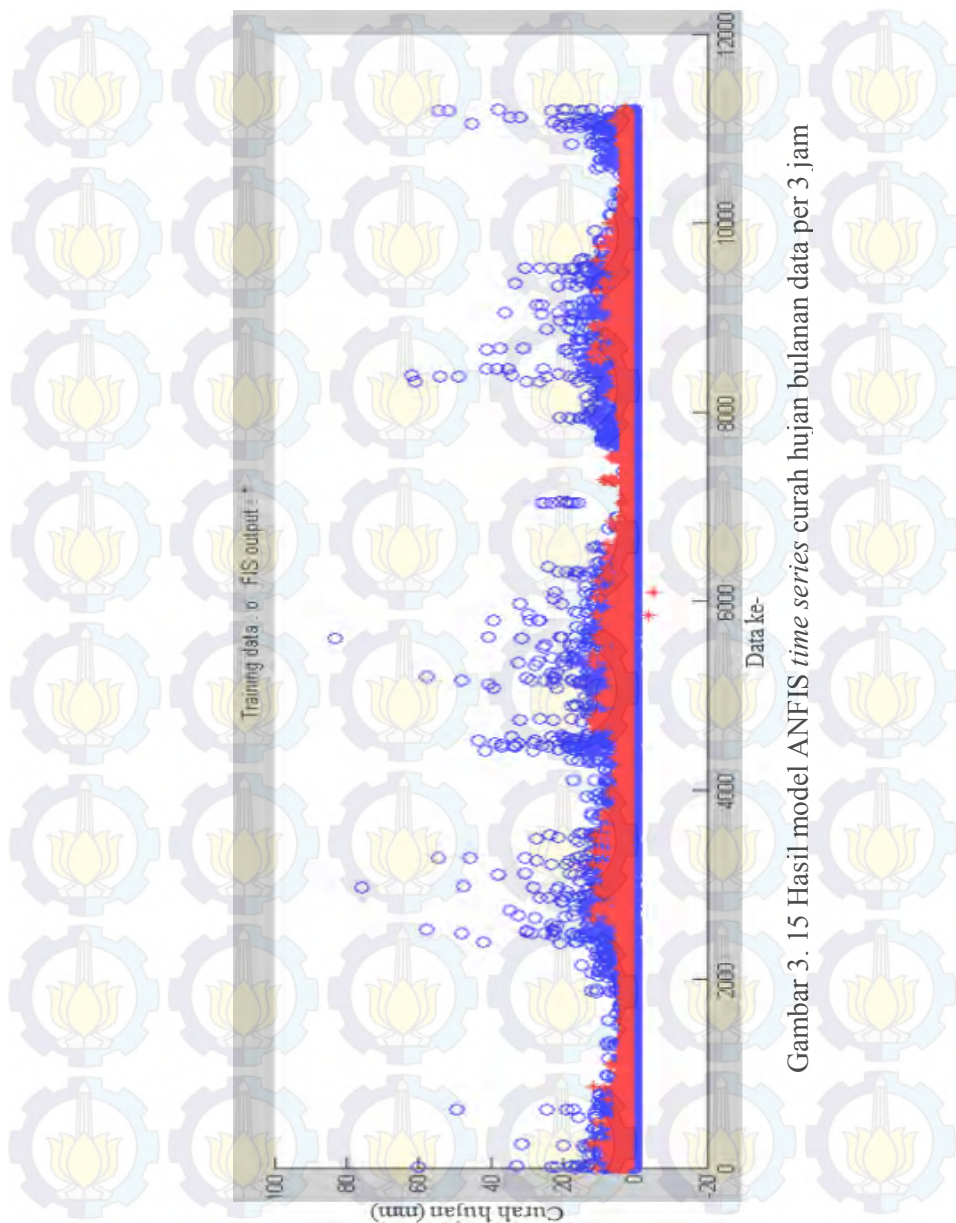
Kurva yang menunjukkan hubungan masukan1 yaitu kelembaban sekarang ( $t$ ), masukan2 yaitu kelembaban bulan lalu ( $t-1$ ) dan keluaran yaitu kelembaban bulan depan ( $t+1$ ) sesuai Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 *Surface* model ANFIS multi variabel kelembaban bulanan data per 3 jam

### 3.6.3 Prediktor Curah Hujan Bulanan dengan Data Per 3 Jam

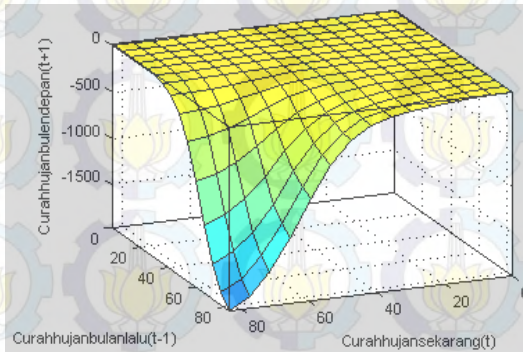
Curah hujan merupakan variabel dengan jumlah data ekstrem yang sangat banyak. Meskipun demikian, prediktor yang dibuat untuk memprediksi curah hujan sama dengan prediktor yang lain, yaitu dua model yang terdiri dari model *time series* dan multi variabel. Model *time series* dengan masukan curah hujan sekarang ( $t$ ) dan curah hujan bulan lalu ( $t-1$ ) dan keluaran curah hujan satu bulan yang akan datang ( $t+1$ ) menghasilkan grafik pada ANFIS *Editor* GUI sesuai Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Hasil model ANFIS *time series* curah hujan bulanan data per 3 jam

Grafik pada Gambar 3.15 di atas menggambarkan titik berwarna biru yang merupakan data curah hujan aktual per 3 jam dan titik berwarna merah merupakan data curah hujan hasil prediksi per 3 jam. Hasil prediksi di atas juga menunjukkan banyaknya data hasil prediksi yang jauh menyimpang dari data curah hujan aktual. Hal ini menyebabkan galat sistem yang cukup besar, yaitu sebesar 4.9 mm.

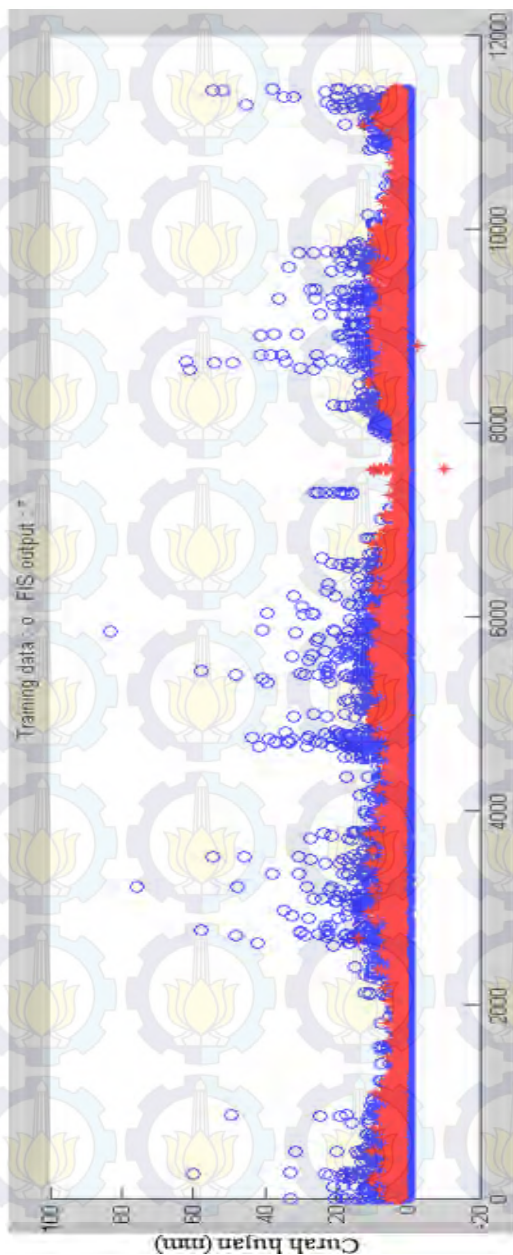
Hasil model prediksi *time series* dari curah hujan juga menghasilkan satu bentuk kurva *surface* tiga dimensi yang merepresentasikan hubungan antara masukan1, masukan2 dan keluaran sesuai Gambar 3.16.



Gambar 3. 16 *Surface* model ANFIS *time series* curah hujan bulanan data per 3 jam

Kurva pada Gambar 3.16 menunjukkan *surface* yang dihasilkan sistem prediktor curah hujan dengan data per 3 jam model masukan *time series* kurang bagus. Hal ini dapat diketahui dari besarnya galat yaitu 4.9 mm dan mayoritas permukaan *surface* berwarna kuning.

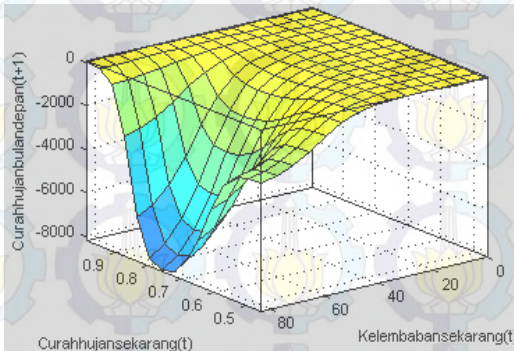
Pembuatan model prediktor curah hujan dengan metode ANFIS multi variabel dilakukan dengan variabel curah hujan sekarang (t) dan kelembaban sekarang (t) sebagai masukan dan curah hujan satu bulan akan datang (t+1) sebagai keluaran sistem. Sistem ini menghasilkan kurva *training* ANFIS sesuai Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Hasil model ANFIS multi variabel curah hujan bulanan data per 3 jam

Gambar 3.17 menunjukkan sistem prediktor curah hujan yang dihasilkan juga kurang bagus, karena besarnya selisih antara data curah hujan aktual dan data curah hujan hasil prediksi.

Hasil model prediksi curah hujan multi variabel menghasilkan satu bentuk kurva *surface* tiga dimensi yang merepresentasikan hubungan antara masukan1, masukan2 dan keluaran sesuai Gambar 3.18.



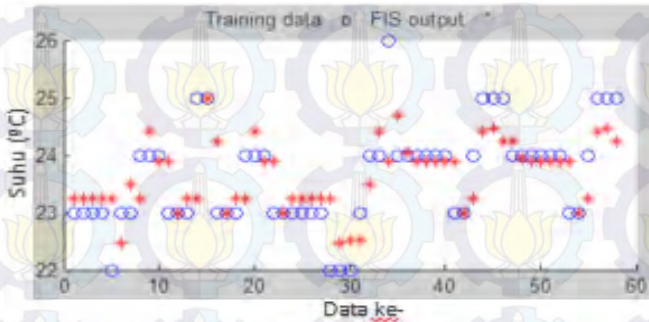
Gambar 3. 18 *Surface* model ANFIS multi variabel curah hujan bulanan data per 3 jam

Jika dilihat dengan seksama, bentuk kurva *surface* di atas hampir sama dengan bentuk kurva *surface* sistem prediktor curah hujan *time series*. Hal ini dapat terlihat dari warna dominan kurva *surface* yang berwarna kuning. Sistem prediktor ini mempunyai galat sistem sebesar 4.7 mm.

### 3.6.4 Prediktor Suhu Bulanan dengan Data Bulanan

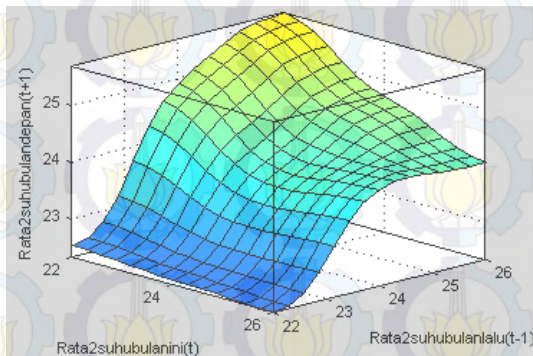
Ada dua macam prediktor suhu bulanan dengan data bulanan, yaitu prediktor suhu dengan model masukan ANFIS *time series* dan prediktor suhu dengan model masukan ANFIS multi variabel. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan model dengan performansi terbaik. Sistem prediksi suhu bulanan dengan metode ANFIS yang terdiri dari 60 data menghasilkan keluaran pada ANFIS *Editor* GUI sesuai Gambar 3.19.





Gambar 3. 19 Hasil model ANFIS suhu bulanan *time series* data bulanan

Titik berwarna biru dan berbentuk bulat menggambarkan letak data aktual dan titik data berwarna merah menggambarkan letak data hasil prediksi sistem. Sistem prediktor suhu bulanan dengan model masukan *time series* ini mempunyai galat sebesar  $0.58^{\circ}\text{C}$ . Selain itu, bentuk grafik 3 dimensi yang menggambarkan hubungan masukan1, masukan2 dan keluaran sesuai Gambar 3.20.

