



TUGAS AKHIR - TF 141581

**ANALISIS CUACA MARITIM BERDASARKAN HASIL
PREDIKTOR LOGIKA FUZZY CUACA DARAT DI
DAERAH PASURUAN, PROBOLINGGO,
SITUBONDO DAN BANYUWANGI**

Gilang Eka Saputra
NRP 2411100 020

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT

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



FINAL PROJECT - TF 141581

**ANALYSING MARITIM WEATHER BASED ON
RESULT OF LAND WEATHER FUZZY LOGIC
PREDICTOR IN PASURUAN, PROBOLINGGO,
SITUBONDO AND BANYUWANGI**

Gilang Eka Saputra
NRP 2411100 020

Supervisor
Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT

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

**LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA CUACA MARITIM BERDASARKAN HASIL
PREDIKTOR LOGIKA FUZZY CUACA DARAT DI
DAERAH PASURUAN, PROBOLINGGO, SITUBONDO
DAN BANYUWANGI**

TUGAS AKHIR

Oleh :
GILANG EKA SAPUTRA
NRP. 2411 100 020

Surabaya, 30 Januari 2015
Mengetahui / Menyetujui,

Pembimbing



Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT
NIP. 19660116 198903 2 001



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA CUACA MARITIM BERDASARKAN HASIL
PREDIKTOR LOGIKA FUZZY CUACA DARAT DI
DAERAH PASURUAN, PROBOLINGGO, SITUBONDO,
DAN BANYUWANGI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GILANG EKA SAPUTRA
NRP 2411 100 020

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT	.....	(Pembimbing I)
2. Ir. Ya'umar, MT	.....	(Ketua Penguji)
3. Ir. Syamsul Arifin, MT	.....	(Penguji I)
4. Ir. Tutug Dhanardono	.....	(Penguji II)
5. Bagus Tris Atmaja, ST, MT	.....	(Penguji III)

SURABAYA
2015

ANALISIS CUACA MARITIM BERDASARKAN HASIL PREDIKTOR LOGIKA FUZZY CUACA DARAT DI DAERAH PASURUAN, PROBOLINGGO, SITUBONDO, DAN BANYUWANGI

Nama Mahasiswa : Gilang Eka Saputra
NRP : 2411 100 020
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.

Abstrak

Indonesia adalah negara maritim yang sebagian penduduk wilayah pesisirnya berprofesi sebagai nelayan. Nelayan perlu mengetahui kondisi lautan sebelum melaut. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prediktor yang memperbaiki prediktor pada penelitian sebelumnya yang memiliki kekurangan berupa akurasi yang rendah. Prediktor dirancang berbasis logika fuzzy Takagi-Sugeno dan menggunakan metode partisi input *Fuzzy C-Means* (FCM). Tingkat akurasi prediktor diukur dengan menggunakan skala linguistik dalam standar internasional (WMO) untuk variabel kecepatan angin dan tinggi gelombang. Dari penelitian ini didapatkan nilai akurasi terbaik untuk setiap daerah pada jarak 50 km dan 100 km dari pesisir pantai untuk kecepatan angin sebesar 84,93% dan 67,58% di Banyuwangi. Untuk ketinggian gelombang adalah 89,64% dan 67,81% di Pasuruan. Terakhir untuk kecepatan arus adalah 89,23% dan 96,86% di Pasuruan. Secara umum, sistem tidak mampu memperbaiki yang sebelumnya.

Kata Kunci : *logika fuzzy, fuzzy c-means dan variabel cuaca*



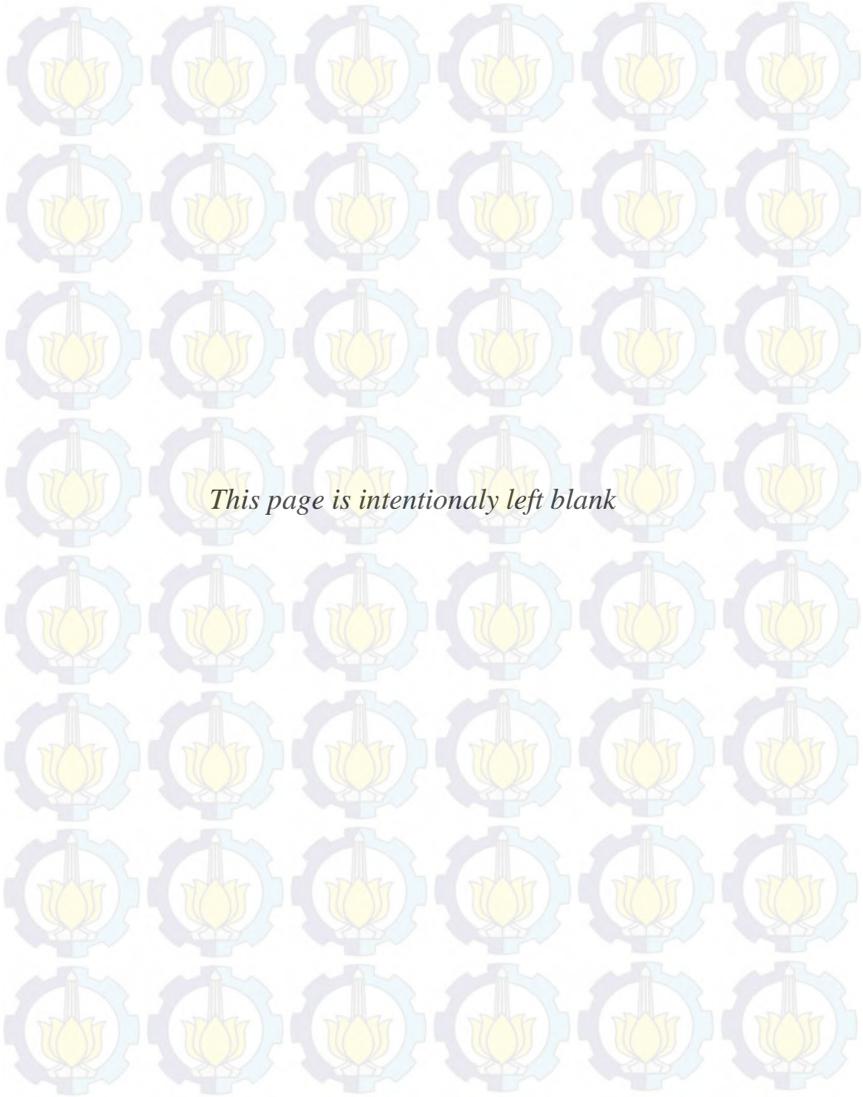
ANALYSIS MARITIME WEATHER BASED ON RESULT OF LAND WEATHER FUZZY LOGIC PREDICTION IN PASURUAN, PROBOLINGGO, SITUBONDO, AND BANYUWANGI

Name : Gilang Eka Saputra
NRP : 2411 100 020
Departement : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisors : Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT.

Abstrak

Indonesia is a maritime country that most people's job of the coastal area as a fisherman. Fishermen need to know the sea conditions before going to sea. This research aims to design an improved predictor on previous research that has a lack of accuracy. Fuzzy logic-based designed Predictor of Takagi-Sugeno method and using the Fuzzy C-Means (FCM). The accuracy of predictors are measured using a scale of linguistics in the international standard (WMO) for variable speed wind and high waves. From this research, we get the best accuracy value for each region at a distance of 50 km and 100 km from the coast are wind speeds of 84,93% and 67,58% in Banyuwangi. For the height of the wave is 89,64% and 67,81% in Pasuruan. For current speed prediction is 89,23% and 96,86% in Pasuruan. In General, the system is not able to fix the previous one.

Keywords : *fuzzy logic, fuzzy c-means and weather variable*



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Shalawat dan salam juga penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad S.AW sebagai sebaik – baik suri tauladan dan yang telah membawa umat manusia dari zaman kebodohan ke zaman yang terang dan penuh hikmah, serta. Penelitian tugas akhir ini berjudul “*Analisis Cuaca Maritim Berdasarkan Hasil Prediksi Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, Situbondo, dan Banyuwangi*” yang bertujuan untuk memprediksi keadaan unsur cuaca maritim dengan parameter unsur cuaca darat. Penentuan daerah penelitian juga dimaksudkan agar hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk masyarakat yang tinggal pada daerah tersebut dan sehari – hari beraktifitas dilaut.

Disadari atau tidak, dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan pertolongan dan dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, alm. Ayah (Slamet Moedjiono), Mama (Etty Soedigidjati), yang telah berjuang serta tidak terhitung jasa dan pengorbanannya dalam mengasuh dan mendidik penulis. Kedua orang tua penulis pula yang tiada henti – hentinya memberikan do’a dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan pada program studi S1 Teknik Fisika ITS.
2. Adik penulis (Bayu Swastika Saputra) dan keluarga besar penulis, yang telah memberikan semangat, motivasi, dan do’a kepada penulis.
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
4. Ir. Tutug Danardhono, MT. selaku Dosen Wali penulis yang telah banyak membimbing dan mendidik penulis selama mengenyam pendidikan di program studi S1 Teknik Fisika - ITS.

5. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT selaku Dosen Pembimbing yang tidak kenal lelah dalam mendidik, membimbing dan memberi motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
6. Ir. Ya'umar, MT selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumentasi yang telah banyak memberikan kemudahan dan masukkan yang membangun untuk penelitian tugas akhir ini.
7. Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya beserta para staff yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
8. Angkatan 2011 Teknik Fisika ITS (F46) yang telah memberikan banyak pengalaman, pelajaran, kebahagiaan dan arti perjuangan dalam masa perkuliahan. Semoga kesuksesan dan kebermanfaatan selalu menyertai kita.
9. Seluruh sahabat penulis, yang telah banyak memberikan bantuan moril dan materil, dukungan, doa, canda, tawa dan kebahagiaan kepada penulis selama mengenyam pendidikan di Teknik Fisika - ITS Surabaya.
10. Semua pihak yang belum disebutkan namun telah memberikan bantuan, semangat, serta do'anya. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian dengan sesuatu yang jauh lebih baik lagi.

Demikian laporan ini dibuat, penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun demi kebaikan bersama. Semoga laporan penelitian tugas akhir ini dapat memberikan manfaat.

Surabaya,

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
Abstrak.....	viii
Abstrak.....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
1. ....BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Laporan	5
2. ....BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Logika <i>Fuzzy</i>	7
2.2 Pengertian Cuaca	14
2.3 Analisis Korelasi	21
3. ....BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Alur Penelitian	23
3.2 Studi Literatur	28
3.3 Pengumpulan Cuaca Darat dan Maritim	28
3.4 Analisis Korelasi Cuaca Darat dan Maritim	30
3.5 Perancangan FIS (Fuzzy Inference System)	30

3.6 Perancangan GUI Validasi	40
3.7 Pengolahan Data Hasil Prediktor	41
4. ....BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN...43	
4.1 Pengolahan dan Penentuan Koefisien Korelasi Cuaca Darat dan Cuaca Maritim	43
4.2 Pengujian FIS Prediktor Logika Fuzzy Cuaca Darat Untuk Prediktor Cuaca Maritim	45
4.3 Pembahasan	65
5. ....BAB V PENUTUP.....67	
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN A.....	71
LAMPIRAN B.....	75
LAMPIRAN C.....	127

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Definisi hujan menurut AMS (<i>American Meteorological Society</i>).....	15
Tabel 2.2 Skala beaufort kecepatan angin.	16
Tabel 2.3 Distribusi frekuensi angin.....	17
Tabel 2.4 Standar tinggi gelombang oleh WMO	21
Tabel 2.5 Standar tinggi gelombang oleh WMO	22
Tabel 3.1 Metodologi penelitian berdasarkan rentang waktu	25
Tabel 4.1 Hasil korelasi unsur cuaca darat dan maritim	43
Tabel 4.2 Performansi prediktor kecepatan angin di Pasuruan ..	47
Tabel 4.3 Performansi prediktor kecepatan angin di Probolinggo	48
Tabel 4.4 Performansi prediktor kecepatan angin di Situbondo	50
Tabel 4.5 Performansi prediktor kecepatan angin di Banyuwangi	51
Tabel 4.6 Performansi prediktor ketinggian gelombang di Pasuruan	54
Tabel 4.7 Performansi prediktor ketinggian gelombang di Probolinggo	56
Tabel 4.8 Performansi prediktor ketinggian gelombang di Situbondo	57
Tabel 4.9 Performansi prediktor ketinggian gelombang di Banyuwangi.....	58
Tabel 4.10 Performansi prediktor kecepatan arus di Pasuruan ..	60
Tabel 4.11 Performansi prediktor kecepatan arus di Probolinggo	61
Tabel 4.12 Performansi prediktor kecepatan arus di Situbondo.	63
Tabel 4.13 Performansi prediktor kecepatan arus di Banyuwangi	64



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

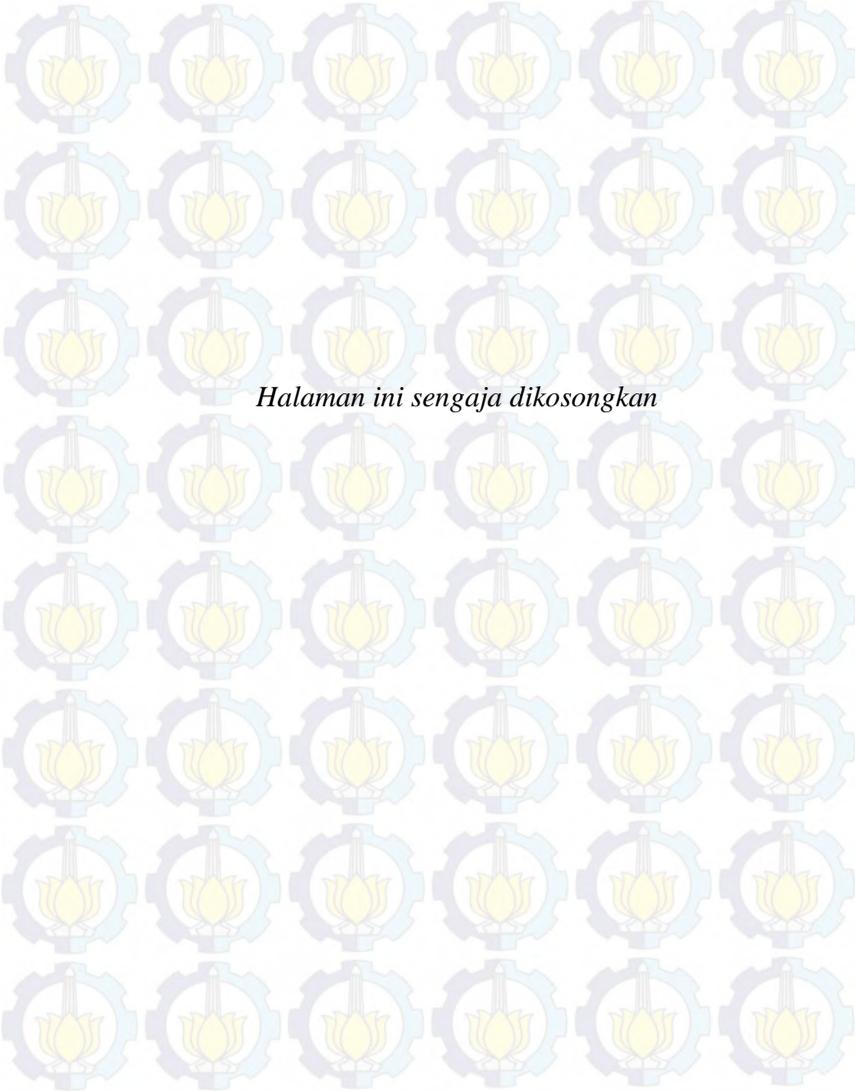
	Hal
Gambar 2.1 Struktur dasar logika fuzzy	8
Gambar 2.2 Kurva keanggotaan gaussian.....	9
Gambar 2.3 Kurva keanggotaan trapesium	10
Gambar 2.4 Kurva keanggotaan segitiga	10
Gambar 2.5 Struktur fuzzy murni	13
Gambar 2.6 Struktur fuzzy mamdani	13
Gambar 2.7 Struktur fuzzy takagi sugeno.....	14
Gambar 2.8 Sirkulasi arus laut samudera di dunia.....	20
Gambar 2.9 Gelombang laut yang mencapai pantai	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	27
Gambar 3.2 Peta lokasi titik – titik penelitian dan pengambilan data dilihat melalui aplikasi perangkat lunak <i>Google Earth</i>	29
Gambar 3.3 Hasil FCM pada data kecepatan arus di daerah Pasuruan.....	31
Gambar 3.4 Rancangan prediktor angin	32
Gambar 3.5 Perancangan prediktor kecepatan angin pada Matlab (a) Struktur Input-Output pada FIS (b) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin	31
Gambar 3.6 Rancangan prediktor kecepatan arus	35
Gambar 3.7 Perancangan prediktor kecepatan arus pada Matlab, (a) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin (b) Fungsi keanggotaan variabel tekanan udara, (c) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan arus.....	35
Gambar 3.8 Rancangan prediktor tinggi gelombang	38
Gambar 3.9 Perancangan prediktor tinggi gelombang pada Matlab,(a) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin, (b) Fungsi keanggotaan variabel tekanan udara	39
Gambar 3.10 Tampilan Program Validasi Prediktor Cuaca Maritim	41

Gambar 4.1 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Pasuruan pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	46
Gambar 4.2 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Probolinggo pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km	47
Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Situbondo pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	49
Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Banyuwangi pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	50
Gambar 4.5 Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Pasuruan pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	53
Gambar 4.6 Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Probolinggo pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	54
Gambar 4.7 Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Situbondo pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	56
Gambar 4.8 Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Banyuwangi pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	57
Gambar 4.9 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan arus dengan data aktual di Pasuruan pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	59
Gambar 4.10 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan arus dengan data aktual di Probolinggo pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir	60

Gambar 4.11 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan arus dengan data aktual di Situbondo pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir.....62

Gambar 4.12 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan arus dengan data aktual di Banyuwangi pada jarak (a) 50 km dari pesisir (b) 100 km dari pesisir.....63





Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang mayoritas wilayahnya terdiri atas perairan. Panjang pantai di Indonesia mencapai 95.181 km dengan luas wilayah laut sebesar 5,8 juta km², mendominasi total luas teritorial Indonesia sebesar 7,7 juta km² (Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2010), oleh karena itu, laut merupakan salah satu sumber kehidupan utama bagi masyarakat Indonesia, terlebih bagi masyarakat pesisir pantai. Laut di Indonesia banyak dimanfaatkan sebagai sumber untuk mencari nafkah dan sarana transportasi. Salah satu kawasan yang padat aktivitas kemaritiman di Indonesia adalah laut Jawa. Laut Jawa merupakan salah satu laut dengan pemanfaatan sumber daya yang terbilang cukup tinggi. Sebagai contoh, dari segi sumber daya perikanan, laut Jawa memiliki persentase pemanfaatan 137,34% (Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2010).

Sebagian besar penduduk pesisir berprofesi sebagai nelayan. Akibat dari pemanasan global, akhir-akhir ini cuaca sulit untuk diprediksi. Cuaca yang sulit untuk diprediksi akan menyulitkan nelayan yang akan pergi melaut, selain itu jika nelayan melaut tanpa mengetahui bagaimana kondisi laut, akan sangat membahayakan keselamatan. Sepanjang tahun 2014, telah terjadi sebanyak 150 kasus tenggelamnya kapal dan 28 kasus kapal terbalik (Badan Keamanan Laut RI, 2015). Untuk meminimalisir kerugian jiwa yang disebabkan karena cuaca buruk berupa hujan deras, angin kencang dan gelombang laut tinggi yang melanda wilayah Pasuruan, Situbondo, Probolinggo dan Banyuwangi, maka penting untuk dapat melakukan peramalan cuaca yang akan terjadi serta mengetahui korelasi antara cuaca di darat dengan dilaut sehingga diketahui hubungan sebab-akibat yang ada.

Berdasarkan penelitian yang sebelumnya yang berjudul “Analisa Karakteristik Cuaca Maritim Berdasarkan hasil Prediksi Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, dan

Situbondo” didapatkan bahwa sistem prediktor yang telah dibuat memiliki akurasi hasil prediksi cuaca maritim untuk 1 jam kedepan pada setiap titik berjarak 50 km dan 100 km dari daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo secara berturut-turut adalah sebagai berikut: (Hafizh, 2013)

➤ Kecepatan Angin : 70,751% dan 47,263% di Pasuruan, 59,160% dan 47,871% di Probolinggo, dan 59,312% dan 44,522% di Situbondo.

➤ Ketinggian gelombang : 79,825% dan 52,780% di Pasuruan, 64,696% dan 45,236% di Probolinggo, dan 51,910% dan 55,155% di Situbondo.

➤ Kecepatan Arus : 97,292% dan 24,161% di Pasuruan, 83,990% dan 36,662% di Probolinggo, dan 42,400% dan 18,610% di Situbondo.

Melalui penelitian sebelumnya, ditemukan kekurangan dalam sistem yang telah dibuat. Terlihat bahwa pada beberapa titik pengamatan, akurasi dari prediktor yang telah dibuat tidak merepresentasikan data actual (Hafizh,2013). Akurasi prediktor yang rendah ini disebabkan karena adanya pengaruh geografi Pulau Madura pada titik pengamatan, sehingga sistem prediktor tidak mampu untuk melakukan prediksi secara akurat karena adanya pengaruh tersebut. Oleh karena itu, penelitian pada tugas akhir yang akan dilakukan ini diharapkan akan memperbaiki kekurangan yang telah disebutkan sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang maka permasalahan yang ada dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana membangun aturan logika fuzzy berdasarkan nilai variabel cuaca di darat untuk memperbaiki sistem pada penelitian sebelumnya?
2. Bagaimana menganalisa korelasi antara variabel cuaca darat dengan cuaca maritim?
3. Apakah performansi prediktor yang telah dibuat lebih mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya?

1.3 Batasan Masalah

Perlu adanya batasan masalah agar pembahasan tidak - meluas dan menyimpang dari tujuan dan rumusan masalah, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Data yang digunakan menggunakan data sekunder dari BMKG dalam kurun waktu 2010-2013.
- Prediksi dilakukan pada daerah Pasuruan, Probolinggo, Banyuwangi dan Situbondo dan sepanjang 50 km dan 100 km dari masing - masing bibir pantai.
- Metode yang digunakan adalah logika fuzzy.
- Pengolahan data menggunakan *software* Matlab R2012a – 64 bit.
- Variabel cuaca yang menjadi obyek penelitian adalah kecepatan angin, tekanan udara, tinggi gelombang, dan arus laut.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah disampaikan maka tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Dapat membangun aturan logika fuzzy berdasarkan nilai variabel cuaca darat yang memperbaiki sistem sebelumnya.
2. Merancang prediktor variabel cuaca maritim berbasis sistem inferensi fuzzy berdasarkan variabel cuaca darat.
3. Memperbaiki performansi prediktor yang telah dibuat agar memperbaiki kekurangan dari penelitian sebelumnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk memberikan solusi alternated untuk peramalan cuaca maritim secara lebih akurat dan memperbaiki akurasi dari sistem yang telah dibuat sebelumnya.

1.6 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan yang telah ada, maka diperlukan sebuah metodologi penelitian yang memuat berbagai tahapan yang akan dilaksanakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Adapun tahapan yang dilakukan adalah:

1. Studi literatur

Tahap awal dari penelitian ini adalah memahami metodologi yang akan digunakan dalam penelitian dan perancangan sistem FIS (*Fuzzy Inference System*). Studi literatur juga dilakukan untuk memahami lebih dalam mengenai fenomena cuaca pada daratan dan laut, serta hubungannya.

2. Pengumpulan Data Cuaca Darat dan Maritim

Tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data cuaca pada daratan dan laut yang didapat dari data BMKG I dan II selama rentang 5 tahun terakhir untuk kemudian diolah untuk menentukan korelasi dan membangun aturan logika fuzzy untuk prediksi cuaca. Pada tahap akhir data tersebut juga digunakan untuk membandingkan dan sebagian tolak ukur hasil prediksi yang dilakukan dengan metode fuzzy.

3. Analisa Korelasi Unsur Cuaca Darat dan Laut

Pada tahap ini data unsur cuaca darat dan laut diolah dengan menggunakan metode korelasi Spearman untuk tujuan mengetahui seberapa besar korelasi data cuaca darat dan cuaca maritim.

4. Pembuatan *Fuzzy Inference System*

Data cuaca di darat diolah untuk kemudian dibuat aturan logika fuzzy untuk memprediksi unsur cuaca maritim. Logika fuzzy yang digunakan adalah logika fuzzy takagi sugeno karena keluarannya berupa konstanta atau persamaan linier dan metode ini memperbaiki kelemahan yang ada pada logika fuzzy murni.

5. Validasi Hasil Prediktor

Pada tahap ini hasil dari prediksi cuaca dengan menggunakan metode logika fuzzy dianalisa kemudian dibandingkan dengan data BMKG untuk diketahui tingkat keakuratan hasil prediksi.

6. Analisa Hasil Prediksi Cuaca dengan Logika Fuzzy

Analisa dilakukan dari perbandingan hasil akurasi prediksi FIS dengan data aktual dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II. Analisa dilakukan untuk mencari hubungan sebab –

akibat pada fenomena cuaca darat dan laut dan pembahasan terhadap hasil prediksi FIS.

7. Penyusunan Laporan

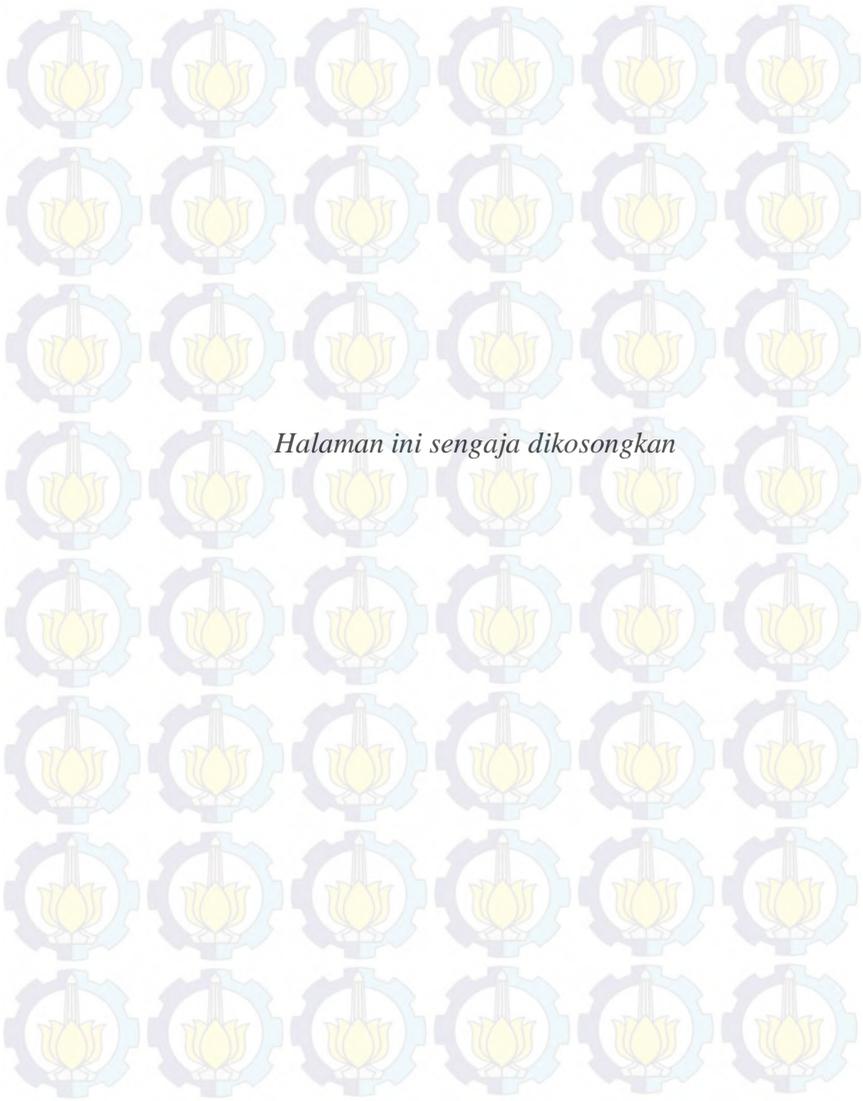
Pada tahap ini hasil kegiatan penelitian disusun dan dibukukan dalam bentuk laporan tugas akhir.

1.7 Sistematika Laporan

Sistematika yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian tugas akhir ini adalah:

Bab I Pendahuluan, pada bagian ini berisi tentang latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, waktu dan pelaksanaan penelitian serta sistematika penulisan laporan penelitian. **Bab II** Tinjauan Pustaka, berisi teori penunjang yang didalamnya dipaparkan mengenai dasar teori serta tinjauan penelitian sebelumnya. **Bab III** Metodologi Penelitian, berisi tentang penjelasan tentang prosedur penelitian beserta metode-metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

Bab IV Analisa Data dan Pembahasan, pada bab ini dilakukan analisa terhadap perancangan prediksi logika fuzzy cuaca maritim berdasarkan cuaca darat mulai dari metode yang digunakan hingga tingkat akurasi prediksi. **Bab V** Kesimpulan, pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan analisa permasalahan, kemudian juga diisi saran – saran yang perlu dilakukan untuk penelitian lebih lanjut.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

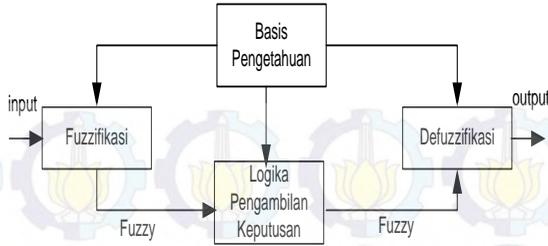
2.1 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu bentuk dari logika yang mempunyai nilai kessamaran antara benar dan salah. Berbeda dari himpunan biner tradisional dimana setiap variabel hanya memiliki nilai benar atau salah, variabel pada himpunan fuzzy memiliki derajat keanggotan tersendiri dan terletak diantara rentang nilai 0 dan 1. Dalam teori logika fuzzy, sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Sistem kepakaran logika fuzzy merupakan sebuah sistem pakar yang menerapkan konsep logika fuzzy didalamnya dan didasarkan pada cara berpikir manusia dalam mengolah informasi dan mengambil keputusan. Manusia cenderung memilah suatu informasi menjadi nilai benar dan salah atau bernilai benar dan salah secara bersamaan. Namun, manusia pada akhirnya mengambil keputusan berdasarkan tinggi atau rendahnya tingkat kebenaran atau kesalahan dalam informasi tersebut. Sistem kepakaran logika fuzzy dapat mengolah informasi yang bersifat linguistik maupun numerik hingga didapatkan keputusan dari masukan yang diberikan. Keluaran sistem kepakaran ini dapat berupa sebuah variabel linguistik atau variabel numerik.

Pengambilan keputusan dengan metode logika fuzzy memiliki empat tahap, yaitu :

- a) *Fuzzyfication*
- b) *Rule Base*
- c) *Decision Logic*
- d) *Deffuzzyfication*



Gambar 2.1 Struktur dasar logika fuzzy (Candra, 2010)

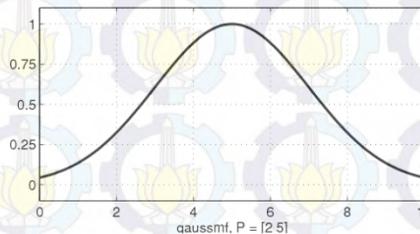
2.1.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy

2.1.1.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses awal pengolahan masukan atau informasi yang kemudian akan diproses lebih lanjut untuk pengambilan keputusan. Pada proses awal ini, data yang berbentuk tegas (*crisp*) diubah ke dalam himpunan fuzzy menjadi sebuah nilai keanggotaan dalam sebuah variabel linguistik masukan yang telah didefinisikan sebelumnya.

Nilai fungsi keanggotaan pada himpunan fuzzy memiliki rentang 0 – 1. Dimana nilai 0 menunjukkan bahwa informasi tersebut bukan merupakan anggota himpunan, sedangkan nilai 1 menunjukkan keanggotaan penuh pada himpunan tersebut. Pada umumnya bentuk fungsi nilai keanggotaan suatu himpunan fuzzy direpresentasikan menggunakan kurva.

Terdapat banyak macam kurva yang menggambarkan sebuah fungsi keanggotaan. Pada umumnya, jenis kurva yang sering digunakan untuk menggambarkan fungsi nilai keanggotaan adalah kurva Gaussian, kurva segitiga, dan kurva trapesium.

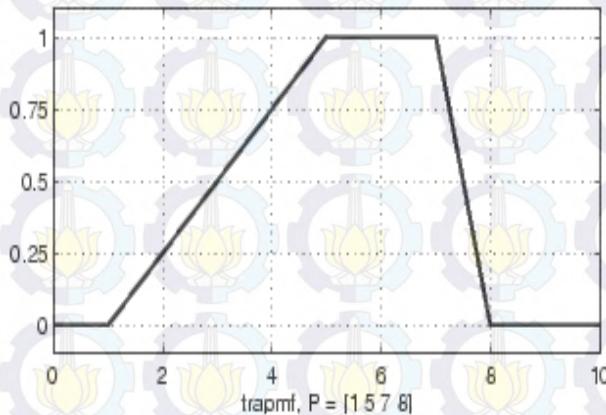


Gambar 2.2 Kurva keanggotaan gaussian (Kusumadewi, 2000)

Secara matematis fungsi kurva gaussian dapat dituliskan sebagai berikut :

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

Dilihat dari bentuknya, kurva gaussian terlihat jauh lebih halus dalam menggambarkan fungsi nilai keanggotaan, sedangkan kurva trapesium menunjukkan secara tegas dan jelas batas – batas nilai fungsi keanggotaan himpunan fuzzy. Titik perpotongan kurva himpunan satu dengan yang lain merupakan batas tengah transisi dari nilai keanggotaan himpunan fuzzy satu dengan yang lainnya.

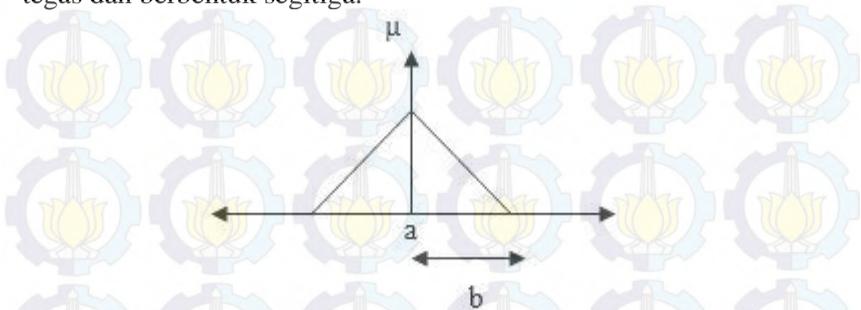


Gambar 2.3 Kurva keanggotaan trapesium (Kusumadewi, 2000)

Secara matematis fungsi kurva trapesium dapat dituliskan sebagai berikut

$$\mu [x] = \begin{cases} 1; 0 \leq (x-a) \leq \frac{b}{a} \\ 2 - 2 \frac{\sqrt{(x-a)^2}}{b}; \frac{b}{a} < (x-a) \leq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Kurva segitiga memiliki bentuk keanggotaan himpunan yang tegas dan berbentuk segitiga.



