



TUGAS AKHIR - TF 141581

**PERANCANGAN PREDIKTOR CUACA MARITIM BERBASIS
LOGIKA FUZZY SEBAGAI *DECISION SUPPORT* UNTUK
KESELAMATAN NELAYAN**

**Hana Septiyani Putri
NRP 2411 100 109**

**Dosen Pembimbing
Ir. Syamsul Arifin, MT
Dr. Ir. Wibowo H. N, MSc**

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



FINAL PROJECT - TF 141581

***DESIGN OF MARITIME WEATHER FORECAST BASED
FUZZY LOGIC AS DECISION SUPPORT FOR SAFETY OF
FISHERMEN***

**Hana Septiyani Putri
NRP 24 11 100 109**

**Supervisor
Ir. Syamsul Arifin, MT
Dr. Ir. Wibowo H. N , MSc**

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

**LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN PREDIKTOR CUACA MARITIM BER-
BASIS LOGIKA FUZZY SEBAGAI *DECISION SUPPORT*
UNTUK KESELAMATAN NELAYAN**

TUGAS AKHIR

Oleh :
HANA SEPTIYANI PUTRI
NRP. 2411 100 109

Surabaya, Juli 2015
Mengetahui / Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Syamsul Arifin, MT
NIP. 19630907 198903 1 004



Dr. Ir. Wibowo H.N, MSc
NIP.19670116 199102 1 002



Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650809 199002 1 001

**LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN PREDIKTOR CUACA MARITIM BER-
BASIS LOGIKA FUZZY SEBAGAI *DECISION SUPPORT*
UNTUK KESELAMATAN NELAYAN**

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:

HANA SEPTIYANI PUTRI

NRP 2411 100 109

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | | |
|-------------------------------|-------|-----------------|
| 1. Ir. Syamsul Arifin, MT | | (Pembimbing I) |
| 2. Dr. Ir. Wibowo H.N, MSc | | (Pembimbing II) |
| 3. Ir. Yaumar, MT | | (Ketua Penguji) |
| 4. Dyah Sawitri, ST, MT | | (Penguji I) |
| 5. Nur Laila Hamidah, ST, MSc | | (Penguji II) |

**SURABAYA
2015**

ABSTRAK

Lautan di Indonesia memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari mengingat negara ini dikenal sebagai negara maritim. Sarana transportasi laut terutama pelayaran kapal sangat dipengaruhi oleh cuaca maritim. Oleh karena itu kebutuhan informasi cuaca pada bidang pelayaran sangat penting untuk menentukan kelayakan pelayaran kapal. Pada penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy takagi sugeno untuk memprediksi cuaca maritim. Data yang digunakan adalah data dari Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya selama 3 tahun yaitu tahun 2012-2014. Keluaran prediksi cuaca pada logika fuzzy berupa ketinggian gelombang dan curah hujan. Dua variabel tersebut sangat mempengaruhi untuk pelayaran kapal nelayan. Selain menggunakan data dari BMKG dilakukan validasi menggunakan data dari buoyweather. Hasil penelitian didapatkan keakuratan hasil prediksi ketinggian gelombang untuk prediksi 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam adalah 91.25%, 90.98%, 89.90%, 87.88%, 84.38%. Pada pengujian curah hujan didapatkan keakuratan hasil prediksi untuk prediksi 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam adalah 87.34%, 86.94%, 86.67%, 86.27%, 85.25%. Kelayakan pelayaran nelayan untuk prediksi 24 jam ke depan untuk kapal nelayan 1-7 GT adalah 86.40% dan 8-34 GT adalah 100%.

Kata kunci: logika fuzzy, kelayakan kapal, prediksi cuaca maritim

ABSTRACT

Ocean in Indonesia has an important role in their daily lives considering the country is known as a maritime country. Marine transportation, especially cruise ship is strongly influenced by maritime weather. Hence the need of weather information in the field of shipping is very important to determine the feasibility of shipping. On the research method using fuzzy logic takagi sugeno to predict the weather. The data used are the data from Meteorological Station Perak 1 Surabaya for 3 years 2012-2014. Weather prediction output in the form of fuzzy logic wave height and rainfall. Two of these variables strongly influence for cruise boats. In addition to using data validation done BMKG using data from buoyweather. The research results obtained by wave height prediction accuracy for the prediction of 1 hour, 3 hours, 6 hours, 12 hours, 24 hours was 91.25%, 98.81%, 89.90%, 87.88% 84.38%. On testing the accuracy of the results obtained by precipitation prediction for the prediction of 1 hour, 3 hours, 6 hours, 12 hours, 24 hours was 87.34%, 86.94%, 80%, 86.27%, 85.25%. The feasibility of the fishing voyage for prediction of 24 hours ahead for fishing boats 1-7 GT was 86.40% and 8-34 GT is 100%.