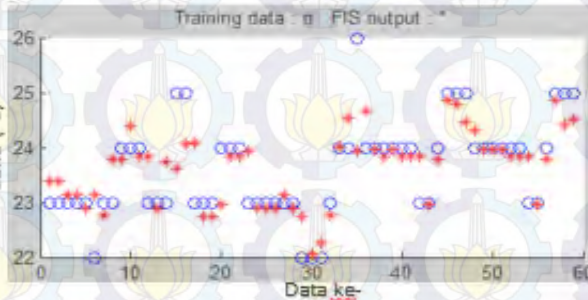


Gambar 3. 20 *Surface* model ANFIS suhu bulanan *time series* data bulanan

Kurva pada Gambar 3.20 di atas menunjukkan suhu paling rendah pada  $22^{\circ}\text{C}$  dan suhu paling tinggi pada  $26^{\circ}\text{C}$ . dengan galat

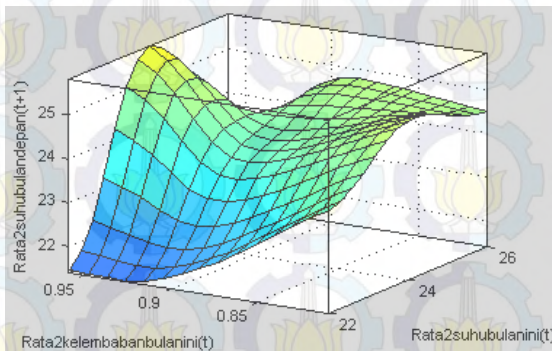
yang cukup kecil, sistem prediktor suhu ini lebih baik dibandingkan sistem prediksi suhu model lainnya.

Sedangkan model prediktor suhu ANFIS dengan masukan multi variabel, masukan yang digunakan yaitu suhu rata-rata bulan ini ( $t$ ) dan kelembaban rata-rata bulan ini ( $t$ ) untuk memprediksi rata-rata suhu bulan depan ( $t+1$ ). Prediktor tersebut menghasilkan grafik *training* pada ANFIS *toolbox* seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3. 21 Hasil model ANFIS suhu bulanan multi variabel data bulanan

Gambar 3.21 menunjukkan banyaknya nilai suhu hasil prediksi yang berhimpit dengan suhu aktual. Meskipun terdapat beberapa titik data hasil prediksi yang jauh dari data aktualnya.

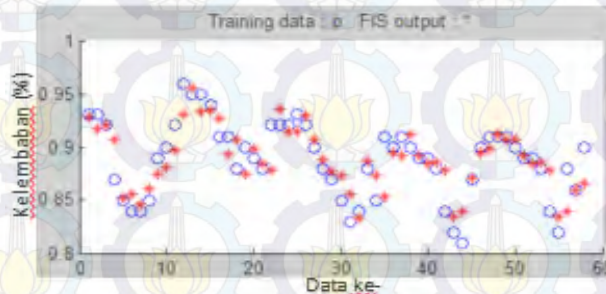


Gambar 3. 22 *Surface* model ANFIS suhu bulanan multi variabel data bulanan

Kurva surface yang dihasilkan dari sistem ini mempunyai bentuk permukaan yang cukup baik. Gambar 3.22 menunjukkan pengaruh variabel kelembaban terhadap sistem prediktor suhu. Jika dibandingkan dengan Gambar 3.20, maka Gambar 3.22 lebih baik karena mempunyai bentuk permukaan yang lebih *smooth* dengan adanya variabel kelembaban. Sistem prediktor suhu jenis ini mempunyai nilai galat sebesar  $1.0^{\circ}\text{C}$ .

### 3.6.5 Prediktor Kelembaban Bulanan dengan Data Bulanan

Sistem prediktor kelembaban bulanan memprediksi rata-rata kelembaban yang akan terjadi pada bulan depan. Sistem prediktor kelembaban bulanan dengan metode ANFIS terdiri dari sistem prediktor kelembaban dengan model masukan *time series* dan sistem prediktor kelembaban dengan model masukan multi variabel yang menghasilkan gambar perbandingan data aktual dan data prediksi sesuai Gambar 3.23.

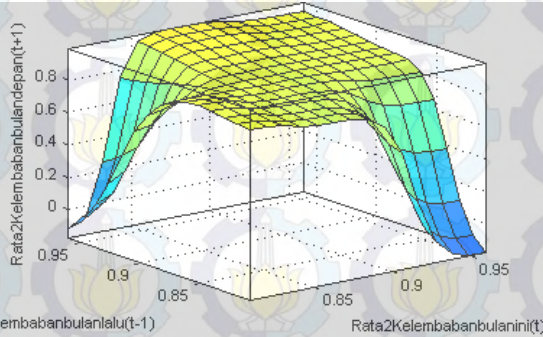


Gambar 3. 23 Hasil model ANFIS kelembaban *time series* bulanan

Gambar 3.23 di atas menggambarkan persebaran data kelembaban bulanan aktual yaitu titik berwarna biru dan persebaran data kelembaban bulanan hasil prediksi yaitu titik berwarna merah. Banyaknya data aktual yang berhimpit dengan data hasil prediksi mengindikasikan nilai galat yang cukup kecil.

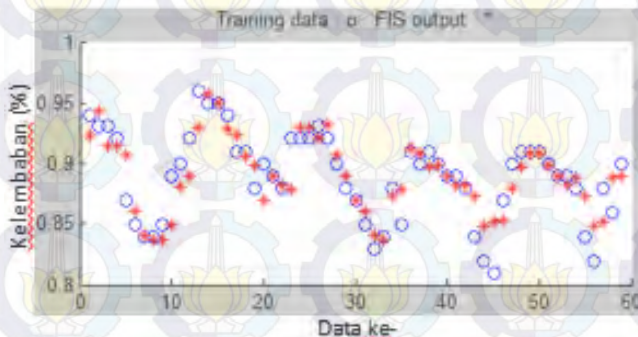
Gambar 3.23 di atas menunjukkan rapatnya data kelembaban aktual (biru) dan data kelembaban hasil prediksi (merah). Galat

sistem ini sebesar 1.6%. Nilai galat yang sangat kecil menjadikan sistem ini mempunyai tingkat akurasi yang baik.



Gambar 3. 24 *Surface* model ANFIS kelembaban bulanan *time series* data bulanan

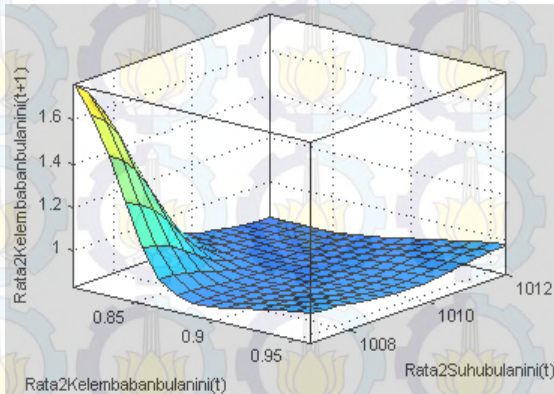
Sedangkan untuk sistem prediktor kelembaban bulanan multi variabel, sebagai masukannya yaitu rata-rata kelembaban bulan ini ( $t$ ) dan rata-rata suhu bulan ini ( $t$ ) dan keluarannya yaitu rata-rata kelembaban bulan depan ( $t+1$ ).



Gambar 3. 25 Hasil model ANFIS kelembaban bulanan multivariabel data bulanan

Jika diperhatikan, maka dapat dilihat jika sistem prediktor kelembaban data bulanan dengan masukan model *time series* yang

direpresentasikan pada Gambar 3.23 mempunyai galat yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem prediktor kelembaban data bulanan dengan model masukan multi variabel yang direpresentasikan oleh Gambar 3.25.

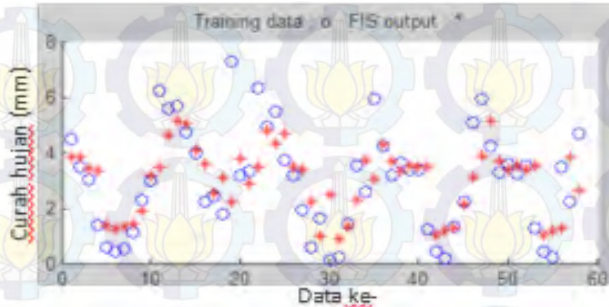


Gambar 3. 26 *Surface* model ANFIS kelembaban bulanan multi variabel data bulanan

Sistem prediktor ini juga mempunyai nilai galat yang hampir sama dengan sistem prediktor kelembaban bulanan sebelumnya, yaitu 1.8%. Maka sistem prediktor kelembaban bulanan multivariabel dan time series dapat dikatakan baik.

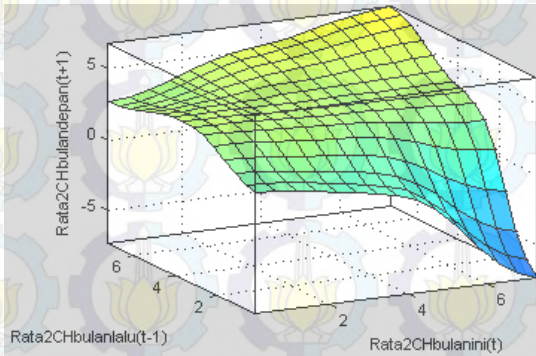
### 3.6.6 Prediktor Curah Hujan Bulanan dengan Data Bulanan

Sistem prediktor curah hujan bulanan merupakan sistem prediktor curah hujan dengan menggunakan data curah hujan rata-rata bulanan. Data yang digunakan berjumlah 60 data yang menghasilkan keluaran ANFIS *toolbox* sesuai Gambar 3.26.



Gambar 3. 27 Hasil model ANFIS curah hujan *time series* bulanan

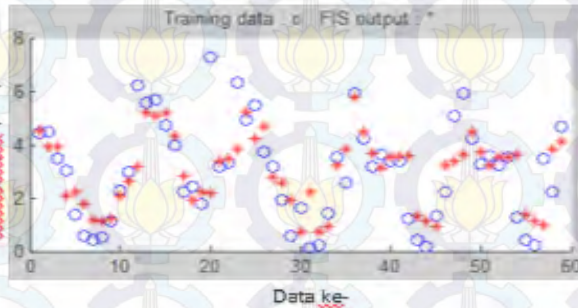
Gambar 3.27 menunjukkan ada cukup banyak titik data curah hujan hasil prediksi yang berada jauh dari data curah hujan aktualnya.



Gambar 3. 28 *Surface* model ANFIS curah hujan bulanan *time series* data bulanan

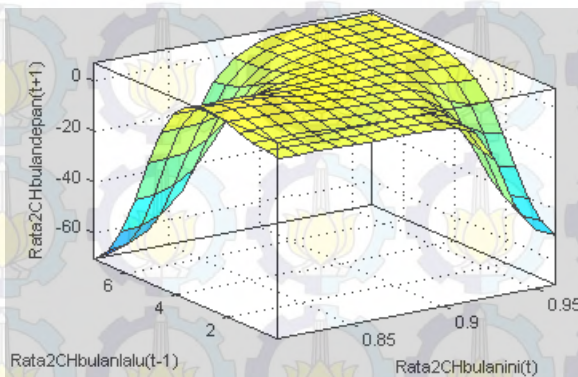
Hasil sistem prediksi ini menunjukkan data yang menyimpang agak jauh dari data aslinya. Ini terjadi karena nilai curah hujan ekstrem dari data per 3 jam yang mempengaruhi sistem bulanan. Nilai galat sistem ini sebesar 1.39 mm.

Sistem prediktor curah hujan bulanan dengan jenis variabel masukan berbeda, yaitu rata-rata curah hujan dan kelembaban bulan ini direpresentasikan pada Gambar 3.29.



Gambar 3. 29 Hasil model ANFIS curah hujan bulanan multi variabel data bulanan

Hasil sistem prediktor curah hujan pada Gambar 3.29 hampir sama dengan hasil sistem prediktor curah hujan pada Gambar 3.27. Titik biru menunjukkan data curah hujan aktual dan titik merah menunjukkan data curah hujan hasil prediksi ANFIS.



Gambar 3. 30 *Surface* model ANFIS curah hujan bulanan multi variabel data bulanan

Galat sistem jenis ini lebih kecil dibandingkan dengan galat sistem sebelumnya, yaitu sebesar 1.26 mm. Sehingga sistem prediktor curah hujan dengan data bulanan juga lebih baik

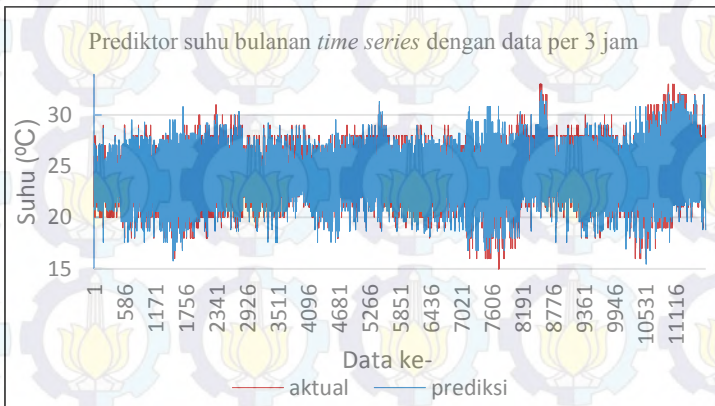
dibandingkan sistem prediktor curah hujan bulanan dengan data per 3 jam.