Gambar 2.4 Kurva keanggotaan segitiga (Kusumadewi, 2000)

Secara matematis fungsi keanggotaan kurva segitiga dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\mu_A[x] = 1 - \frac{\sqrt{(x-a)^2}}{b} \quad (2.3)$$

2.1.1.2 Rule Base

Rule base merupakan sebuah dasar peraturan yang digunakan sebagai dasar untuk mengolah masukan dari sebuah sistem pakar menjadi sebuah keluaran. Masukan dan keluaran himpunan fuzzy didasarkan pada pengalaman dan pertimbangan pakar. Pakar yang dimaksud disini bisa merupakan orang yang ahli pada bidang tersebut atau bisa merupakan perancang sistem fuzzy itu sendiri. Sehingga hasil dari keluaran sistem fuzzy ditentukan penuh oleh kepakaran perancang sistem fuzzy tersebut dalam membuat aturan. Bahasa yang digunakan dalam rule base merupakan bahasa logika umum yang biasa digunakan. Seperti dan (*and*), atau (*or*), Jika...Lalu (*If...Then..*)

Dalam dasar peraturan (*rule base*) sendiri dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu dasar peraturan itu sendiri dan basis data (*database*). Basis data adalah kumpulan data yang memuat informasi tentang semesta pembicaraan. Basis data ini menggambarkan data yang menjadi masukan dari sistem fuzzy

yang berupa besaran fisis objek yang telah diubah dan dikategorikan sesuai dengan definisi lingustiknya.

2.1.1.3 Decision Logic

Decision logic dapat dikatakan sebagai otak dalam pengambilan keputusan sistem fuzzy. Masukan yang telah menjadi himpunan fuzzy akan diproses lebih lanjut dan diambil keputusan pada proses *decision logic* ini. *Decision logic* atau biasa dikenal dengan Fuzzy Inference System (FIS) pada akhirnya menjadi bagian yang vital dalam sistem fuzzy.

Dalam *decision logic* ini aturan – aturan yang telah dibuat sebelumnya menjadi aktif dan mengolah sinyal masukan. Masukan yang berbentuk himpunan tegas diterima oleh *decision logic* yang kemudian dikirim ke rule base yang memiliki bagian database dan dasar peraturan. Logika Jika..Lalu.. (*If..Then..*) terjadi disini. Jika kondisi masukan memenuhi pernyataan *If* maka dasar peraturan akan aktif dan logika *Then* akan diaktifkan. Jika dasar peraturan ada lebih dari satu maka akan terjadi agregat dari semua aturan. Dimana sinyal masukan akan disesuaikan dengan kondisi peraturan mana yang memenuhi logika *If..Then..* sehingga kemudian akan mengaktifkan peraturan logika yang sesuai.

Pada praktiknya logika *If.. Then..* juga akan dihubungkan dengan dasar aturan lain dengan logika aturan dan, atau, dsb. Setelah sinyal masukan diproses dan keputusan diambil pada bagian *decision logic* maka hasil tersebut akan diproses lebih lanjut sebagai keluaran dari sistem fuzzy. Keluaran bisa berupa lingustik atau numerik tergantung dengan rancangan sistem fuzzy yang diinginkan.

2.1.1.4 Defuzzyfication

Defuzzyfication merupakan proses terakhir dalam pengambilan keputusan pada sistem fuzzy. Setelah keputusan diambil pada bagian *decision logic* maka keluaran dari sistem disesuaikan dengan perancangan. Keluaran tersebut diubah menjadi numerik, atau lingustik melalui proses *defuzzyfication*.

Ada banyak macam metode *defuzzyfication* yang diaplikasikan, diantaranya adalah metode titik pusat (*Center of*

Area) membagi momen pertama menjadi dua fungsi keanggotaan. Kemudian metode titik tengah rata – rata maksimum (*Mean of Maximum*) yang merepresentasikan nilai titik tengah dari keluaran fungsi anggota maksimum, metode nilai terbesar dari maksimum (*Largest of Maximum*), perolehan nilai keluaran dihitung dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki keanggotaan maksimum, metode nilai terkecil dari maksimum (*Smallest of Maximum*), dimana nilai keluaran diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

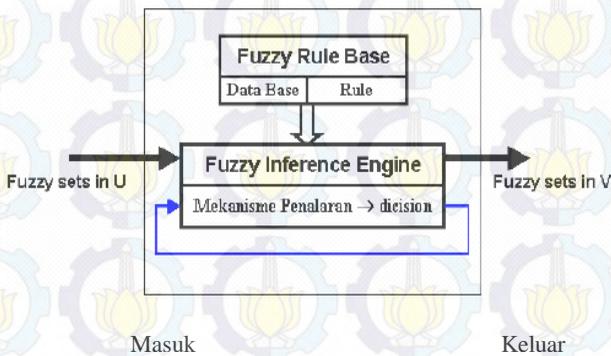
2.1.2 Jenis Logika Fuzzy

Logika fuzzy terdiri dari 3 jenis, yang tiap jenisnya memiliki karakteristik tersendiri. Adapun 3 jenis logika fuzzy tersebut adalah :

a) Logika Fuzzy Murni

Logika fuzzy murni didasarkan pada masukan dan keluaran yang berupa linguistik. Dengan kaidah fuzzy seperti berikut :

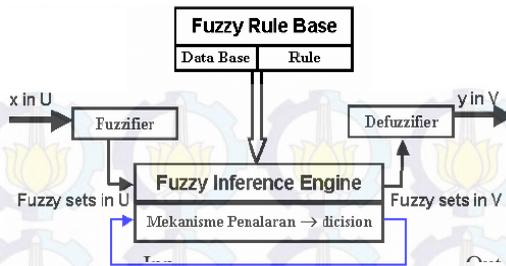
If Input x_1 is F_1 and Input x_2 is F_2 , then Output y is G



Gambar 2.5 Struktur fuzzy murni. (Iswahyudi, 2009)

b) Logika Fuzzy Mamdani

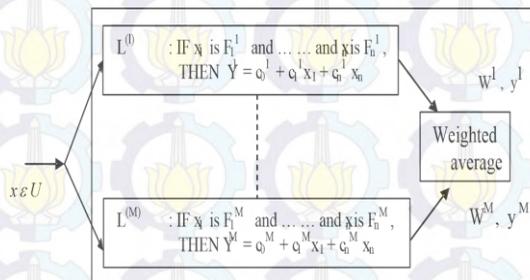
Logika fuzzy Mamdani didasarkan pada input dan keluaran yang berupa numerik. Adapun kaidah fuzzy Mamdani seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.6 Struktur fuzzy mamdani (Iswahyudi, 2009)

c) Logika Fuzzy Takagi-Sugeno-Kang

Logika fuzzy Takagi-Sugeno-Kang didasarkan pada masukan linguistik dan keluaran numerik. Keluarannya berupa konstanta atau persamaan linier. Adapapun kaidah fuzzy Takagi – Sugeno-Kang seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.7 Struktur Fuzzy Takagi Sugeno-Kang (Iswahyudi, 2009)

2.1.3 Fuzzy Clustering

Fuzzy clustering merupakan salah satu teknik pengelompokan data yang didasarkan pada derajat keanggotaan pada tiap *cluster*. Teknik *fuzzy clustering* berguna dalam pembentukan sebuah model sistem inferensi fuzzy, terutama dalam mengidentifikasi aturan-aturannya

Ada berbagai macam algoritma *clustering* data berbasis fuzzy, salah satunya adalah *Fuzzy C-Means* atau lebih dikenal dengan sebutan FCM. FCM merupakan teknik *pengclusteringan* data yang tiap titik-titik dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Keluaran dari algoritma FCM ini berupa deretan

pusat *cluster* dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap titik-titik data. Pada perangkat lunak Matlab, telah tersedia fitur FCM ini, dengan menggunakan sintaks `fcm`.

2.2 Pengertian Cuaca

Cuaca adalah keadaan atmosfer pada suatu zona atau daerah yang kecil dan berlangsung pada jangka waktu yang singkat (dibandingkan dengan iklim). Berbeda dengan iklim yang melingkupi zona yang luas dan dengan waktu yang relatif lama dan mempengaruhi musim, cuaca lebih bersifat terbatas melingkupi daerah tertentu dengan jangka waktu yang singkat. Keadaan cuaca suatu daerah sangat dipengaruhi dengan iklim yang sedang berlangsung pada daerah tersebut. Iklim juga berubah sesuai dengan letak daerah tersebut pada bagian belahan bumi.

2.2.1 Unsur - Unsur Penentu Cuaca Darat

Cuaca merupakan salah satu gejala atmosfer yang terjadi dan mempengaruhi secara langsung kehidupan dipermukaan bumi. Perubahan cuaca dipengaruhi oleh iklim yang sedang berlangsung dan unsur – unsur pembentuk cuaca itu sendiri. Pengaruh cuaca akan berbeda antara cuaca didarat dan dilaut. Adapun unsur – unsur pembentuk cuaca yang umum adalah kelembaban udara, curah hujan, tekanan udara, kecepatan angin, dan suhu udara.

2.2.1.1 Kelembaban Udara

Pengertian kelembaban udara adalah perbandingan kandungan uap air dengan udara. Kelembaban udara juga dapat dinyatakan dengan beberapa istilah, yaitu :

1. Kelembaban Nisbi atau biasa dikenal dengan RH (*Relative Humidity*). Kelembaban nisbi menyatakan persentase perbandingan antara tekanan uap air (aktual) dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama.
2. Kelembaban mutlak, menyatakan massa uap air yang terkandung per satuan volume udara.
3. Kelembaban spesifik, menyatakan perbandingan antara massa udara aktual di atmosfer per satuan massa udara.

2.2.1.2 Curah Hujan (*Percipitation*)

Curah hujan digunakan untuk menyatakan banyaknya jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah atau area alam waktu tertentu. Waktu pengukuran curah hujan biasanya per hari, per minggu, per bulan atau per tahun.

American Meteorological Society mengategorikan tingkatan hujan berdasarkan intensitas seperti yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Definisi hujan menurut AMS (*American Meteorological Society*, 2000)

No.	Jenis Hujan	Kuantitas
1	Hujan Ringan	$\leq 0,25$ cm/jam
2	Hujan Sedang	0,26-0,76 cm/jam
3	Hujan Lebat	$> 0,76$ cm/jam

2.2.1.3 Tekanan Udara

Tekanan udara merupakan gaya yang timbul akibat adanya berat dari lapisan udara. Tekanan udara pada suatu tempat mempengaruhi keadaan cuaca pada tempat tersebut. Tekanan udara akan mempengaruhi hembusan angin. Hembusan angin akan membawa awan yang mengandung uap air.

Ketinggian letak geografis suatu daerah juga mempengaruhi tekanan udara, semakin tinggi letak suatu daerah maka tekanan udaranya semakin kecil. Sedangkan semakin rendah letak suatu daerah maka tekanan udaranya semakin besar. Sebagai contoh, tekanan udara yang paling besar pada permukaan bumi yang masih ditinggali manusia yaitu daerah pantai. Dengan tekanan udara umumnya 1 Atmosfer (76 cmHg).

Berdasarkan besar nilai tekanan udara, maka tekanan udara digolongkan menjadi 3 macam yang dinyatakan dalam satuan milibar (mb) yaitu :

- Tekanan Udara Permukaan Laut (1013 mb)
- Tekanan Udara Rendah (< 1013 mb)
- Tekanan Udara Tinggi (> 1013 mb)

2.2.1.4 Angin

Angin merupakan udara yang bergerak sebagai akibat rotasi bumi dan juga adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya.

Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun secara vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis (Lakitan, 2002).

Kecepatan angin bergerak memiliki standar yang pertama kali diperkenalkan oleh seorang angkatan laut Inggris pada tahun 1814. Beaufort memperkenalkan sistem pengklasifikasian kecepatan angin. Beaufort mengklasifikasikan kecepatan angin menjadi 13 jenis dan skala. (World Meteorological Organization, 1998)

Tabel 2.2 Skala Beaufort kecepatan angin (World Ocean Circulation Experiment, 2002)

Kekuatan Angin	Kecepatan Angin		Nama
	Skala Beaufort	m/dt		km/jam
0	0,0 - 0,5	0 - 1	<i>Calm</i>
1	0,6 - 1,7	2 - 6	<i>Light Air</i>
2	1,8 - 3,3	7 - 12	<i>Light Breeze</i>
3	3,4 - 5,2	13 - 18	<i>Gentle Breeze</i>
4	5,3 - 7,4	19 - 26	<i>Moderate Breeze</i>
5	7,5 - 9,8	27 - 35	<i>Fresh Breeze</i>
6	9,9 - 12,4	36 - 44	<i>Strong Breeze</i>
7	12,5 - 15,2	45 - 54	<i>Near Gale</i>
8	15,3 - 18,2	55 - 65	<i>Gale</i>
9	18,3 - 21,5	66 - 77	<i>Strong Gale</i>
10	21,6 - 25,1	78 - 90	<i>Storm</i>
11	25,2 - 29,0	91 - 104	<i>Violent Storm</i>
12	≥ 29	≥ 105	<i>Hurricane</i>

Pergerakan angin juga memiliki arah. Arah angin dinyatakan dalam satuan derajat. Besar nilai derajat angin memiliki makna pergerakan arah angin seperti yang dinyatakan oleh tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Distribusi frekuensi angin (World Ocean Circulation Experiment, 2002)

No	Arah	Besar Sudut
1	Utara (U)	360 ^o
2	Utara Timur Laut (UTL)	22,5 ^o
3	Timur Laut (TL)	45 ^o
4	Timur Laut Timur (TLT)	67,5 ^o
5	Timur (T)	90 ^o
6	Timur Tenggara (TTg)	112,5 ^o
7	Tenggara (Tg)	135 ^o
8	Selatan Tenggara (STg)	157,5 ^o
9	Selatan (S)	180 ^o
10	Selatan Barat Daya (SBD)	202,5 ^o
11	Barat Daya (BD)	225 ^o
12	Barat Barat Daya (BBD)	247,5 ^o
13	Barat (B)	270 ^o
14	Barat Barat Laut (BBL)	292,5 ^o
15	Barat Laut (BL)	315 ^o
16	Utara Barat Laut (UBT)	337,5 ^o

2.2.1.5 Suhu Udara

Suhu merupakan derajat panas dari aktivitas molekul dalam atmosfer. Secara fisis, suhu dapat didefinisikan sebagai tingkat gerakan molekul benda, makin cepat gerakanya, makin tinggi suhunya.

Suhu udara di Indonesia umumnya dinyatakan dalam satuan derajat celsius. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya suhu pada suatu daerah. Faktor – faktor tersebut diantaranya, keadaan awan, letak geografis, lamanya penyinaran matahari pada area tersebut, dan kondisi geografis.

2.2.2 Unsur – Unsur Penentu Cuaca Pada Permukaan Laut

Pada lautan, cuaca yang terjadi tidak hanya mempengaruhi keadaan atmosfer yang berada diatas permukaan laut. Cuaca akan mempengaruhi keadaan permukaan laut juga, diantaranya adalah tinggi gelombang dan kecepatan arus laut.

2.2.2.1 Arus Laut

Arus laut adalah fenomena berpindahnya massa air laut dari tempat air laut yang bermassa jenis tinggi ke tempat air laut bermassa jenis rendah. Arus laut yang terjadi di permukaan laut terutama disebabkan oleh tiupan angin, sedang arus yang terjadi di kedalaman laut disebabkan akibat adanya perbedaan salinitas dan suhu. (Bowditch & National Imagery and Mapping Agency, 2002)

Kecepatan arus permukaan yang dibangkitkan oleh angin dapat dituliskan secara matematis sebagai berikut :

$$V_{l\omega}(z) = \begin{cases} V_{l\omega}(0) \frac{d_0 - z}{d_0} & \text{for } 0 \leq z \leq d_0 \\ 0 & \text{for } d_0 < z \end{cases} \quad (2.4)$$

Dimana d_0 adalah kedalaman referensi untuk arus yang dibangkitkan oleh angin (umumnya bernilai 50 m) dan z adalah komponen vertikal yang akan diukur. Collar (1986) telah menunjukkan bahwa kecepatan arus permukaan laut ($V_{l\omega}$) dapat didekati dengan persamaan :

$$V_{l\omega}(0) = 0.02V_{10} \quad (2.5)$$

Dimana V_{10} adalah kecepatan angin yang diukur 10 m dari atas permukaan air laut (Jensen, 2002)

Arus laut dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu, arus permukaan di samudera (*Surface Circulation*) dan arus di dalam (*Deep-water Circulation*). Selain perbedaan karena letak arus, penggolongan jenis arus ini juga didasarkan pada penyebab timbulnya arus tersebut. Penyebab utama arus permukaan laut di samudera adalah tiupan angin yang bertiup melintasi permukaan bumi. Ketika angin melintasi permukaan samudera, maka massa air laut tertekan sesuai dengan arah angin. Pola umum arus permukaan samudera dipengaruhi oleh faktor-faktor fisik dan berbagai variabel seperti friksi, gravitasi, gerak rotasi bumi, letak geografis benua, topografi dasar laut, dan angin lokal. Kombinasi dari berbagai interaksi faktor – faktor tersebut menyebabkan adanya arus laut. Arus laut mengalir searah dengan gerak jarum jam pada belahan bumi utara (*Northern Hemisphere*) dan

berlawanan arah jarum jam pada bumi bagian selatan (*Southern Hemisphere*). Aliran arus laut yang membawa massa air laut bergerak secara terus menerus dan mempengaruhi massa udara yang berada disekitarnya. Sehingga iklim dan cuaca didunia terkena pengaruhnya.



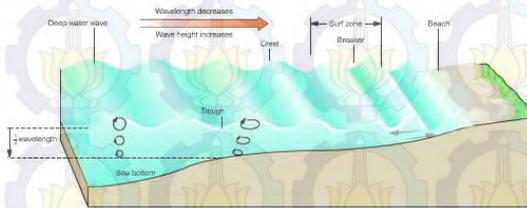
Gambar 2.8 Sirkulasi arus laut samudera di dunia
(Habibullah, 2012)

Pada arus dalam, faktor utama yang mengendalikan gerakan massa air laut di kedalaman samudera adalah densitas air laut. Perbedaan densitas diantara dua massa air laut yang berdampingan menyebabkan gerakan vertikal air laut dan menciptakan gerakan massa air laut-dalam (*deep-water masses*) yang bergerak melintasi samudera secara perlahan. Gerakan massa air laut-dalam tersebut kadang mempengaruhi sirkulasi permukaan. Perbedaan densitas massa air laut terutama disebabkan oleh perbedaan suhu dan salinitas air laut. Oleh karena itu gerakan massa air laut-dalam tersebut disebut juga sebagai sirkulasi termohalin (*thermohaline circulation*).

2.2.2.2 Gelombang Laut

Gelombang laut yang umum terjadi disebabkan oleh angin. Angin yang berhembus diatas permukaan laut memindahkan energinya ke permukaan air, sehingga permukaan air bergejolak naik turun. Gelombang laut dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat

disebabkan oleh: di dasar laut (gelombang tsunami), gaya tarik menarik bumi-bulan- matahari (gelombang pasang-surut), angin (gelombang angin), *swell* (gelombang laut yang tidak disebabkan oleh angin pada daerah tersebut) dan gempa (vulkanik atau tektonik). Prinsip pembangkitan gelombang sama seperti terjadinya getaran. Pada suatu titik terjadi getaran, kemudian getaran dan energi tersebut merambat menimbulkan getaran lain pada medium air laut. Pergerakan gelombang air laut sendiri dapat digambarkan sebagai getaran sinusoidal, bergerak naik turun dan merambat ke arah pantai.



Gambar 2.9 Gelombang laut yang mencapai pantai (Habibullah, 2012)

Adapun persamaan matematis untuk tinggi gelombang air laut karena angin adalah :

$$H_s = 0.21 \frac{V^2}{g} \quad (2.6)$$

Keterangan:

H_s = Ketinggian gelombang

V = kecepatan angin (m/s)

g = gaya gravitasi bumi (10m/s^2)

Kecepatan angin yang ada di laut biasanya dinyatakan dalam knot dimana $1 \text{ knot} = 0.51 \text{ m/s}$. (Fossen, 1994)

World Maritim Organization mengklasifikasikan gelombang laut berdasarkan tingginya. Pengklasifikasian oleh WMO ini kemudian menjadi standar ketinggian gelombang laut yang digunakan dalam dunia pelayaran, peramalan cuaca, dsb.

Tabel 2.4 Standar tinggi gelombang oleh WMO (World Ocean Circulation Experiment, n.d.)

Kode	Tinggi Gelombang (m)	Nama Karakteristik
0	0	<i>Glassy</i>
1	0 – 0,1	<i>Rippled</i>
2	0,1 – 0,5	<i>Smooth</i>
3	0,5 – 1,25	<i>Slight</i>
4	1,25 – 2,5	<i>Moderate</i>
5	2,5 - 4	<i>Rough</i>
6	4 - 6	<i>Very Rough</i>
7	6- 9	<i>High</i>
8	9 - 14	<i>Very High</i>
9	> 14	<i>Phenomenal</i>

Selain ketinggian, periode gelombang serta jarak tempuh gelombang dari titik pembangkitannya (*fetch*) juga menjadi karakteristik sifat gelombang laut. *Fetch* akan mempengaruhi ketinggian serta periode gelombang. Semakin panjang jarak tempuh gelombang dari titik pembangkitannya, maka ketinggian gelombang akan semakin besar. Begitu pula jika angin berhembus semakin kencang maka ketinggian gelombang juga akan lebih besar.

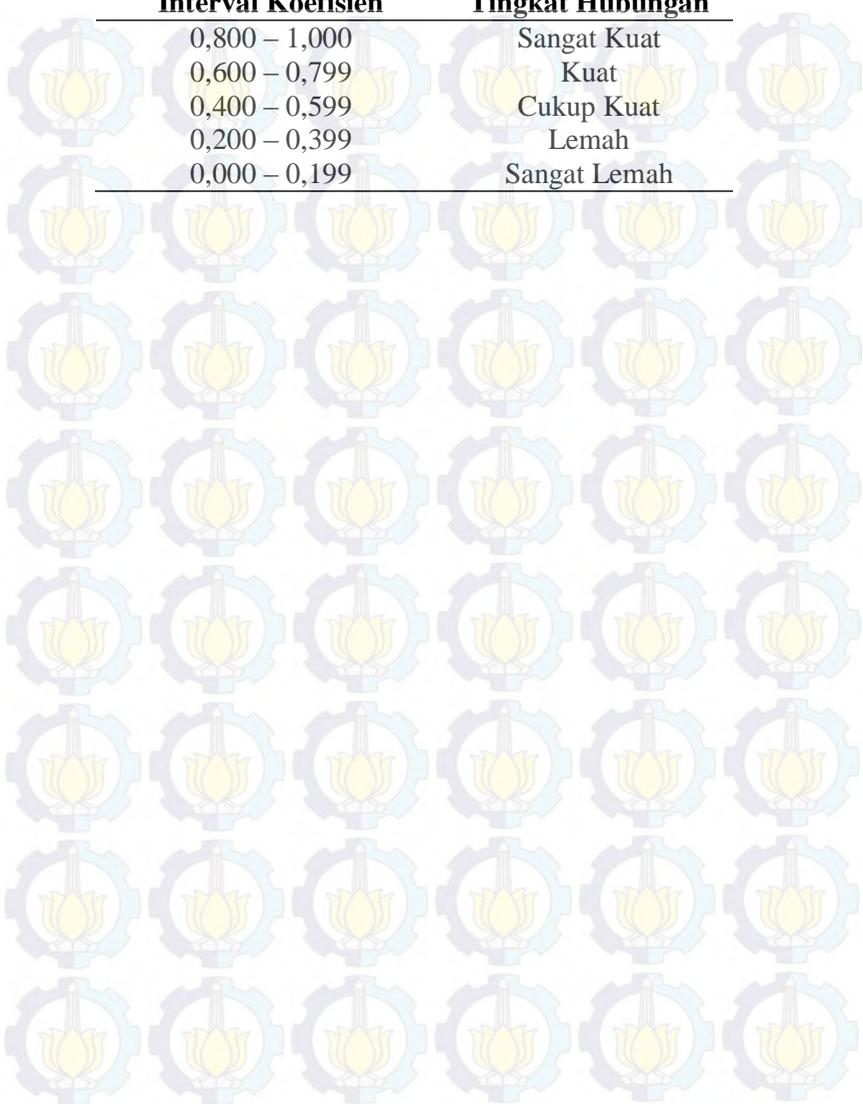
2.3 Analisis Korelasi

Analisis korelasi merupakan metode statistik yang digunakan untuk menentukan kuatnya hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyata hubungan linier, maka semakin kuat atau tinggi derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Ukuran derajat hubungan linier ini dinamakan koefisien korelasi.

Koefisien korelasi umumnya dilambangkan dengan r dengan ketentuan nilai r memenuhi interval $-1 \leq r \leq 1$. Apabila nilai $r = -1$ maka hubungan antarvariabel merupakan negatif sempurna; $r = 0$ berarti tidak ada korelasi antarvariabel; dan $r = 1$ berarti korelasi antarvariabel sangat kuat. Untuk lebih jelas, interpretasi nilai koefisien korelasi disajikan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai r

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800 – 1,000	Sangat Kuat
0,600 – 0,799	Kuat
0,400 – 0,599	Cukup Kuat
0,200 – 0,399	Lemah
0,000 – 0,199	Sangat Lemah



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, ada beberapa tahapan yang telah direncanakan. Dalam merancang sistem fuzzy yang akurat untuk memprediksi cuaca maritim berbasis cuaca darat pada daerah Pasuruan, Probolinggo Situbondo, dan Banyuwangi. Jenis logika fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah logika fuzzy Takagi-Sugeno.

Pada penelitian tugas akhir yang telah dilakukan sebelumnya (Hafizh, 2013) dengan judul “Analisis Karakteristik Cuaca Maritim Berdasarkan Hasil Prediksi Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo” dilakukan perancangan sistem prediktor cuaca yang didasarkan dari data BMKG selama 5 tahun dengan rentang waktu 31 Desember 2007 hingga 1 Oktober 2013. Unsur cuaca yang menjadi variabel penelitian adalah ketinggian gelombang, kecepatan arus, tekanan udara, dan kecepatan angin.

Hal yang membedakan penelitian tugas akhir ini dengan penelitian tugas akhir sebelumnya adalah perubahan *rule base* dan penambahan input untuk perancangan FIS (*Fuzzy Inference System*) untuk memprediksi keadaan cuaca dilaut dengan jarak titik prediksi 50 km dan 100 km dari bibir pantai. Selain itu, terdapat penambahan titik penelitian, yaitu daerah Banyuwangi. Unsur cuaca yang digunakan sebagai obyek penelitian ini adalah kecepatan angin, tinggi gelombang, dan arus laut. Penjabaran lebih lanjut akan dilakukan pada sub bab selanjutnya.

Pada tabel 3.1 ditunjukkan tahapan – tahapan yang dilakukan pada penelitian ini hingga pada akhirnya dibuatlah laporan sebagai bukti fisik dan publikasi. Tahapan pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur, tahap ini bertujuan untuk memperkaya pengetahuan peneliti, memahami lebih dalam mengenai fenomena cuaca pada daratan dan laut, serta hubungannya dan untuk memahami metodologi yang akan digunakan dalam penelitian dan perancangan sistem FIS (*Fuzzy*

Inference System). Peneliti mencari berbagai referensi dari jurnal – jurnal terkait, standar WMO (World Meteorological Organization), *handbook* tentang cuaca dan iklim, *handbook* tentang oseanografi, *handbook* tentang pengolahan data secara statistik dan hasil penelitian tugas akhir sebelumnya.

Selanjutnya adalah mendapatkan data cuaca darat dan maritim dari BMKG Perak II. Data yang telah didapat digunakan untuk merancang *rule base* fuzzy dan validasi hasil prediksi.

Pada tahap ketiga dilakukan analisis korelasi unsur cuaca darat dan maritim. Data unsur cuaca darat dan laut diolah dengan menggunakan metode korelasi Spearman untuk tujuan pengujian seberapa kuat hubungan antara unsur cuaca darat dan laut. Pada proses ini digunakan perangkat lunak SPSS 21 dalam proses analisis korelasi. Melalui analisis korelasi ini, dapat ditentukan seberapa besar keterkaitan antara variabel cuaca darat dan variabel cuaca maritim.

Kemudian, membangun *Fuzzy Inference System* (FIS) pada perangkat lunak *Matlab* R2012a (64 bit). Data cuaca darat diolah untuk membangun prediktor cuaca laut. Logika fuzzy yang digunakan adalah logika fuzzy Takagi-Sugeno-Kang karena keluarannya berupa konstanta. Fitur yang digunakan dalam perangkat lunak *Matlab* adalah *fuzzy logic toolbox* 2.2.17 R2012a.

Tahap selanjutnya adalah validasi sistem dengan data BMKG. Hasil dari prediksi cuaca dengan menggunakan metode logika fuzzy dianalisa kemudian dibandingkan dengan data BMKG untuk diketahui tingkat keakuratan hasil prediksi. Performansi dari prediktor ini ditentukan melalui dua macam parameter, yaitu melalui parameter linguistik serta parameter statistik melalui nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

Tahapan ke-enam adalah menganalisa hasil penentuan korelasi dan prediksi cuaca dengan logika fuzzy. Prediksi yang telah dilakukan kemudian hasilnya dianalisa sehingga untuk mencari hubungan sebab – akibat, dan faktor – faktor unsur cuaca yang saling mempengaruhi pada fenomena cuaca darat dan laut berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya.

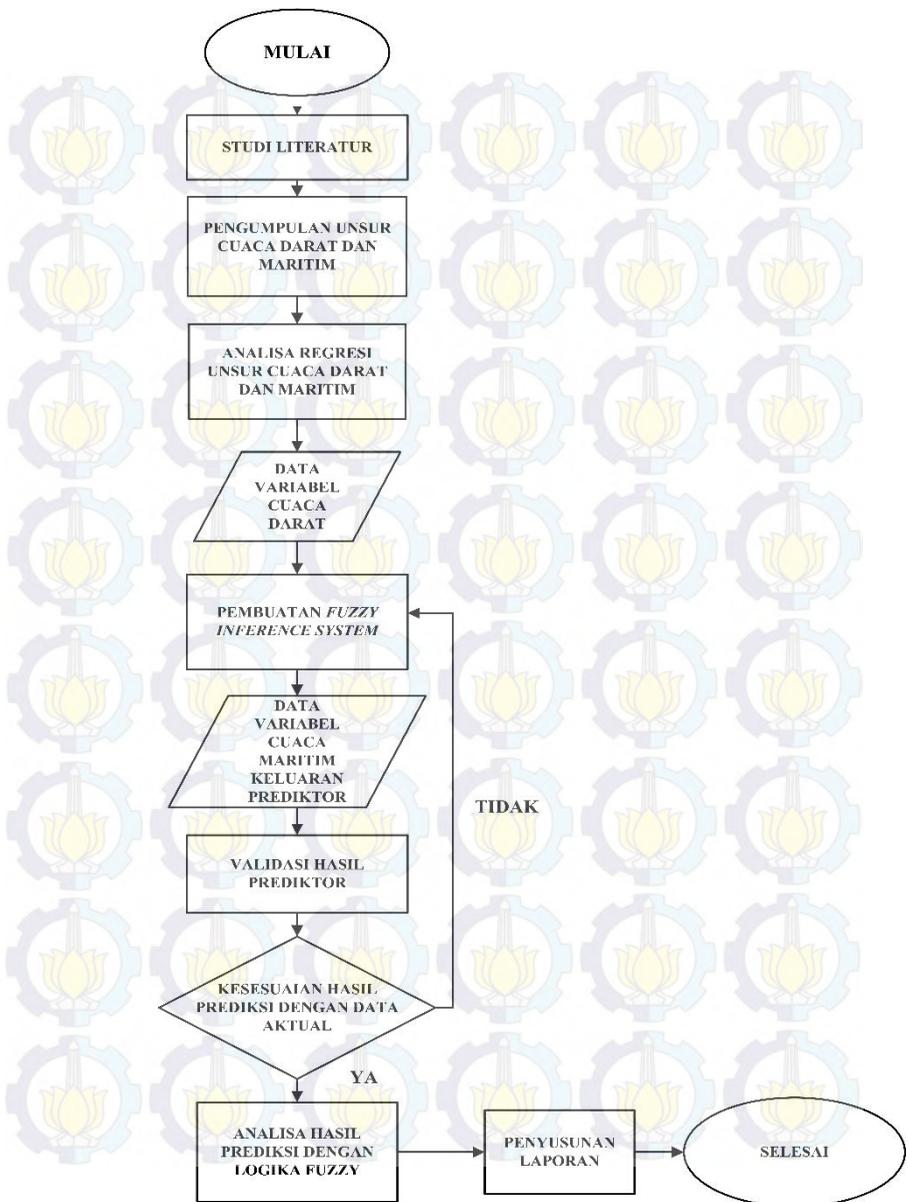
Tahapan terakhir adalah penyusunan laporan yang berisi hasil kegiatan penelitian. Segala kegiatan dan hasil penelitian kemudian disusun dan dibukukan dalam bentuk laporan tugas akhir. Untuk lebih jelasnya tahapan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini dan diagram alir penelitian pada gambar 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Metodologi penelitian berdasarkan rentang waktu

No	Jenis Kegiatan	Keterangan
1	Studi Literatur	Studi literatur dilakukan untuk memahami lebih dalam mengenai fenomena cuaca pada daratan dan laut, serta hubungannya.
2	Pengumpulan Data Cuaca Darat dan Maritim	Pengumpulan data cuaca pada daratan dan laut yang didapat dari data BMKG II selama rentang 2010-2013
3	Analisis Korelasi Unsur Cuaca Darat dan Cuaca Maritim	Data unsur cuaca darat dan laut diolah dengan menggunakan metode korelasi Spearman untuk tujuan mengetahui seberapa tinggi hubungan antara cuaca darat dan cuaca maritim
4	Pembuatan <i>Fuzzy Inference System</i> (FIS)	Data cuaca di darat diolah untuk kemudian dibuat aturan logika fuzzy untuk memprediksi unsur cuaca beserta cuaca di laut.
5	Validasi Hasil Prediktor	Hasil dari prediksi cuaca dengan menggunakan metode logika fuzzy dianalisa kemudian dibandingkan dengan data BMKG untuk diketahui tingkat keakuratan hasil prediksi. Parameter performansi prediktor yang dilakukan

Tabel 3.2 Metodologi penelitian berdasarkan rentang waktu
(lanjutan)

6	Analisis Hasil Prediksi Cuaca dengan Logika Fuzzy	Analisis dilakukan dari perbandingan hasil akurasi prediksi FIS dengan data aktual dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II. Analisa dilakukan untuk mencari hubungan sebab – akibat pada fenomena cuaca darat dan laut dan pembahasan terhadap hasil prediksi FIS.
7	Penyusunan Laporan	Hasil kegiatan penelitian disusun dan dibukukan dalam bentuk laporan tugas akhir.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan pertama dalam penelitian tugas akhir ini. Studi literatur dilakukan agar lebih mengetahui perilaku variabel-variabel cuaca yang digunakan dalam penelitian sebagai dasar pengetahuan dalam pembentukan basis aturan logika fuzzy yang akan dibuat. Studi literatur tentang perilaku variabel cuaca yang digunakan didapatkan melalui literatur berupa *handbook*, penelitian sebelumnya, dan jurnal-jurnal baik nasional maupun internasional.

Selain untuk mengetahui perilaku variabel penelitian, studi literatur juga bertujuan untuk mengetahui tahapan dalam pembuatan prediktor, serta pengolahan data secara statistik. Setelah dilakukan studi literatur, perancangan dapat dilakukan. Dengan pemahaman hasil studi literatur, perancang dapat merancang sistem prediktor yang akurat. Oleh karena itu, studi literatur merupakan langkah paling awal dalam pelaksanaan penelitian ini.

3.3 Pengumpulan Cuaca Darat dan Maritim

Data cuaca yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data unsur cuaca yang menjadi obyek penelitian ini adalah kecepatan angin (knot), tinggi gelombang (m), dan arus laut (cm/s). Data tersebut diperoleh dari rekam data BMKG Perak II selama rentang waktu 31 Desember 2007 hingga 1 Oktober 2013 untuk data kecepatan angin, tinggi gelombang, dan arus laut.