Keywords: fuzzy logic, feasibility fishing voyage, maritime weather prediction

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.. Penelitian tugas akhir ini berjudul “*Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Logika Fuzzy Sebagai Decision Support Untuk Keselamatan Nelayan*” yang bertujuan untuk memprediksi keadaan unsur cuaca serta melakukan prediksi kelayakan kapal nelayan. Penentuan daerah penelitian juga dimaksudkan agar hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk masyarakat yang tinggal pada daerah tersebut yang bermata pencaharian sebagai nelayan.

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. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS.
2. Agus Muhammad Hatta, S.T, MSi, Ph.D , selaku Dosen Wali penulis yang telah banyak membimbing selama mengenyam pendidikan di program studi S1 Teknik Fisika - ITS.
3. Ir. Syamsul Arifin, M.T, Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, MT , Dr. Ir. Wibowo H. N, MSc, selaku Dosen Pembimbing yang tidak kenal lelah dalam mendidik, membimbing dan memberi motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
4. Ir. Ya'umar, MT selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumentasi yang telah banyak memberikan kemudahan untuk penelitian tugas akhir ini.
5. Widodo, S.T, selaku Kepala Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya yang telah banyak memberikan kemudahan untuk penelitian tugas akhir ini.
6. Kedua orang tua penulis, Ibu (Kartini Sri Handayani S.Sos, MSi), Bapak (Heru Setiyadi S.E , MSi), 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.

7. Tim Buoy (Hazmi, Dienda, Derivani, Rio, Mesawati, Anggi Desraino) dan Mas Ridho yang sangat membantu dan saling bekerja sama dalam tugas akhir ini.
8. Muhammad Faris Afif Sukin, Risa Ayu Faizah, Aulia Rifqo Sarah, Jordy Anugrah Wirapratama, Gilang Eka Saputra, Dienda Shintianata, Anggraini Eka Prasnandia, Aprita Tiara Putri, yang telah memberikan dukungan semangat, doa, bantuan moril dan materiil serta kebahagiaan selama menjadi mahasiswi Teknik Fisika ITS.
9. Sahabat Penulis dari SMA 3 Semarang (Ahtarunnisa Fauzia Hanifa , Tigor Pancasakti, Dina Juliawati, Eldinda Sazida, Natasha Medina, Prita Ratna, Novita Damayanti, Alfian Kusuma, Itqan Ghazali) yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis.
10. Teman-teman organisasi dari Society of Petroleum Engineers (SPE) ITS dan Petrolida Crew 2012-2015, BEM ITS 2011/2012, Idjo Creative Crew HMTF ITS 2012 yang telah memberikan banyak pengalaman kepada penulis selama menjadi mahasiswi ITS.
11. 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, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR – TF 01381	i
FINAL PROJECT – TF 091381	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Laporan.....	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Cuaca dan Iklim.....	5
2.2 Unsur-unsur Cuaca dan Iklim.....	5
2.2.1 Curah Hujan.....	5
2.2.2 Angin.....	7
2.3 Pengaruh Unsur Cuaca pada Permukaan Laut.....	9
2.3.1 Gelombang Laut.....	9
2.4 Kelayakan Pelayaran.....	11
2.5 Sistem fuzzy.....	12
2.5.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy.....	13