### 3.7 Validasi Prediktor ANFIS

Validasi prediktor yaitu membandingkan data awal (aktual) dengan data hasil prediksi. Untuk memperoleh data hasil prediksi, masukkan *source code* berikut dalam *command window* Matlab.

```
hasilramalan=evalfis(datamasukan,fismat);
```

Kemudian secara otomatis, data hasil prediksi akan ditampilkan dalam bentuk kolom pada *workspace*. Selanjutnya data tersebut akan dibandingkan dengan data aktual sehingga diperoleh kurva perbandingannya seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. 31 Contoh grafik validasi

Perbandingan di atas dapat memberikan informasi tentang performansi dari sistem prediktor dengan menghitung nilai galat prediktornya. Semakin kecil nilai galat, maka semakin bagus performansi prediktor tersebut.

### 3.8 Perancangan Logika Fuzzy Sayur Kubis

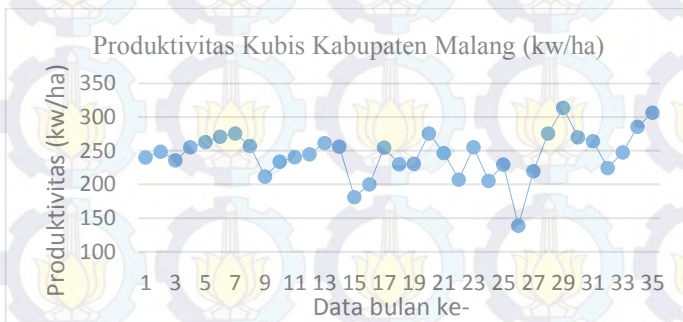
Berdasarkan data yang berasal dari prediktor yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya, maka dibuat suatu sistem logika



fuzzy yang akan menghubungkan parameter cuaca dengan prediksi produktivitas kubis. Sistem prediktor cuaca yang mempunyai nilai galat paling kecil selanjutnya dipilih. Nilai keluaran dari sistem prediktor cuaca dengan galat paling kecil tersebut dijadikan masukan sistem ini. Jadi masukan dari sistem ini yaitu hasil prediksi parameter cuaca yang terdiri dari suhu udara, kelembaban dan curah hujan.

Informasi tentang sayur kubis diperoleh dari data pertanian Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur, hasil studi literatur dan wawancara pada pakar yang sudah berpengalaman dibidang pertanian sayuran. Pembagian fungsi keanggotaan masing-masing variabel cuaca kelembaban, suhu udara dan curah hujan dilakukan dengan metode *Fuzzy Cluster Mean* (FCM). Proses pengelompokan ini juga dilakukan dengan *software* Matlab R2009b. Gambar tentang hasil FCM dapat dilihat lebih lanjut pada lampiran. Hal ini dilakukan karena pakar tidak mengetahui pasti nilai curah hujan, suhu udara dan kelembaban yang baik untuk sayur kubis.

Pembuatan sistem logika fuzzy ini diawali dengan penentuan model sistem prediktor cuaca yang digunakan. Model sistem prediktor yang dipilih adalah sistem prediktor dengan galat terkecil. Sebagai masukan yaitu variabel cuaca dengan keluarannya yaitu prediksi produktivitas kubis dan kualitas kubis. Berikut ini data produktivitas kubis yang digunakan dalam memprediksi produktivitas dan kualitas kubis.



Gambar 3. 32 Data produktivitas Kubis Kabupaten Malang

Data di atas merupakan data produktivitas kubis bulanan pada tahun 2012-2014 di Kabupaten Malang. Secara keseluruhan, data di atas berjumlah 35 data. Data tersebut diambil berdasarkan laporan petugas Dinas Pertanian dilapangan.

Berdasarkan hasil FCM yang telah dilakukan, maka pengelompokan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy untuk setiap variabel yaitu sebagai berikut.

Tabel 3. 5 Fungsi keanggotaan variabel cuaca

Kelembaban	Suhu	Curah hujan
83% - 86%	22.4 – 23.4 °C	0 - 2.25 mm
87% - 89%	23.8 – 24 °C	2.46 – 4.05 mm
90% - 95%	24.2 -24.9 °C	> 4.28 mm

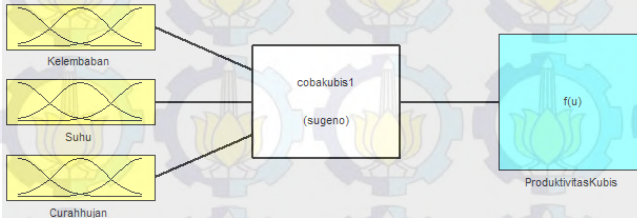
Disamping fungsi keanggotaan variabel cuaca, adapula fungsi keanggotaan produktivitas kubis yang ada pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. 6 Fungsi keanggotaan produktivitas dan kualitas kubis

Produktivitas Kubis	Kualitas Kubis
138 - 211 kw/ha	Buruk
219 – 257 kw/ha	Baik
261 – 313 kw/ha	Baik Sekali

Pengelompokan di atas, selain didasarkan pada persebaran datanya, juga dikonfirmasi dengan keterangan ahli bidang hortikultura. Pak Sugiyat, Kepala UPT Proteksi Pertanian Hortikultura menyebutkan bahwa panen kubis yang maksimal yaitu pada angka 25 ton/ha sampai 30 ton/ha. Informasi pada tabel di atas selanjutnya akan berlaku sebagai basis peraturan pada sistem logika fuzzy yang akan menentukan sistem kualitas kubis. Setiap variabel cuaca dibagi menjadi 3 fungsi keanggotaan. Sistem logika fuzzy yang digunakan yaitu Mamdani dengan masukan yaitu nilai kelembaban, suhu udara dan curah hujan, sedangkan jumlah produktivitas kubis akan bertindak sebagai

keluaran. Berikut ini struktur sistem logika fuzzy untuk mengetahui kualitas kubis.



Gambar 3. 33 Struktur sistem logika fuzzy prediktor produksi sayur kubis

Keluaran sistem ini merupakan perkiraan produktivitas panen kubis dalam kuintal per hektar. Jika angka produktivitas semakin menurun, artinya kualitas kubis juga akan menurun dan jika angka produktivitas semakin naik, maka kualitas kubis akan semakin baik. Basis aturan yang digunakan untuk membuat sistem penentu produktivitas kubis ini berjumlah 27.

R(1) : If (Kelembaban is rendah) and (Suhu is rendah) and (Curahhujan is rendah) then (Produktivitaskubis is sedang)

R(2) : If (Kelembaban is rendah) and (Suhu is rendah) and (Curahhujan is sedang) then (Produktivitaskubis is tinggi)

.

.

.

R(27) : If (Kelembaban is tinggi) and (Suhu is tinggi) and (Curahhujan is tinggi) then (Produktivitaskubis is tinggi).

### 3.9 Perancangan GUI Matlab

Perancangan program GUI Matlab dimaksudkan untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan aplikasi ini. Sistem GUI ini akan membuat sistem prediktor cuaca menjadi lebih mudah dipahami oleh masyarakat awam. Program ini dibuat sedemikian rupa sehingga sangat informatif dan komunikatif untuk digunakan secara luas. GUI ini membutuhkan beberapa data sebagai masukan untuk memprediksi cuaca, yaitu kelembaban,

suhu dan curah hujan. Sedangkan keluaran yang dihasilkan yaitu hasil prediksi setiap parameter cuaca yang dilengkapi dengan perkiraan kondisi kualitas sayur kubis hasil prediksi.

Pembuatan GUI juga bertujuan sebagai *tool* atau alat yang dapat menyederhanakan keseluruhan sistem yang dibuat, baik sistem prediktor cuaca maupun sistem logika fuzzy yang memperkirakan kualitas kubis. Oleh karena itu, desain GUI dilakukan dengan sangat sederhana agar pemahamannya juga lebih mudah.

**Sistem Prediksi Cuaca dan Perkiraan Kualitas Kubis  
Kabupaten Malang**

Rata-Rata Kelembaban Bulan ini (dalam %)	<input type="text"/>	Rata-Rata Kelembaban Bulan Depan (dalam %)	<input type="text"/>
Rata-Rata Kelembaban Bulan Lalu (dalam %)	<input type="text"/>	Rata-Rata Curah hujan Bulan Depan (mm)	<input type="text"/>
Rata-Rata Curah hujan Bulan ini (mm)	<input type="text"/>	Rata-Rata Suhu Bulan Depan (°C)	<input type="text"/>
Rata-Rata Curah hujan Bulan Lalu (mm)	<input type="text"/>	Prediksi Produksi Kubis Bulan Depan (Kw/ha)	<input type="text"/>
Rata-Rata Suhu Bulan ini (°C)	<input type="text"/>	Prediksi Kualitas Kubis Bulan Depan	<input type="text"/>
Rata-Rata Suhu Bulan Lalu (°C)	<input type="text"/>		

By: Nimroatul Chasanah

Gambar 3. 34 GUI Matlab prediktor

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

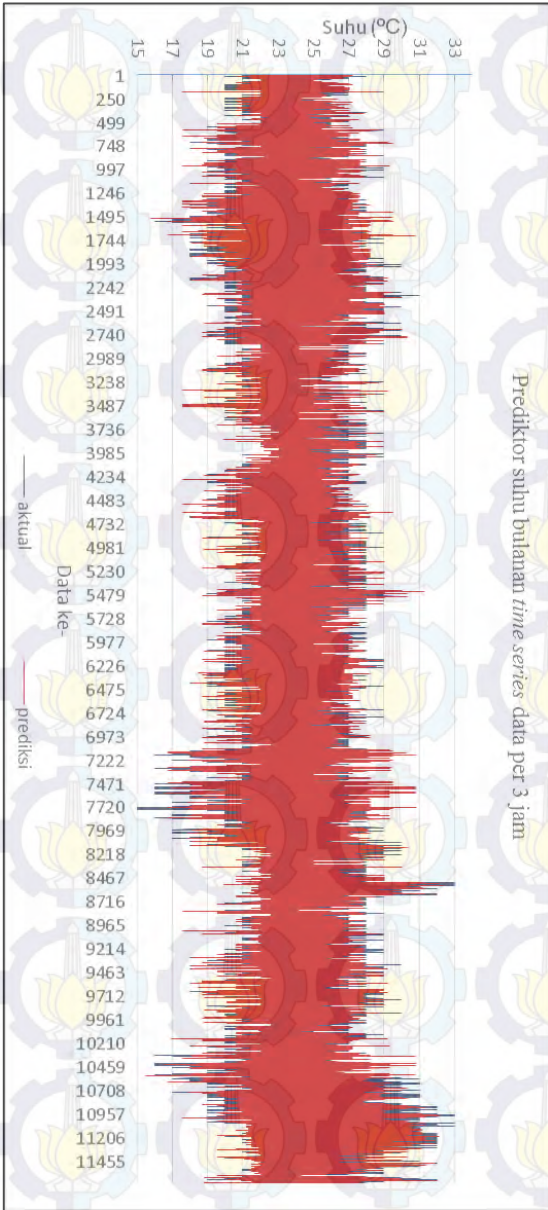
### **4.1 Sistem Prediktor Cuaca**

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis data dari hasil perancangan sistem prediktor cuaca yang telah dilakukan sebelumnya. Prediktor cuaca meliputi beberapa variasi masukan dan keluaran akan dijelaskan hasilnya lebih lanjut pada bab ini. Variabel cuaca yang digunakan yaitu kelembaban, suhu udara dan curah hujan.

Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang membahas unsur lingkungan yang mempengaruhi pertanian kubis, yaitu suhu udara dan kelembaban (Muleke, Saidi, Itulya, Martin, & Nguoajio, 2014). Penelitian tersebut menyebutkan ada beberapa faktor lingkungan yang harus diperhatikan dalam menanam sayur kubis. faktor lingkungan tersebut meliputi beberapa parameter cuaca seperti kelembaban, suhu udara dan curah hujan. Masing-masing sistem prediktor mempunyai tingkat akurasi yang berbeda sesuai dengan selisih antara data aktual dan data hasil prediksinya.