Koordinat data lokasi variabel kecepatan angin, tinggi gelombang dan arus laut adalah sebagai berikut :

- Pasuruan : darat (S $7^{\circ} 45' 3''$, E $112^{\circ} 45' 20''$), 50 km dari bibir pantai (S $7^{\circ} 18' 00''$, E $112^{\circ} 45' 20''$), dan 100 km dari bibir pantai (S $6^{\circ} 50' 50''$, E $112^{\circ} 45' 20''$)
- Probolinggo : darat (S $7^{\circ} 45' 3''$, E $113^{\circ} 12' 33''$), 50 km dari bibir pantai (S $7^{\circ} 17' 42''$, E $113^{\circ} 12' 33''$) dan 100 km dari bibir pantai (S $6^{\circ} 51' 28''$, E $113^{\circ} 12' 33''$)
- Situbondo : darat (S $7^{\circ} 45' 3''$, E $113^{\circ} 40' 12''$), 50 km dari bibir pantai (S $7^{\circ} 17' 42''$, E $113^{\circ} 40' 12''$) dan 100 km dari bibir pantai (S $6^{\circ} 50' 37''$, E $113^{\circ} 40' 12''$)

- Banyuwangi : darat (-7.984313,114.427124) , 50 km dari bibir pantai (-7.987688,114.886576) dan 100 km dari bibir pantai (-7.988346,115.343041)

Data yang telah didapat ini kemudain diolah untuk diketahui korelasinya. Setelah itu data akan digunakan untuk membangun FIS dengan menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means*.



Gambar 3.2 Peta lokasi titik – titik penelitian dan pengambilan data dilihat melalui aplikasi perangkat lunak *Google Earth*

Pada gambar 3.2 (a) terlihat bahwa pada semua titik yang berjarak 100 km dari masing – masing bibir pantai terletak tepat disebelah utara Pulau Madura. Diantara titik yang berjarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai dipisahkan oleh Pulau Madura.

Keadaan geografis seperti ini juga akan mempengaruhi hasil peramalan. Sedangkan pada gambar 3.2 (b) terlihat bahwa ketiga titik terletak pada laut lepas.

3.4 Analisis Korelasi Cuaca Darat dan Maritim

Data yang telah didapat kemudian diolah untuk tujuan peramalan awal, dan hasilnya. Pengolahan data ini menggunakan perangkat lunak SPSS 21. Pertama – tama data dipisahkan sesuai dengan kategori unsur cuaca masing – masing dan daerah masing – masing. Setelah data dipisahkan dan dikelompokkan maka dilakukan perhitungan korelasi dengan data daerah darat sebagai acuan. Keluaran dari tahapan ini adalah nilai r dimana nilai tersebut menunjukkan seberapa kuat hubungan antarvariabel.

3.5 Perancangan FIS (Fuzzy Inference System)

Pada perangkat lunak *Matlab R2013a* terdapat fitur logika fuzzy yang dapat langsung digunakan untuk memanggil kotak dialog FIS (*Fuzzy Inference System*). Dengan menggunakan fitur *fuzzy logic toolbox Matlab R2013a* maka data yang telah didapat dari BMKG Perak II digunakan untuk membangun FIS (*Fuzzy Inference System*). Penelitian tugas akhir ini memiliki tujuan dari data cuaca darat masing – masing daerah (Pasuruan, Probolinggo dan Situbondo) dapat digunakan untuk meprediksi cuaca laut pada masing – masing titik 50 km dan 100 km dari bibir pantai. Sebagai permulaan untuk membangun FIS maka dilakukan pengelompokkan data dengan metode maka kelompok – kelompok data tersebut digunakan sebagai parameter fungsi keanggotaan dalam himpunan fuzzy.

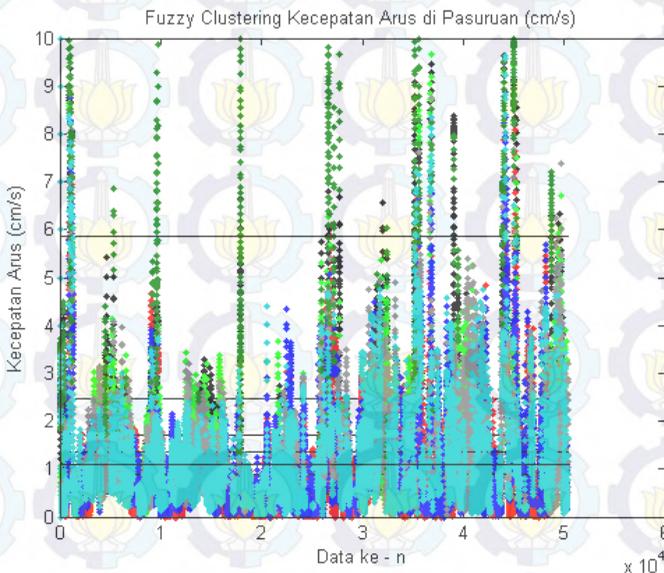
3.5.1 Pengelompokan Data dengan Metode FCM

Tahapan pertama dalam perancangan FIS (*Fuzzy Inference System*) adalah mengelompokkan data-data input yang telah diperoleh menggunakan perangkat lunak Matlab. Untuk penghitungan ini, digunakan algoritma yang telah terdapat pada fitur Matlab, yaitu sintaks *fcm* pada Matlab r2012a.

Sintaks yang dimaksud dalam kode ini adalah sintaks `[center,U,obj_fcn] = fcm(data,cluster_n)`. Sintaks ini akan mengaplikasikan algoritma *Fuzzy C-Means* pada data yang telah dimasukkan dan dikelompokkan dalam n -buah *cluster*. Keluaran

dari algoritma ini adalah berupa deretan nilai pusat *cluster* yang tersimpan dalam variabel “center”, matriks partisi akhir yang terbentuk dalam variabel “U” dan nilai-nilai dari fungsi objektif selama iterasi yang disimpan dalam bentuk variabel “obj_fcn”.

Algoritma FCM akan terus melakukan penghitungan hingga mencapai iterasi maksimum yang telah kita kehendaki dalam program yang telah dibuat (contoh: jika program dikehendaki iterasi maksimum sejumlah 100, maka algoritma ini akan berhenti setelah mencapai iterasi ke-100).



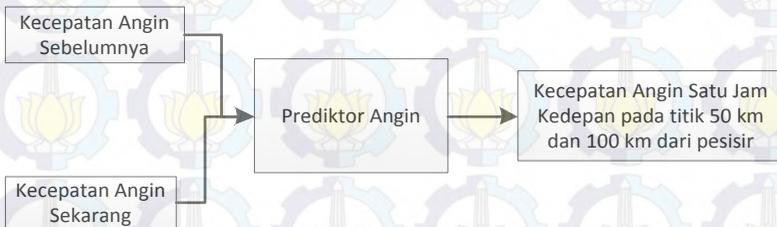
Gambar 3.3 Hasil FCM pada data kecepatan arus di daerah Pasuruan

Gambar merupakan salah satu contoh pengelompokan data menggunakan fitur FCM yang ada pada perangkat lunak Matlab. Hasil pengelompokan data selanjutnya digunakan untuk membangun FIS. Tabel hasil *clustering* dapat dilihat pada halaman lampiran.

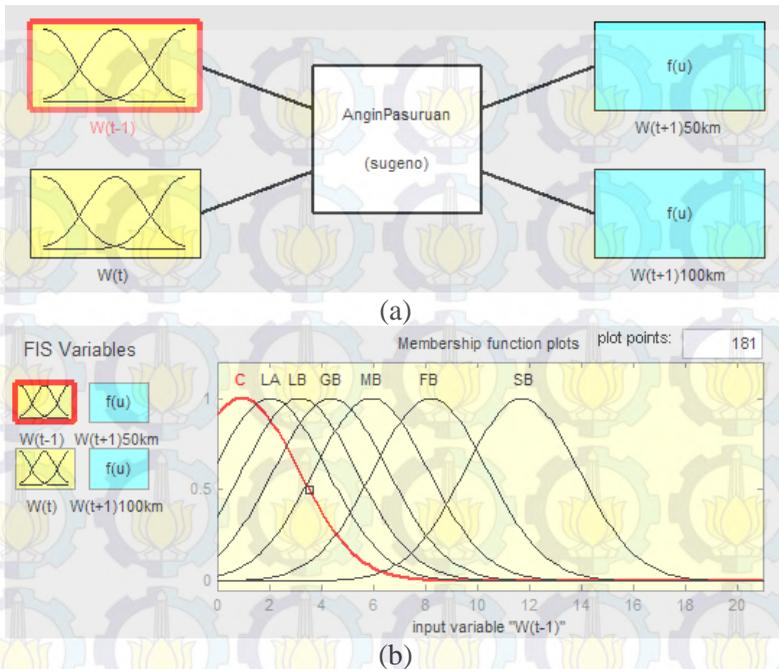
3.5.2 Perancangan Prediktor Kecepatan Angin

Metode logika fuzzy memerlukan beberapa parameter untuk membuat fungsi keanggotaan. Parameter yang menjadi

masuk dalam tugas akhir ini adalah nilai tengah (*center*) pada tiap cluster, dan standar deviasi dari data masukan. Untuk memprediksi kecepatan angin, digunakan data historis dari kecepatan angin sekarang $W(t)$ dan kecepatan angin satu jam sebelumnya $W(t-1)$ pada daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo. Untuk daerah Banyuwangi, digunakan juga data historis dari kecepatan angin sekarang $W(t)$ dan kecepatan angin hari sebelumnya $W(t-1)$. Melalui data tersebut akan diprediksi untuk kecepatan angin satu jam kedepan (untuk daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo) dan kecepatan angin keesokan hari (daerah Banyuwangi). Variabel input pada FIS dibagi menjadi 7 buah kategori, yaitu *Calm*, *Light Air*, *Light Breeze*, *Gentle Breeze*, *Moderate Breeze*, *Fresh Breeze*, dan *Strong Breeze*. Basis aturan dari FIS prediktor untuk tiap daerah adalah sama. Pembentukan aturan pada FIS ini didasarkan oleh perilaku data *training*.



Gambar 3.4 Rancangan prediktor angin



Gambar 3.5 Perancangan prediktor kecepatan angin pada Matlab

(a) Struktur Input-Output pada FIS (b) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin (c) Aturan pada FIS

Basis aturan yang digunakan dalam prediktor ini dipaparkan sebagai berikut:

- (R-1) If $W(t-1)$ is C and $W(t)$ is C then ($W(t+1)50\text{km}$ is Calm)($W(t+1)100\text{km}$ is Calm)
- (R-2) If $W(t-1)$ is LA and $W(t)$ is LA then ($W(t+1)50\text{km}$ is LightAir)($W(t+1)100\text{km}$ is Light Air)
- (R-3) If $W(t-1)$ is LB and $W(t)$ is LB then ($W(t+1)50\text{km}$ is LightBreeze)($W(t+1)100\text{km}$ is GreatBreeze)
- (R-4) If $W(t-1)$ is GB and $W(t)$ is GB then ($W(t+1)50\text{km}$ is GreatBreeze)($W(t+1)100\text{km}$ is ModerateBreeze)
- (R-5) If $W(t-1)$ is MB and $W(t)$ is MB then ($W(t+1)50\text{km}$ is ModerateBreeze)($W(t+1)100\text{km}$ is FreshBreeze)

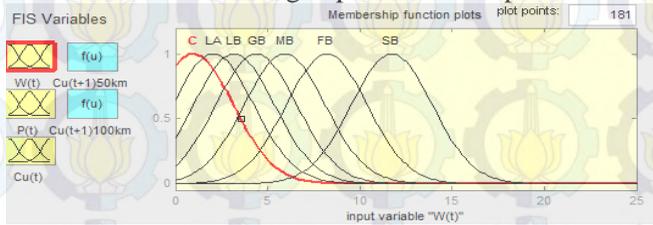
- (R-6) If $W(t-1)$ is FB and $W(t)$ is FB then $(W(t+1)50\text{km is FreshBreeze})(W(t+1)100\text{km is StrongBreeze})$
- (R-7) If $W(t-1)$ is SB and $W(t)$ is SB then $(W(t+1)50\text{km is StrongBreeze})(W(t+1)100\text{km is StrongBreeze})$
- (R-8) If $W(t-1)$ is C and $W(t)$ is LA then $(W(t+1)50\text{km is LightAir})(W(t+1)100\text{km is LightAir})$
- (R-9) If $W(t-1)$ is LA and $W(t)$ is LB then $(W(t+1)50\text{km is LightBreeze})(W(t+1)100\text{km is GreatBreeze})$
- (R-10) If $W(t-1)$ is LB and $W(t)$ is GB then $(W(t+1)50\text{km is GreatBreeze})(W(t+1)100\text{km is ModerateBreeze})$
- (R-11) If $W(t-1)$ is GB and $W(t)$ is MB then $(W(t+1)50\text{km is ModerateBreeze})(W(t+1)100\text{km is FreshBreeze})$
- (R-12) If $W(t-1)$ is MB and $W(t)$ is FB then $(W(t+1)50\text{km is FreshBreeze})(W(t+1)100\text{km is StrongBreeze})$
- (R-13) If $W(t-1)$ is FB and $W(t)$ is SB then $(W(t+1)50\text{km is StrongBreeze})(W(t+1)100\text{km is StrongBreeze})$

3.5.3 Perancangan Prediktor Kecepatan Arus

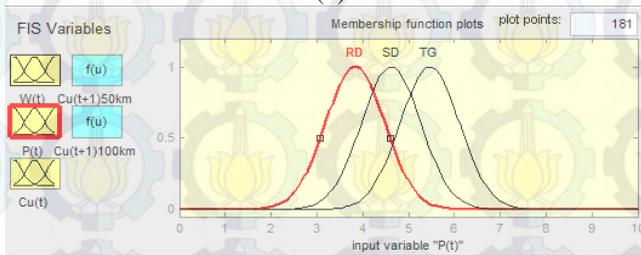
Untuk memprediksi kecepatan arus, digunakan tiga buah masukan yaitu tekanan udara sekarang $P(t)$, kecepatan angin sekarang $W(t)$ dan kecepatan arus sekarang $C(t)$. Melalui masukan-masukan tersebut akan diprediksi untuk kecepatan arus satu jam kedepan. Variabel input pada FIS dibagi menjadi 7 buah kategori pada variabel kecepatan angin, yaitu *Calm*, *Light Air*, *Light Breeze*, *Gentle Breeze*, *Moderate Breeze*, *Fresh Breeze*, dan *Strong Breeze*. Untuk masukan variabel tekanan udara, dibagi menjadi 3 buah kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Sedangkan pada variabel kecepatan arus, dibagi menjadi 7 buah kategori, yaitu *Very Slow*, *Slow*, *Smooth*, *Slight*, *Average*, *Fast*, dan *Very Fast*. Pembangunan basis aturan dalam prediktor ini didasarkan pada fenomena kecepatan angin yang mempengaruhi arus permukaan. Semakin kencang angin berhembus, maka semakin cepat pula arus permukaan yang timbul akibat fenomena tersebut. Untuk lebih jelasnya, dibawah ini ditampilkan gambar rancangan prediktor, fungsi keanggotaan masukan, dan basis aturan:



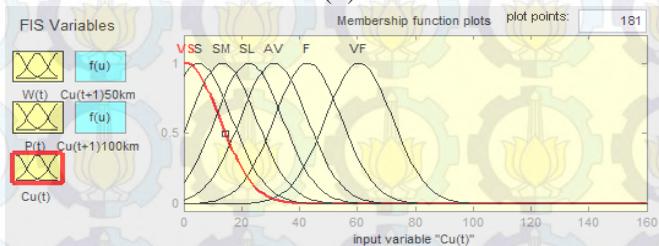
Gambar 3.6 Rancangan prediktor kecepatan arus



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.7 Perancangan prediktor kecepatan arus pada Matlab,

(a) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin (b) Fungsi keanggotaan variabel tekanan udara, (c) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan arus

Basis aturan yang digunakan dalam prediktor ini dipaparkan sebagai berikut:

- (R-1) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-2) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-3) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-4) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-5) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-6) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-7) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-8) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-9) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-10) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-11) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-12) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-13) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-14) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-15) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD and $Cu(t)$ is VS then
($Cu(t+1)50km$ is VS)($Cu(t+1)100km$ is S)
- (R-16) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is S then
($Cu(t+1)50km$ is S)($Cu(t+1)100km$ is SM)
- (R-17) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SM then
($Cu(t+1)50km$ is SM)($Cu(t+1)100km$ is SL)

- (R-18) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SL then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SL)($Cu(t+1)100\text{km}$ is AV)
- (R-19) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is AV then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is AV)($Cu(t+1)100\text{km}$ is F)
- (R-20) If $W(t)$ is LA and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is S then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is S)($Cu(t+1)100\text{km}$ is SM)
- (R-21) If $W(t)$ is LA and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SM then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SM)($Cu(t+1)100\text{km}$ is SL)
- (R-22) If $W(t)$ is LA and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SL then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SL)($Cu(t+1)100\text{km}$ is AV)
- (R-23) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SM then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SM)($Cu(t+1)100\text{km}$ is SL)
- (R-24) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SL then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SL)($Cu(t+1)100\text{km}$ is AV)
- (R-25) If $W(t)$ is GB and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SL then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SL)($Cu(t+1)100\text{km}$ is AV)
- (R-26) If $W(t)$ is MB and $P(t)$ is SD and $Cu(t)$ is SL then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is AV)($Cu(t+1)100\text{km}$ is F)
- (R-27) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is S then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SM)($Cu(t+1)100\text{km}$ is SL)
- (R-28) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is SM then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SL)($Cu(t+1)100\text{km}$ is AV)
- (R-29) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is SL then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is AV)($Cu(t+1)100\text{km}$ is F)
- (R-30) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is AV then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is F)($Cu(t+1)100\text{km}$ is VF)
- (R-31) If $W(t)$ is GB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is SM then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is SL)($Cu(t+1)100\text{km}$ is AV)
- (R-32) If $W(t)$ is GB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is SL then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is AV)($Cu(t+1)100\text{km}$ is F)
- (R-33) If $W(t)$ is GB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is AV then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is S)($Cu(t+1)100\text{km}$ is VF)
- (R-34) If $W(t)$ is MB and $P(t)$ is TG and $Cu(t)$ is AV then
($Cu(t+1)50\text{km}$ is F)($Cu(t+1)100\text{km}$ is VF)

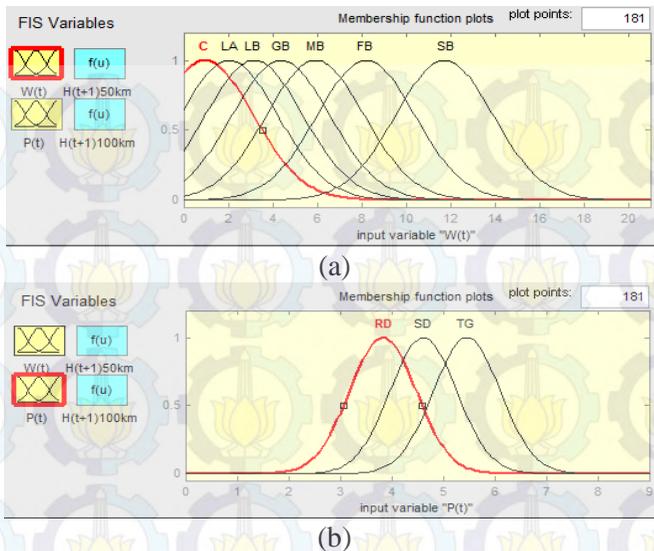
3.5.4 Perancangan Prediktor Tinggi Gelombang

Untuk memprediksi kecepatan arus, digunakan dua buah masukan yaitu tekanan udara sekarang, kecepatan angin sekarang dan kecepatan arus sekarang. Melalui masukan-masukan tersebut akan diprediksi untuk kecepatan arus satu jam kedepan. Variabel input pada FIS dibagi menjadi 7 buah kategori pada variabel kecepatan angin, yaitu *Calm*, *Light Air*, *Light Breeze*, *Gentle Breeze*, *Moderate Breeze*, *Fresh Breeze*, dan *Strong Breeze*. Untuk masukan variabel tekanan udara, dibagi menjadi 3 buah kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Pembangunan basis aturan dalam sistem inferensi ini adalah fenomena angin yang bertiup sebagai pembangkit utama gelombang. Dalam ilmu oseanografi, semakin kencang angin yang bertiup, maka semakin besar gelombang yang terbentuk dan gelombang tersebut mempunyai kecepatan yang tinggi dan panjang gelombang yang besar (Sahala, 2014). Tekanan udara tidak mempunyai pengaruh langsung dengan tinggi gelombang, namun tekanan udara mempunyai pengaruh yang besar terhadap kecepatan angin. Untuk lebih jelasnya, dibawah ini ditampilkan gambar rancangan prediktor, fungsi keanggotaan masukan, dan basis aturan:



Gambar 3.8 Rancangan prediktor tinggi gelombang



Gambar 3.9 Perancangan prediktor tinggi gelombang pada Matlab, (a) Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin, (b) Fungsi keanggotaan variabel tekanan udara

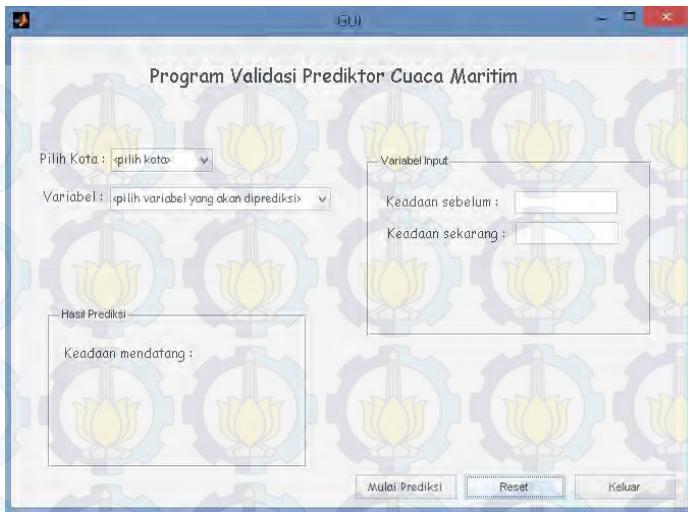
Basis aturan yang digunakan dalam prediktor ini dipaparkan sebagai berikut:

- (R-1) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is RD then $(H(t+1)50\text{km}$ is Glassy) $(H(t+1)100\text{km}$ is Glassy)
- (R-2) If $W(t)$ is LA and $P(t)$ is RD then $(H(t+1)50\text{km}$ is Glassy) $(H(t+1)100\text{km}$ is Rippled)
- (R-3) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is RD then $(H(t+1)50\text{km}$ is Rippled) $(H(t+1)100\text{km}$ is Wavelets)
- (R-4) If $W(t)$ is GB and $P(t)$ is RD then $(H(t+1)50\text{km}$ is Wavelets) $(H(t+1)100\text{km}$ is Slight)
- (R-5) If $W(t)$ is MB and $P(t)$ is RD then $(H(t+1)50\text{km}$ is Slight) $(H(t+1)100\text{km}$ is Moderate)
- (R-6) If $W(t)$ is FB and $P(t)$ is RD then $(H(t+1)50\text{km}$ is Moderate) $(H(t+1)100\text{km}$ is Rough)
- (R-7) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is SD then $(H(t+1)50\text{km}$ is Glassy) $(H(t+1)100\text{km}$ is Glassy)

- (R-8) If $W(t)$ is LA and $P(t)$ is SD then $(H(t+1)50\text{km is Rippled})(H(t+1)100\text{km is Rippled})$
- (R-9) If $W(t)$ is GB and $P(t)$ is SD then $(H(t+1)50\text{km is Wavelets})(H(t+1)100\text{km is Wavelets})$
- (R-10) If $W(t)$ is MB and $P(t)$ is SD then $(H(t+1)50\text{km is Slight})(H(t+1)100\text{km is Slight})$
- (R-11) If $W(t)$ is MB and $P(t)$ is SD then $(H(t+1)50\text{km is Moderate})(H(t+1)100\text{km is Moderate})$
- (R-12) If $W(t)$ is FB and $P(t)$ is SD then $(H(t+1)50\text{km is Rough})(H(t+1)100\text{km is Rough})$
- (R-13) If $W(t)$ is C and $P(t)$ is TG then $(H(t+1)50\text{km is Rippled})(H(t+1)100\text{km is Wavelets})$
- (R-14) If $W(t)$ is LA and $P(t)$ is TG then $(H(t+1)50\text{km is Wavelets})(H(t+1)100\text{km is Slight})$
- (R-15) If $W(t)$ is LB and $P(t)$ is TG then $(H(t+1)50\text{km is Slight})(H(t+1)100\text{km is Moderate})$
- (R-16) If $W(t)$ is GB and $P(t)$ is TG then $(H(t+1)50\text{km is Moderate})(H(t+1)100\text{km is Rough})$
- (R-17) If $W(t)$ is MB and $P(t)$ is TG then $(H(t+1)50\text{km is Rough})(H(t+1)100\text{km is Rough})$

3.6 Perancangan GUI Validasi

Aplikasi perangkat lunak GUI dirancang untuk mempermudah dalam melakukan validasi dari FIS prediktor yang telah dibuat. GUI (Graphical User Interface) adalah fitur yang terdapat pada aplikasi perangkat lunak MATLAB. GUI akan membaca data masukan yang telah diatur dan disusun dalam lembar kerja Microsoft Excel. Selanjutnya aplikasi perangkat lunak GUI akan memanggil program FIS prediktor yang telah dibuat, kemudian data masukan tersebut diuji cobakan pada FIS prediktor. Hasil dari uji tersebut kemudian oleh GUI akan ditulis pada lembar kerja excel sehingga mempermudah perekaman data dan pengujian FIS prediktor.



Gambar 3.10 Tampilan Program Validasi Prediktor Cuaca Maritim

3.7 Pengolahan Data Hasil Prediktor

Tahapan setelah dilakukan validasi data, maka data hasil prediksi akan diolah untuk mendapatkan performansi prediktornya. Pada tugas akhir ini, performansi ditunjukkan oleh nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan akurasi linguistiknya. Penentuan performansi prediktor akan dibahas lebih lanjut pada bab selanjutnya.



BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan dan Penentuan Koefisien Korelasi Cuaca Darat dan Cuaca Maritim

Data yang telah didapatkan dari BMKG Perak II, dikelompokkan dan kemudian dihitung nilai r antara unsur cuaca darat dengan maritim masing – masing daerah. Penentuan nilai r ini bertujuan untuk membuktikan kuat hubungan antara unsur cuaca darat dan maritim. Penentuan nilai korelasi menggunakan perangkat lunak SPSS 21.

Tabel 4.1 Hasil Korelasi unsur cuaca darat dan maritim

Daerah	Variabel	Jarak	Nilai r
Pasuruan	Kecepatan Angin	50 km	0,888
		100 km	0,714
	Tinggi Gelombang	50 km	0,970
		100 km	0,577
	Kecepatan Arus	50 km	0,995
		100 km	0,591
Probolinggo	Kecepatan Angin	50 km	0,834
		100 km	0,711
	Tinggi Gelombang	50 km	0,946
		100 km	0,563
	Kecepatan Arus	50 km	0,997
		100 km	0,607
Banyuwangi	Kecepatan Angin	50 km	0,982
		100 km	0,904
	Tinggi Gelombang	50 km	0,892
		100 km	0,825
	Kecepatan Arus	50 km	0,987
		100 km	0,946
Situbondo	Kecepatan Angin	50 km	0,898
		100 km	0,797
	Tinggi Gelombang	50 km	0,950
		100 km	0,540
	Kecepatan Arus	50 km	0,982
		100 km	0,705

Dari data pada tabel 4.1 terlihat bahwa antara unsur – unsur cuaca pada masing-masing daerah yang berjarak 50 km dari bibir pantai mempunyai koefisien korelasi yang sangat tinggi, hal ini mengimplikasikan bahwa ada pada jarak 50 km, cuaca maritim mempunyai hubungan yang sangat tinggi dengan cuaca darat.

Jika diperhatikan lebih lanjut, variabel kecepatan angin untuk titik 50 km dari pesisir pantai di daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo memiliki nilai korelasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan variabel lainnya. Kecepatan angin pada titik ini mempunyai korelasi linear rata-rata sebesar 87,33%, yang mempunyai arti bahwa ada 12,67% faktor lain yang mempunyai hubungan secara linear dengan kecepatan angin.

Ditinjau dari segi cara terbentuknya, angin terjadi karena adanya perbedaan tekanan yang muncul akibat perbedaan temperatur. Kecepatan angin semakin lama akan semakin berkurang ketika mendekati daratan. Selain itu, faktor waktu juga mempengaruhi. Faktor ini merujuk pada fenomena angin darat dan angin laut. Pada kondisi siang hari, permukaan daratan lebih cepat panas daripada permukaan laut, sehingga udara di atas permukaan daratan menjadi panas dan ringan dan bergerak ke lapisan yang lebih atas. Untuk mengisi kekosongan udara di permukaan daratan, maka udara dari permukaan laut bergerak menuju daratan. Namun, pada kondisi malam hari, sebaliknya terjadi, meskipun kecepatan angin tidak terlalu besar. Pada malam hari, terjadi perbedaan pendinginan akibat adanya pemancaran radiasi gelombang panjang dari permukaan daratan dan lautan. Permukaan daratan lebih cepat menjadi dingin daripada permukaan lautan yang mempengaruhi udara di atas keduanya. Sehingga udara di atas permukaan lautan lebih panas daripada udara di atas permukaan daratan. Udara di atas permukaan lautan cenderung bergerak naik dan kekosongan ini diisi oleh udara dari permukaan daratan .

Untuk titik 100 km dari pesisir pantai, koefisien korelasi yang didapat cenderung kecil. Hal ini terjadi karena diantara pesisir dan titik tersebut terdapat Pulau Madura, sehingga karakteristik dari

ketinggian gelombang, kecepatan arus, dan kecepatan angin akan berbeda karena kondisi geografis yang ada pada Pulau Madura.

4.2 Pengujian FIS Prediktor Logika Fuzzy Cuaca Darat Untuk Prediktor Cuaca Maritim

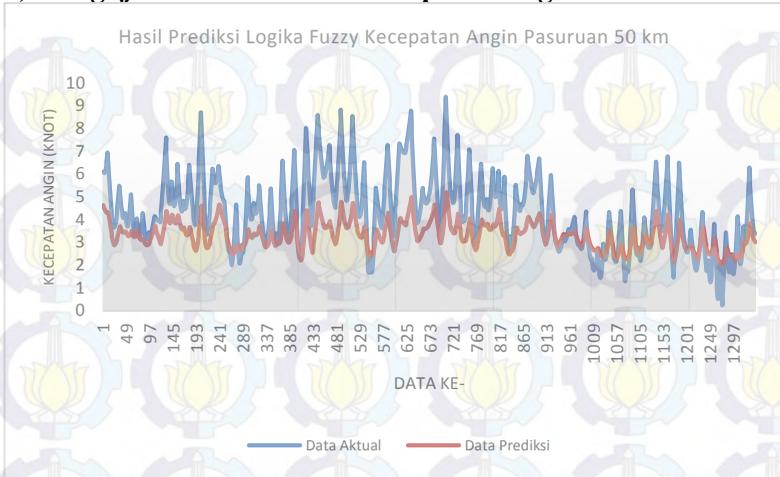
FIS Prediktor yang telah dibuat kemudian diuji tingkat akurasinya. Tingkat akurasi dari kecocokan model grafik hasil prediksi dengan data validasi didapatkan dari persentase rata – rata kesalahan absolut (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE telah banyak digunakan sebagai ukuran kinerja dalam peramalan adalah nilai MAPE dapat dengan mudah ditafsirkan dan dipahami sebagai nilai rata – rata persentase kesalahan prediksi kemudian digunakan untuk mengetahui nilai akurasi (Chen & Wu, 2010). Adapun nilai MAPE didapatkan dengan rumus berikut :

$$MAPE = 100\% \times \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Nilai Data Aktual - Nilai Hasil Prediksi|}{Nilai Data Aktual} \quad 4.1$$

Selain menggunakan parameter statistik, digunakan juga parameter linguistik sebagai tolok ukur performansi prediktor yang telah dibuat. Validasi menggunakan parameter linguistik dilakukan dengan cara mengelompokkan hasil prediksi kedalam standar yang telah ada. Standar yang digunakan pada proses pengujian ini adalah skala Beaufort untuk pengujian kecepatan angin, standar *World Maritime Organization* (WMO) untuk pengujian ketinggian gelombang, dan hasil pengclustoran dari algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) untuk pengujian kecepatan arus. Untuk

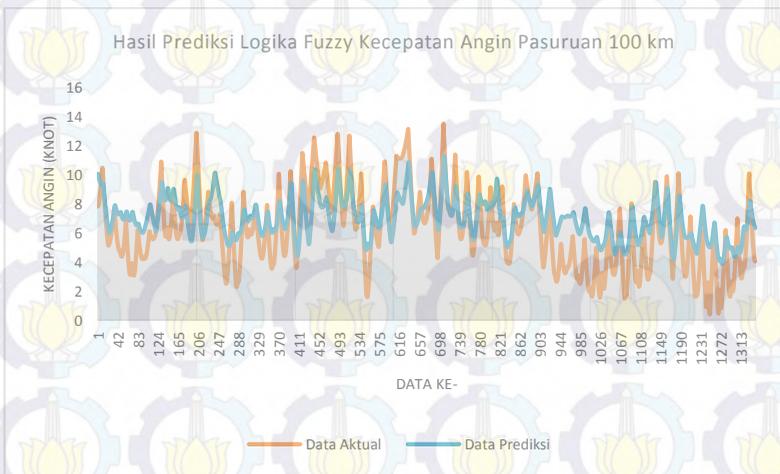
Pada pengujian tingkat akurasi yang digunakan data sebanyak 30 % dari data keseluruhan. Data tersebut merupakan data dari hasil rekaman Stasiun Meterologi Maritim Perak II dari 1 Januari 2012 – 31 Desember 2013. Sementara 70 % data sisanya digunakan untuk membangun aturan dan FIS.

a) Pengujian FIS Prediktor Kecepatan Angin



(a)

Gambar 4.1 (a) Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Pasuruan jarak 50 km dari pantai



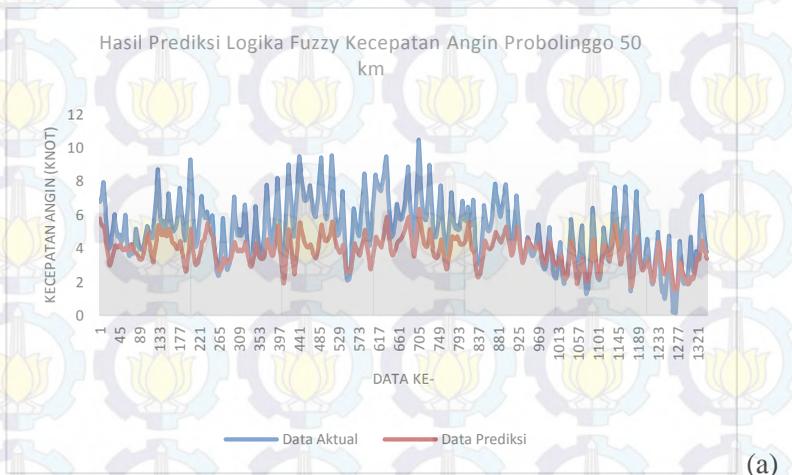
(b)

Gambar 4.1 (b) Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Pasuruan jarak 100 km dari pantai