BAB III.....	17
METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Studi Literatur.....	18
3.2 Pengambilan Data Cuaca Maritim.....	19
3.3 Perancangan <i>Fuzzy Inference System</i>	20
3.3.1 <i>Fuzzy Cluster Means</i> (FCM)	20
3.3.2 <i>Fuzzy Inference System</i>	21
3.3.2.1 Perancangan Fuzzy Inference System Tinggi Gelombang	21
3.3.2.2 Perancangan <i>Fuzzy Inference System</i> Curah Hujan	26
3.3.3 Validasi Logika Fuzzy.....	29
3.3.4 Perancangan Perangkat Lunak	30
BAB IV.....	33
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Pengolahan Data Variabel Cuaca Menggunakan <i>Fuzzy Cluster Mean</i> (FCM).....	33
4.2 Validasi Tinggi Gelombang	34
4.3 Validasi Curah Hujan	38
4.4 Validasi Kelayakan Pelayaran.....	40
4.5 Pengujian Prediktor Cuaca Secara <i>Online</i>	41
BAB V	43
PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Definisi Hujan per Hari[6]	7
Tabel2.2 Skala Beaufort kecepatan angin (World Ocean Circulation Experiment, n.d.)	8
Tabel 2.3 Distribusi frekuensi angin (World Ocean Circulation Experiment, n.d.)	8
Tabel 2. 4 Variabel Kelayakan Pelayaran[9].....	12
Tabel 4. 1 Hasil FCM pada variabel cuaca	33
Tabel 4. 2 Hasil validasi tinggi gelombang 24 jam	35
Tabel 4. 3 Hasil validasi tinggi gelombang 24 jam dengan rentang 0 meter – 3.86 meter.....	36
Tabel 4. 4 Hasil validasi tinggi gelombang 7 hari ke depan.....	37
Tabel 4. 5 Hasil validasi curah hujan 24 jam	38
Tabel 4. 6 Hasil Validasi Prediksi Curah Hujan 7 Hari Kedepan	40
Tabel 4. 7 Hasil Validasi Kelayakan Pelayaran 24 jam ke depan	40
Tabel 4. 8 Hasil Validasi Kelayakan Pelayaran 7 hari ke depan.	41
Tabel 4. 9 Hasil Validasi Cuaca Secara <i>Online</i>	42

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lautan di Indonesia memiliki peranan penting dalam kehidupan kita sehari-hari mengingat negara ini dikenal sebagai negara maritim. Kebutuhan laut untuk para nelayan digunakan untuk mencari ikan, transportasi laut untuk menghubungkan satu pulau dengan pulau yang lain, dan sumber daya alam yang terdapat di dasar laut yang kekayaannya tak terbatas.[1] 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%. 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.[2]

Selama ini Indonesia memiliki suatu badan yang berfungsi sebagai pemantau kondisi keadaan laut yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). BMKG memiliki stasiun cuaca dengan melakukan pemantauan seperti temperatur, kelembaban udara, tekanan udara, curah hujan, kecepatan angin akan tetapi hasil prakiraan cuaca tersebut belum secara *real time*. Untuk itu dibutuhkan suatu stasiun cuaca maritim, dirancanglah alat buoy weather untuk memprediksi cuaca secara *real time* yang dapat menunjang informasi cuaca maritim.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan prediksi cuaca maritim menggunakan metode ANFIS yang dilakukan oleh Ardian Chandra dengan koordinat pengambilan data $7^{\circ} 12' 20''$ LS - $112^{\circ} 44' 08''$. Kemudian pengembangan penelitian tersebut dilakukan oleh Riki Jaya Sampurna dengan mengambil 3 koordinat data, yaitu pada 3.540425° S - 113.90880° E (Perairan Banjarmasin), $4,648136^{\circ}$ S - $113,908806^{\circ}$ E (Laut Jawa) dan

6.874824°S – 112.747800°E (Perairan Surabaya). Ketiga penelitian tersebut masih bersifat *offline*, sehingga dilakukan penelitian lanjutan oleh Ilham Bangun Asmoro. Pada penelitian tersebut dilakukan pembuatan *software* prediktor cuaca darat dengan basis logika *fuzzy* yang dapat mengolah data dari stasiun cuaca darat secara *real time*. Pada tahun 2012, dilakukan penelitian mengenai prediksi cuaca maritim oleh Habib. Pada tahun 2013, dilakukan prediktor cuaca maritim oleh Kahfi Anshari menggunakan metode logika fuzzy takagi sugeno dengan akurasi prediktor untuk prediksi ketinggian gelombang untuk *range* tinggi gelombang data *training* sebesar 0.01 – 3.42 meter dan prediksi curah hujan berturut turut sebagai berikut.[3] :