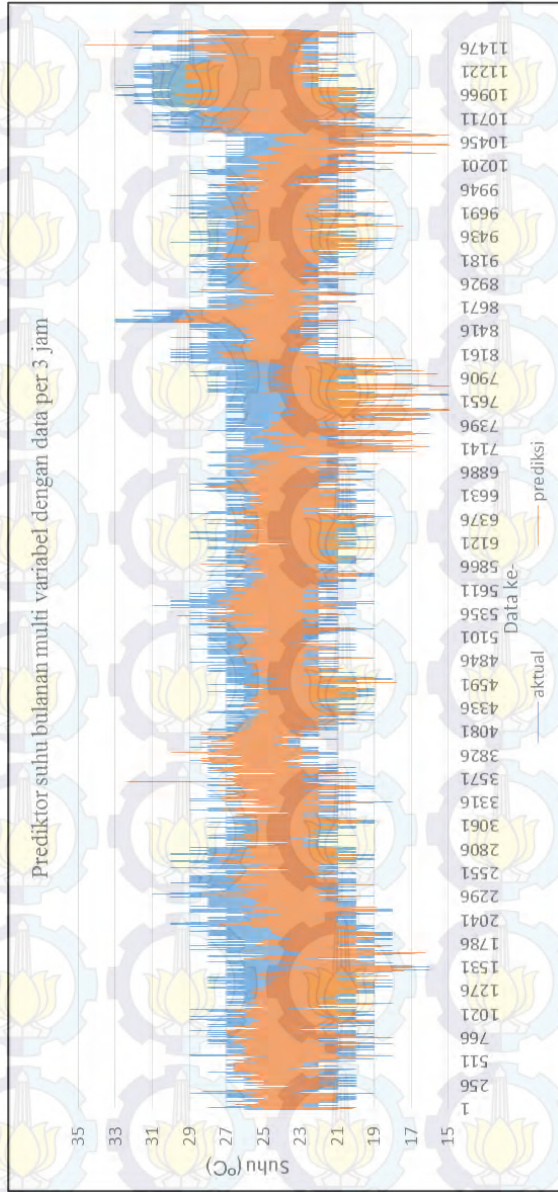
#### **4.1.1 Prediktor Suhu Bulanan dengan Data Per 3 Jam**

Gambar 4.1 merupakan perbandingan antara rata-rata data suhu bulanan aktual dan rata-rata data curah hujan bulanan hasil prediksi untuk masing-masing prediktor suhu bulanan dengan model ANFIS masukan *time series* dan multi variabel menggunakan data per 3 jam. Kurva pada Gambar 4.1 juga berfungsi sebagai kurva validasi sistem prediktor cuaca yang telah dibuat. Banyaknya data yang divalidasi berjumlah 11208 data. Validasi data juga digunakan untuk mengetahui nilai galat suatu sistem.



Gambar 4. 1 Plot prediktor suhu bulanan *time series* data per 3 jam

Prediktor suhu bulanan *time series* data per 3 jam



Gambar 4. 2 Plot prediktor suhu bulanan multi variabel data per 3 jam

Gambar 4.1 menunjukkan data suhu aktual dengan garis berwarna biru gelap dan data suhu hasil prediksi dengan garis merah. Meskipun nampak berhimpit, namun galat yang dihasilkan sistem prediktor suhu dengan data per 3 jam ini cukup besar.

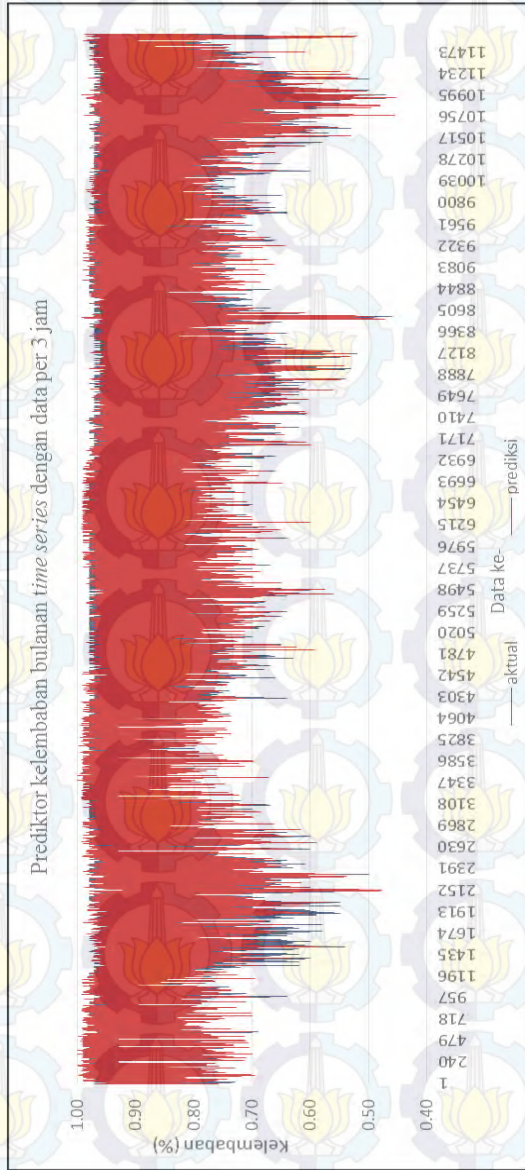
Sistem prediktor suhu *time series* mempunyai galat sebesar  $1.50^{\circ}\text{C}$  dan sistem prediktor suhu multi variabel mempunyai galat sebesar  $2.0^{\circ}\text{C}$ . Kedua grafik juga dapat menunjukkan bahwa prediktor suhu dengan model ANFIS *time series* dengan data per 3 jam lebih mendekati data aktual daripada prediktor suhu dengan model multi variabel. Selanjutnya dipilih sistem prediktor suhu dengan model paling baik. Oleh karena itu, sistem prediktor suhu dengan model masukan *time series* untuk dibandingkan dengan sistem prediktor suhu dengan metode ANFIS data rata-rata suhu bulanan.

#### **4.1.2 Prediktor Kelembaban Bulanan dengan Data Per 3 Jam**

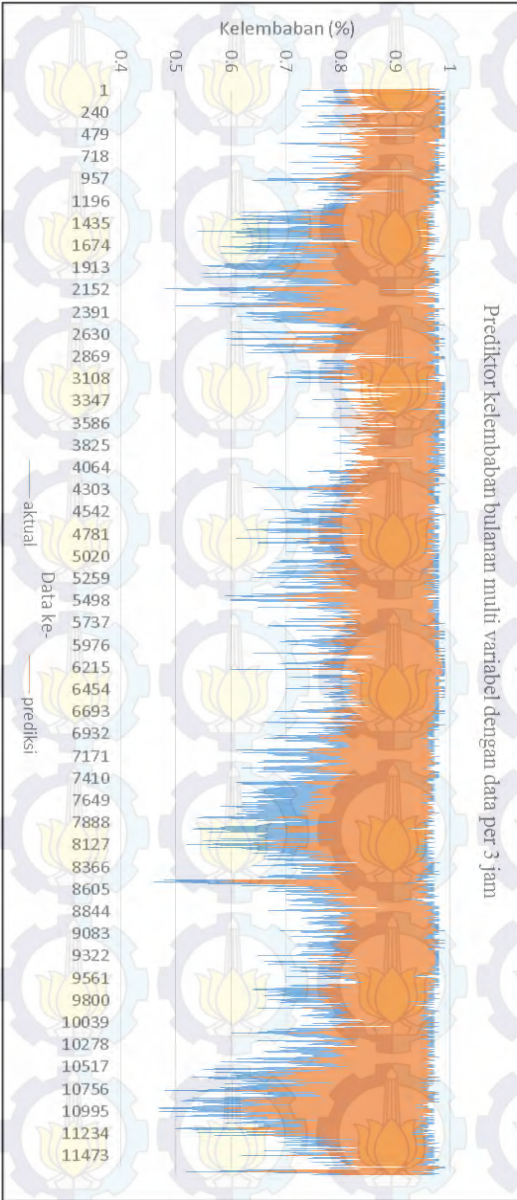
Sistem prediktor kelembaban bulanan dengan data per 3 jam juga dibuat dengan variasi model masukan ANFIS *time series* dan model masukan multi variabel. Sistem prediktor kelembaban dengan model masukan *time series* mempunyai dua masukan yaitu kelembaban saat ini ( $t$ ), kelembaban satu bulan lalu ( $t-1$ ) dan satu keluaran yaitu kelembaban satu bulan yang akan datang ( $t+1$ ). Sistem prediktor kelembaban dengan data per 3 jam dan model masukan *time series* ini menghasilkan kurva perbandingan data kelembaban aktual dan data kelembaban prediksi sesuai Gambar 4.3.

Jumlah data yang banyak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya nilai galat sistem prediktor dengan metode ANFIS. Data yang sangat lengkap dan banyak justru menyebabkan galat semakin besar. Oleh karena itu biasanya ANFIS justru digunakan untuk membuat sistem prediktor dengan data yang kurang lengkap.





Gambar 4. 3 Plot prediktor kelembaban bulanan *time series* data per 3 jam



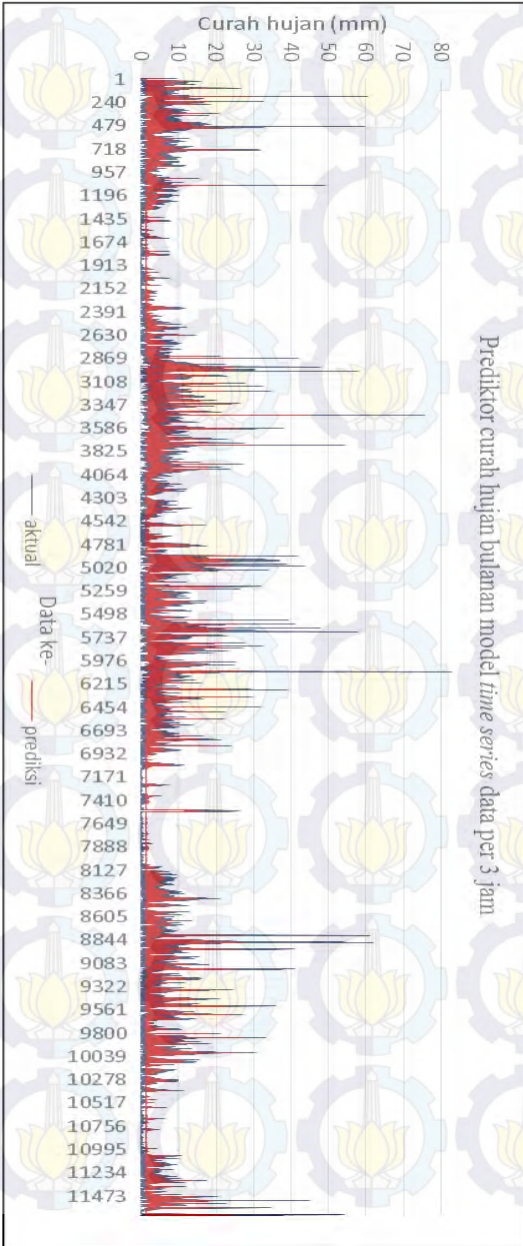
Gambar 4. 4 Plot prediktor kelembaban bulanan multi variabel data 3 jam

Sistem prediksi kelembaban *time series* mempunyai galat sebesar 0.04 (4%) dan sistem prediksi kelembaban multi variabel mempunyai galat sebesar 0.07 (7%). Disamping itu, kurva plot di atas juga menunjukkan sistem prediktor kelembaban bulanan dengan data per 3 jam model *time series* lebih baik dibandingkan sistem prediktor kelembaban dengan data per 3 jam dan tipe masukan multi variabel. Hal ini digambarkan dengan banyaknya data hasil prediksi sistem prediksi kelembaban *time series* yang berhimpit dengan data aktualnya.

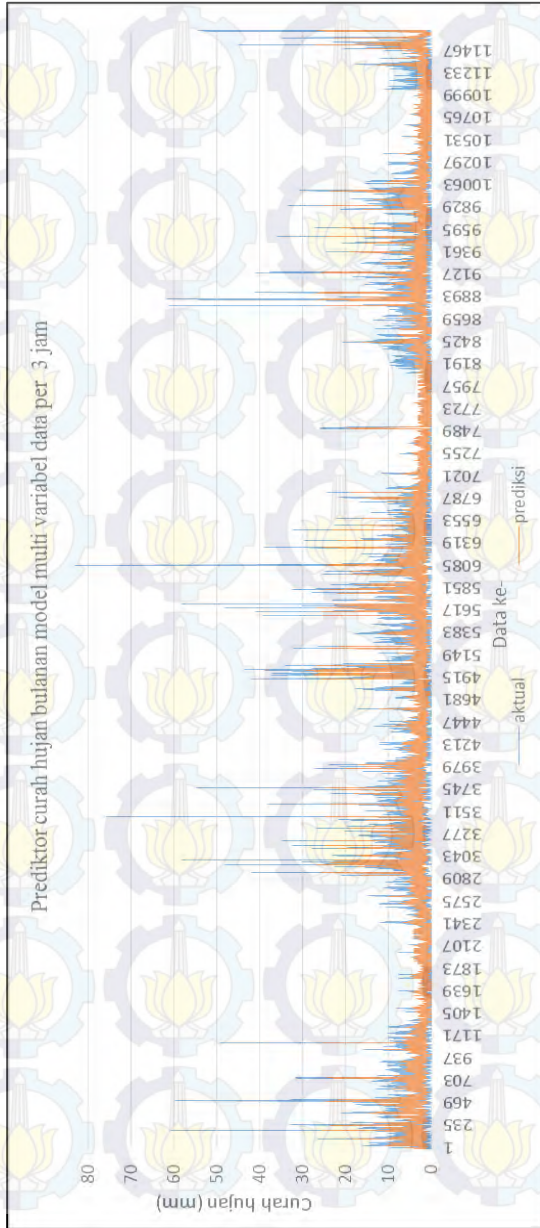
Selanjutnya, sistem prediktor kelembaban *time series* dengan data per 3 jam akan dibandingkan dengan sistem prediktor kelembaban dengan data bulanan. Sistem prediktor dengan nilai galat paling kecil yang digunakan sebagai masukan sistem penentu produktivitas sayur kubis.