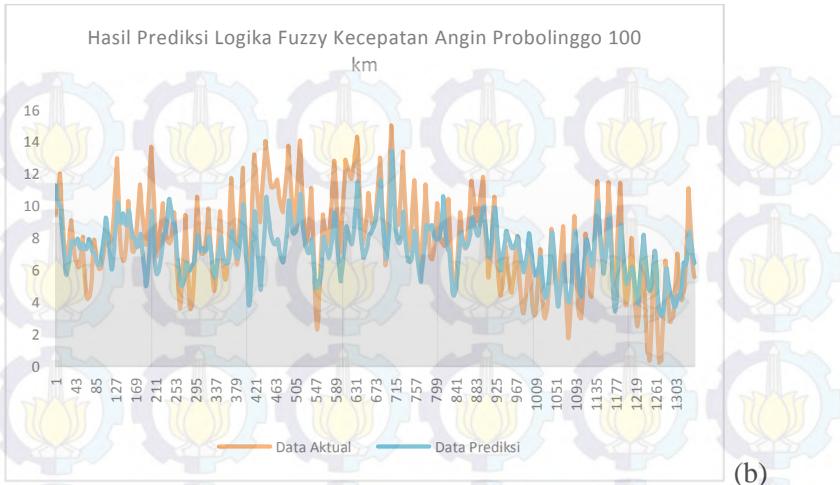
Pada gambar 4.1 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan angin satu jam ke depan ($w(t+1)$) pada daerah Pasuruan dapat mengikuti pola dari grafik data kecepatan angin aktual. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan angin dengan skala beaufort pada kelas yang sama pada Pasuruan didapatkan sebesar 39,344% dan 44,560% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan berdasarkan hasil statistik, data prediksi dan data validasi memiliki MAPE sebesar 26,393% dan 40,890% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.2 Performansi prediktor kecepatan angin di Pasuruan

No	Parameter Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Lingustik	39,344 %	44,560%
2	MAPE	26,393%	40,890%
	Jumlah Data	1342	



Gambar 4.2 (a) Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Probolinggo jarak 50 km dari pantai

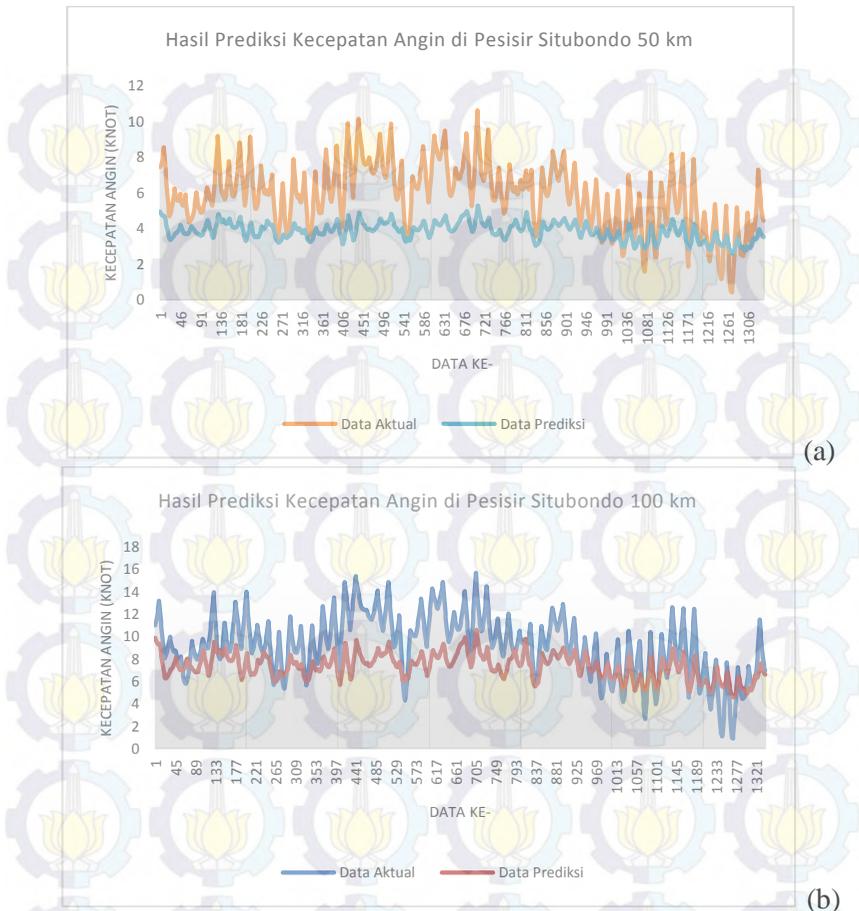


Gambar 4.2 (b) Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Probolinggo jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan angin satu jam ke depan ($w(t+1)$) dapat mengikuti pola grafik kecepatan angin aktual. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan angin dengan skala beaufort pada kelas yang sama pada Probolinggo didapatkan sebesar 38,227% dan 51,267% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 27,135% dan 26,984% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.3 Performansi prediktor kecepatan angin di Probolinggo

No	Parameter Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	38,227%	51,267%
2	MAPE	27,135%	26,984%
Jumlah Data		1342	



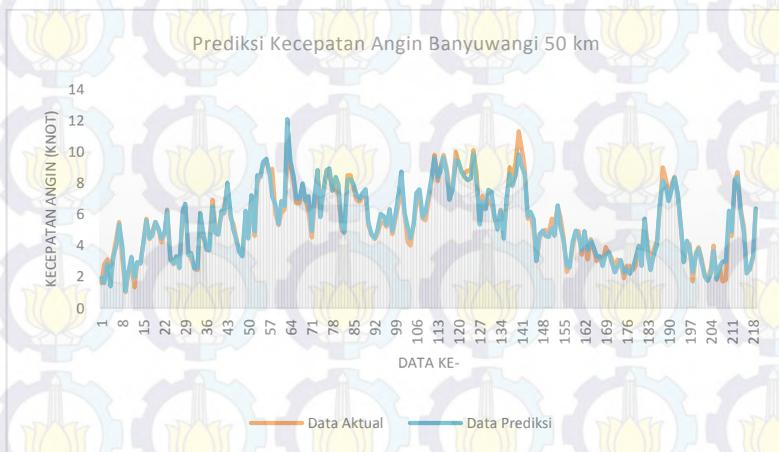
Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin gelombang dengan data aktual di Situbondo (a) jarak 50 km dari pantai (b) jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan angin satu jam ke depan ($w(t+1)$) pada titik penelitian 50 km dari pesisir tidak dapat mengikuti pola grafik kecepatan angin aktual, sedangkan pada titik penelitian 100 km dari pesisir pantai dapat mengikuti pola grafik kecepatan aktual, namun nilai prediksi jauh dari nilai aktual. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan angin dengan skala beaufort pada

kelas yang sama pada Situbondo didapatkan sebesar 17,599% dan 37,882% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 34,938% dan 24,992% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

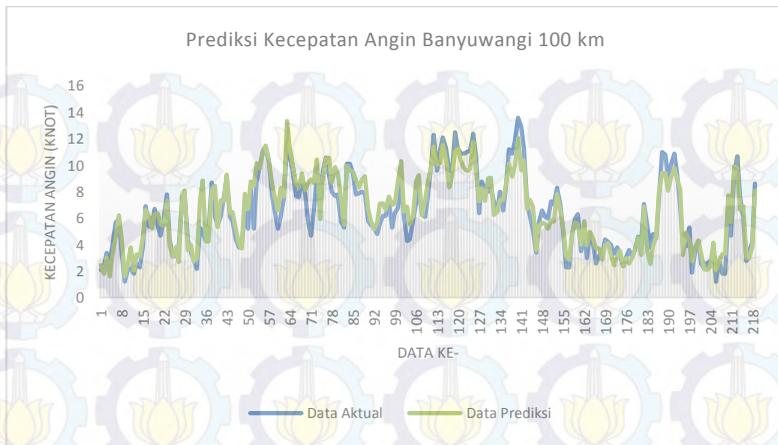
Tabel 4.4 Performansi prediktor kecepatan angin di Situbondo

No	Parameter Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	17,599 %	37,882%
2	MAPE	34,938 %	24,922%
Jumlah Data		1342	



(a)

Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin gelombang dengan data aktual di Banyuwangi (a) jarak 50 km dari pantai



(b)

Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin gelombang dengan data aktual di Banyuwangi (a) jarak 50 km dari pantai (b) jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan angin satu hari ke depan ($w(t+1)$) dapat mengikuti pola grafik kecepatan angin aktual. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan angin dengan skala beaufort pada kelas yang sama pada Situbondo didapatkan sebesar 84,932% dan 67,580% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 7,392% dan 15,999% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.5 Performansi prediktor kecepatan angin di Banyuwangi

No	Parameter Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	84,932 %	67,580%
2	MAPE	7,392 %	15,999%
Jumlah Data		219	

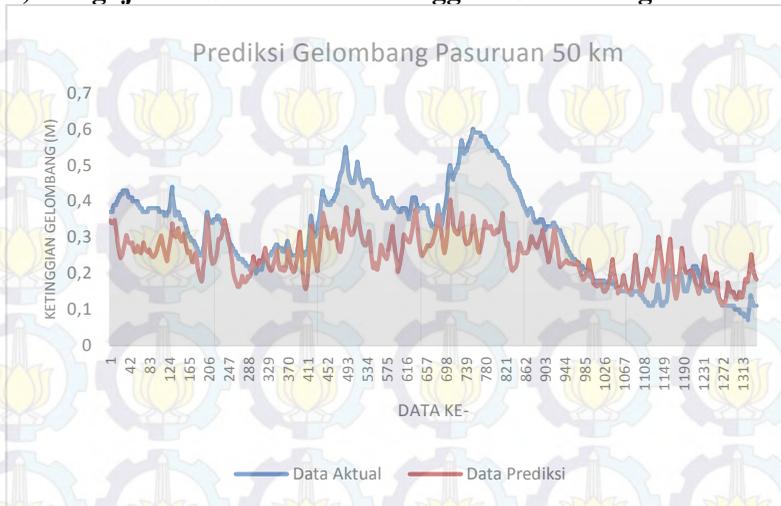
Dari keempat daerah penelitian, prediktor daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo memiliki akurasi prediktor yang tidak bagus serta tidak dapat mengikuti pola kecepatan angin aktual. Hal ini terjadi karena pola perubahan kecepatan angin di

darat dan di laut berbeda, sehingga masukan prediktor kecepatan angin di daerah pesisir tidak dapat mengikuti pola perubahan kecepatan angin di laut. Perbedaan pola kecepatan angin di laut dan di pesisir terjadi diantaranya karena peristiwa angin darat dan angin laut, dan kondisi geografis dari titik-titik pengamatan. Pada titik pengamatan 50 km berada di Selat Madura yang merupakan perairan laut yang terbuka di bagian timur dan di bagian barat laut. Berbeda dengan titik pengamatan 100 km, berada pada perairan laut Jawa, dengan berbedanya kondisi geografis tersebut, maka profil kecepatan angin pada tiap titik juga berbeda.

Pada daerah penelitian Banyuwangi, prediktor mampu mengikuti pola kecepatan angin aktual, namun belum mampu mengikuti titik-titik terpuncak. Hal ini terjadi karena pola perubahan kecepatan angin di daerah pesisir dan laut berbeda. Jika ditinjau dari kondisi geografis dari titik-titik pengamatan, letak titik pengamatan 50 km dan 100 km dari pesisir berada pada perairan lepas.

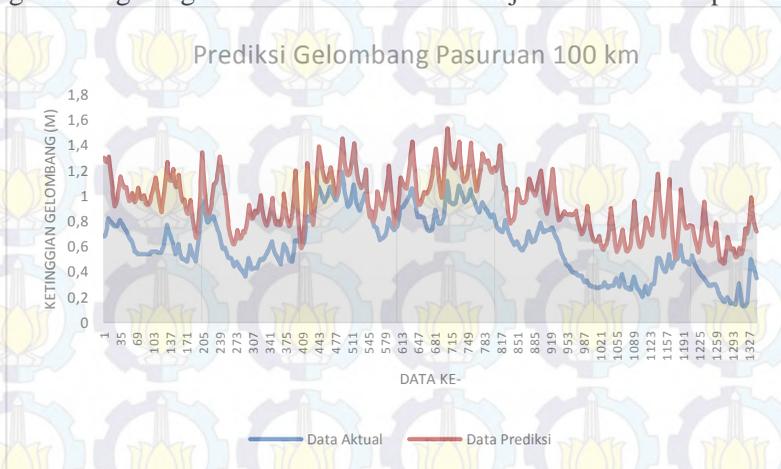
Tingkat akurasi pada prediktor kecepatan angin pada pesisir Pasuruan, Probolinggo, dan Banyuwangi cenderung semakin meningkat seiring bertambahnya jarak prediksi. Dari prediksi yang telah dilakukan, umumnya nilai akurasi pada jarak 50 km dari pesisir pantai lebih kecil jika dibandingkan dengan akurasi prediksi pada 100 km. Faktor yang menyebabkan hal ini adalah perbedaan kondisi perairan pada tiap-tiap titik pengamatan. Antara titik 50 km dan 100 km dipisahkan oleh pulau Madura. Kondisi perairan yang berbeda inilah yang mempengaruhi prediksi, karena menyebabkan perubahan aliran angin, arus laut serta ketinggian gelombang. Berbeda dengan tingkat akurasi prediktor kecepatan angin pada daerah Banyuwangi, tingkat akurasi prediktor semakin mengecil.

b) Pengujian FIS Prediktor Ketinggian Gelombang



(a)

Gambar 4.5 (a) Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Pasuruan jarak 50 km dari pantai



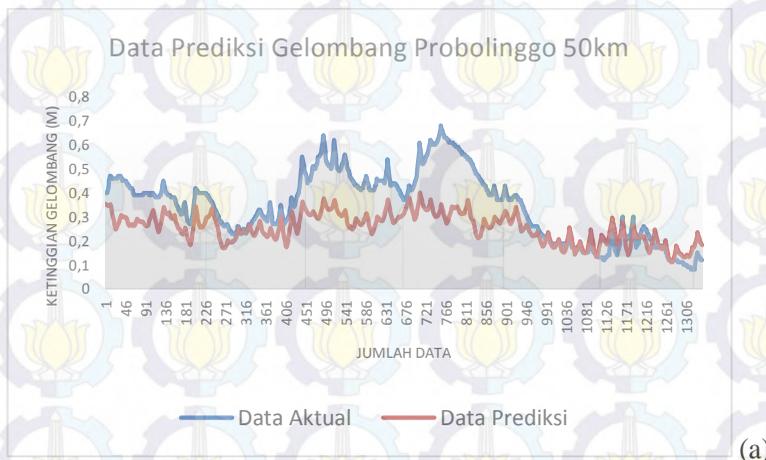
(b)

Gambar 4.5 (b) Grafik perbandingan hasil ketinggian gelombang dengan data aktual di Pasuruan jarak 100 km dari pantai

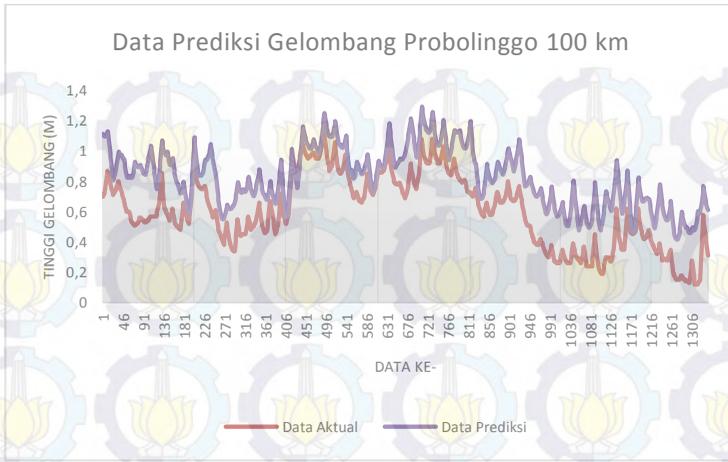
Pada gambar 4.5 terlihat bahwa grafik prediksi ketinggian gelombang satu jam ke depan ($h(t+1)$) tidak dapat mengikuti pola grafik ketinggian gelombang aktual. Namun belum bisa mengikuti dari nilai titik puncak pada pola tersebut. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian ketinggian gelombang dengan standar WMO (*World Meteorological Organization*) pada kelas yang sama pada Pasuruan didapatkan sebesar 89,642% dan 67,809% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 27,126% dan 70,319% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.6 Performansi prediktor kecepatan angin di Pasuruan

No	Parameter Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	89,642 %	67,809%
2	MAPE	27,126%	70,319%
Jumlah Data		1342	



Gambar 4.6 (a) Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Probolinggo jarak 50 km dari pantai



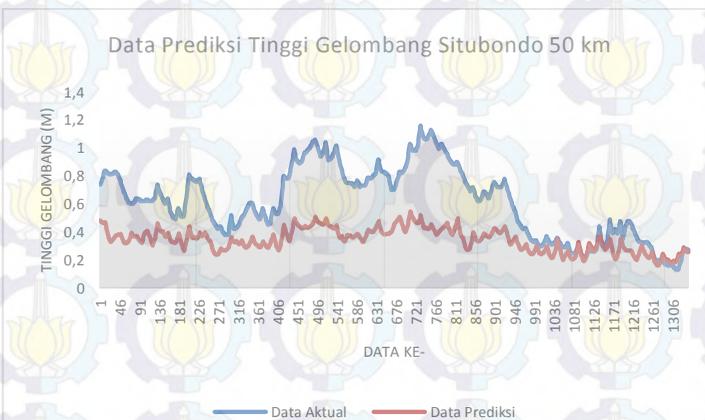
(b)

Gambar 4.6 (b) Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Probolinggo jarak 100 km dari pantai

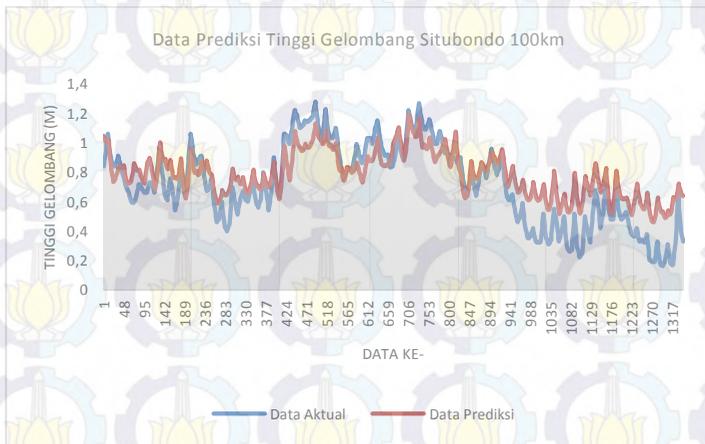
Pada gambar 4.6 terlihat bahwa grafik prediksi ketinggian gelombang satu jam ke depan ($h(t+1)$) tidak dapat mengikuti pola grafik ketinggian gelombang aktual. Namun belum bisa mengikuti dari nilai titik puncak pada pola tersebut. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian ketinggian gelombang dengan standar WMO (*World Meteorological Organization*) pada kelas yang sama pada Pasuruan didapatkan sebesar 82,340% dan 70,790% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 28,106% dan 33,114% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.7 Performansi prediktor kecepatan angin di Probolinggo

No	Hasil Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	82,340%	70,790%
2	MAPE	28,106%	33,114%
	Jumlah Data	1342	



(a)



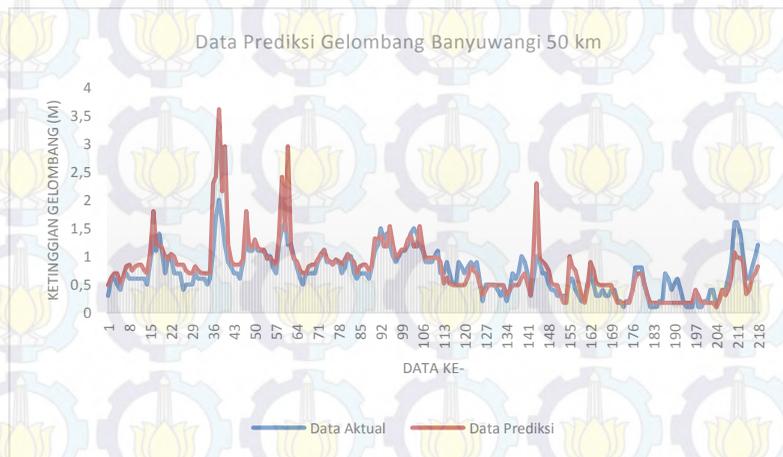
(b)

Gambar 4.7 Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Situbondo (a) jarak 50 km dari pantai (b) jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.7 terlihat bahwa grafik prediksi ketinggian gelombang satu jam ke depan ($h(t+1)$) tidak dapat mengikuti pola grafik ketinggian gelombang aktual. Namun belum bisa mengikuti dari nilai titik puncak pada pola tersebut. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian ketinggian gelombang dengan standar WMO (*World Meteorological Organization*) pada kelas yang sama pada Pasuruan didapatkan sebesar 36,262% dan 76,917% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 39,393% dan 29,314% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

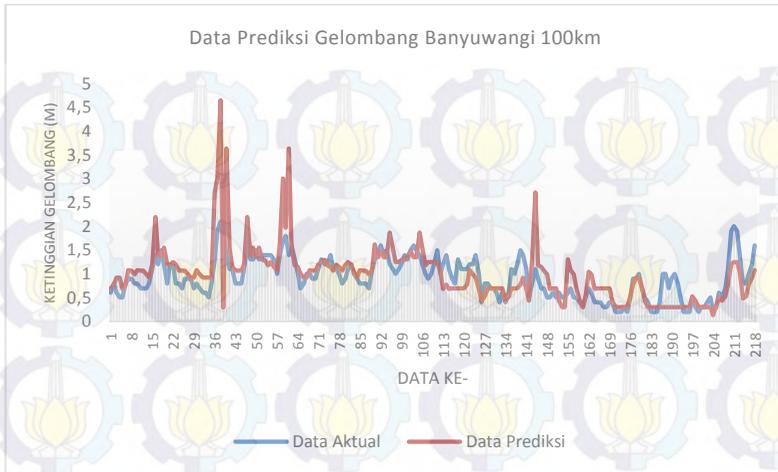
Tabel 4.8 Performansi prediktor ketinggian gelombang di Situbondo

No	Hasil Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	36,262 %	76,917%
2	MAPE	39,393 %	29,314%
	Jumlah Data	1342	



(a)

Gambar 4.8 Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Banyuwangi (a) jarak 50 km dari pantai



(b)

Gambar 4.8 Grafik perbandingan hasil prediksi ketinggian gelombang dengan data aktual di Banyuwangi (b) jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa grafik prediksi ketinggian gelombang satu jam ke depan ($h(t+1)$) dapat mengikuti pola grafik ketinggian gelombang aktual. Namun belum bisa mengikuti dari nilai titik puncak pada pola tersebut. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian ketinggian gelombang dengan standar WMO (*World Meteorological Organization*) pada kelas yang sama pada Pasuruan didapatkan sebesar 86,2385% dan 86,2385% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 28,825% dan 32,617% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

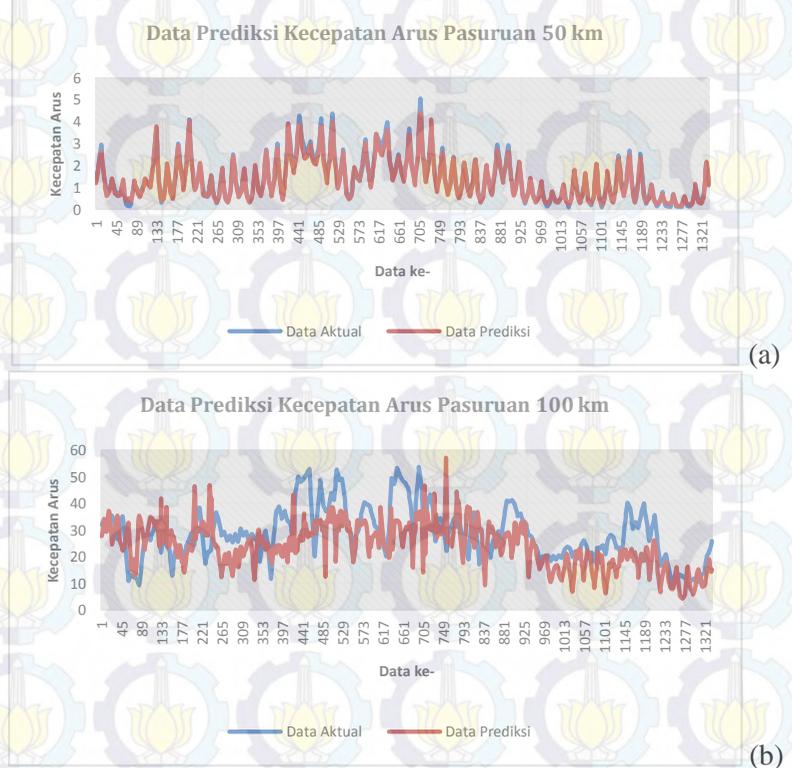
Tabel 4.9 Performansi prediktor ketinggian gelombang di Banyuwangi

No	Hasil Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	86,2385 %	86,2385%
2	MAPE	28,825 %	32,617%
Jumlah Data		217	

Berdasarkan hasil prediksi yang telah diperoleh, rata-rata tingkat akurasi prediksi mengalami penurunan seiring dengan semakin jauhnya titik penelitian. Namun, terjadi anomali pada titik 50 km dari pesisir daerah Situbondo. Pada titik ini, prediktor tidak mampu untuk memprediksi ketinggian gelombang.

Pola ketinggian gelombang pada dasarnya sulit diprediksi dan fluktuatif. Hal ini dikarenakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin selain dipengaruhi oleh kecepatan angin, juga dipengaruhi oleh waktu dimana angin sedang bertiup, jarak tanpa rintangan dan dimana angin sedang bertiup (*fetch*).

c) Pengujian FIS Prediktor Kecepatan Arus

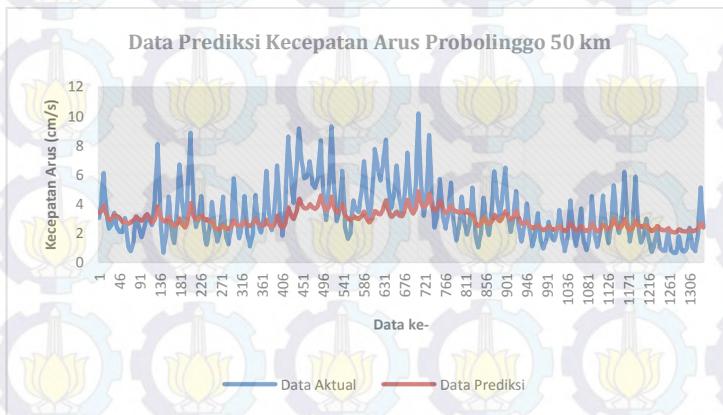


Gambar 4.9 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan arus dengan data aktual di Pasuruan jarak (a) 50 km dari pantai dan (b) 100 km dari pantai

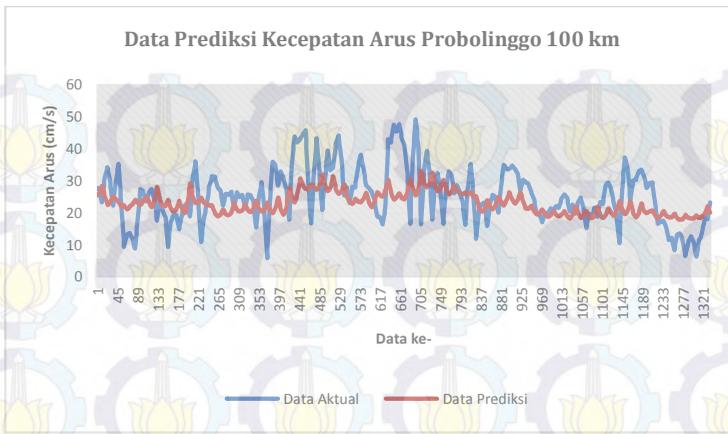
Pada gambar 4.9 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan arus satu jam ke depan ($Cu(t+1)$) juga dapat mengikuti pola grafik kecepatan arus aktual namun belum dapat memprediksi nilai kecepatan arus yang mendekati nilai kecepatan arus aktual. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan arus pada kelas yang sama pada Probolinggo didapatkan sebesar 89,23% dan 96,86% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 11,14% dan 28,84% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.10 Performansi prediktor kecepatan arus di Pasuruan

No	Hasil Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	89,23 %	96,86%
2	MAPE	11,14%	28,84%
Jumlah Data		1337	



Gambar 4.10 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Probolinggo (a) jarak 50 km dari pantai

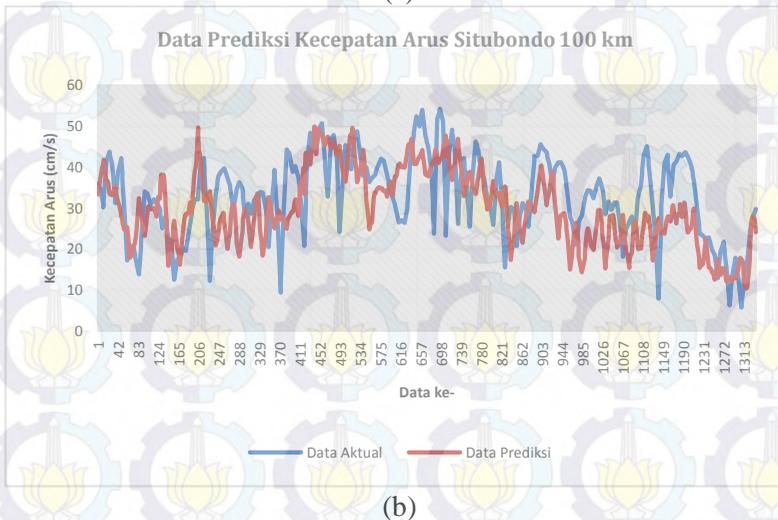
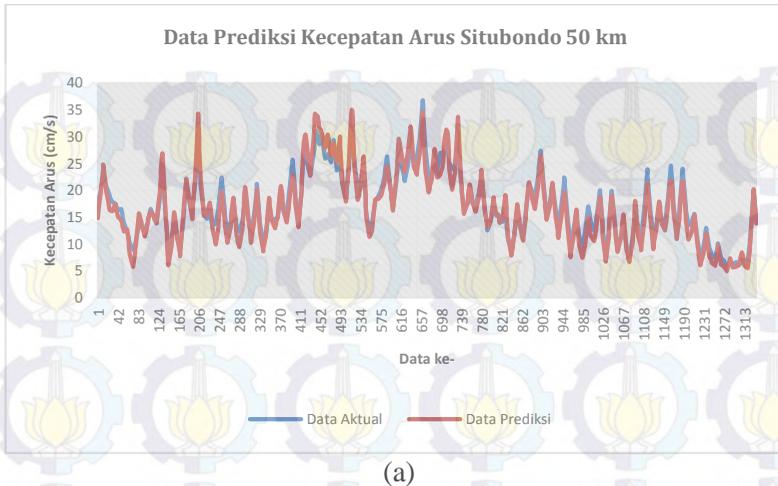


Gambar 4.10 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin dengan data aktual di Probolinggo (b) jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.10 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan arus satu jam ke depan ($Cu(t+1)$) juga dapat mengikuti pola grafik kecepatan arus aktual namun belum dapat memprediksi nilai kecepatan arus yang mendekati nilai kecepatan arus aktual. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan arus pada kelas yang sama pada Probolinggo didapatkan sebesar 37,370% dan 94,100% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 39,580% dan 27,590% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.11 Performansi prediktor kecepatan arus di Probolinggo

No	Hasil Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	37,370%	94,100%
2	MAPE	39,580%	27,590%
	Jumlah Data		1337



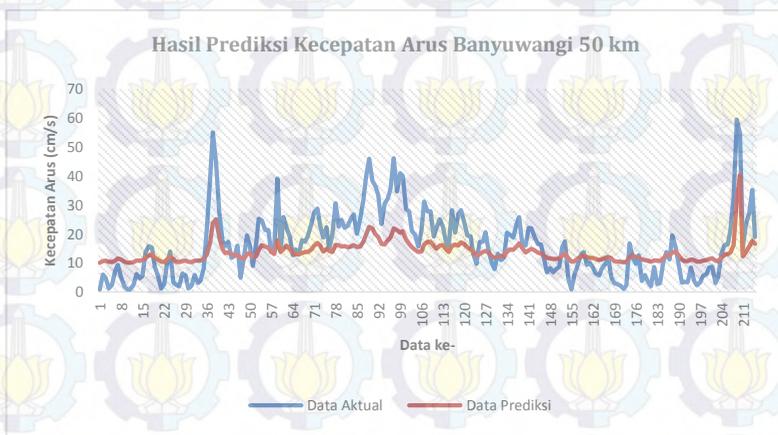
Gambar 4.11 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin gelombang dengan data aktual di Situbondo (a) jarak 50 km dari pantai (b) jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.11 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan arus satu jam ke depan ($Cu(t+1)$) juga dapat mengikuti pola grafik kecepatan arus aktual namun belum dapat memprediksi nilai kecepatan arus yang mendekati nilai kecepatan arus aktual. Nilai

akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan arus pada kelas yang sama pada Probolinggo didapatkan sebesar 84,22% dan 52,58% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 8,12% dan 24,82% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

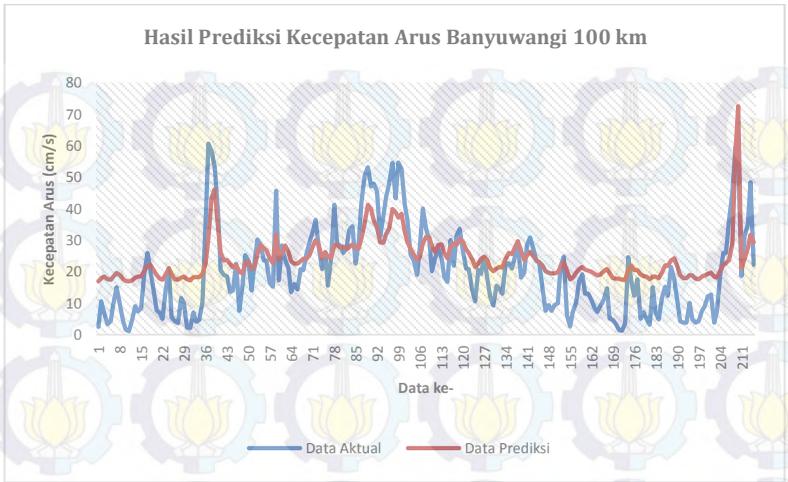
Tabel 4.12 Performansi prediktor kecepatan arus di Situbondo

No	Hasil Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Keakuratan Prediktor	84,22 %	52,58%
2	MAPE	8,12 %	24,82%
	Jumlah Data	1337	



(a)

Gambar 4.12 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin gelombang dengan data aktual di Banyuwangi (a) jarak 50 km dari pantai



(b)

Gambar 4.12 Grafik perbandingan hasil prediksi kecepatan angin gelombang dengan data aktual di Banyuwangi (a) jarak 50 km dari pantai (b) jarak 100 km dari pantai

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa grafik prediksi kecepatan arus satu jam ke depan ($Cu(t+1)$) juga dapat mengikuti pola grafik kecepatan arus aktual namun belum dapat memprediksi nilai kecepatan arus yang mendekati nilai kecepatan arus aktual. Nilai akurasi yang didapatkan dengan didasarkan pada pengkategorian kecepatan arus pada kelas yang sama pada Probolinggo didapatkan sebesar 30,233% dan 32,093% untuk jarak 50 dan 100 km. Sedangkan jika ditinjau secara statistik, hasil prediksi dan data validasi mempunyai MAPE sebesar 87,627% dan 81,865% masing – masing untuk jarak 50 km dan 100 km dari bibir pantai.

Tabel 4.13 Performansi prediktor kecepatan arus di Banyuwangi

No	Hasil Prediksi	50 km dari bibir pantai	100 km dari bibir pantai
1	Akurasi Linguistik	30,233%	32,093%
2	MAPE	87,627%	81,865%
Jumlah Data		202	

Pada hasil prediksi yang telah ditampilkan pada grafik sebelumnya, semakin jauh jarak titik penelitian dari pesisir, semakin rendah pula akurasi dari sistem prediktor. Namun, pada titik pengamatan pada daerah Probolinggo dan Banyuwangi, hasil prediksi tidak dapat mengikuti pola perubahan kecepatan arus. Hal ini mengimplikasikan bahwa diperlukan sebuah faktor lain selain kecepatan angin, tekanan udara, dan kecepatan arus saat ini untuk membangun prediktor yang lebih akurat. Pada dasarnya arus permukaan terjadi karena adanya angin yang bertiup di atasnya., selain itu ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi arus permukaan. Setidaknya ada tiga buah faktor selain angin yang membangkitkan arus permukaan, yaitu bentuk topografi dasar lautan dan pulau-pulau yang ada di sekitarnya, adanya gaya Coriolis yang mempengaruhi aliran massa air, dan arus Ekman.