- Ketinggian gelombang laut 1 jam ke depan 85.7%, 3 jam ke depan , 3 jam ke depan 54.1%, 6 jam ke depan 34%, 12 jam kedepan 28.7%, 24 jam ke depan 29% dan selama 1 hari sampai 7 hari kedepan adalah 66%, 53%, 36%, 25%, 17.4%, 18.2%, 4.7%.
- Curah hujan 1 jam ke depan 81.3%, 3 jam ke depan 89%, 6 jam ke depan 93.7%, 12 jam ke depan 90.58%, 24 jam ke depan 95% dan selama 1 hari sampai 7 hari ke depan adalah 58%, 43.5%, 38%, 40%, 47%, 44.4%, 35%.

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, peneliti ingin membuat sistem prediktor cuaca maritim berbasis logika fuzzy sebagai *decision support* untuk keselamatan nelayan.

1.2 Permasalahan

Adapun beberapa permasalahan yang dihadapi dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem prediktor cuaca maritim dengan logika fuzzy untuk memprediksi cuaca dan kelayanan pelayaran untuk nelayan?
2. Apakah performansi prediktor yang dibuat mengalami peningkatan?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat membuat sistem prediktor cuaca maritim dengan logika fuzzy sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan prakiraan cuaca dan kelayakan pelayaran untuk nelayan.
2. Mendapatkan nilai performansi prediktor yang lebih baik dengan data *training* tinggi gelombang 0.01 – 2.44 meter.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Metode yang digunakan untuk memprediksi cuaca maritim menggunakan metode fuzzy.
2. Program sistem fuzzy untuk memprediksi kelayakan pelayaran dibuat dengan bantuan program MATLAB.
3. Data yang diambil dari hasil pengukuran stasiun cuaca mini “*maritime buoy station*” yang telah dibuat (data *real*)
4. Pembangunan basis aturan dan fungsi keanggotaan awal dilakukan dengan menggunakan data BMKG I Perak Surabaya.
5. Data yang digunakan sebagai masukan adalah data temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin.
6. Data hasil keluaran berupa prediksi dari ketinggian gelombang dan curah hujan.
7. *Range* tinggi gelombang sesuai dengan data *training* antara 0.01 – 2.44 meter.
8. Kelayakan pelayaran terhadap kapal didasarkan pada aturan dari Kesyahbandaran.
9. Kelayakan pelayaran yang dimaksud diperuntukkan khusus untuk pelayaran nelayan 1-7 GT dan 7-34 GT.

1.5 Sistematika Laporan

Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan secara sistematis dan tersusun dalam lima bab dengan penjelasan sebagai berikut,

BAB I Pendahuluan

Bab ini dijelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini dibahas mengenai teori-teori dasar yang terkait dalam penulisan tugas akhir.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan tugas akhir dari awal hingga analisis dan pengujian diselesaikan.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini dilakukan proses pengolahan data dan analisa yang dilakukan pada sistem yang telah dibuat.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan pokok dari seluruh rangkain penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cuaca dan Iklim

Cuaca dan iklim memiliki perbedaan definisi yang saling berhubungan. Iklim akan mempengaruhi cuaca di suatu tempat, sedangkan cuaca yang terjadi akan dipengaruhi iklim tempat tersebut. Pada dasarnya cuaca adalah keadaan udara pada saat tertentu dan di wilayah tertentu yang relatif sempit dan pada jangka waktu yang singkat. Cuaca itu terbentuk dari gabungan unsur cuaca dan jangka waktu cuaca bisa hanya beberapa jam saja. Sedangkan iklim merupakan keadaan cuaca rata-rata dalam waktu satu tahun yang penyelidikannya dilakukan dalam waktu yang lama (minimal 30 tahun) dan meliputi wilayah yang luas. Iklim terbentuk karena adanya revolusi serta rotasi bumi sehingga terjadi pergeseran semu harian matahari dan tahunan, dan karena adanya perbedaan lintang geografi dan lingkungan fisis. Perbedaan ini menyebabkan timbulnya penyerapan panas matahari oleh bumi sehingga besar pengaruhnya terhadap kehidupan di bumi.[4]

2.2 Unsur-unsur Cuaca dan Iklim

Pada umumnya ada unsur-unsur yang mempengaruhi keadaan cuaca dan iklim suatu wilayah maritim diantaranya curah hujan, angin, dan gelombang laut.