#### **4.1.3 Prediktor Curah Hujan Bulanan dengan Data Per 3 Jam**

Variabel curah hujan juga dibuat dua jenis, yaitu sistem prediktor curah hujan menggunakan data per 3 jam dengan mengubah variabel masukan seperti prediktor variabel cuaca lainnya. Sistem prediktor curah hujan *time series* mempunyai masukan curah hujan sekarang ( $t$ ) dan curah hujan satu bulan lalu ( $t-1$ ), dan keluarannya yaitu curah hujan satu bulan yang akan datang ( $t+1$ ). Sistem prediktor curah hujan multi variabel mempunyai masukan curah hujan sekarang ( $t$ ) dan kelembaban satu bulan lalu ( $t-1$ ), dan keluarannya yaitu curah hujan satu bulan yang akan datang ( $t+1$ ). Keduanya dibuat dengan metode ANFIS yang dapat digunakan dari ANFIS *Editor* GUI. Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 merupakan kurva hasil perbandingan antara data curah hujan aktual dan data curah hujan hasil prediksi.



Gambar 4. 5 Plot prediktor curah hujan bulanan *time series* data per 3 jam



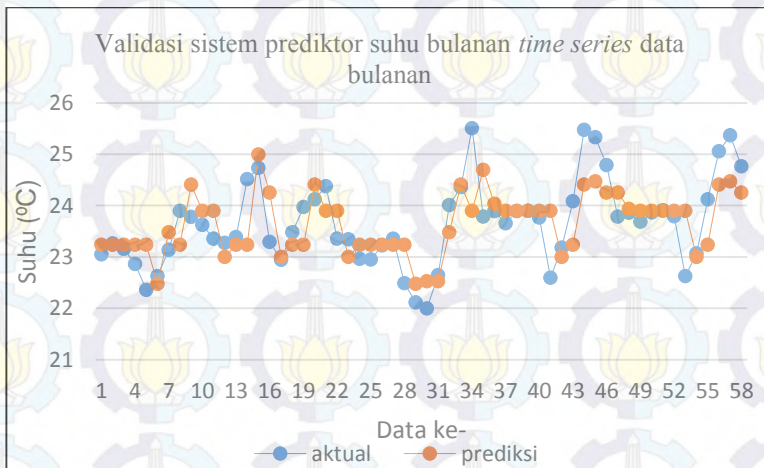
Gambar 4. 6 Plot prediktor curah hujan multi variabel per 3 jam

Grafik di atas menunjukkan besarnya selisih antara data aktual dan data hasil prediksi pada sistem ini. Hal ini terjadi karena persebaran data curah hujan yang terlalu ekstrem sehingga tidak dapat diprediksi dengan baik dengan metode ANFIS. Banyaknya data ekstrem secara langsung akan menaikkan besarnya galat sistem.

Sistem prediktor curah hujan *time series* mempunyai galat sebesar 4.9 mm. sedangkan sistem prediktor curah hujan multi variabel mempunyai galat sebesar 4.7 mm. Galat sebesar ini membuat sistem prediktor curah hujan tidak akan digunakan dalam penentuan prediksi cuaca bulanan. Kedua grafik di atas juga menunjukkan bahwa keduanya mempunyai grafik yang mirip, dimana besar kecilnya galat tidak dapat dilihat secara kasat mata.

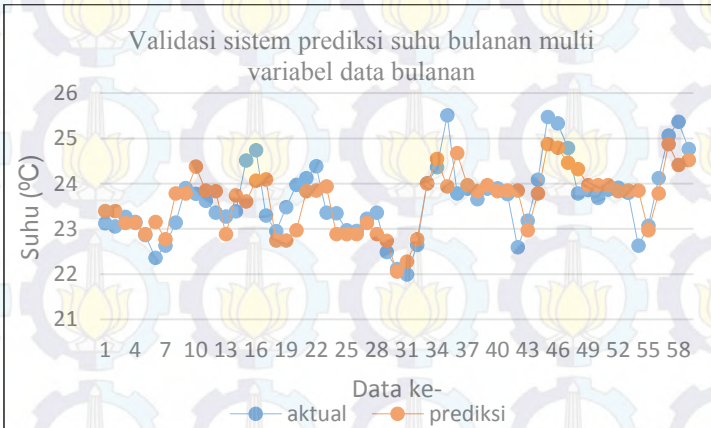
#### 4.1.4 Prediktor Suhu Bulanan dengan Data Bulanan

Validasi sistem prediktor suhu bulanan dengan data bulanan divalidasi dengan membandingkan antara nilai suhu asli dan nilai suhu hasil prediksi.



Gambar 4. 7 Plot prediktor suhu bulanan *time series* data bulanan

Grafik pada Gambar 4.7 di atas menunjukkan banyaknya nilai prediksi yang berhimpit pada nilai aktual sehingga dapat diketahui bahwa sistem prediktor ini mempunyai galat yang cukup kecil. Sistem prediktor suhu dengan data bulanan dan masukan *time series* ini termasuk sistem yang bagus dengan galat sebesar  $0.58^{\circ}\text{C}$ .

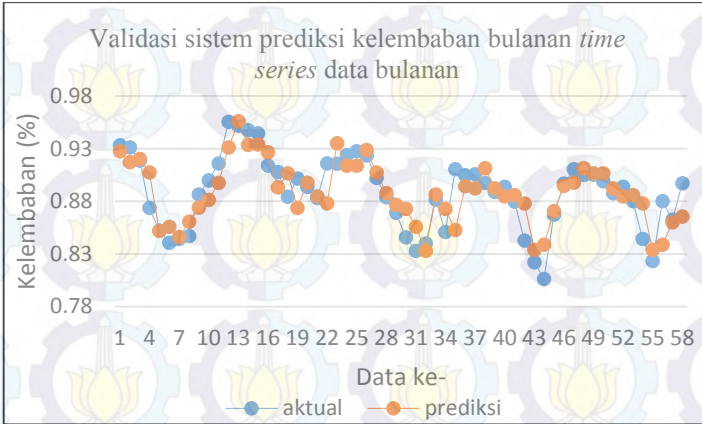


Gambar 4. 8 Plot prediktor suhu bulanan multi variabel data bulanan

Sistem prediktor suhu bulanan multi variabel mempunyai galat yang lebih tinggi dibandingkan sistem prediktor suhu data bulanan dengan masukan *time series*, yaitu sebesar  $1.0^{\circ}\text{C}$ . Oleh karena itu, sistem presiktor suhu data bulanan *time series* akan digunakan sebagai masukan sistem penentu produktivitas sayur kubis.

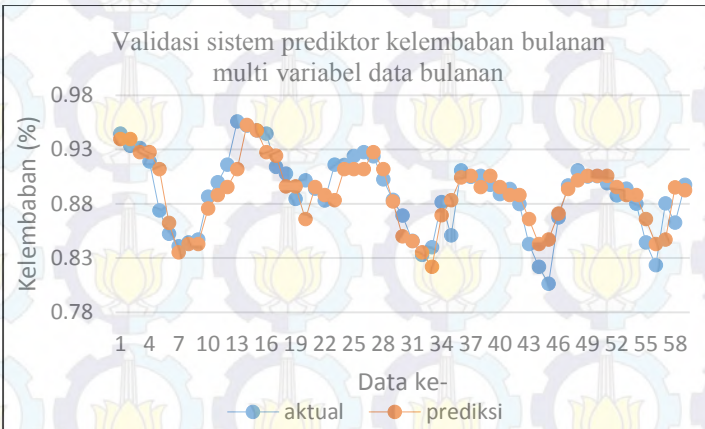
#### 4.1.5 Prediktor Kelembaban Bulanan dengan Data Bulanan

Kedua sistem prediktor kelembaban bulanan dibuat dengan dua jenis masukan yang berbeda, yaitu sistem dengan variabel masukan sama dan sistem dengan variabel masukan yang berbeda. Keduanya menghasilkan grafik validasi sesuai Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Plot prediktor kelembaban bulanan *time series* data bulanan

Kurva validasi pada Gambar 4.9 di atas menunjukkan banyak data hasil prediksi yang berhimpit dengan data kelembaban bulanan aktual. Selisih antara data aktual dan data hasil prediksi ini selanjutnya akan digunakan untuk menentukan besarnya galat sistem prediktor.



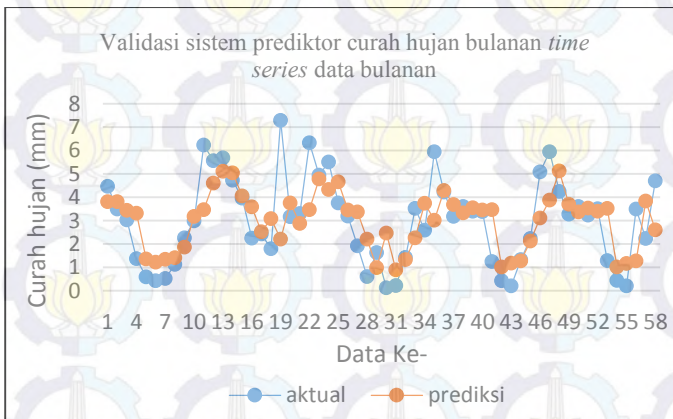
Gambar 4. 10 Plot prediktor kelembaban bulanan multi variabel data bulanan



Kedua sistem prediktor kelembaban ini mempunyai galat yang hampir sama yaitu sebesar 0.018 untuk jenis masukan yang sama dan 0.016 untuk jenis masukan yang berbeda.

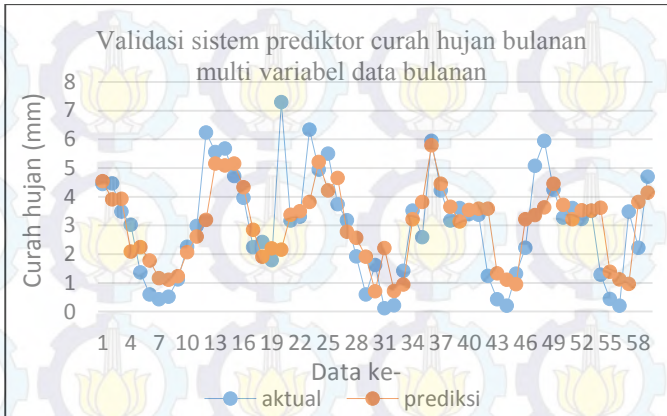
#### 4.1.6 Sistem Prediktor Curah Hujan Bulanan dengan Data Bulanan

Rata-rata curah hujan bulanan yang dibuat untuk sistem predikto yaitu data rata-rata curah hujan harian dalam satu bulan. Grafik perbandingan antara data asli dan data hasil prediksi sesuai dengan gambar di bawah ini.



Gambar 4. 11 Plot prediktor curah hujan bulanan *time series* data bulanan

Gambar 4.11 di atas menunjukkan banyaknya data curah hujan hasil prediksi yang mempunyai selisih jauh dari data curah hujan aktualnya. Hal ini menyebabkan galat yang dihasilkan sistem prediktor curah hujan tinggi. Perubahan data yang cukup tajam dan ekstrem mengakibatkan sistem prediktor kurang bisa memprediksi dengan baik.



Gambar 4. 12 Plot prediktor curah hujan bulanan multi variabel data bulanan

Banyaknya data curah hujan ekstrem pada data per 3 jam juga cukup mempengaruhi performansi dari sistem prediktor bulanan ini. Nilai galat sistem prediktor curah hujan bulanan *time series* sebesar 1.39 mm. sedangkan nilai galat prediktor curah hujan bulanan multi variabel sebesar 1.26 mm.

#### 4.2 Hasil Sistem Prediktor Cuaca

Cuaca mempunyai beberapa parameter fisis yang dapat terukur dan mempunyai satuan. Cuaca darat khususnya, dipengaruhi oleh besarnya suhu udara, kelembaban relatif, dan curah hujan. Ketiga variabel tersebut sangat penting untuk mengetahui kondisi cuaca disuatu daerah. Oleh karena itu, dibuat sistem prediktor cuaca untuk masing-masing variabel tersebut.