4.3 Pembahasan

Prediktor yang telah dirancang memiliki akurasi linguistik yang tinggi pada variabel ketinggian gelombang dan kecepatan arus, namun tidak bisa mengikuti dinamika perubahan nilai tiap-tiap variabel. Pada titik penelitian di daerah Banyuwangi, akurasi linguistik pada prediksi kecepatan angin dan ketinggian gelombang memiliki akurasi linguistik yang tertinggi jika dibandingkan dengan daerah penelitian yang lain.

Pada titik Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo, antara titik penelitian 50 km dan 100 km dari daerah pesisir pantai dipisahkan oleh Pulau Madura. Pemisahan oleh pulau ini berakibat pada semakin mengecilnya nilai akurasi prediktor. Perbedaan profil kecepatan angin, ketinggian gelombang dan kecepatan arus pasti berbeda diantara kedua titik tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh topografi dasar laut, perbedaan tekanan, dan kecepatan angin.

Pada titik penelitian Banyuwangi, semua titik penelitian merupakan area arus lepas. Hal ini menguntungkan bagi perancangan prediktor, karena profil kecepatan angin, perbedaan tekanan dan topografi dasar laut tidak jauh berbeda.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Prosentase nilai keakuratan hasil prediksi cuaca maritim (kecepatan angin, ketinggian gelombang dan kecepatan arus) untuk 1 jam kedepan pada setiap titik berjarak 50 km dan 100 km dari daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo secara berturut – turut adalah sebagai berikut:
 - Kecepatan Angin : 39,344% dan 44,560% di Pasuruan, 38,227% dan 51,267% di Probolinggo, 17,599% dan 37,882% di Situbondo dan 84,932% dan 64,580% di Banyuwangi.
 - Ketinggian gelombang : 89,642% dan 67,809% di Pasuruan, 82,340% dan 70,790% di Probolinggo, 26,262% dan 76,917% di Situbondo dan 86,234% dan 86,234% di Banyuwangi.
 - Kecepatan Arus : 89,23% dan 96,86% di Pasuruan, 91,78% dan 90,28% di Probolinggo, 84,22% dan 52,58% di Situbondo dan 30,233% dan 32,903% di Banyuwangi.
2. Sistem yang telah dibangun rata-rata memperbaiki akurasi prediksi pada jarak 100 km namun memperburuk akurasi prediksi pada jarak 50 km.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian tugas akhir yang telah dilakukan ini adalah :

1. Diperlukan adanya analisa lebih lanjut tentang pengaruh musim, arah angin dan perbedaan malam dan siang terhadap pola perilaku cuaca maritim.
2. Diperlukan adanya validasi dengan pakar yang memahami fenomena maritim agar basis aturan menjadi tepat.



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

Fuzzy Clustering Mean

Tabel hasil clustering cuaca darat dan maritim pada tiap daerah

Daerah	Variabel	Standar Deviasi	Kategori	Min	Center	Max
Pasuruan	Kecepatan Angin (knot)	1.15	C	0.01	1	1.49
		1.15	LA	1.5	2.0449	2.61
		1.15	LB	2.62	3.1754	3.77
		1.15	GB	3.78	4.3827	5.15
		1.15	MB	5.16	5.9259	7.06
		1.15	FB	7.07	8.2078	9.97
		1.15	SB	9.98	11.7323	20.48
	Ketinggian Gelombang (m)	0.15	GL	0	0	0.13
		0.15	RP	0.14	0.2194	0.29
		0.15	WV	0.3	0.3731	0.46
		0.15	SL	0.47	0.5649	0.7
		0.15	MD	0.71	0.8447	1.19
	Tekanan Udara (mbar)	0.15	RP	1.2	1.552	2.74
		0.5	RD	3.24	3.8317	4.21
		0.5	SD	4.22	4.5927	5.02
		0.5	T	5.03	5.4611	8.42
		1.5	VS	0.1	2.447	5.5
	Kecepatan Arus (cm/s)	1.5	SM	5.6	8.7027	11.9
		1.5	SL	12	15.1869	19.5
		1.5	AV	19.6	23.8488	28.1
		1.5	FB	28.2	32.4291	39.2
1.5		F	39.3	46.0949	55.3	
1.5		VF	56.7	66.6448	147.5	

		1.39	C	0.01	1	1.7
		1.39	LA	1.71	2.3295	2.99
		1.39	LB	3	3.6636	4.36
	Kecepatan Angin (knot)	1.39	GB	4.37	5.0663	5.99
		1.39	MB	6	6.9322	8.1
		1.39	FB	8.11	9.2841	11.22
		1.39	SB	11.23	13.1719	22.78
		0.15	GL	0	0.0423	0.12
		0.15	RP	0.13	0.2117	0.29
	Ketinggian Gelombang (m)	0.15	WV	0.3	0.3694	0.46
		0.15	SL	0.47	0.5518	0.68
Probolinggo		0.15	MD	0.69	1	1.14
		0.15	RP	1.15	1.4766	2.68
	Tekanan Udara (mbar)	0.45	RD	3.08	3.6151	3.9
		0.45	SD	3.91	4.188	4.51
		0.45	T	4.52	4.8372	7.37
		2.22	VS	0	0.9295	2.31
		2.22	SM	2.32	3.7093	7.01
		2.22	SL	7.02	10.3173	14.13
	Kecepatan Arus (cm/s)	2.22	AV	14.14	18	22.21
		2.22	FB	22.22	26.4778	31.31
		2.22	F	31.32	36.158	42.87
		2.22	VF	42.88	49.6001	141.91

	1.42	C	0.02	1.1894	1.91
	1.42	LA	1.92	2.6383	3.39
	1.42	LB	3.4	4.1503	5
Kecepatan Angin (knot)	1.42	GB	5.01	5.8535	6.92
	1.42	MB	6.93	7.8984	9.17
	1.42	FB	9.18	10.3555	12.35
	1.42	SB	12.36	14.3603	24.82
	0.15	GL	0	0.0478	0.14
	0.15	RP	0.15	0.2332	0.33
Ketinggian Gelombang (m)	0.15	WV	0.34	0.4426	0.55
	0.15	SL	0.56	0.6681	0.8
	0.15	MD	0.81	0.9389	1.31
	0.15	RP	1.32	1.6921	3.14
Tekanan Udara (mbar)	0.45	RD	3.48	4.1446	4.5
	0.45	SD	4.51	4.8698	5.31
	0.45	T	5.32	5.7666	8.81
	5.02	VS	0	1.6265	4.15
	5.02	SM	4.16	7	10.1
Kecepatan Arus (cm/s)	5.02	SL	10.11	13.5317	17.56
	5.02	AV	17.57	21.5947	27.18
	5.02	FB	27.19	32.7774	38.82
	5.02	F	38.83	44.8668	52.97
	5.02	VF	52.98	61.0829	156.95

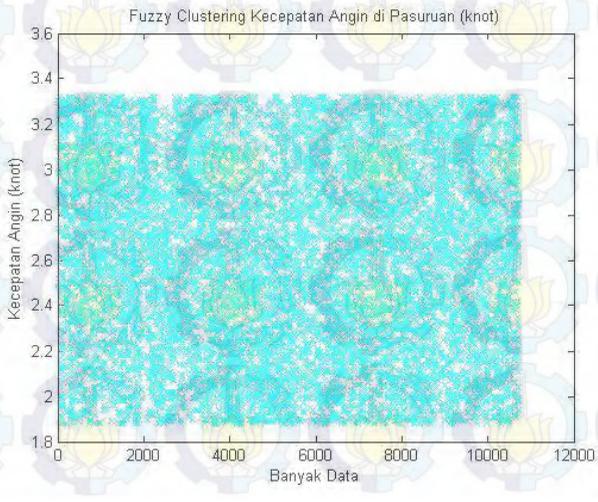
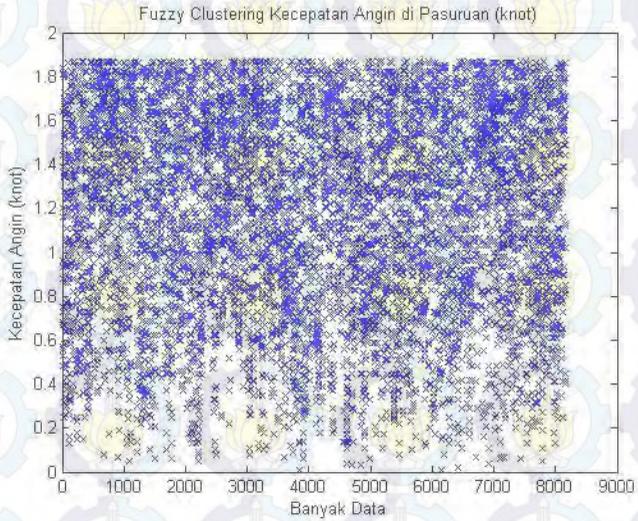
		1.74	C	0.5	1.9442	2.6
		1.74	LA	2.7	3.3191	4
Kecepatan Angin (knot)		1.74	LB	4.1	4.8591	5.6
		1.74	GB	5.7	6.4693	7.5
		1.74	MB	7.6	8.6374	9.9
		1.74	FB	10	11.2170	15.4
		1.74	SB	15.7	20.1451	34.9
		7.30	GL	0	0.0423	0.12
Ketinggian Gelombang (m)		7.30	RP	0.13	0.2117	0.29
		7.30	WV	0.3	0.3694	0.46
		7.30	SL	0.47	0.5518	0.68
		7.30	MD	0.69	1	1.14
		7.30	RP	1.15	1.4766	2.68
		0.20	VS	0	0.9295	2.31
Kecepatan Arus (cm/s)		0.20	SM	2.32	3.7093	7.01
		0.20	SL	7.02	10.3173	14.13
		0.20	AV	14.14	18	22.21
		0.20	FB	22.22	26.4778	31.31
		0.20	F	31.32	36.158	42.87
		0.20	VF	42.88	49.6001	141.91

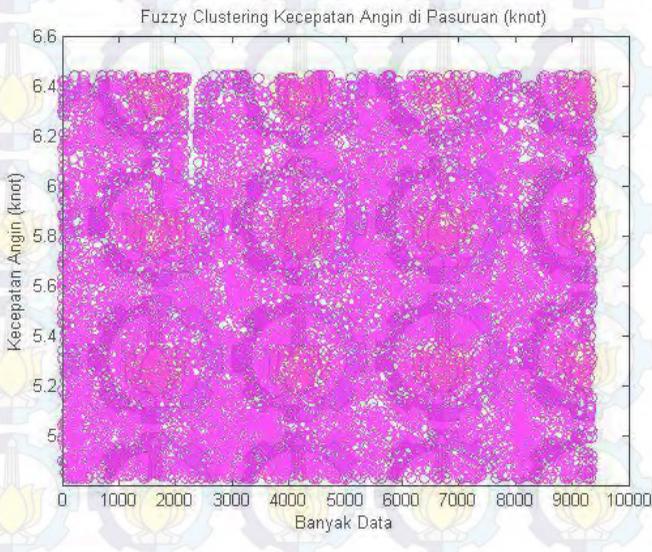
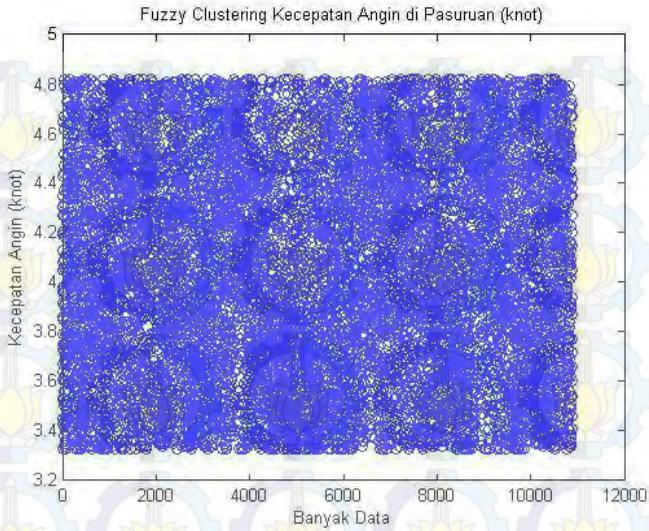
Keterangan Tabel :

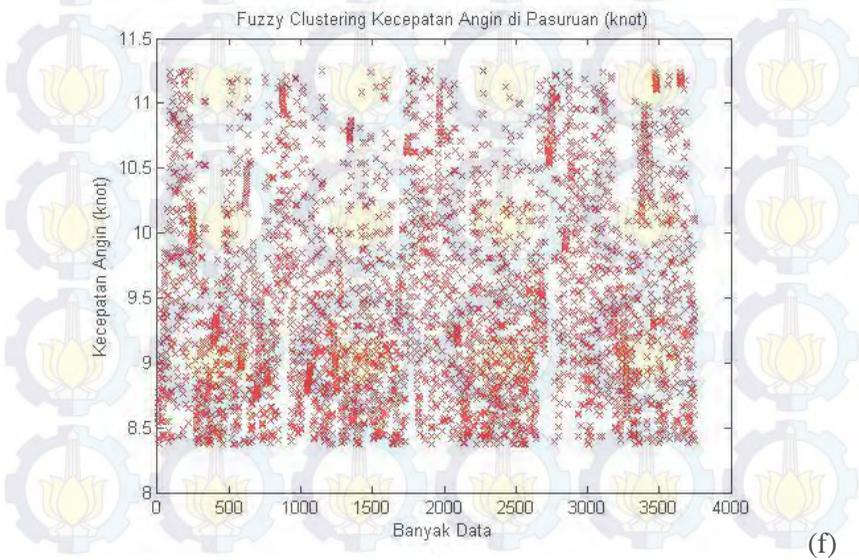
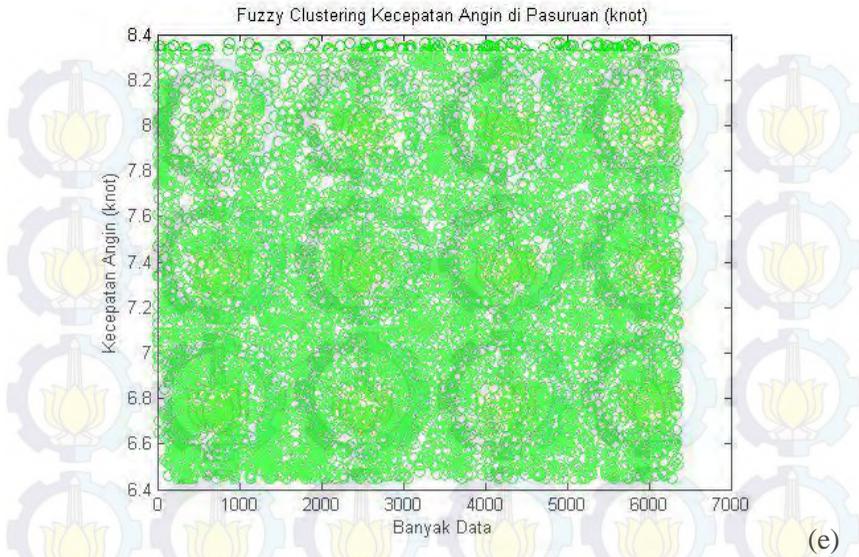
- Kecepatan Angin : C = Calm, LA = Light Air, LB = Light Breeze, GB = Gentle Breeze, MB = Moderate Breeze, FB = Fresh Breeze, SB = Strong Breeze. GL = Glassy
- Ketinggian Gelombang : GL = Glassy, RP = Rippled, WV = Wavelets, SL = Slight, MD = Moderate, R = Rough
- Kecepatan Arus : VS = Very Slow, S = Slow, SM = Smooth, SL = Slight, AV = average, F = Fast, VF = Very Fast.
- Tekanan : RD = Rendah, SD = Sedang, T = Tinggi

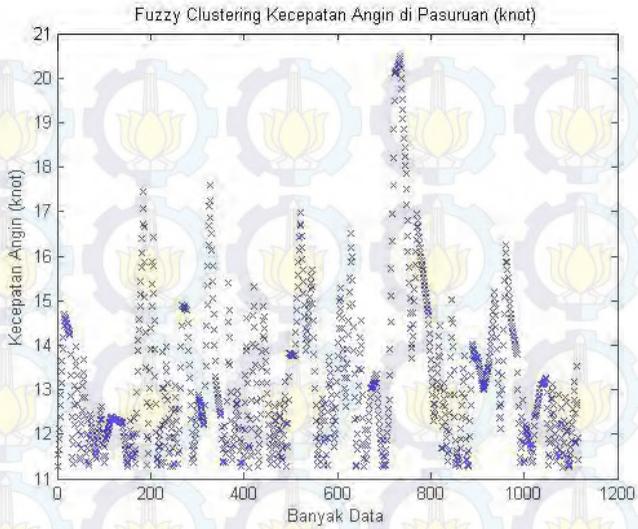
LAMPIRAN B Hasil Clustering

1. Fuzzy Cluster Mean Kecepatan Angin



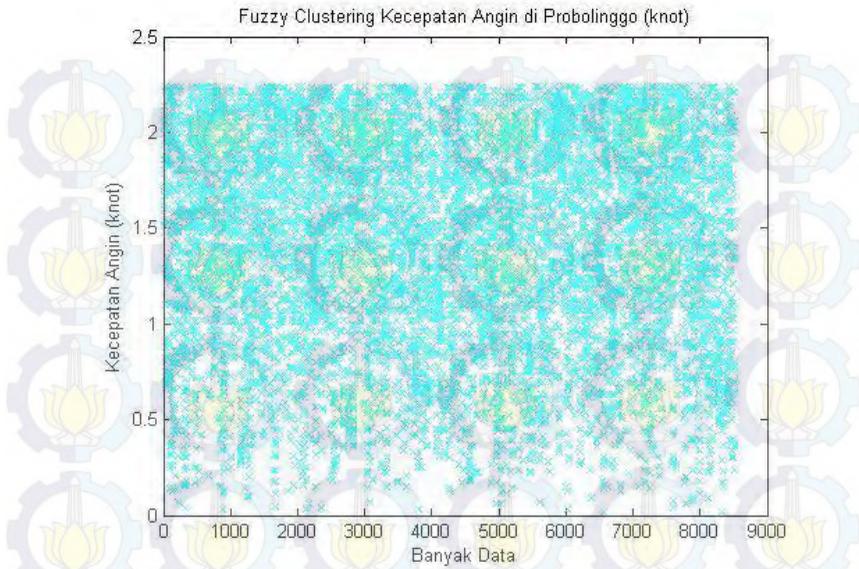




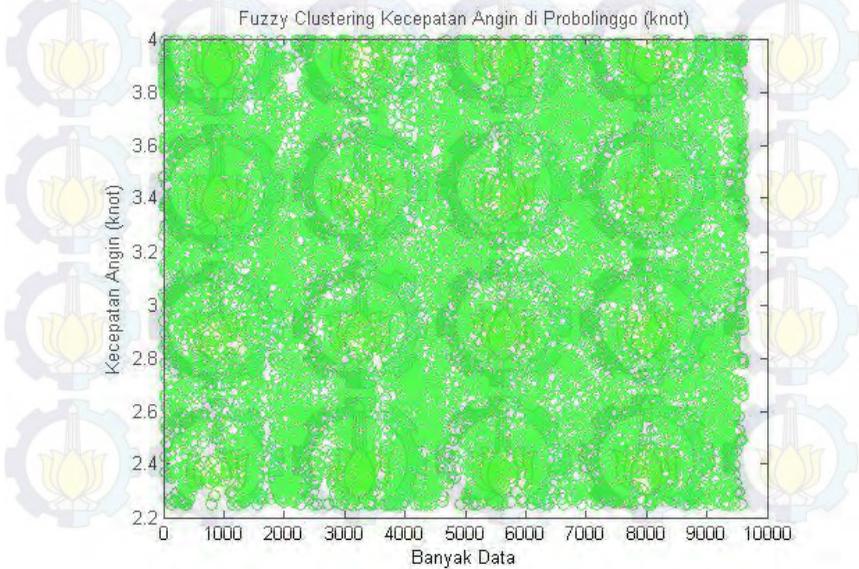


(g)

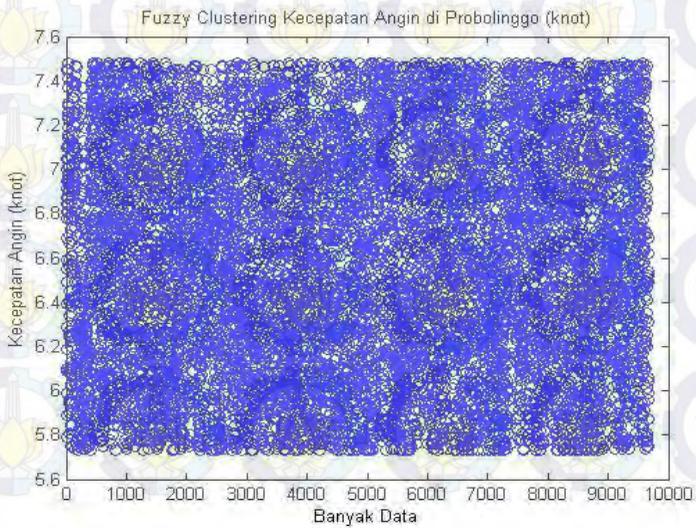
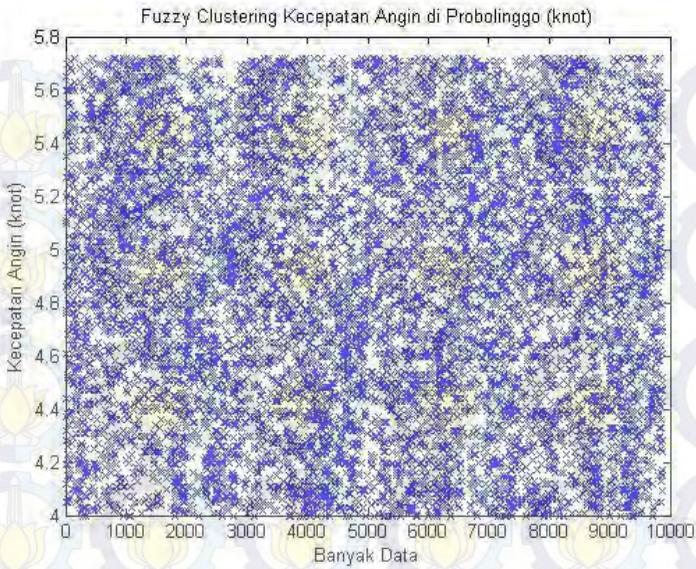
Gambar 1 FCM Kecepatan Angin di Pasuruan (a)cluster 1(b)
cluster 2(c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6 (g)
cluster 7

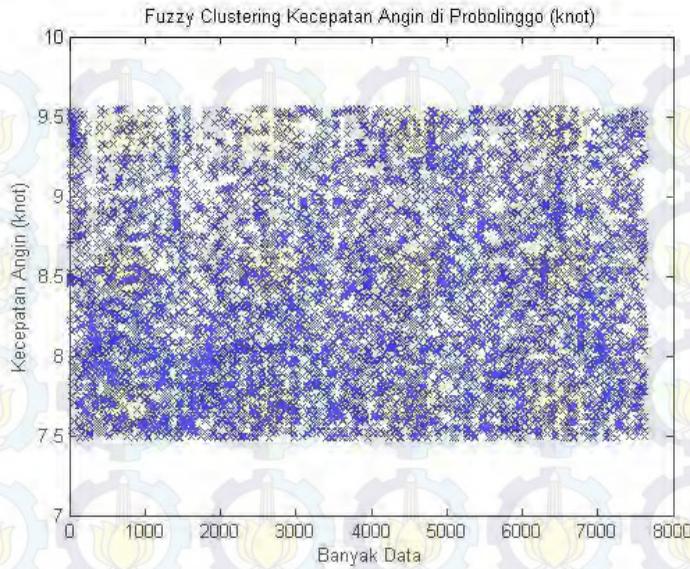


(a)

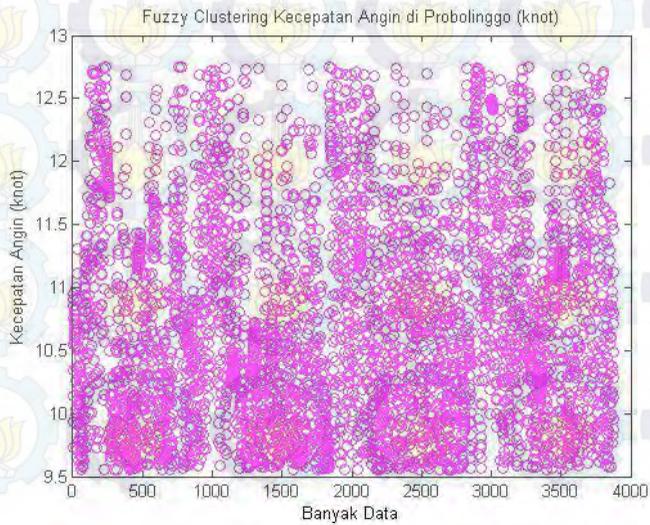


(b)

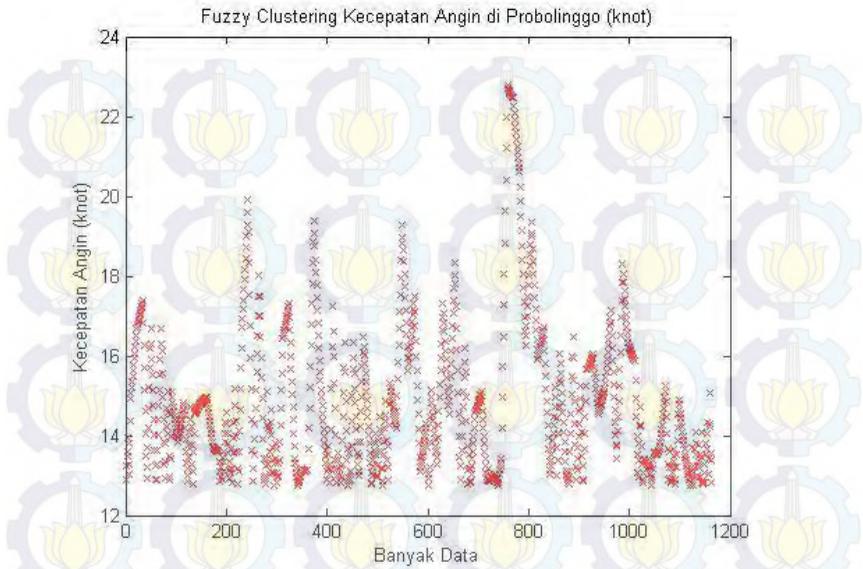




(e)

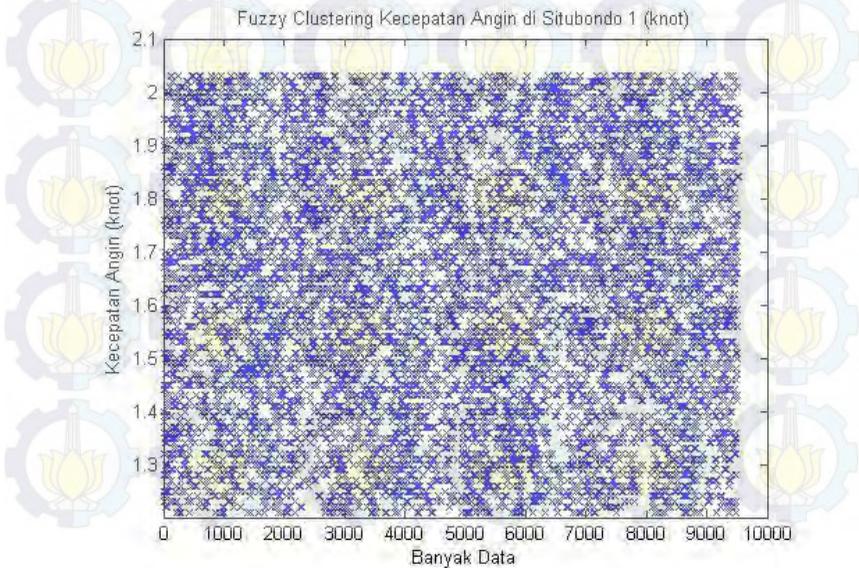
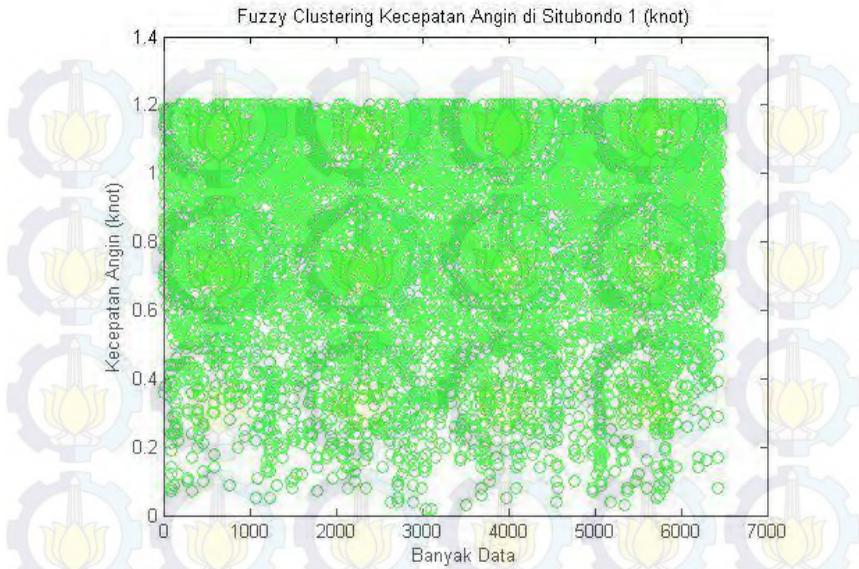


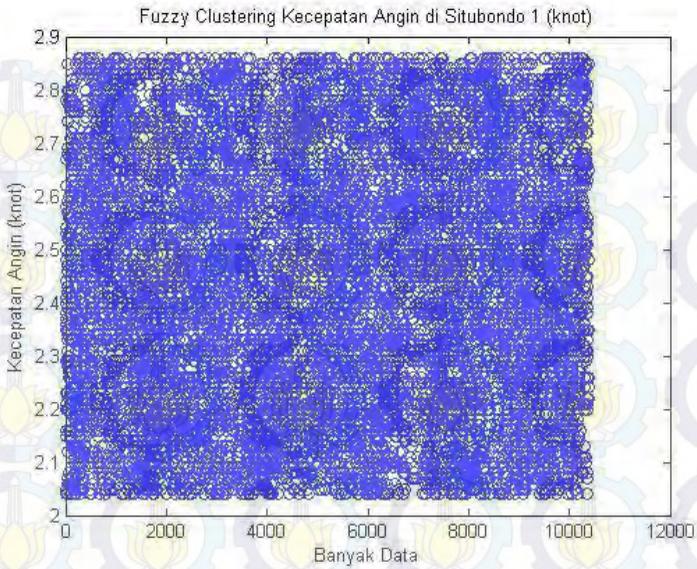
(f)



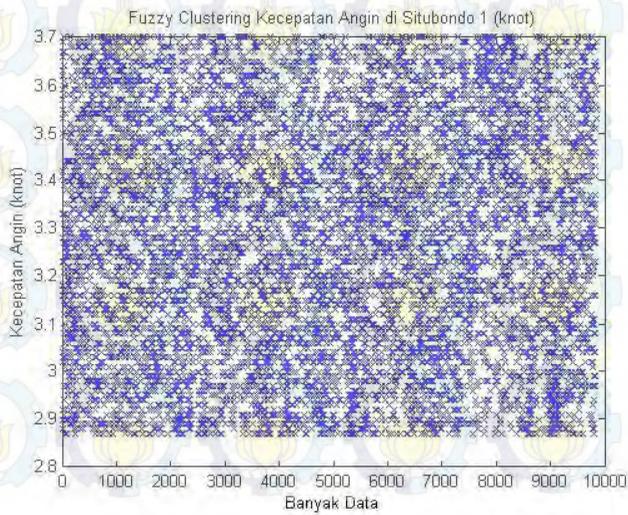
(g)

Gambar 2 FCM Kecepatan Angin di Probolinggo (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6 (g) cluster 7

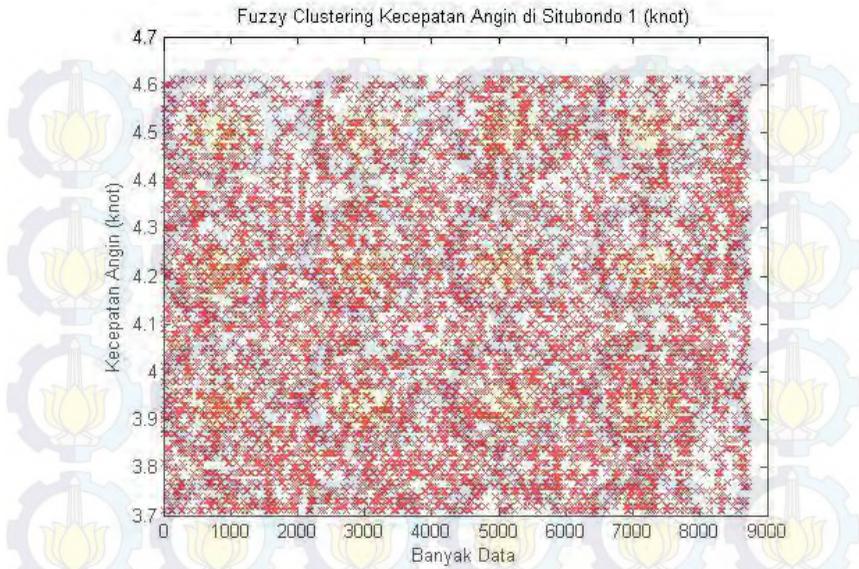




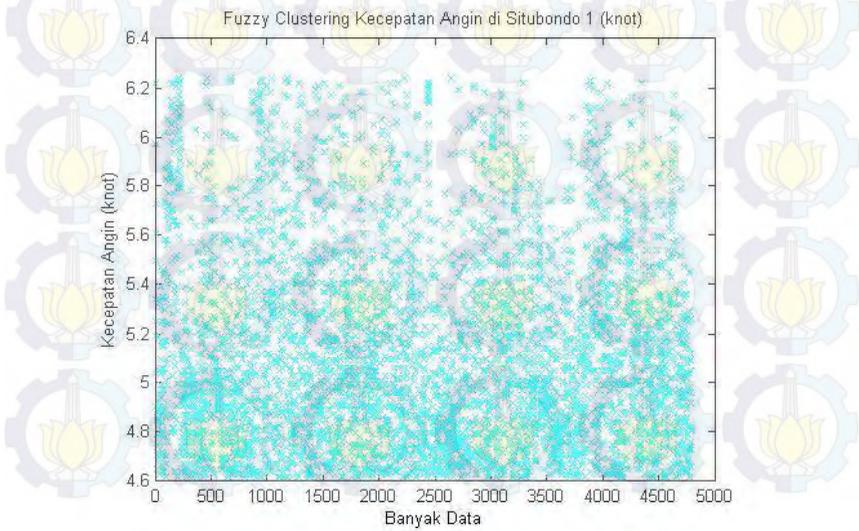
(c)



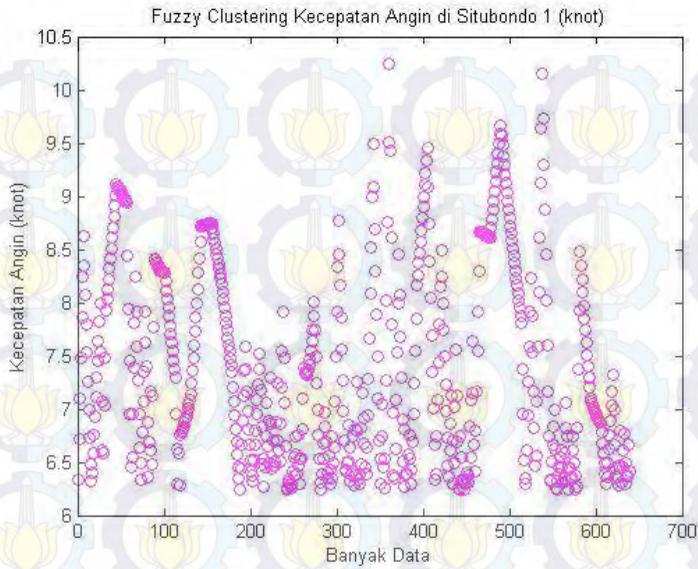
(d)



(e)

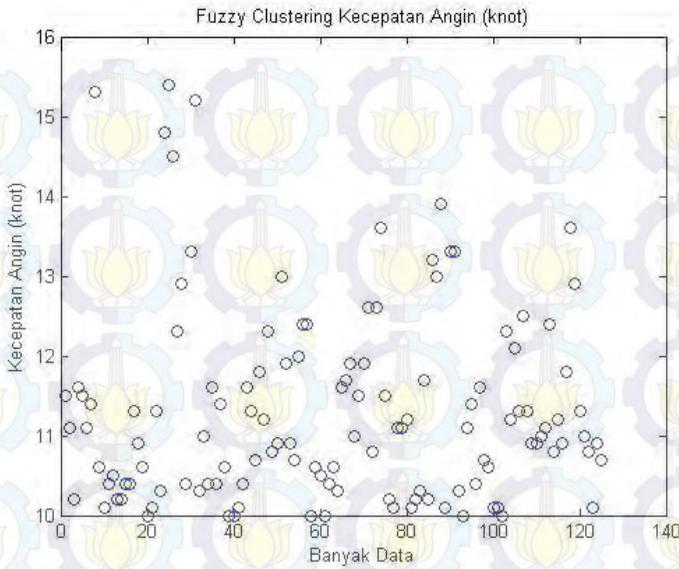


(f)

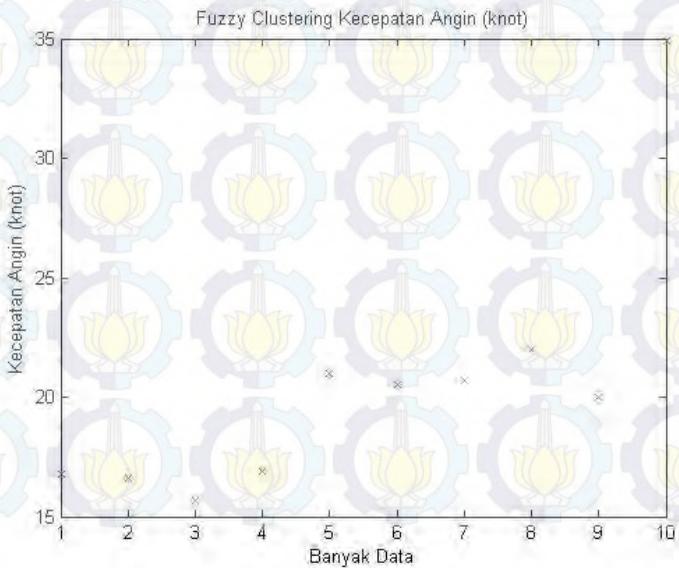


(g)

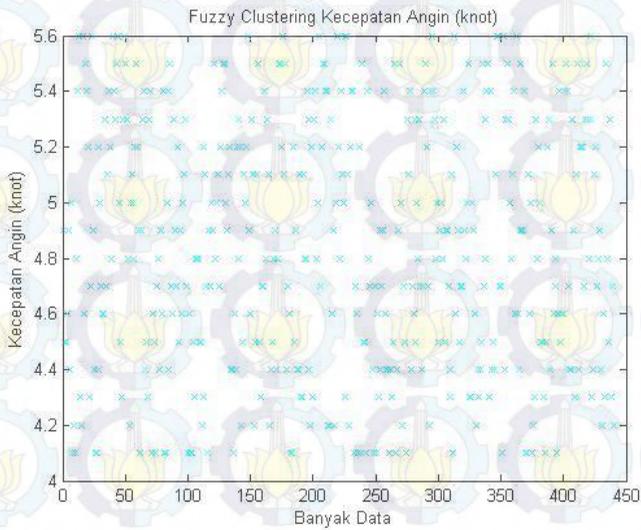
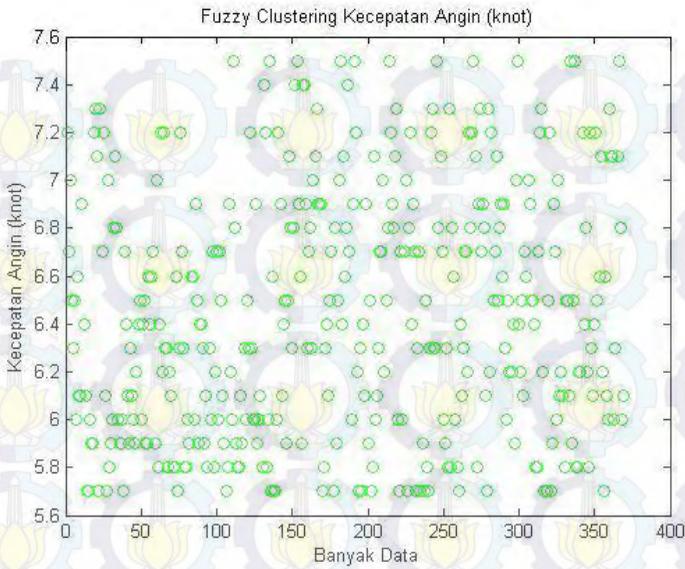
Gambar 3 FCM Kecepatan Angin di Situbondo (a) cluster 1 (b) cluster 2 (c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6 (g) cluster 7

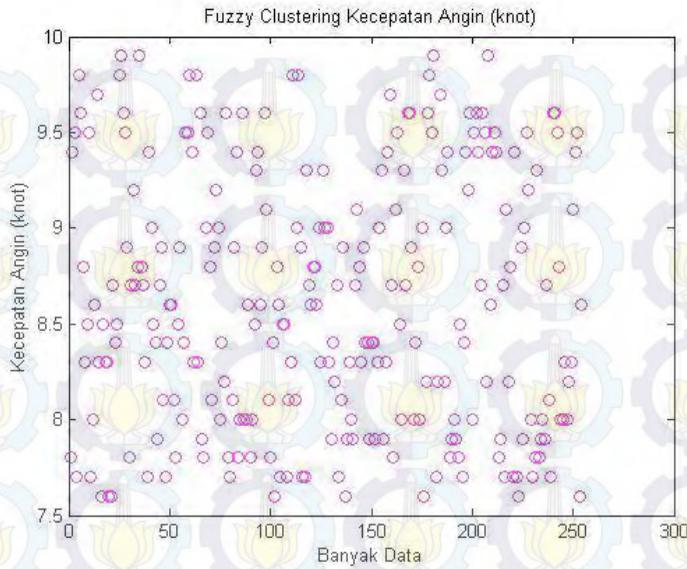


(a)

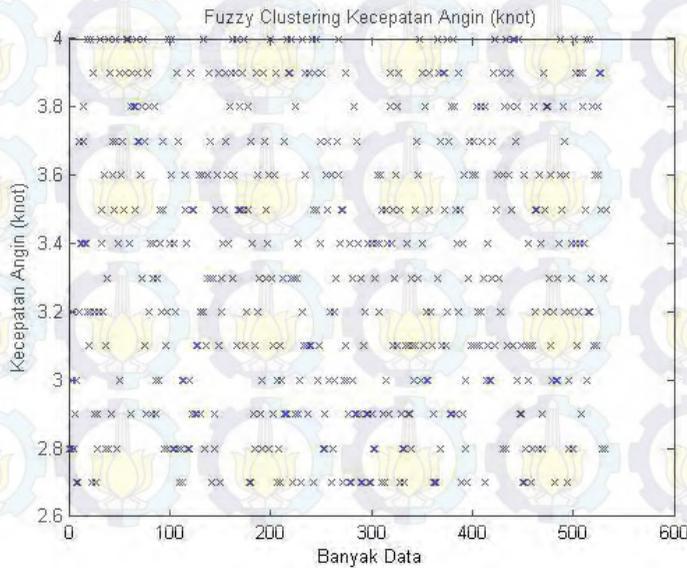


(b)

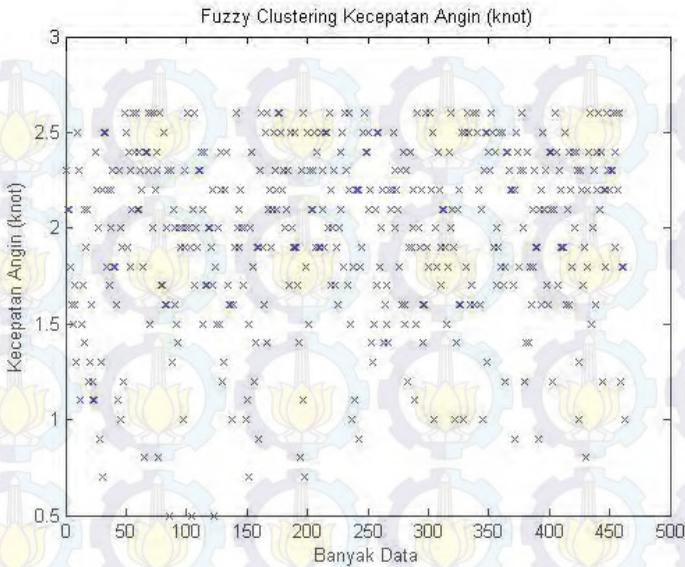




(e)



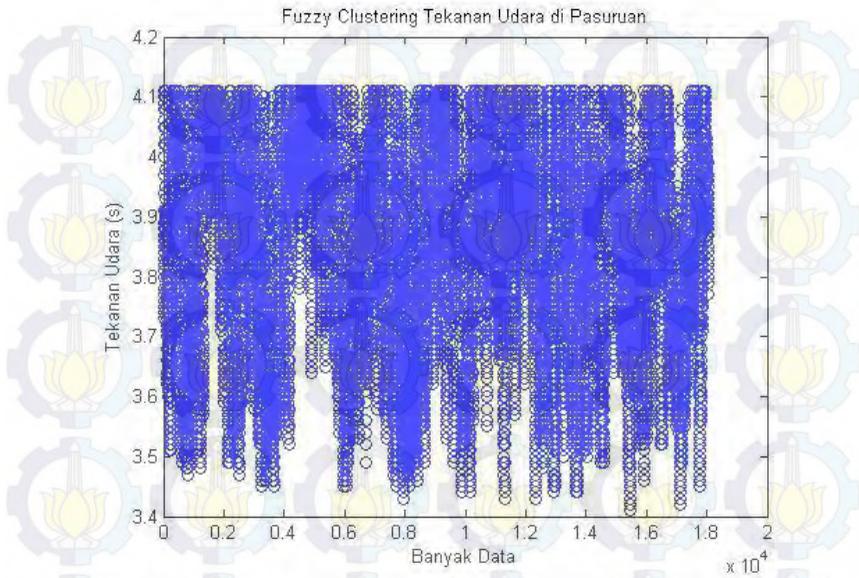
(f)



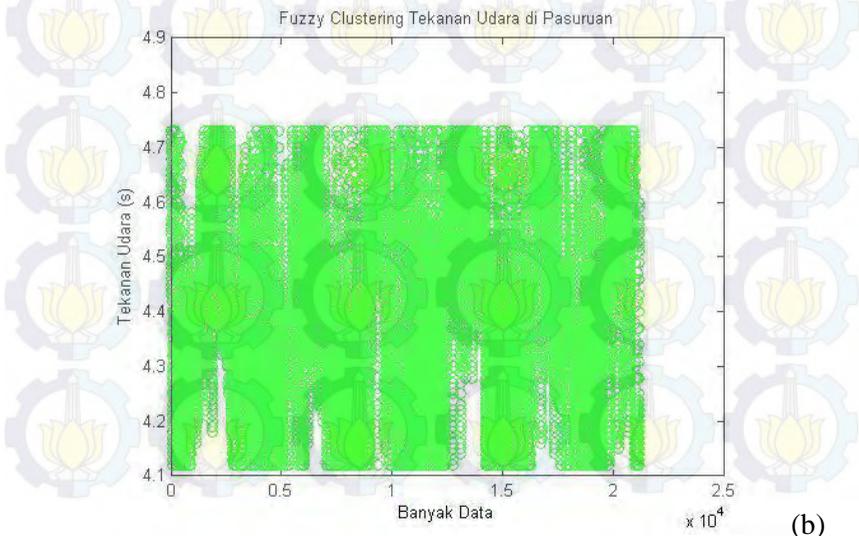
(g)

Gambar 4 FCM Kecepatan Angin di Banyuwangi (a)cluster 1
(b)cluster 2 (c)cluster 3 (d)cluster 4 (e)cluster 5 (f)cluster 6
(g)cluster 7

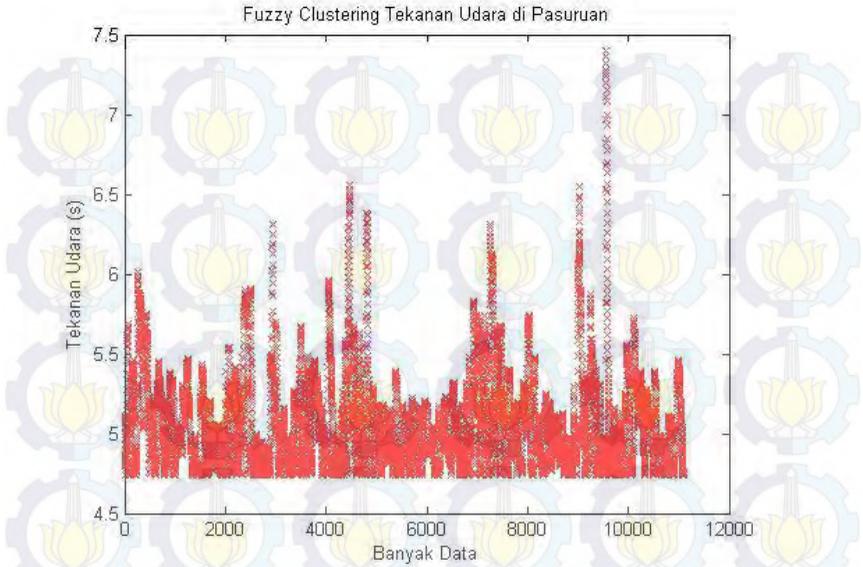
2. Fuzzy Cluster Mean Tekanan Udara



(a)

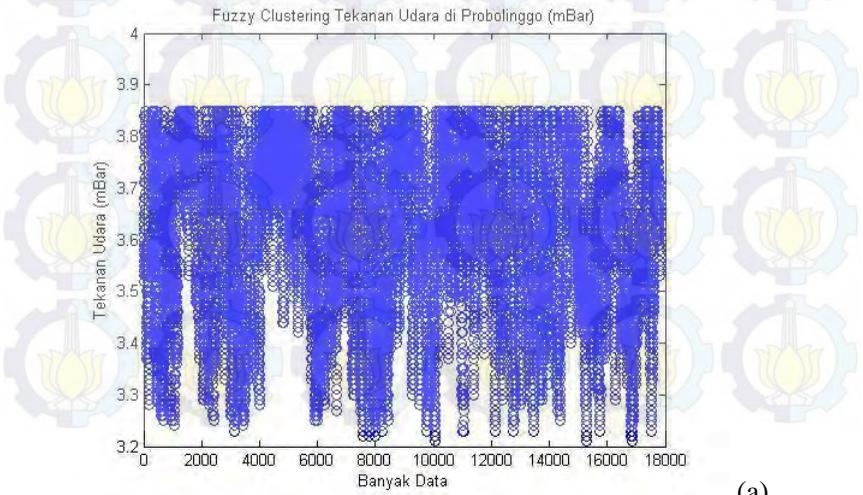


(b)

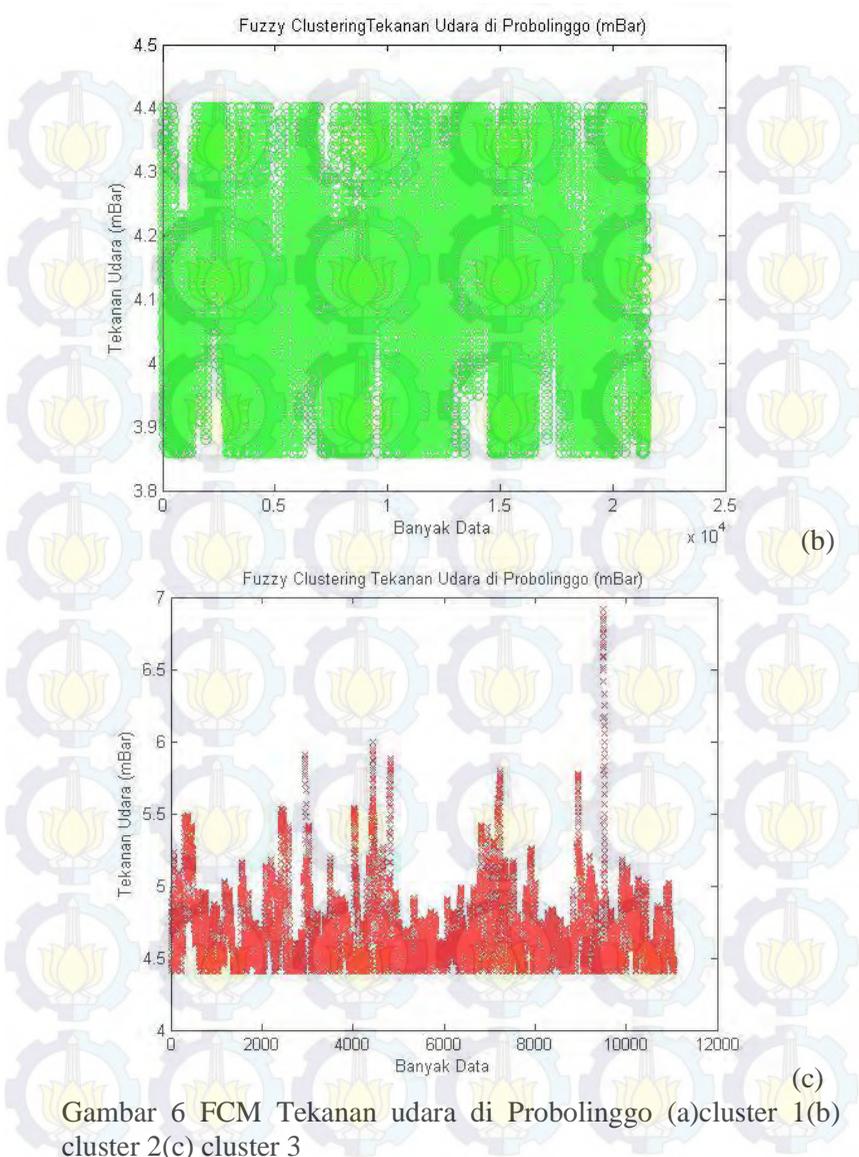


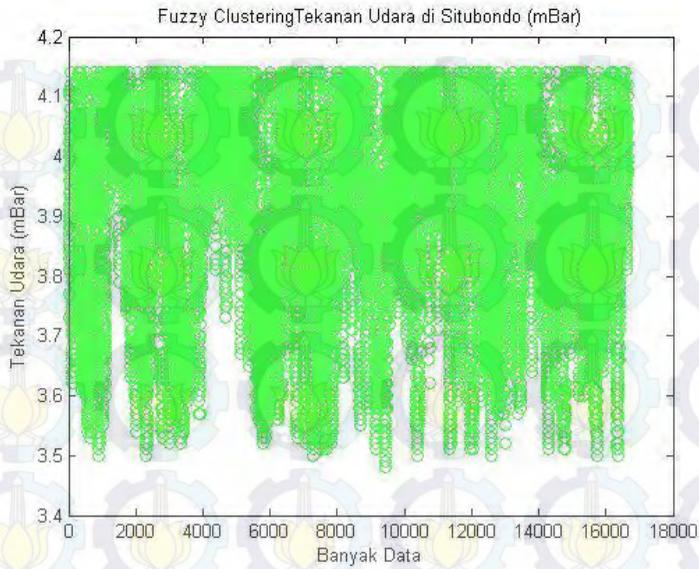
(c)

Gambar 5 FCM Tekanan udara di Pasuruan (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3

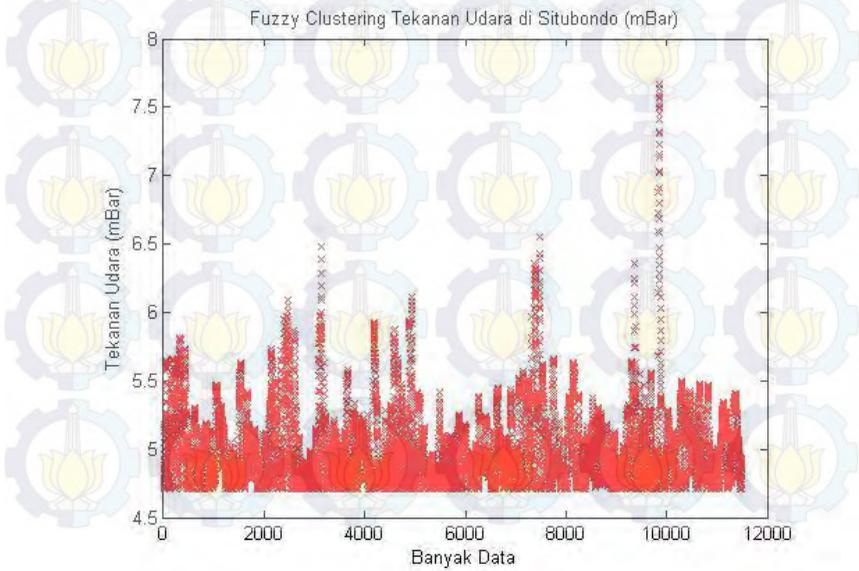
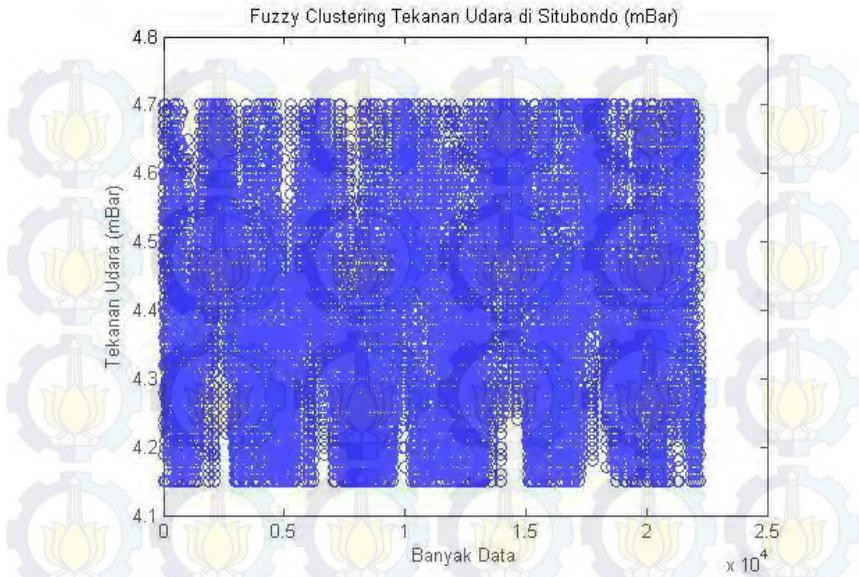


(a)





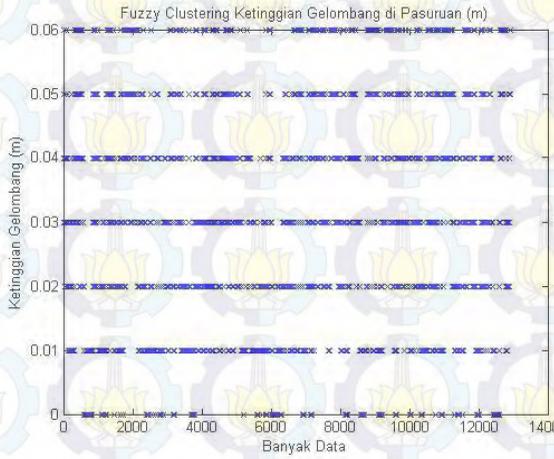
(a)



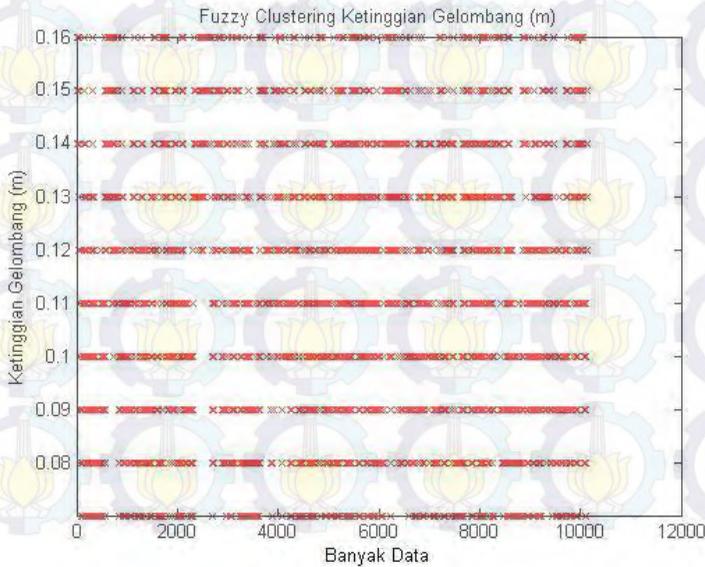
(c)

Gambar 7 FCM Tekanan udara di Situbondo (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3

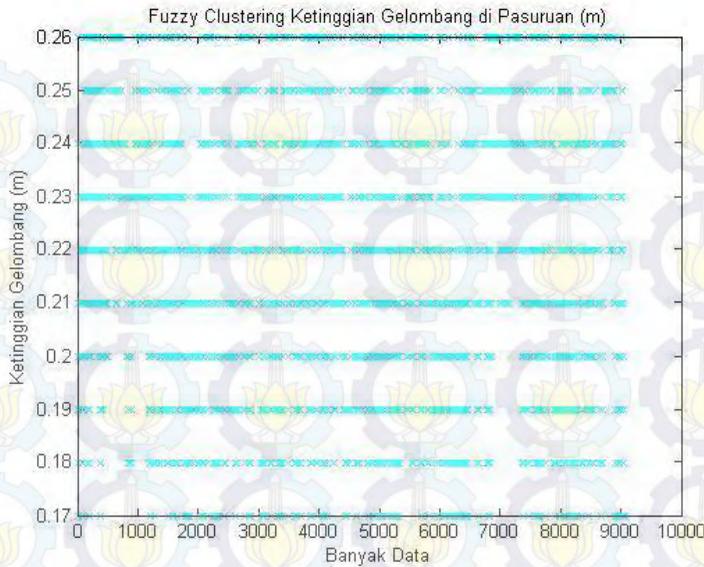
3.Fuzzy Cluster Mean Ketinggian Gelombang



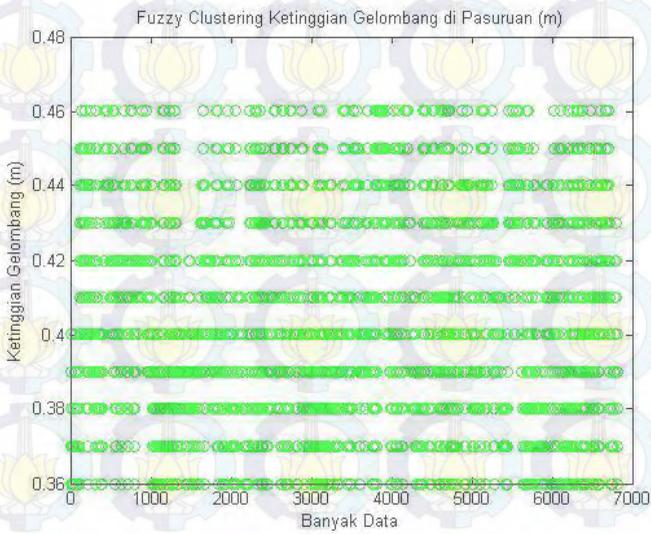
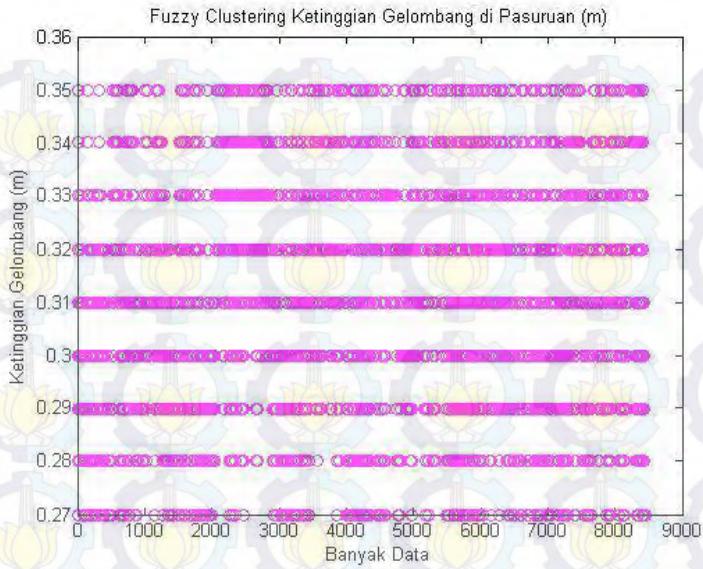
(a)

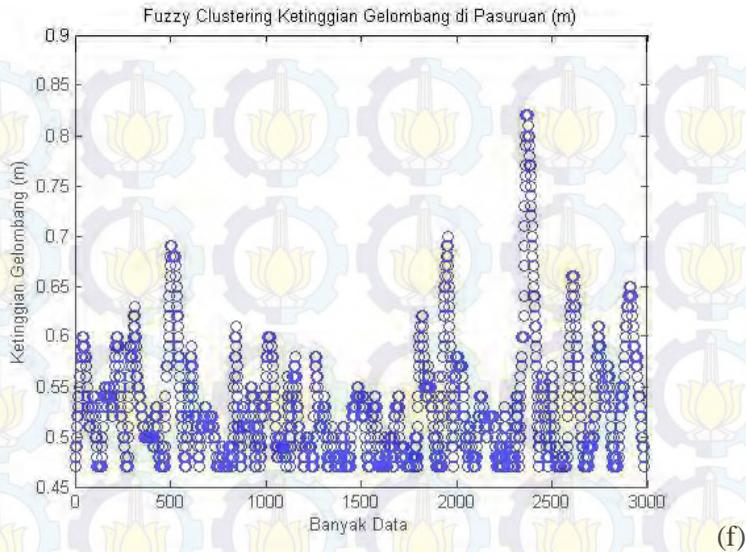


(b)

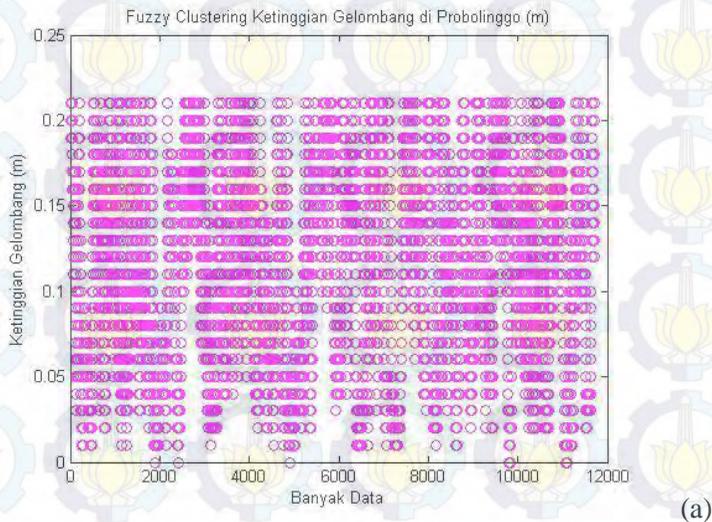


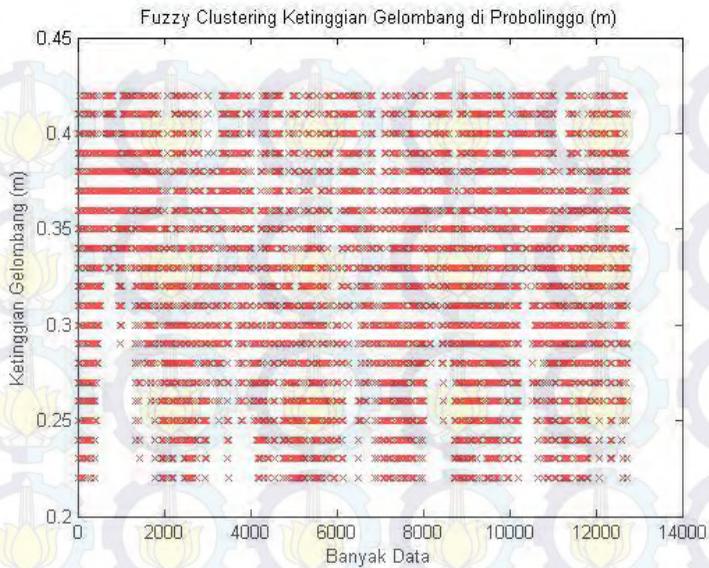
(c)



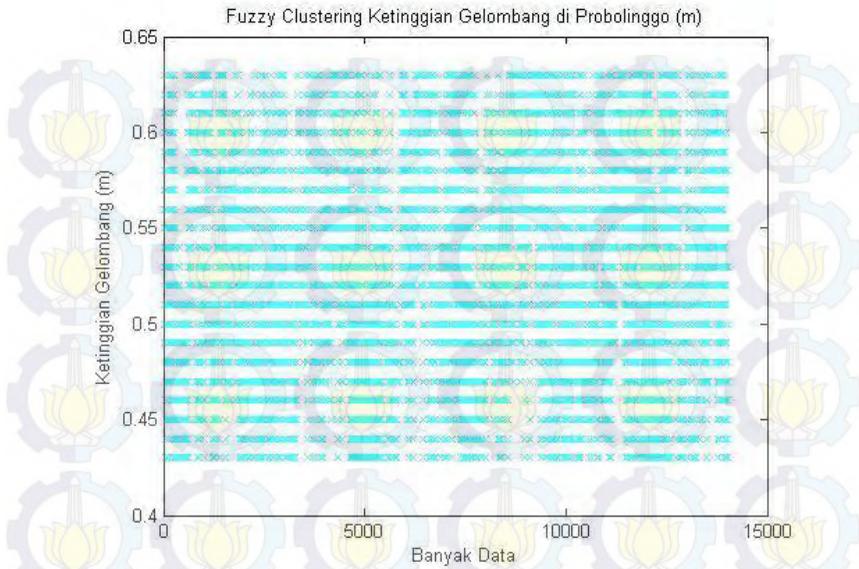


Gambar 8 FCM Ketinggin Gelombang di Pasuruan (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6