Hasil sistem prediksi suhu bulanan dengan data per 3 jam menunjukkan bahwa model prediktor suhu yang baik adalah model *time series* dengan galat 1.5°C. Model ini mempunyai masukan data suhu sekarang dan data suhu satu bulan lalu dengan keluaran data suhu satu bulan yang akan datang. Model ini mempunyai nilai galat 0.5 lebih baik dibandingkan dengan model multi variabel. Sistem prediktor suhu bulanan dengan data bulanan menunjukkan bahwa model masukan *time series* mempunyai galat

lebih kecil dibandingkan dengan model masukan multi variabel, yaitu galat masing-masing  $0.58^{\circ}\text{C}$  dan  $1^{\circ}\text{C}$ .

Prediktor kelembaban bulanan dengan data per 3 jam mempunyai perbedaan galat yang cukup signifikan. Hal ini dapat dilihat dari kurva plot prediksi di atas dimana model pertama lebih baik dibandingkan dengan model kedua. Sistem prediktor kelembaban dengan data per 3 jam *time series* mempunyai error sebesar 0.04 sedangkan sistem prediktor kelembaban dengan data per 3 jam model multi variabel mempunyai galat sebesar 0.07. Sedangkan untuk model prediktor kelembaban bulanan dengan data bulanan, baik model masukan *time series* dan model masukan multi variabel mempunyai galat yang hampir sama yaitu 0.016 dan 0.018.

Curah hujan mempunyai plot data yang sangat fluktuatif. Data tersebut juga mempunyai banyak nilai ekstrem yang tidak terduga sehingga sistem prediktor yang dihasilkan pun mempunyai galat yang cukup besar. Sistem prediktor curah hujan bulanan dengan data per 3 jam mempunyai galat prediksi sebesar 4.9 mm untuk model masukan *time series* dan 4.7 mm untuk model masukan multi variabel. Sedangkan prediktor curah hujan bulanan dengan data bulanan untuk kedua model masukan mempunyai galat yang hampir sama besar, yaitu 1.39 mm untuk model masukan *time series* dan 1.26 mm untuk model masukan multi variabel.

Berdasarkan tabel 4.1, secara umum, sistem prediktor cuaca bulanan dengan data per 3 jam mempunyai nilai galat yang jauh lebih besar dibandingkan nilai galat sistem prediktor cuaca dengan data bulanan. Hal ini terjadi karena nilai galat merupakan akumulasi rata-rata selisih nilai aktual dan prediksi dari masing-masing data, sehingga apabila data semakin banyak, maka galat yang dihasilkan semakin besar. Hal ini juga membuktikan bahwa metode ANFIS tidak membutuhkan data yang banyak dan lengkap untuk menghasilkan suatu rancangan prediktor cuaca. Oleh karena itu, sistem prediktor yang digunakan dalam merancang sistem untuk memperkirakan produktivitas dan kualitas kubis yaitu sistem prediktor cuaca dengan data bulanan dan model *time series*,

karena mempunyai galat yang paling kecil diantara model yang lain.

Tabel 4. 1 Galat dan standar deviasi sistem prediktor cuaca

Variabel	Data per 3 jam		Data bulanan	
	<i>Time series</i>	<b>Multi variabel</b>	<i>Time series</i>	<b>Multi variabel</b>
Galat suhu	1. 50 °C	2.0 °C	0.58 °C	1.00 °C
Standar deviasi suhu	2.83 °C	2.81 °C	0.83 °C	0.87 °C
Galat RH	4%	7%	1.6%	1.8%
Standar deviasi RH	10%	10%	3.5%	3.6%
Galat curah hujan	4.9 mm	4.7 mm	1.39 mm	1.26 mm
Standar deviasi curah hujan	5.0 mm	5.0 mm	1.85 mm	1.84 mm

#### 4.3 Sistem Logika Fuzzy Perkiraan Kualitas Kubis

Sistem logika fuzzy yang dibuat mempunyai 3 variabel masukan, yaitu data hasil prediksi bulanan dengan ANFIS yang sudah diproses sebelumnya, terdiri atas kelembaban, suhu, dan curah hujan. Sedangkan keluaran sistem ini yaitu jumlah produktivitas kubis (kuintal/ha). Nilai produktivitas kubis per hektar akan menentukan kualitas sayur kubis tersebut. Sedangkan pembagian fungsi keanggotaan banyaknya produktivitas kubis dan kualitas kubi telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Data produktivitas yang digunakan berjumlah 24 data yaitu data tahun 2012 dan 2013. Data produktivitas lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 3.31.

Berdasarkan sistem logika fuzzy yang dibuat untuk memprediksi produktivitas dan kualitas kubis, maka berikut ini tabel yang menunjukkan perbandingan antara kualitas awal dan kualitas kubis hasil prediksi.

Tabel 4. 2 Tabel validasi kualitas kubis

<b>Data ke-</b>	<b>Kualitas Kubis aktual</b>	<b>Kualitas Kubis</b>
1	Baik	Baik
2	Baik	Baik
3	Baik	Baik
4	Baik	Baik
5	Sangat baik	Baik
6	Sangat baik	Baik
7	Sangat baik	Baik
8	Baik	Baik
9	Buruk	Baik
10	Baik	Baik
11	Baik	Baik
12	Baik	Baik
13	Sangat baik	Baik
14	Baik	Baik
15	Buruk	Baik
16	Buruk	Baik
17	Baik	Baik
18	Baik	Baik
19	Baik	Baik
20	Sangat baik	Baik
21	Baik	Baik
22	Buruk	Baik
23	Baik	Baik
24	Buruk	Baik

Tabel 4.2 di atas menunjukkan perbandingan antara kualitas kubis aktual dan kualitas kubis hasil prediksi. Pembagian kualitas

kubis tersebut didasarkan pada data hasil prediksi banyaknya produksi kubis. Tabel validasi menunjukkan ada beberapa data prediksi kualitas kubis yang tidak sesuai dengan data aktualnya. Data produktivitas kubis hasil prediksi yang tidak sesuai dengan data aktualnya berjumlah 10 data. Berdasarkan data di atas, maka nilai performansi sistem prediksi ini yaitu 58.3 %. Nilai performansi itu dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jumlah data produksi yang terlalu sedikit dan nilai performansi sistem prediksi curah hujan yang mempunyai galat cukup besar. Galat yang dihasilkan sistem prediktor cuaca secara tidak langsung mempengaruhi galat sistem penentu produktivitas kubis ini.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

- a. Telah dirancang suatu sistem prediktor cuaca dengan metode ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) untuk mengetahui kualitas hasil panen sayur kubis putih di Kabupaten Malang. Berdasarkan data yang digunakan, sistem prediktor cuaca ini terdiri dari sistem prediktor cuaca bulanan dengan data per 3 jam dan sistem prediktor cuaca dengan data bulanan. Masing-masing sistem prediktor tersebut kemudian dibagi menjadi dua menurut jenis masukannya, yaitu model *time series* dan model multi variabel. Model *time series* dimana variabel masukan dan keluaran sistem merupakan satu variabel yang sama, sedangkan model multi variabel dimana variabel masukan dan keluaran merupakan variabel yang berbeda.
- b. Sistem prediktor cuaca yang valid dan presisi diperoleh dengan melakukan validasi dan menghitung galat dari masing-masing model sistem prediktor cuaca dengan membandingkan data aktual dan data hasil prediksi.
  - Sistem prediktor cuaca bulanan dengan data per 3 jam dibagi lagi berdasarkan jenis masukan sistemnya, yaitu *time series* dan multivariabel. Berdasarkan penjelasan pada bab sebelumnya, galat sistem prediktor *time series* untuk suhu, kelembaban, dan curah hujan masing-masing 0.50 °C, 3%, 0.2 mm lebih rendah dibandingkan dengan galat sistem prediktor cuaca multi variabel. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem prediktor cuaca data per 3 jam *time series* lebih baik daripada sistem prediktor cuaca data per 3 jam multi variabel.

- Sistem prediktor cuaca dengan data bulanan juga dibagi berdasarkan jenis masukannya, yaitu model *time series* dan multi variabel sama seperti sebelumnya. Berdasarkan penjelasan pada bab sebelumnya, galat sistem prediktor *time series* untuk suhu, kelembaban, dan curah hujan masing-masing 0.48 °C, 0.2%, 0.13 mm lebih rendah dibandingkan dengan galat sistem prediktor cuaca multi variabel. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem prediktor cuaca data bulanan *time series* lebih baik daripada sistem prediktor cuaca data bulanan multi variabel.
- c. Parameter cuaca hasil prediksi digunakan sebagai masukan untuk menentukan perkiraan produksi kubis per bulan dengan logika fuzzy. Jumlah produksi kubis hasil prediksi ini selanjutnya akan menentukan kualitas kubis yang dibagi menjadi tiga kelas, yaitu buruk, baik dan baik sekali. Nilai akurasi sistem prediksi kualitas kubis yaitu 58.3%.

## 5.2 Saran

Penelitian ini dapat disempurnakan dengan penelitian lebih lanjut tentang prediktor cuaca pertanian untuk aplikasi tanaman pangan yang lain seperti padi atau tanaman lain. Disamping itu, metode prediksi juga dapat dikembangkan dengan metode lain sehingga dapat dibandingkan nilai performansinya



## LAMPIRAN A

### Bahasa Pemrograman GUI Matlab

```
function varargout = GUI_4(varargin)
% GUI_4 M-file for GUI_4.fig
%   GUI_4, by itself, creates a new GUI_4 or raises
the existing
%   singleton*.
%
%   H = GUI_4 returns the handle to a new GUI_4 or
the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   GUI_4('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%   function named CALLBACK in GUI_4.M with the
given input arguments.
%
%   GUI_4('Property','Value',...) creates a new
GUI_4 or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left,
property value pairs are
%   applied to the GUI before GUI_4_OpeningFcn gets
called. An
%   unrecognized property name or invalid value
makes property application
%   stop. All inputs are passed to
GUI_4_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
GUI_4
%
% Last Modified by GUIDE v2.5 17-Jan-2015 10:19:05
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',           mfilename, ...
```

```

... 'gui_Singleton', gui_Singleton,
... 'gui_OpeningFcn',
@GUI_4_OpeningFcn, ...
... 'gui_OutputFcn', @GUI_4_OutputFcn,
... 'gui_LayoutFcn', [], ...
'gui_Callback', [];
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before GUI_4 is made visible.
function GUI_4_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 GUI_4 (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for GUI_4
handles.output = hObject;
handles.data.edit1='';
handles.data.edit2='';
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes GUI_4 wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the
command line.

```

```
function varargout = GUI_4_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;
```

```
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)  
  
% 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)

% 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

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see
GUIDATA)

c = xlsread ('datagui.xlsx','rh');
b = xlsread ('datagui.xlsx','ch');
p = xlsread ('datagui.xlsx','suhu');
[row, col]=size(c);
[row, col]=size(b);
[row, col]=size(p);
for i=1:row;
a = readfis('rhbulan');
x = readfis('ch');

```

```

q = readfis('suhu');
input1 = c(i,1);
input2 = c(i,2);
%input3 = b(i,1);
%input4 = b(i,2);
input5 = p(i,1);
input6 = p(i,2);
out = evalfis([input1 input2],a);
%out1 = evalfis([input3 input4],x);
out2 = evalfis([input5 input6],q);
d = str2double(get(handles.edit1,'string'));
e = str2double(get(handles.edit2,'string'));
y = str2double(get(handles.edit4,'string'));
z = str2double(get(handles.edit5,'string'));
r = str2double(get(handles.edit7,'string'));
s = str2double(get(handles.edit8,'string'));
f = evalfis([d e],a);
m = evalfis([y z],x);
t = evalfis([r s],q);
digits(2)
set(handles.edit3,'string',num2str(f));
set(handles.edit6,'string',num2str(m));
set(handles.edit9,'string',num2str(round(t)));
end
%xlswrite('rhbulanan.xlsx','Sheet1','e1:e58');

% --- 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)
statenol = num2str(0);
set(handles.edit3,'string',statenol);
set(handles.edit1,'string',statenol);
set(handles.edit2,'string',statenol);
set(handles.edit4,'string',statenol);
set(handles.edit5,'string',statenol);
set(handles.edit6,'string',statenol);
set(handles.edit7,'string',statenol);
set(handles.edit8,'string',statenol);
set(handles.edit9,'string',statenol);
set(handles.edit10,'string',statenol);