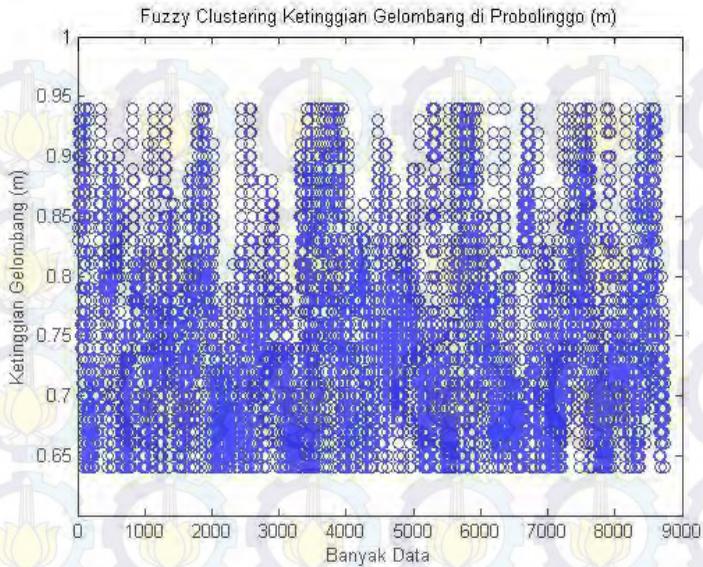




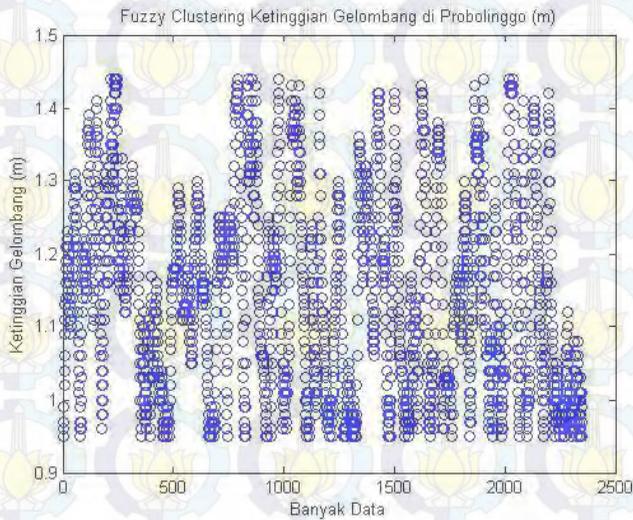
(b)



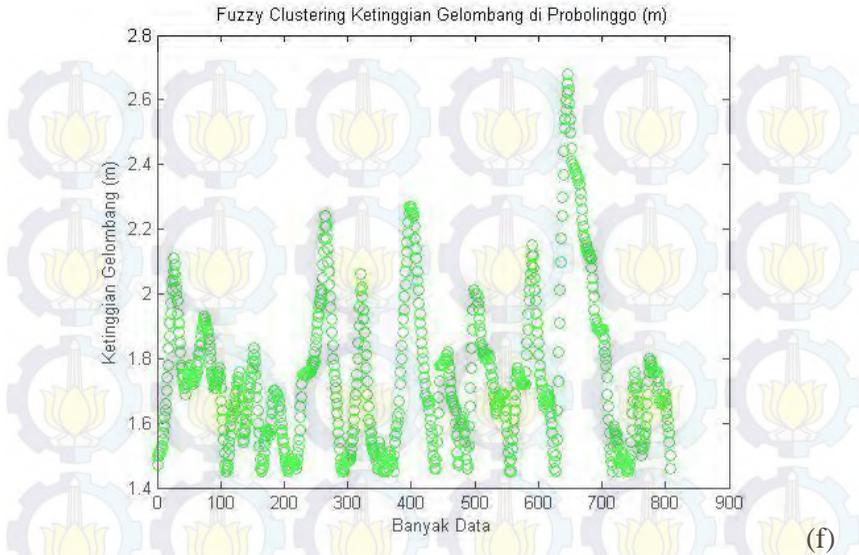
(c)



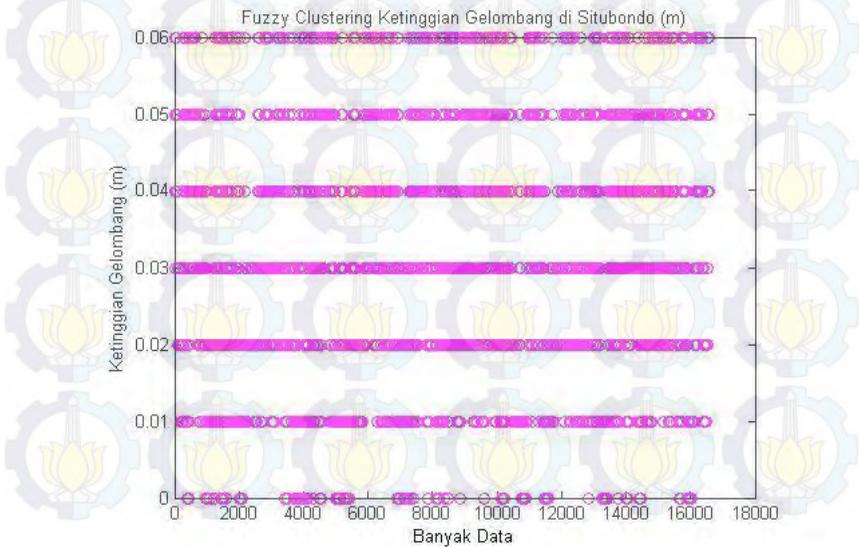
(d)

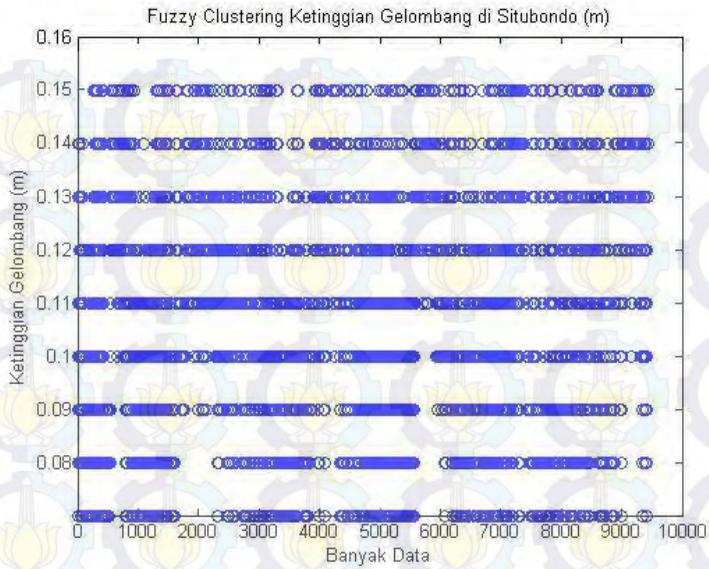


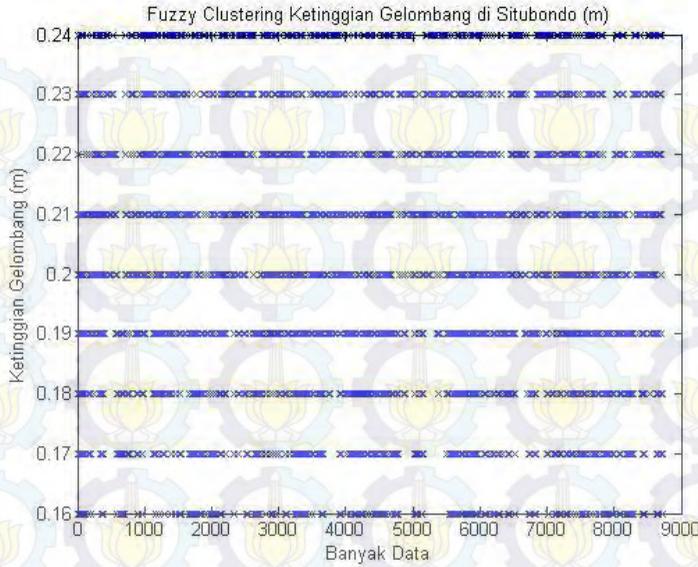
(e)



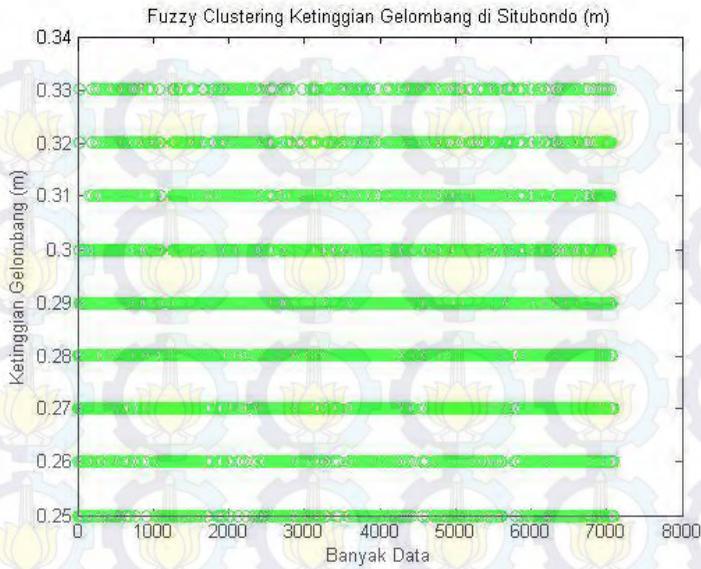
Gambar 9 FCM Ketinggin Gelombang di Probolinggo (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6



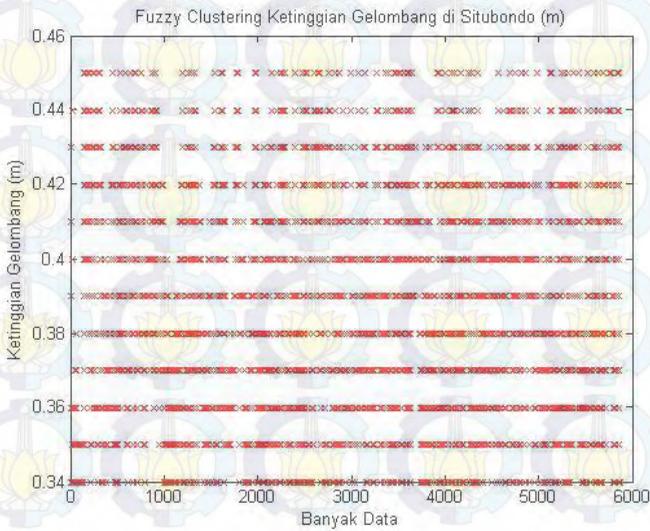




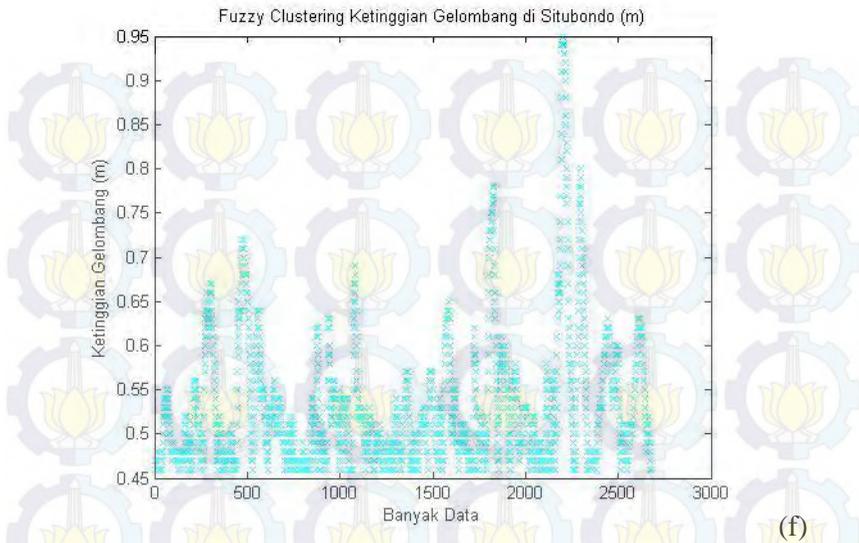
(c)



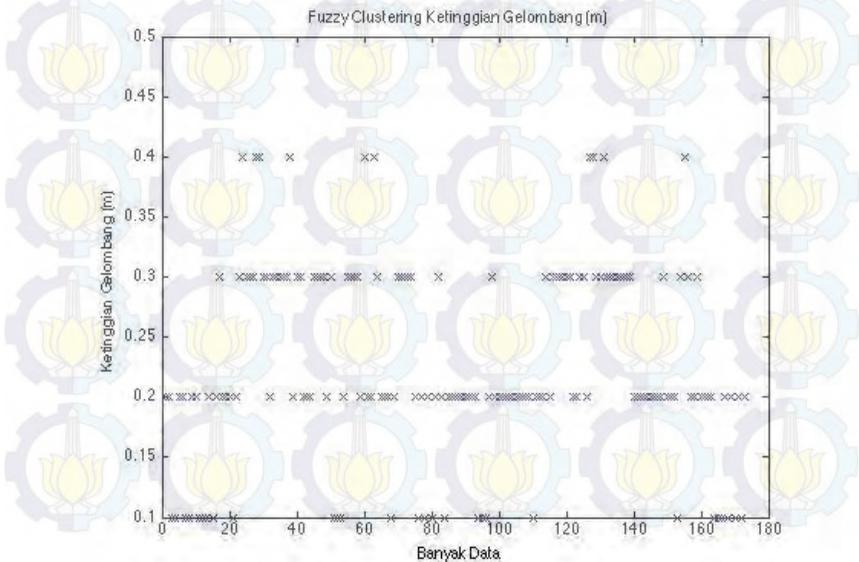
(d)

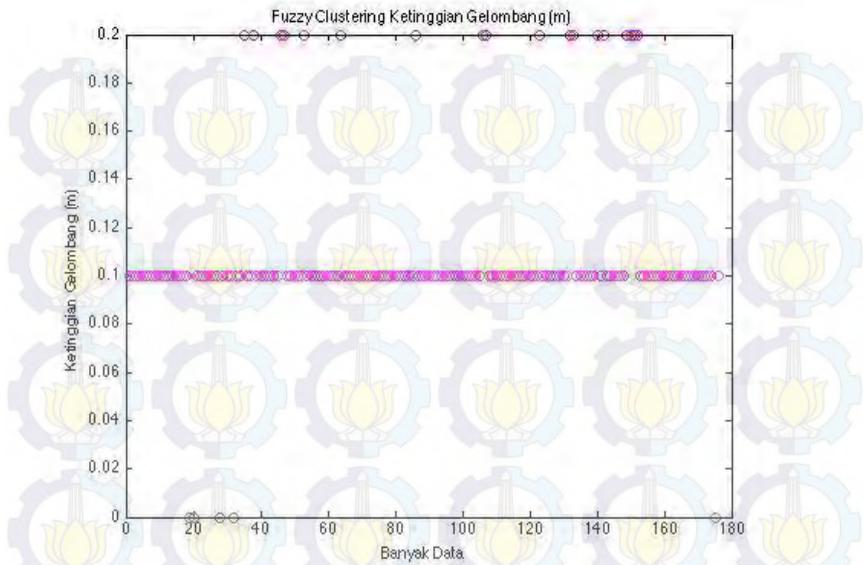


(e)

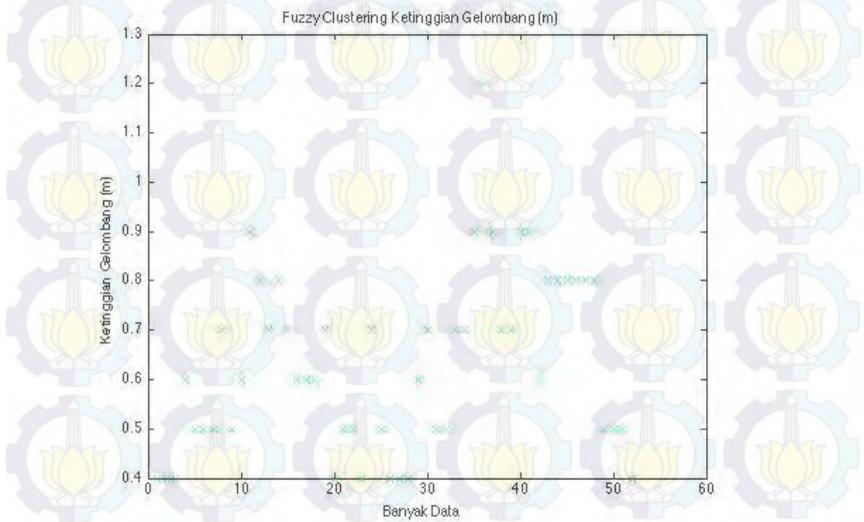


Gambar 10 FCM Ketinggian Gelombang di Situbondo (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6

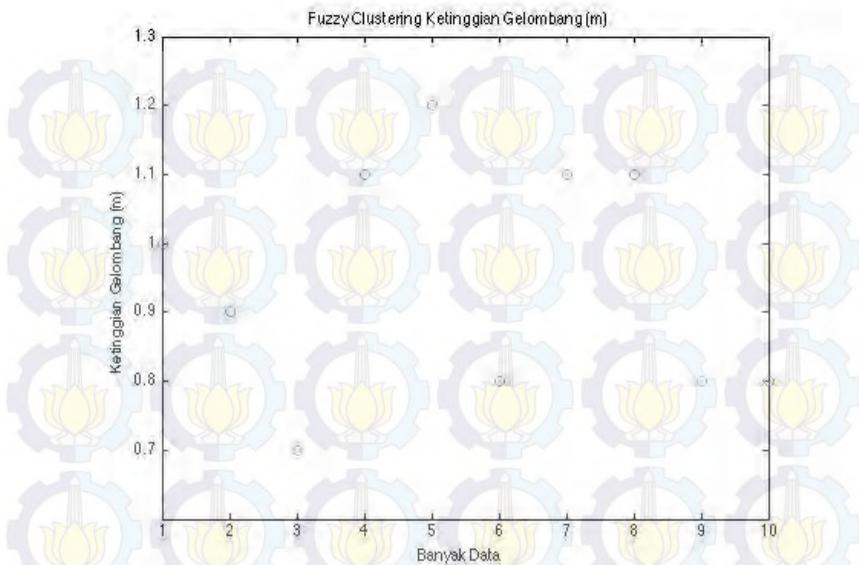




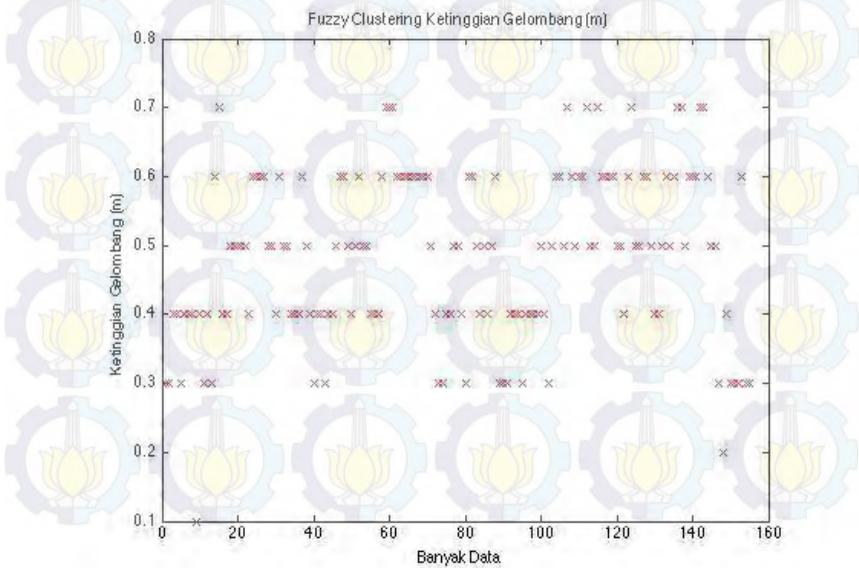
(b)



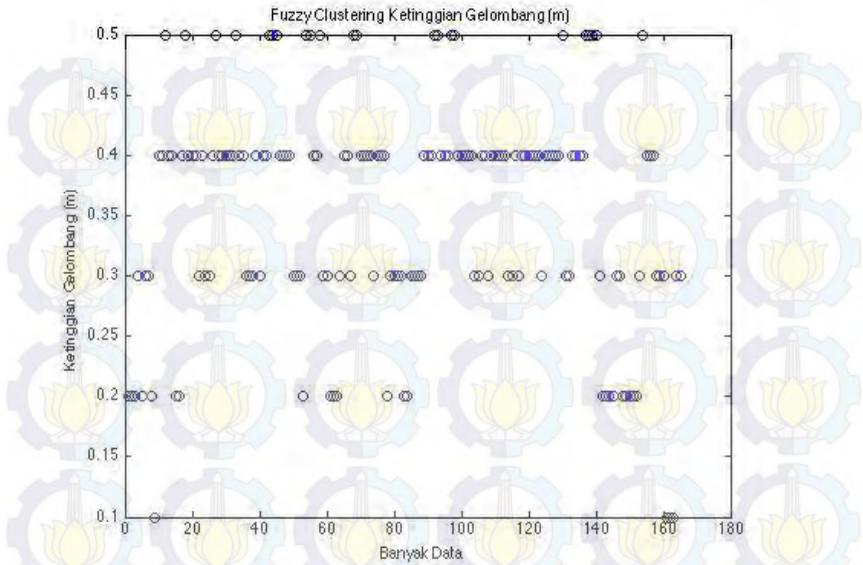
(c)



(d)



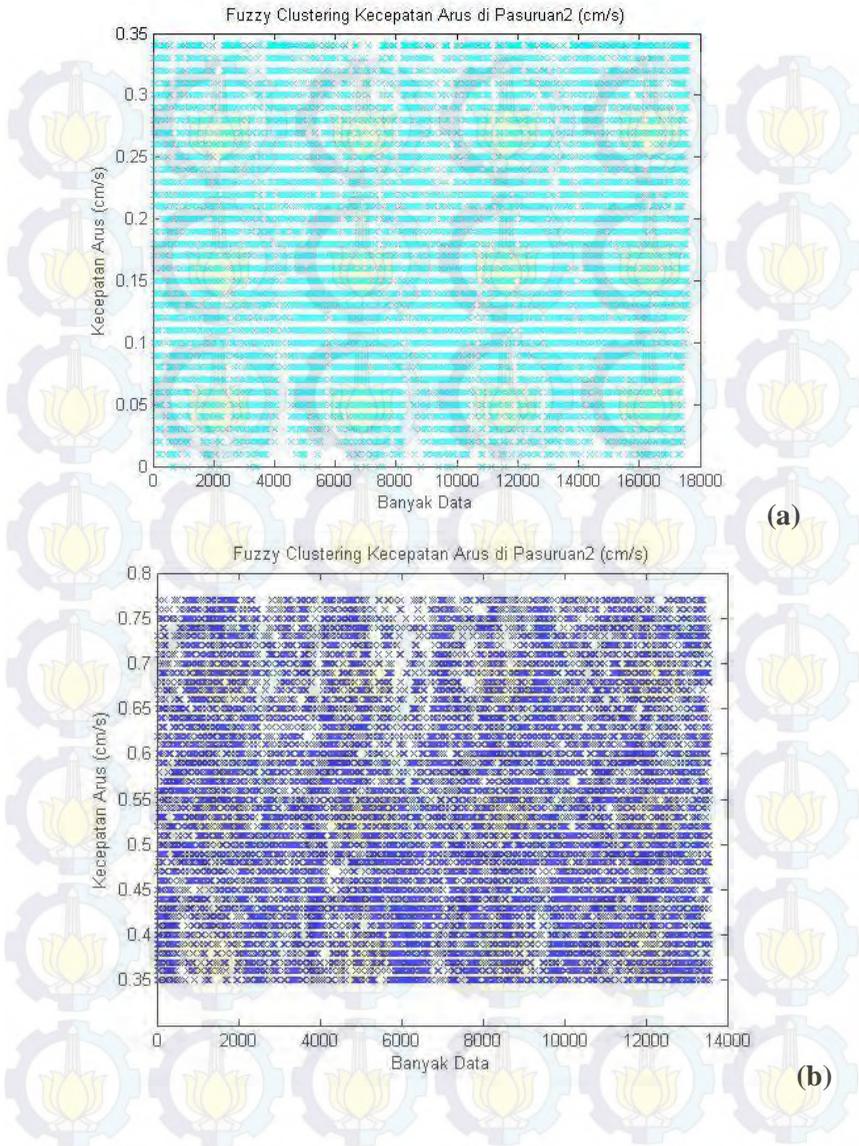
(e)

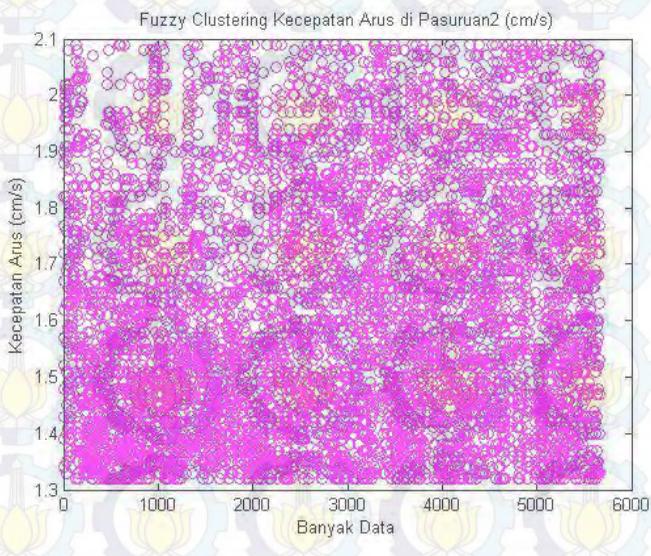
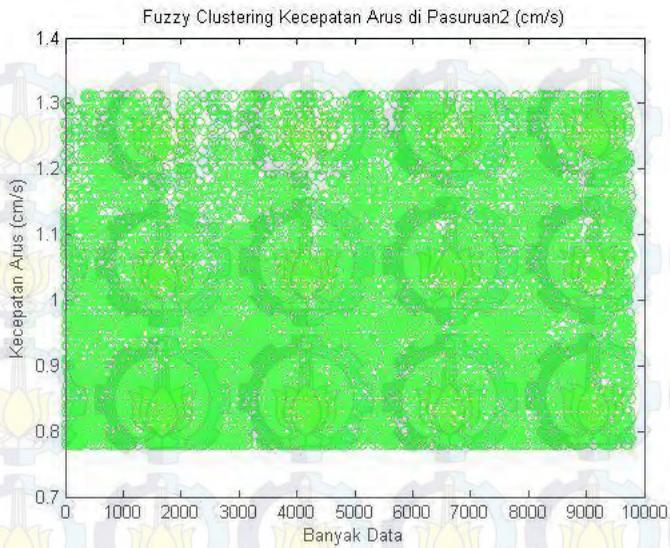


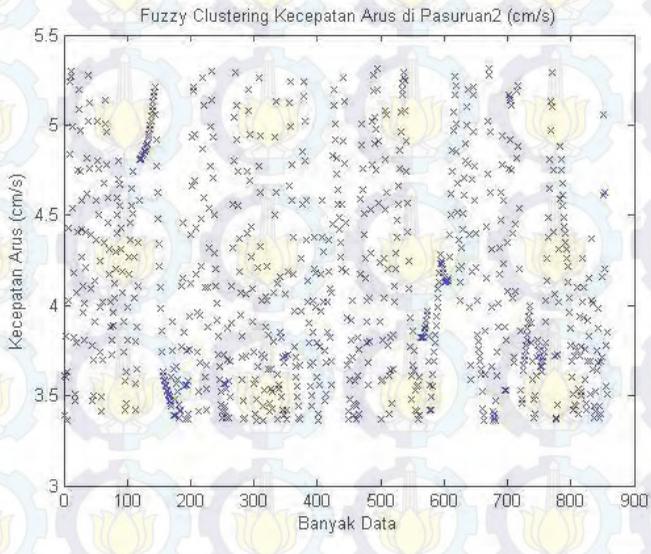
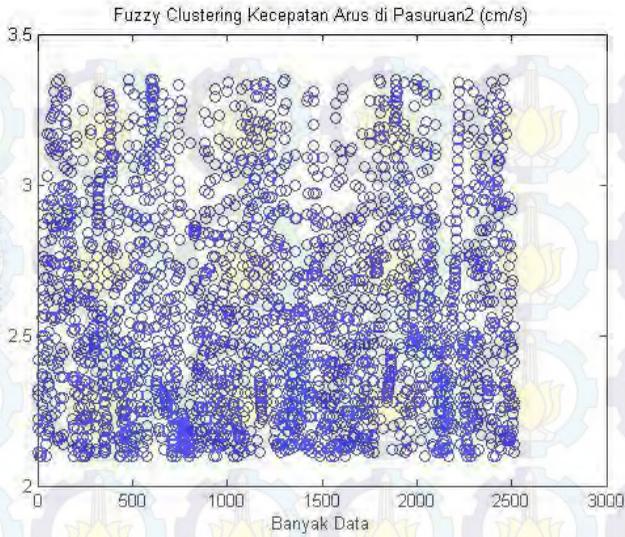
(f)

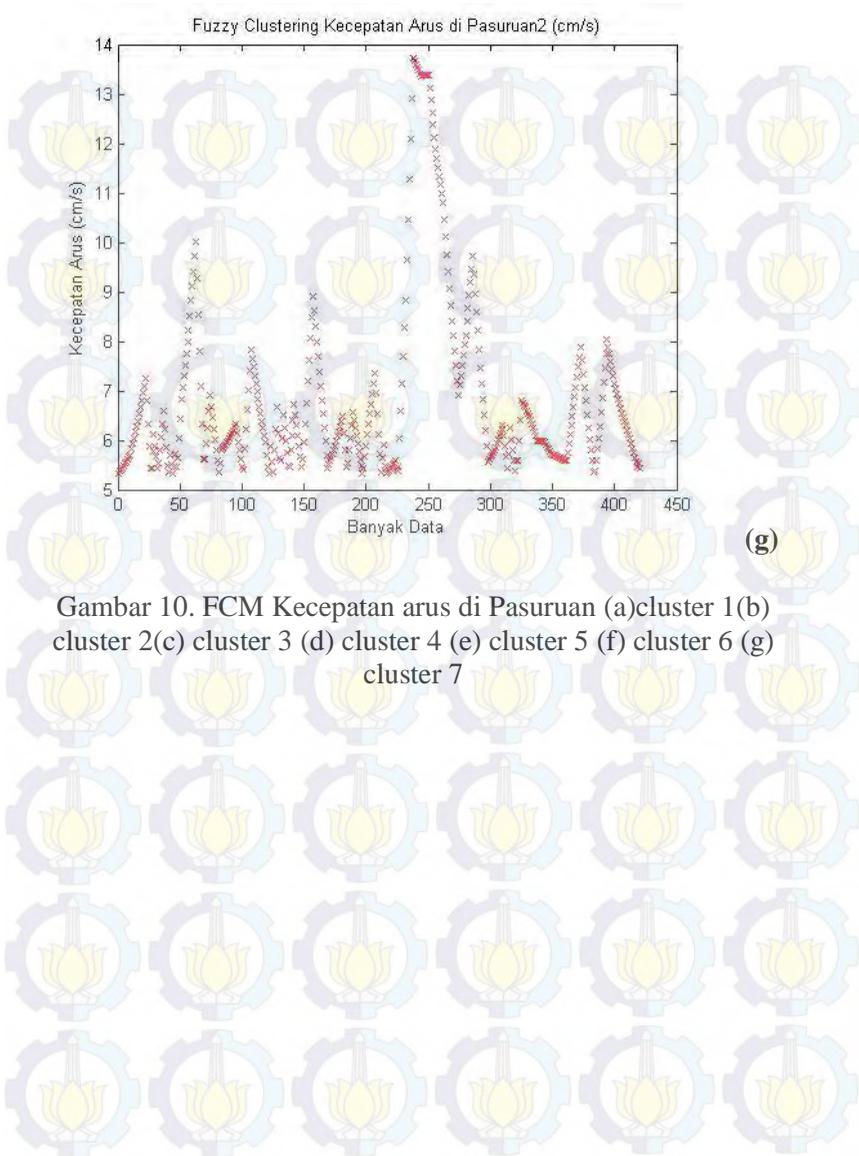
Gambar 11 FCM Ketinggian Gelombang di Banyuwangi (a) cluster 1 (b) cluster 2 (c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6

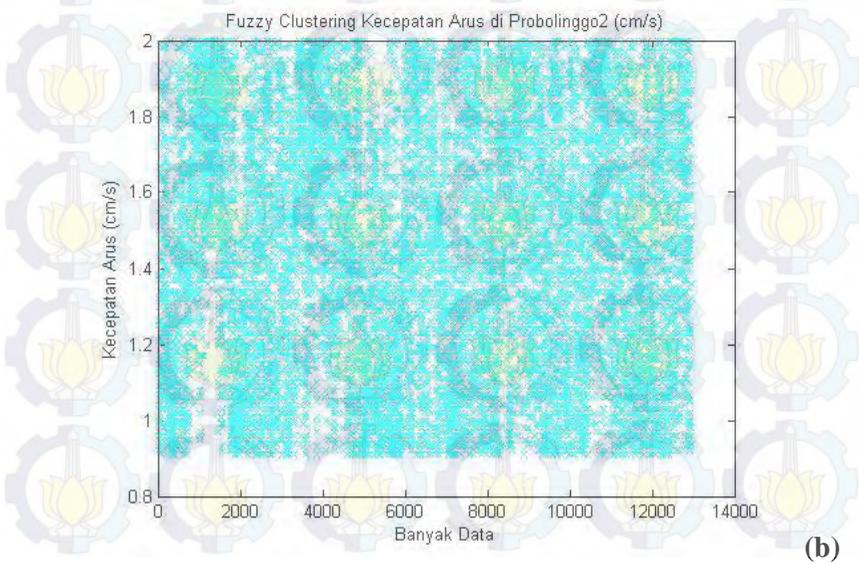
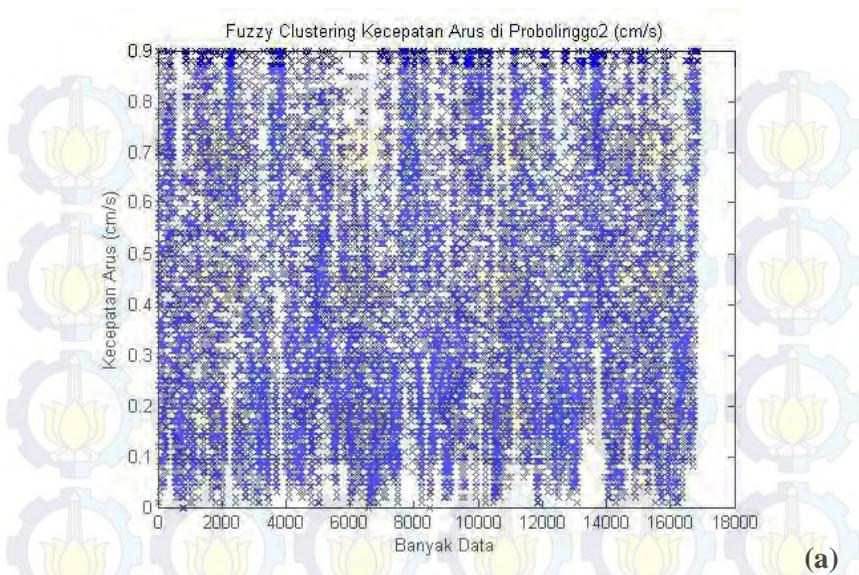
4. Fuzzy Cluster Mean Kecepatan Arus