```

```

set(handles.edit11,'string',statenol);

% --- 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)
close all

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)

% 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)
```

```
% 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)
```

```
% 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)
```

```
% 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
```

```
% --- 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)
```



```

%pl = xlsread ('kubis.xlsx','mboh');
%[row, col]=size(pl);
%for i=1:row;
q1 = readfis('cobakubis1');
%input7 = pl(i,1);
%input8 = pl(i,2);
%input9 = pl(i,3);
%out4 = evalfis([input7 input8 input9],q1)
r1 = str2double(get(handles.edit3,'string'));
s2 = str2double(get(handles.edit9,'string'));
s1 = str2double(get(handles.edit6,'string'));
t1 = evalfis([r1 s2 s1],q1)
set(handles.edit10,'string',num2str(round(t1)));
%end
if (t1 < 211)
    set(handles.edit11,'string','Buruk');
else if (t1 > 211) && (t1 < 257)
    set(handles.edit11,'string','Baik');
else
    set(handles.edit11,'string','Baik Sekali');
end
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 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 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

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (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
edit11 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns
contents of edit11 as a double

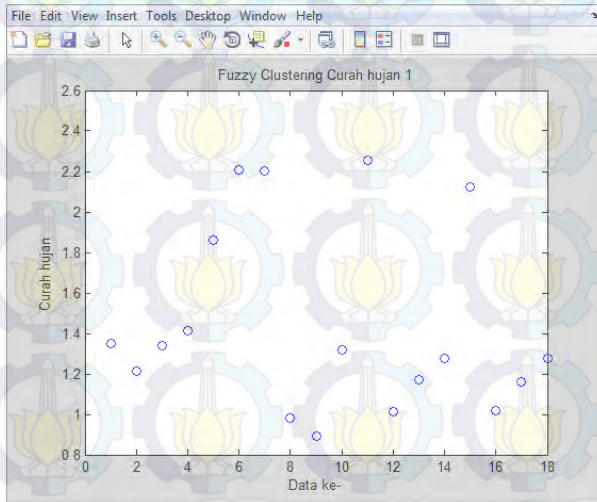
% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after
all CreateFcns 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

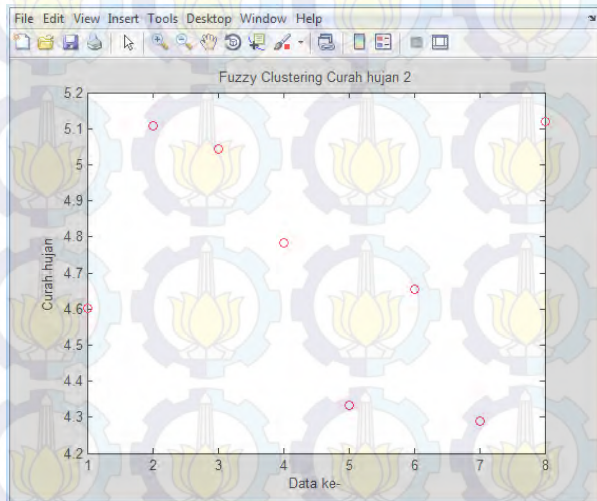
```

## LAMPIRAN B

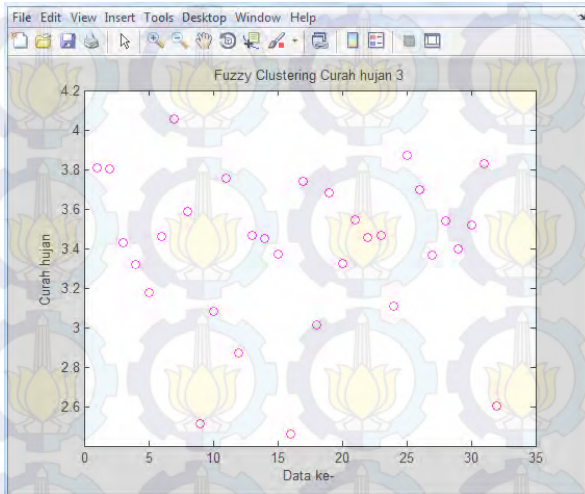
### 1. Hasil *Fuzzy Cluster Mean* Curah Hujan Bulanan



Gambar B.1 *Cluster 1* hasil FCM data curah hujan bulanan

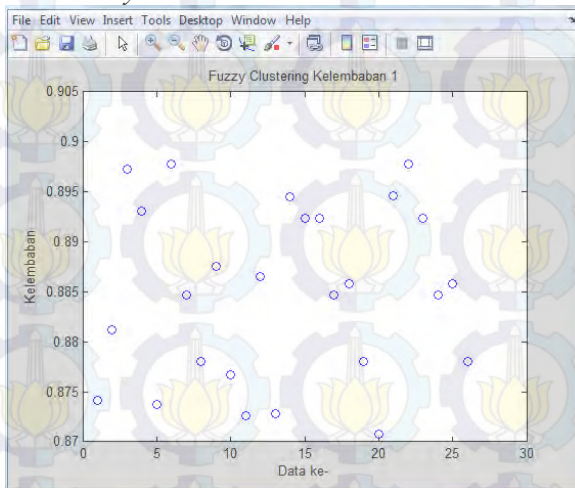


Gambar B.2 *Cluster 2* hasil FCM data curah hujan bulanan

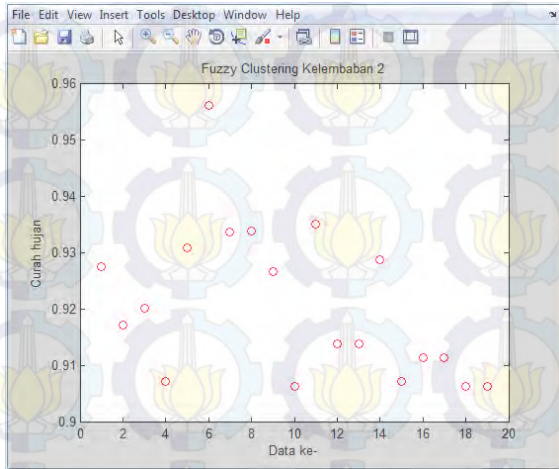


Gambar B.3 *Cluster 3* hasil FCM data curah hujan bulanan

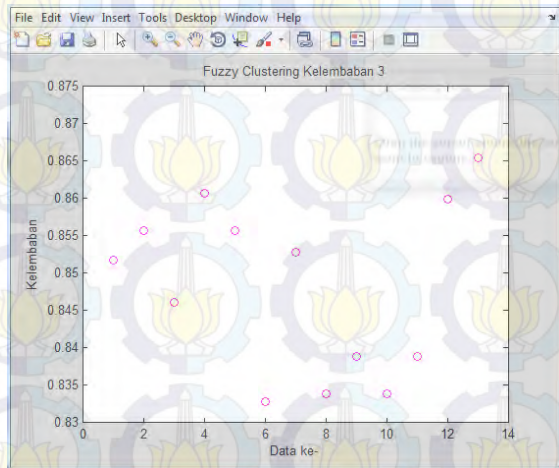
## 2. Hasil *Fuzzy Cluster Mean* Kelembaban Bulanan



Gambar B.4 *Cluster 1* hasil FCM data kelembaban bulanan

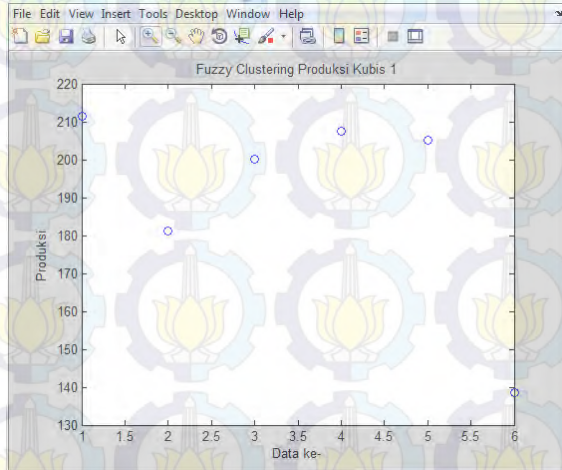


Gambar B.5 Cluster 2 hasil FCM data kelembaban bulanan

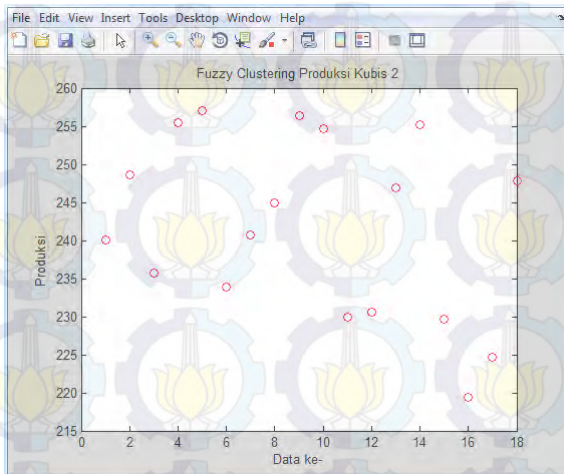


Gambar B.6 Cluster 3 hasil FCM data kelembaban bulanan

### 3. Hasil *Fuzzy Cluster Mean* Produktivitas Kubis Bulanan Kabupaten Malang

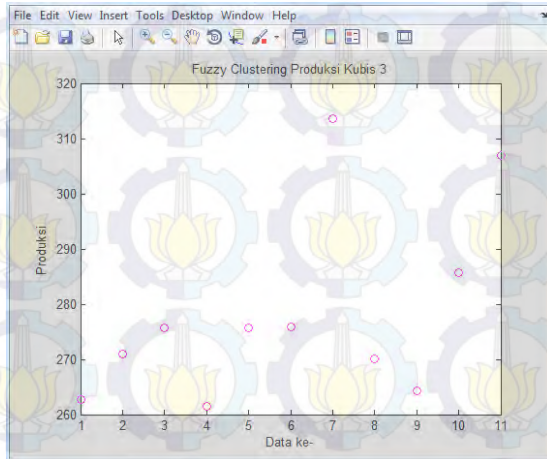


Gambar B.7 *Cluster 1* hasil FCM data produktivitas kubis bulanan



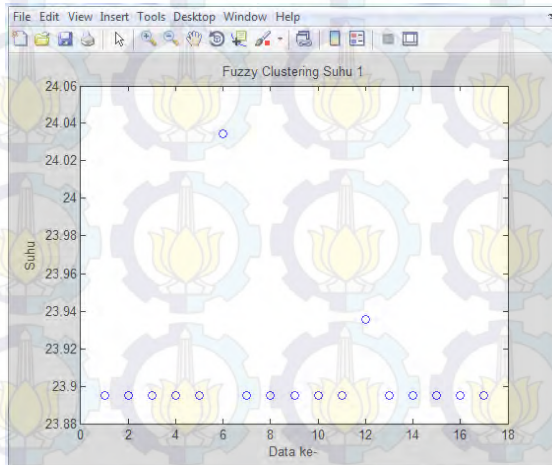
Gambar B.8 *Cluster 2* hasil FCM data produktivitas kubis bulanan



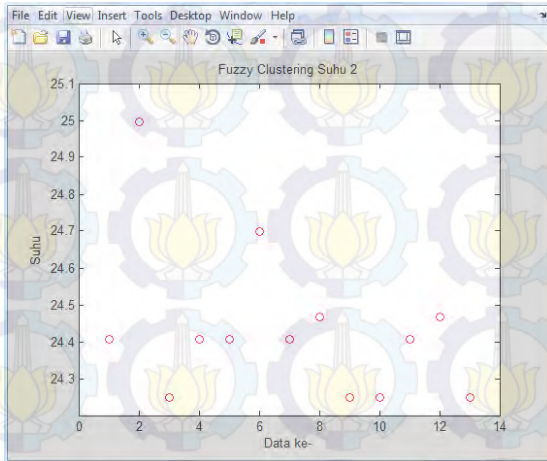


Gambar B.9 Cluster 3 hasil FCM data produktivitas kubis bulanan

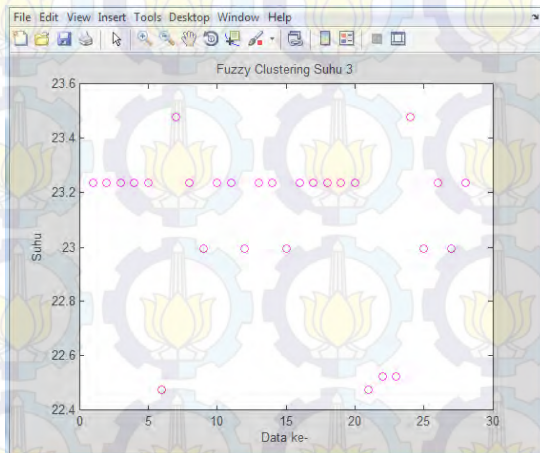
#### 4. Hasil Fuzzy Cluster Mean Suhu Bulanan



Gambar B.10 Cluster 1 hasil FCM data suhu bulanan



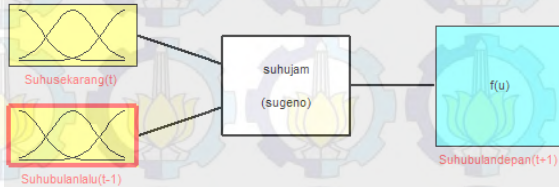
Gambar B.11 Cluster 2 hasil FCM data suhu bulanan