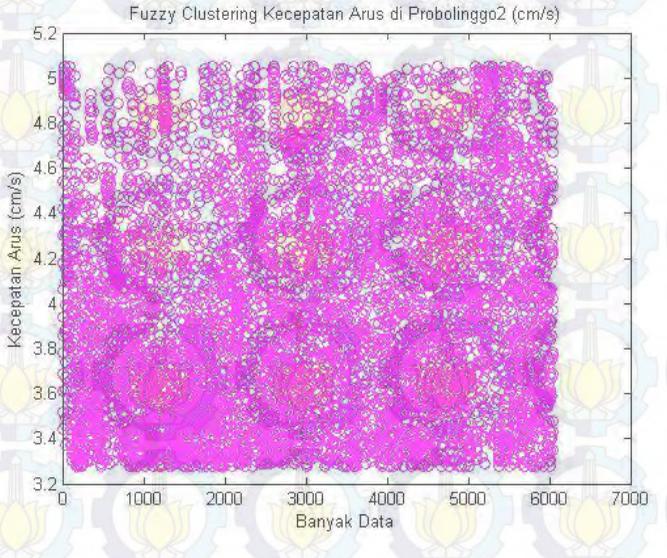
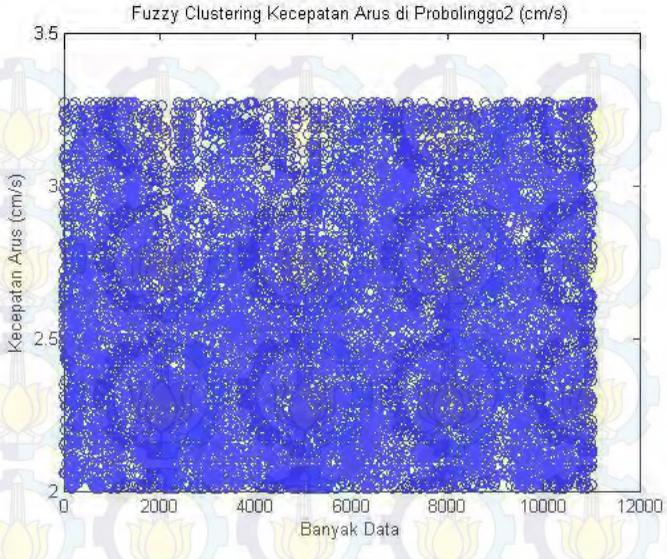


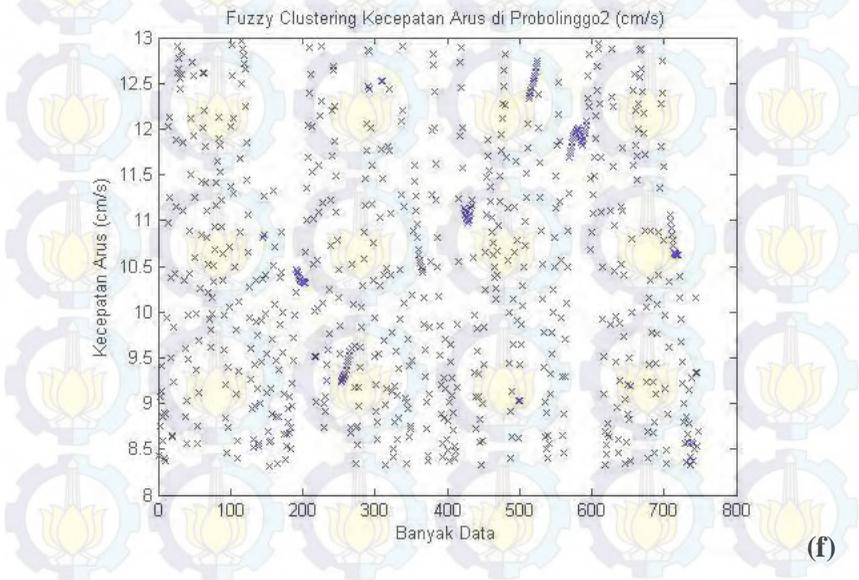
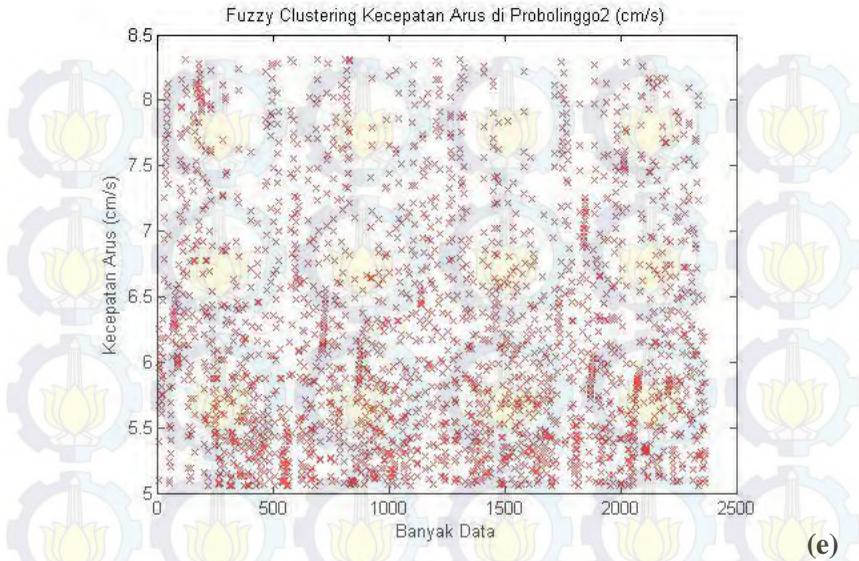


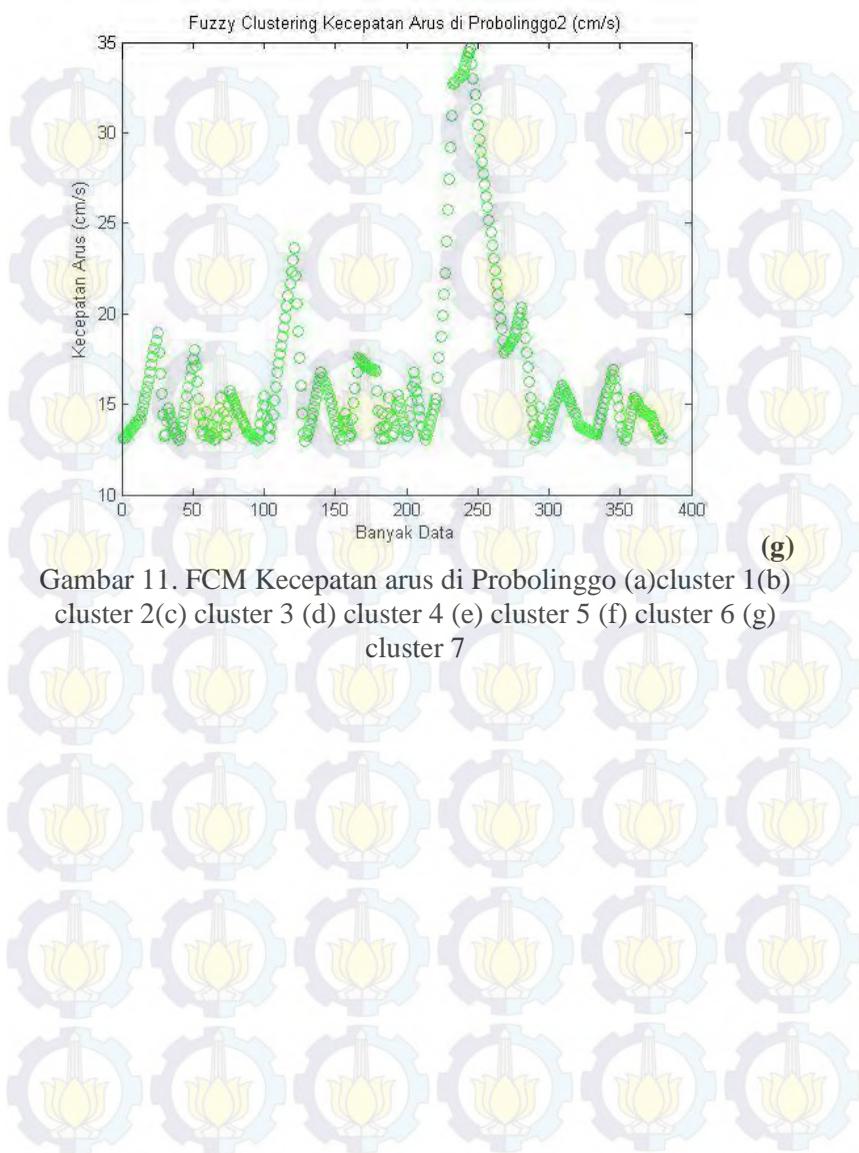




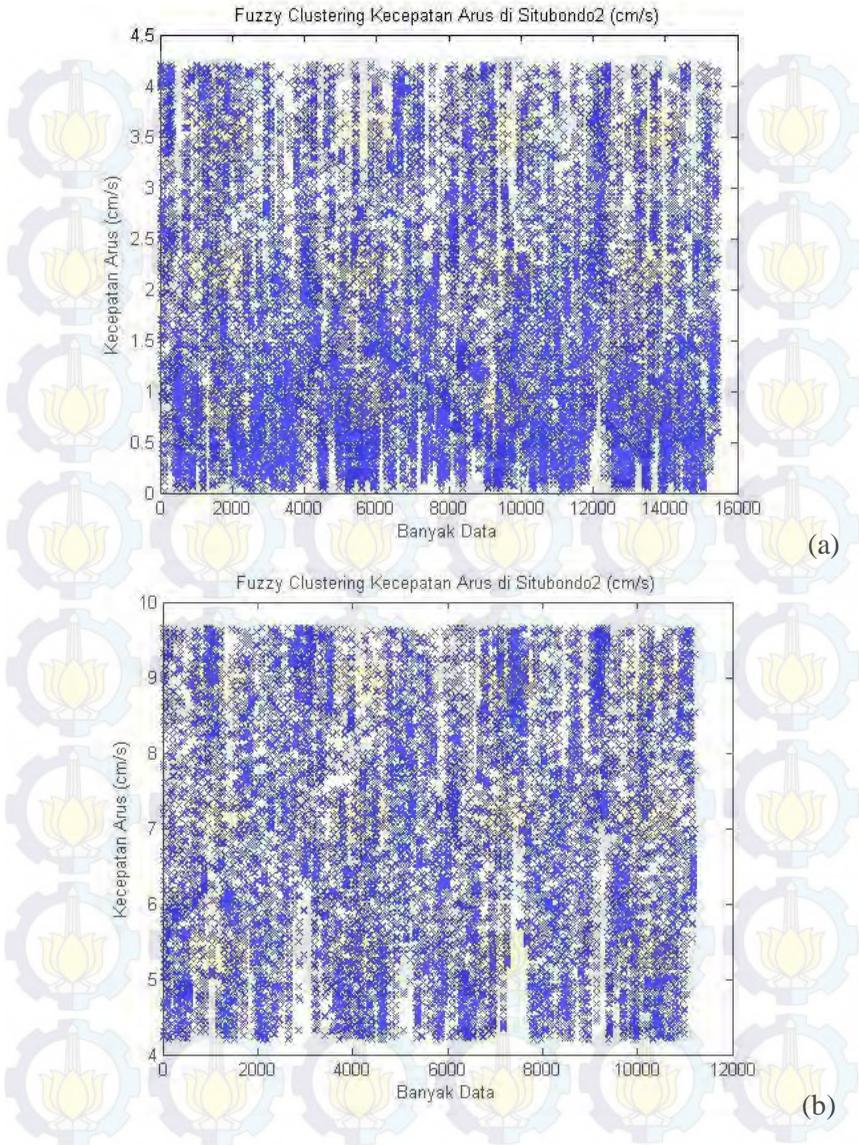


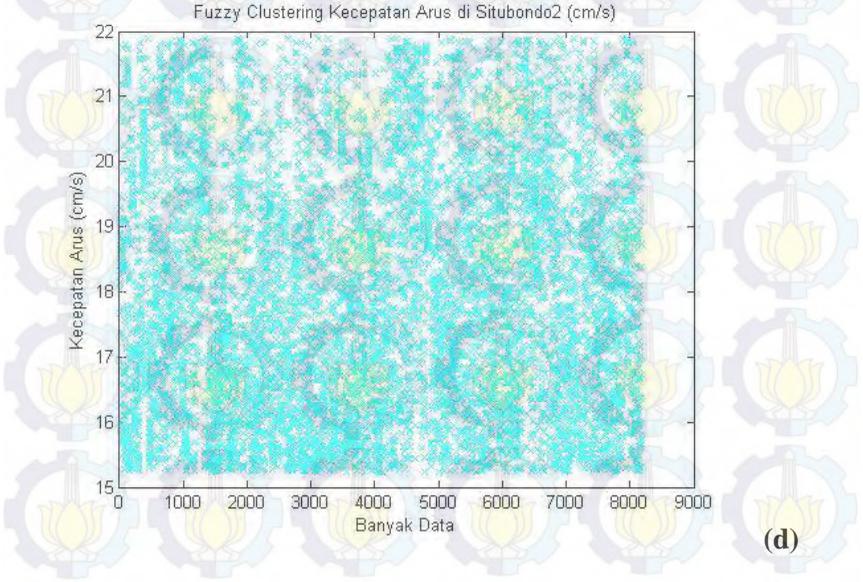
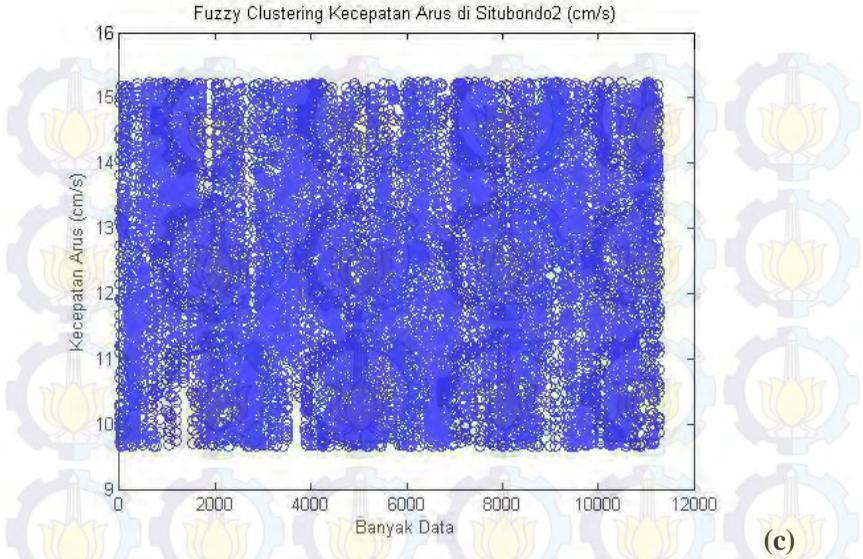


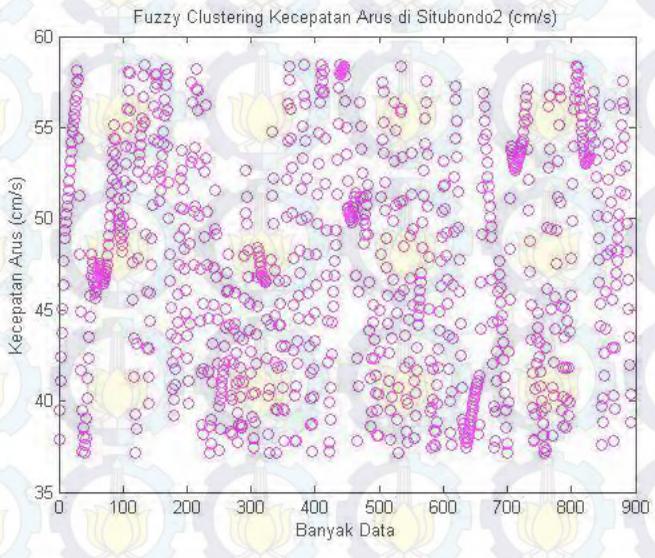
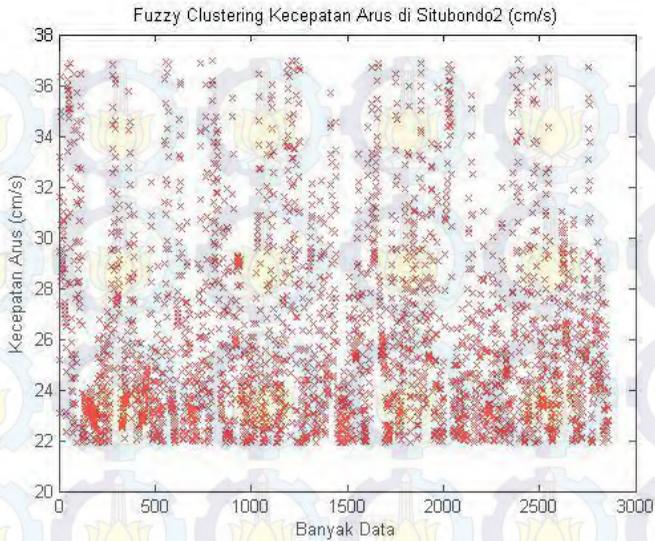


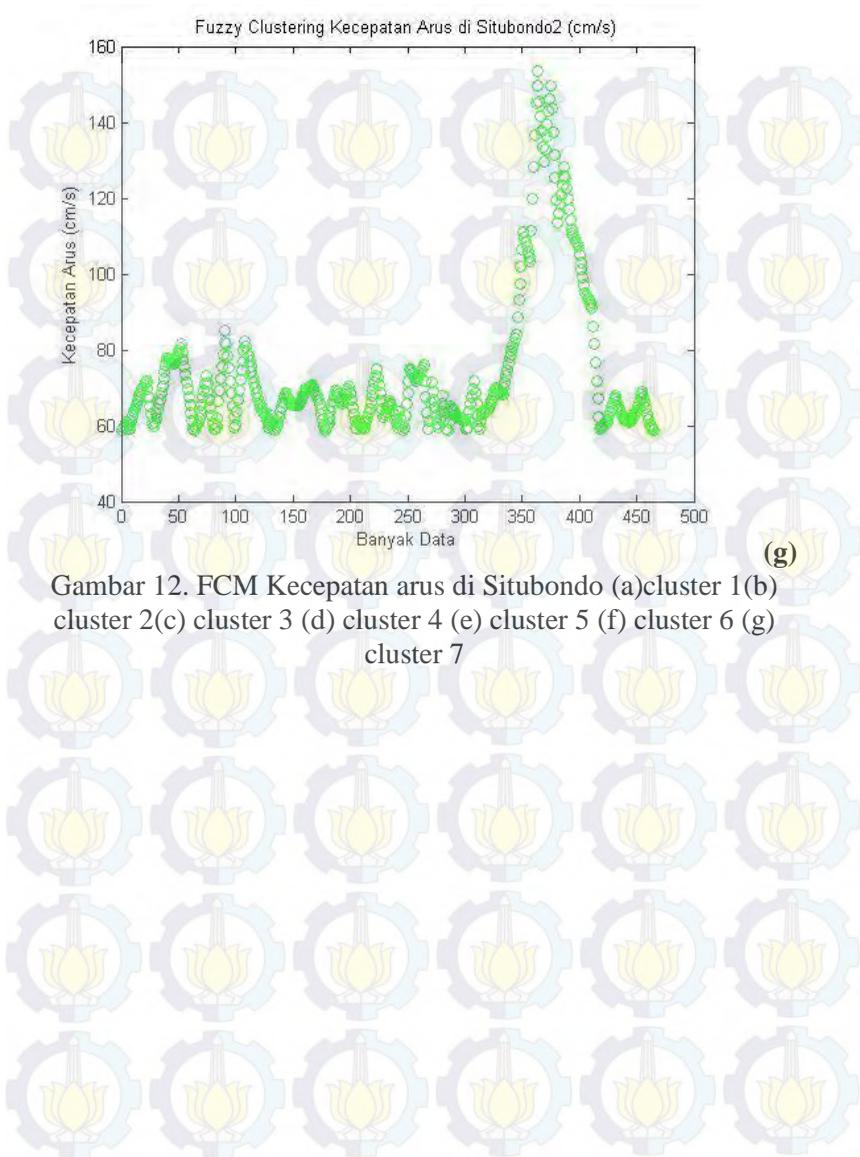


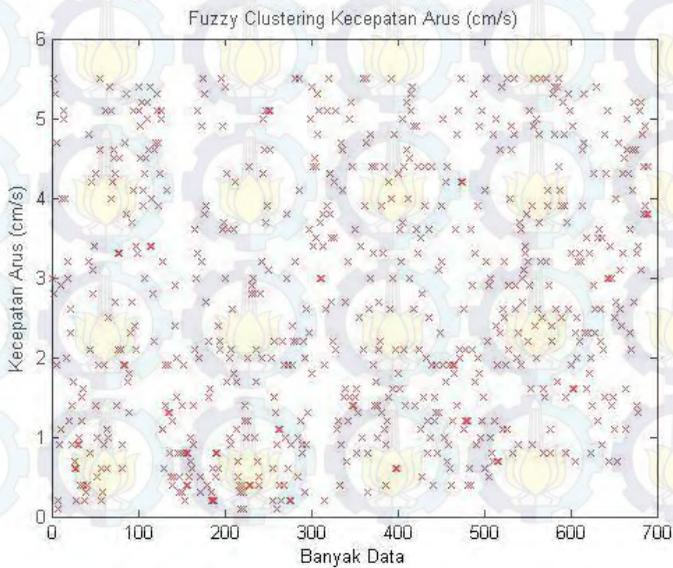
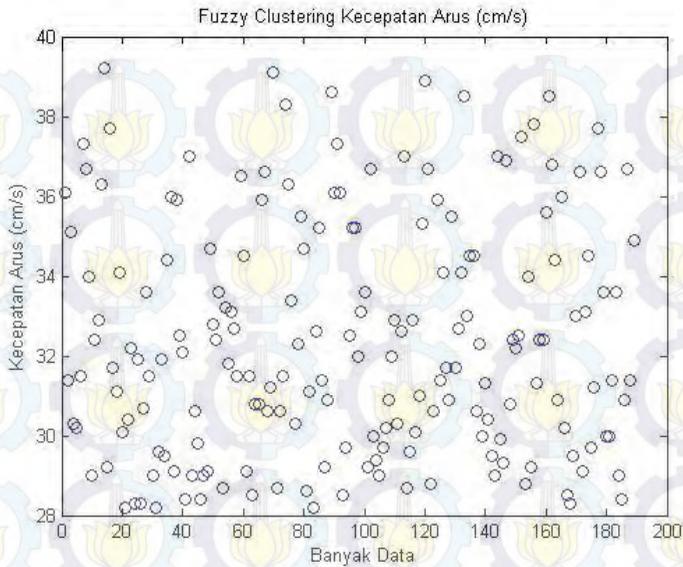
Gambar 11. FCM Kecepatan arus di Probolinggo (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6 (g) cluster 7

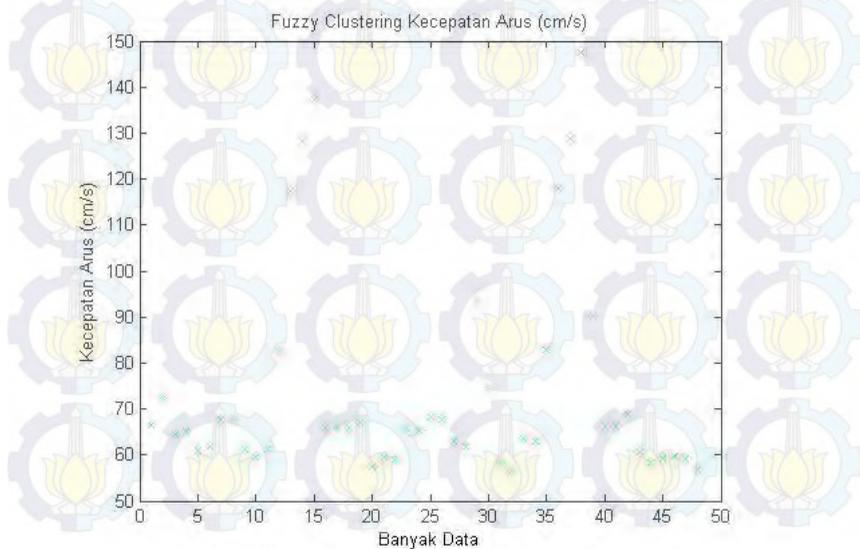
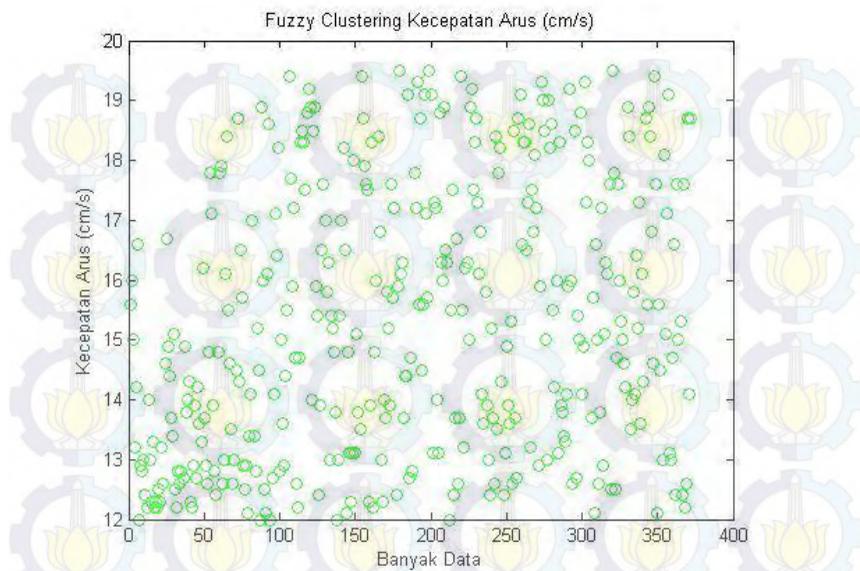


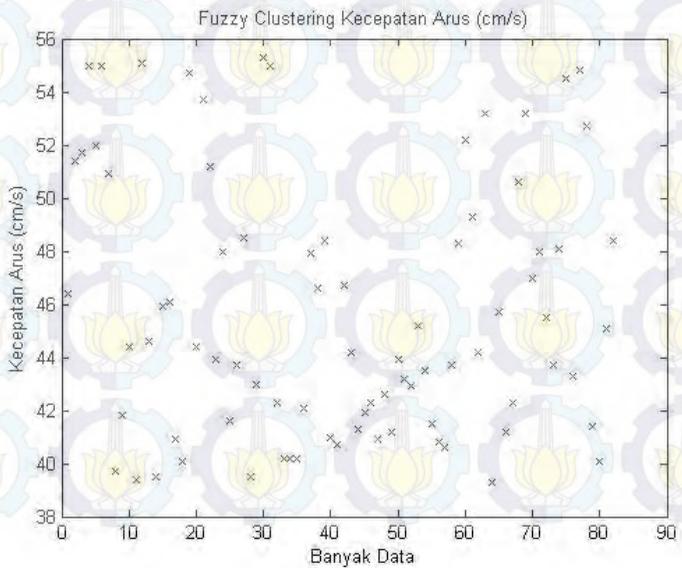
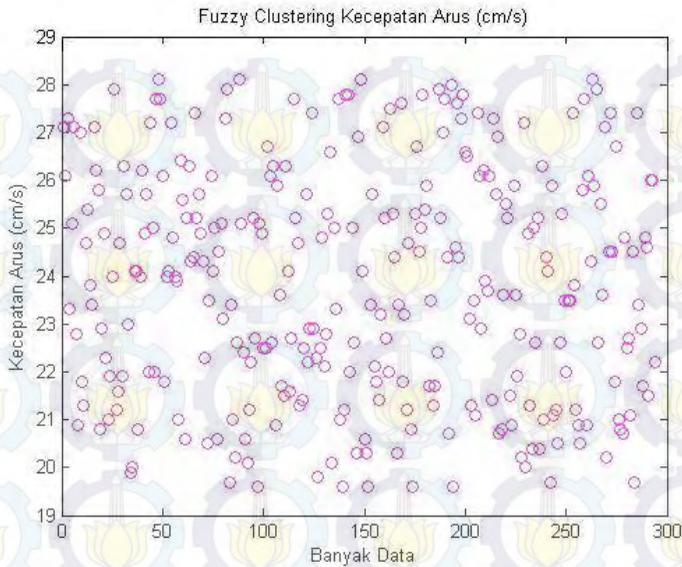


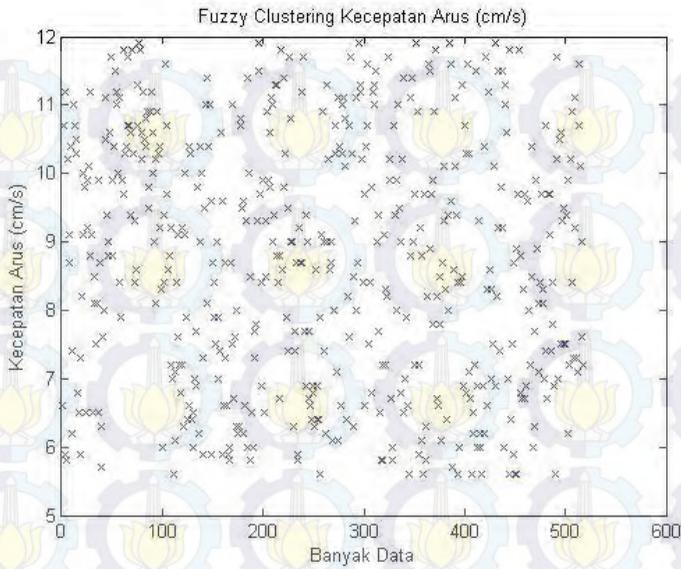












(g)

Gambar 14. FCM Kecepatan arus di Banyuwangi (a)cluster 1(b) cluster 2(c) cluster 3 (d) cluster 4 (e) cluster 5 (f) cluster 6 (g) cluster 7

LAMPIRAN C

Listing Program

1. Listing Program Cluster

```

close all
clear
clc
cd_pwd = pwd;
cd('E:\Kuliah\Skripsi\SIDANG\DATA TA')
Data = xlsread('Book3.xls','Sheet1');
no_data = 1:length(Data);
[center,U,obj_fcn] = fcm(Data,7);
maxU = max(U);
warna = [0 0 0;255 0 0;0 255 0;0 0 255;
        125 125 125; 0 125 0; 0 204 204];
figure
for i = 1:7
    plot(no_data(U(i,:)==maxU),Data(U(i,:)==maxU),!,'...
'MarkerSize',5, ...
'color',warna(i,:)/255)
    hold on
    % plot(Data(U(i,:)==maxU),!,'MarkerSize',2)
    plot(no_data,center(i)*ones(size(no_data)), 'k-')
    title('Fuzzy Clustering Kecepatan Angin di
Pasuruan(knot)')
    xlabel('Data ke - n')
    ylabel('Kecepatan Angin (knot)')
end
ylim([0 10])
%figure
x = linspace(0,10,400);
for i=1:7
    [yi xi] = hist(Data(U(i,:)==maxU),x);

```

```

    stem(xi,yi,','color',warna(i,:)/255)
    hold on
end
cd(cd_pwd)

```

2. Listing Program Validasi

Tombol “Run” :

```

C = xlsread('Book3.xls','Situbondo','A2:B151');
[row, col]=size(c);
for i=1:row;
    a = readfis('FuzzyArusSitubondo');

    input1 = c(i,1);
    input2 = c(i,2);

    b(i,:) = evalfis([input1 input2],a);
    out1 = b(i,1);
    out2 = b(i,2);

    set(handles.output1,'string',num2str(out1));
    set(handles.output2,'string',num2str(out2));
    set(handles.input1,'string',num2str(input1));
    set(handles.input2,'string',num2str(input2));

end
xlswrite('Book3.xls',b,'Situbondo','O2:P151');

Tombol “Reset” :
statenol = num2str(0);
set(handles.output1,'string',statenol);
set(handles.output2,'string',statenol);
set(handles.input1,'string',statenol);
set(handles.input2,'string',statenol);

```

DAFTAR PUSTAKA

- American Meteorological Society. (2000, June). *Rain*. Retrieved from Glossary of Meteorology: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Rain>
- Annisa, L. (2007). Analisa Konflik Nelayan di Kecamatan Lekok Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. *Tugas Akhir Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan - IPB*.
- Bowditch, N., & National Imagery and Mapping Agency. (2002). *The American Practical Navigator*. Paradise Cay Publications.
- Candra, A. (2010). *Perancangan Model Adaptive Neuro Fuzzy Inference System untuk Memprediksi Cuaca Maritim*. Surabaya: Teknik Fisika - ITS.
- Chen, H., & Wu, L. (2010). A New Measure of Forecast Accuracy. *Information and Financial Engineering*, 1.
- Rahmatulloh, H.F. (2013). *Analisa Karakteristik Cuaca Maritim Berdasarkan Hasil Prediksi Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, dan Situbondo*. Surabaya: Teknik Fisika - ITS
- Education: The Ocean's Role in Weather and Climate*. (2014, January 4). Retrieved from National Atmospheric and Oceanic Administration: http://oceanservice.noaa.gov/education/pd/oceans_weather_climate/welcome.html
- Fossen, T. I. (1994). *Guidance and Control of Ocean Vehicles*. Chichester: University of Trondheim Norway.
- Fuzzy C Means Clustering*. (n.d.). (Mathworks) Retrieved 13, 2014, from - <http://www.mathworks.com/help/fuzzy/fcm.html>
- Habibullah, N. W. (2012). Perancangan Sistem Prediktor Cuaca Maritim Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Takagi Sugeno. *Tugas Akhir : Jurusan Teknik Fisika - ITS*.
- Iswahyudi, M. A. (2009). *Perancangan Pengendali Pemenuhan Lintasan Berbasis Logika Fuzzy pada Kapal Cepat FPB - 3" 8*. Surabaya: Teknik Fisika - ITS.

- Jensen, R. (2002). *Global and Regional Wave Modelling Activities*.
- Kusumadewi, S. (2000). Perancangan Sistem Fuzzy : Studi Kasus Prediksi Jumlah Produksi dan Harga Jual Barang. *Jurnal Teknologi Industri, V*.
- Malik Shazhad Kalem Awan, d. (2009). Predicting Weather Events Using Fuzzy Rule Based System. *Elsevier*.
- Miladan, N. (2009). Tesis : Kajian Kerentanan Wilayah Kota Semarang Terhadap Perubahan Iklim. *Jurusan Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota Universitas Diponegoro*.
- Miller, P. H. (2010). *Stability, Safety and Seaworthiness in Offshore Boats*.
- Patil, S. e. (2012). Genetic Algorithm Based Support Vector Machine Regression in Predicting Wave Transmission of Horizontally Interlaced Multi-Layer Moored Floating Pipe Breakwater. *Sciencedirect*.
- Towards an Asia - Europe partnership for sustainable development. (2010). *ASEM Development conference II*. Yogyakarta, Indonesia.
- World Meteorological Organization. (1998). *Guide to Wave Analysis and Forecasting*. Jenewa, Swiss
- Sugianto, D.N. (2009). *Kajian Kondisi Hidrodinamika (Pasang Surut, Arus, dan Gelombang) di Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur*. Semarang: Ilmu Kelautan – Undip.
- Mustain, M. (2009). *Analisa Pola Arus Pasang Surut Pada Alur Pelayaran Tanjung Perak di Selat Madura*. Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan – ITS.
- World Ocean Circulation Experiment. (n.d.). *WOCE Upper Ocean Thermal Data*. Retrieved April 10, 2014, from National Oceanographic Data Center: http://www.nodc.noaa.gov/woce/woce_v3/wocedata_1/woce-uoct/document/wmocode.htm

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Gilang Eka Saputra, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 14 November 1993. Penulis memulai jenjang pendidikan sejak tahun 1997 di taman kanak-kanak dan melanjutkan bangku sekolah dasar pada tahun 1999 di SDN Karah II Surabaya. Sejalan dengan saran kedua orang tua untuk memilih sekolah yang dekat dengan rumah, anak pertama dari dua bersaudara ini menjatuhkan pilihannya pada SMPN 21 Surabaya di tahun 2005 dan SMAN 15 Surabaya pada 2008 sebagai tempatnya menimba ilmu. Pada tahun 2011 melalui jalur SNMPTN Undangan, penulis diterima menjadi mahasiswa di jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan nomer mahasiswa 2411100020. Hingga pada tahun 2014 penulis dapat melaksanakan tugas akhir sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S1 di Jurusan Teknik Fisika dengan judul **“Analisis Cuaca Maritim Berdasarkan Hasil Prediktor Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, Situbondo dan Banyuwangi ”**. Bagi pembaca yang memiliki saran, kritik, atau ingin berdiskusi lebih lanjut tentang tugas akhir ini, maka bisa menghubungi penulis melalui gilangeka.saputra@yahoo.com.