Gambar B.12 Cluster 3 hasil FCM data suhu bulanan

## LAMPIRAN C

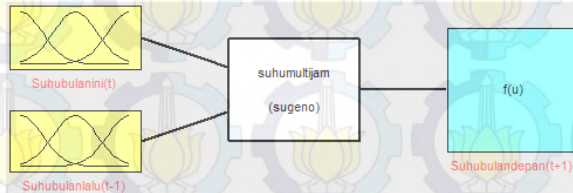
### 1. Sistem prediktor suhu bulanan dengan data per 3 jam



Gambar C.1 Sistem prediktor suhu data per 3 jam masukan *time series*

1. If (Suhusekarang(t) is in1mf1) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf1)
2. If (Suhusekarang(t) is in1mf1) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf2)
3. If (Suhusekarang(t) is in1mf1) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf3)
4. If (Suhusekarang(t) is in1mf2) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf4)
5. If (Suhusekarang(t) is in1mf2) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf5)
6. If (Suhusekarang(t) is in1mf2) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf6)
7. If (Suhusekarang(t) is in1mf3) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf7)
8. If (Suhusekarang(t) is in1mf3) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf8)
9. If (Suhusekarang(t) is in1mf3) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf9)

Gambar C.2 Basis aturan sistem prediktor suhu data per 3 jam masukan *time series*

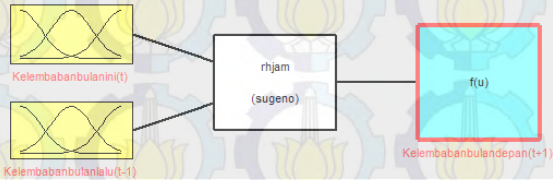


Gambar C.3 Sistem prediktor suhu data per 3 jam masukan multi variabel

1. If (Suhubulanini(t) is in1mf1) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Suhubulanini(t) is in1mf1) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Suhubulanini(t) is in1mf1) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Suhubulanini(t) is in1mf2) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Suhubulanini(t) is in1mf2) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Suhubulanini(t) is in1mf2) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Suhubulanini(t) is in1mf3) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Suhubulanini(t) is in1mf3) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Suhubulanini(t) is in1mf3) and (Suhubulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.4 Basis aturan Sistem prediktor suhu data per 3 jam masukan

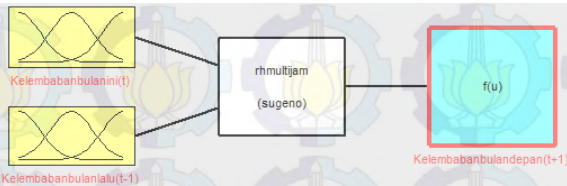
2. Sistem prediktor kelembaban bulanan dengan data per 3 jam



Gambar C.5 Sistem prediktor kelembaban data per 3 jam masukan *time series*

1. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf1) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf1)
2. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf1) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf2)
3. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf1) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf3)
4. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf2) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf4)
5. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf2) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf5)
6. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf2) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf6)
7. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf3) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf7)
8. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf3) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf8)
9. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf3) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf9)

Gambar C.6 Basis aturan sistem prediktor kelembaban data per 3 jam masukan *time series*

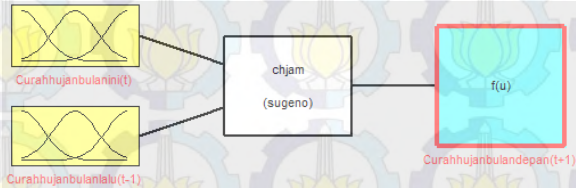


Gambar C.7 Sistem prediktor kelembaban data per 3 jam masukan multi variabel

1. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf1) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf1) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf1) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf2) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf2) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf2) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf3) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf1) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf3) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf2) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Kelembabanbulanini(t) is in1mf3) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is in2mf3) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.8 Basis aturan sistem prediktor kelembaban data per 3 jam masukan multi variabel

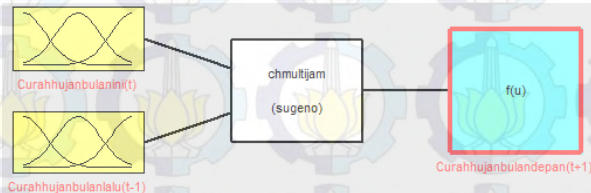
### 3. Sistem prediktor curah hujan bulanan dengan data per 3 jam



Gambar C.9 Sistem prediktor curah hujan data per 3 jam masukan *time series*

1. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.10 Basis aturan sistem prediktor curah hujan data per 3 jam masukan *time series*

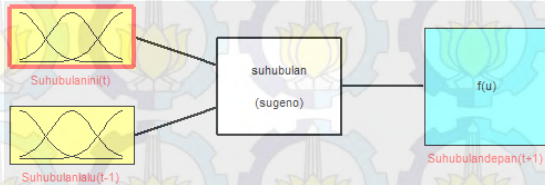


Gambar C.11 Sistem prediktor curah hujan data per 3 jam masukan multi variabel

1. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.12 Basis aturan sistem prediktor curah hujan data per 3 jam masukan multi variabel

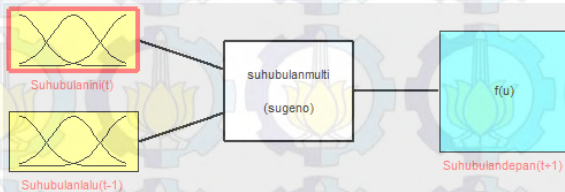
#### 4. Sistem prediktor suhu bulanan dengan data bulanan



Gambar C.13 Sistem prediktor suhu data bulanan masukan *time series*

1. If (Suhubulanni(t) is rendah) and (Suhubulanlalu(t-1) is rendah) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Suhubulanni(t) is rendah) and (Suhubulanlalu(t-1) is sedang) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Suhubulanni(t) is rendah) and (Suhubulanlalu(t-1) is tinggi) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Suhubulanni(t) is sedang) and (Suhubulanlalu(t-1) is rendah) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Suhubulanni(t) is sedang) and (Suhubulanlalu(t-1) is sedang) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Suhubulanni(t) is sedang) and (Suhubulanlalu(t-1) is tinggi) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Suhubulanni(t) is tinggi) and (Suhubulanlalu(t-1) is rendah) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Suhubulanni(t) is tinggi) and (Suhubulanlalu(t-1) is sedang) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Suhubulanni(t) is tinggi) and (Suhubulanlalu(t-1) is tinggi) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.14 Basis aturan sistem prediktor suhu data bulanan masukan *time series*

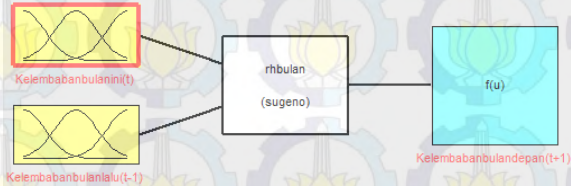


Gambar C.15 Sistem prediktor suhu data bulanan masukan multi variabel

1. If (Suhubulanni(t) is rendah) and (Suhubulanlalu(t-1) is rendah) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Suhubulanni(t) is rendah) and (Suhubulanlalu(t-1) is sedang) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Suhubulanni(t) is rendah) and (Suhubulanlalu(t-1) is tinggi) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Suhubulanni(t) is sedang) and (Suhubulanlalu(t-1) is rendah) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Suhubulanni(t) is sedang) and (Suhubulanlalu(t-1) is sedang) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Suhubulanni(t) is sedang) and (Suhubulanlalu(t-1) is tinggi) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Suhubulanni(t) is tinggi) and (Suhubulanlalu(t-1) is rendah) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Suhubulanni(t) is tinggi) and (Suhubulanlalu(t-1) is sedang) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Suhubulanni(t) is tinggi) and (Suhubulanlalu(t-1) is tinggi) then (Suhubulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.16 Basis aturan sistem prediktor suhu data bulanan masukan multi variabel

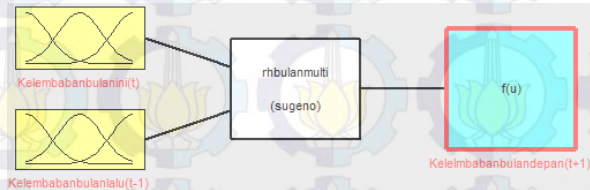
5. Sistem prediktor kelembaban bulanan dengan data bulanan



Gambar C.17 Sistem prediktor kelembaban data bulanan masukan *time series*

1. If (Kelembabanbulanini(t) is rendah) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Kelembabanbulanini(t) is rendah) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Kelembabanbulanini(t) is rendah) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Kelembabanbulanini(t) is sedang) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Kelembabanbulanini(t) is sedang) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Kelembabanbulanini(t) is sedang) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Kelembabanbulanini(t) is tinggi) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Kelembabanbulanini(t) is tinggi) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Kelembabanbulanini(t) is tinggi) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.18 Basis aturan sistem prediktor kelembaban data bulanan masukan *time series*

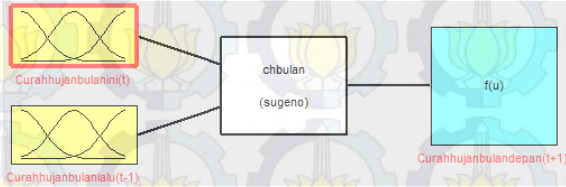


Gambar C.19 Sistem prediktor kelembaban data bulanan masukan multi variabel

1. If (Kelembabanbulanini(t) is rendah) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf1) (1)
2. If (Kelembabanbulanini(t) is rendah) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf2) (1)
3. If (Kelembabanbulanini(t) is rendah) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf3) (1)
4. If (Kelembabanbulanini(t) is sedang) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf4) (1)
5. If (Kelembabanbulanini(t) is sedang) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf5) (1)
6. If (Kelembabanbulanini(t) is sedang) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf6) (1)
7. If (Kelembabanbulanini(t) is tinggi) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is rendah) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf7) (1)
8. If (Kelembabanbulanini(t) is tinggi) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is sedang) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf8) (1)
9. If (Kelembabanbulanini(t) is tinggi) and (Kelembabanbulanlalu(t-1) is tinggi) then (Kelembabanbulandepan(t+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.20 Basis aturan sistem prediktor kelembaban data bulanan masukan multi variabel

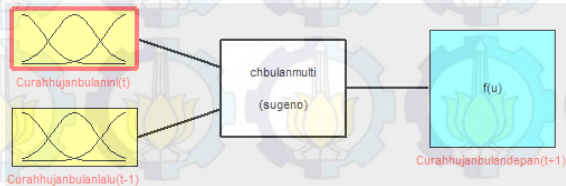
## 6. Sistem prediktor curah hujan bulanan data bulanan



Gambar C.21 Sistem prediktor curah hujan data bulanan masukan *time series*

1. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf1) (1)
2. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf2) (1)
3. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf3) (1)
4. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf4) (1)
5. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf5) (1)
6. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf6) (1)
7. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf7) (1)
8. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf8) (1)
9. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.22 Basis aturan sistem prediktor curah hujan data bulanan masukan *time series*



Gambar C.23 Sistem prediktor curah hujan data bulanan masukan multi variabel

1. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf1) (1)
2. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf2) (1)
3. If (Curahhujanbulanini(t) is rendah) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf3) (1)
4. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf4) (1)
5. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf5) (1)
6. If (Curahhujanbulanini(t) is sedang) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf6) (1)
7. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is rendah) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf7) (1)
8. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is sedang) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf8) (1)
9. If (Curahhujanbulanini(t) is tinggi) and (Curahhujanbulanialu(t-1) is tinggi) then (Curahhujanbulandepan(+1) is out1mf9) (1)

Gambar C.24 Basis aturan sistem prediktor curah hujan data bulanan masukan multi variabel



## LAMPIRAN D

### 1. Profil Narasumber I

Nama : Ibu Sinta

Jabatan : Petugas Penyuluh Lapang (PPL) Dinas Pertanian  
Kabupaten Malang sejak tahun 2010

Tugas :

- Melakukan penyuluhan dan pelatihan kepada para petani sayur di Kabupaten Malang terkait proses pencegahan hama tanaman kepada paguyuban petani sayuran yang ada di tiap desa.
- Menerima laporan dari petani tentang kondisi aktual pertanian yang diusahakan. Kondisi tersebut bisa berupa keluhan tentang serangan hama dan penyakit, gagal panen, ketersediaan benih, harga hasil pertanian dan lain sebagainya.
- Melaporkan hasil temuan yang ada di lapangan kepada pihak Dinas Pertanian Kabupaten Malang.

### 2. Profil Narasumber II

Nama : Bapak Sugiyat

Jabatan : Kepata Unit Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Dinas Pertanian Kabupaten Malang

Tugas :

- Mengadakan penyuluhan, pelatihan dan pembimbingan kepada petani tentang tindakan pencegahan dan perlawanan terhadap hama dan penyakit tanaman, khususnya untuk tanaman pangan dan hortikultura.
- Mengamati, mencatat dan melaporkan kondisi lapangan sistem pertanian sayuran, misalnya yang berkaitan dengan jumlah produksi, curah hujan bulanan, jenis hama yang menyerang, luas panen dan lain sebagainya.

- Memberikan bantuan kepada petani agar hasil panennya dapat maksimal.