2.2.1 Curah Hujan

Curah hujan yaitu jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Alat untuk mengukur banyaknya curah hujan disebut *Rain gauge*. Hujan ialah peristiwa sampainya air dalam bentuk cair maupun padat yang dicurahkan dari atmosfer ke permukaan bumi. Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai curah hujan yang sama disebut *Isohyet*. [5]

Curah hujan yang jatuh di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- bentuk medan/topografi
- arah lereng medan

- arah angin yang sejajar dengan garis pantai
- jarak perjalanan angin di atas medan datar

Presipitasi yang berbentuk hujan terjadi dari pertumbuhan awan setelah memenuhi persyaratan utama yaitu unsur – unsur cuaca seperti kelembaban udara, temperatur, arus udara naik, kondisi lingkungan dan adanya inti kondensasi yang cukup pada awan. Pertumbuhan presipitasi sampai jatuh ke tanah sebagai hujan dipengaruhi oleh 2 mekanisme yaitu mekanisme Wegener-Bergeron dan mekanisme akresion.

Terjadinya presipitasi yang sampai jatuh ke permukaan tanah menurut mekanisme Wegener-Bergeron terjadi bila awan yang terbentuk berasal dari parcel udara yang naik mencapai ketinggian *Lifting Condensation Level* (LCL), dan awan tersebut akan tumbuh terus menerus hingga terbentuk butiran air dan kristal es yang cukup banyak. Bila temperatur kristal es mencapai -12°C dan kondisi udara sekitar cukup mendukung maka dimungkinkan terjadi hujan.

Sedangkan menurut mekanisme akresion hujan terjadi dari proses tumbukan (collision) yang diikuti dengan proses penggabungan (coalescence) antara butiran – butiran air yang berbeda ukuran, yang berlangsung berulang – ulang hingga menghasilkan butiran raksasa sehingga mampu turun menjadi hujan sampai ke tanah.

Intensitas hujan diukur menggunakan gelas penakar disebut juga curah hujan. Curah Hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) millimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Curah Hujan Kumulatif (mm) merupakan jumlah hujan yang terkumpul dalam rentang waktu kumulatif tersebut. Dalam periode musim, rentang waktunya adalah rata-rata panjang musim pada masing-masing Zona Musim (ZOM). Intensitas hujan ditentukan dari tingkat terakumulasinya curah hujan di atas suatu permukaan yang datar jika air hujan tersebut tidak mengalir. Dalam meteorologi, intensitas curah hujan ditentukan

dari tingkat terkumpulnya curah hujan di dalam alat penakar hujan.[6]

Tabel 2.1 Definisi Hujan per Hari[6]

Jenis Hujan	Kuantitas (mm/jam)
Sangat Ringan	< 5
Ringan	5-20
Sedang	20-50
Lebat	50-100
Sangat Lebat	>100

Dapat dilihat pada tabel 2.1 menurut BMKG, berdasarkan curah hujannya hujan dikasifikasikan menjadi: hujan sedang dengan curah hujan 20 - 50 mm per hari, hujan lebat dengan curah hujan 50-100 mm per hari, dan hujan sangat lebat dengan curah hujan di atas 100 mm per hari.

2.2.2 Angin

Angin didefinisikan sebagai udara yang bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Adanya tekanan udara ini menyebabkan terjadinya angin.

Kecepatan angin bergerak memiliki standar yang pertama kali diperkenalkan oleh seorang angkatan laut Inggris pada tahun 1814. Beaufort memperkenalkan sistem pengklasifikasian variabel kecepatan angin berdasarkan dari skala WMO (*World Meteorological Organization*) ini dijadikan acuan skala kecepatan angin secara internasional hingga sekarang.

Beaufort mengklasifikasikan variabel kecepatan angin ini menjadi 13 jenis dan skala. (World Meteorological Organization, 1998)

Tabel 2.2 Skala Beaufort kecepatan angin (World Ocean Circulation Experiment, n.d.)

Kekuatan Angin	Kecepatan Angin		Nama
	Skala Beaufort	m/dt	
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>

Dapat dilihat pada tabel 2.2 menurut World Meteorological Organization kekuatan angin dibagi menjadi 12 kategori yaitu *calm*, *light air*, *light breeze*, *gentle breeze*, *moderate breeze*, *fresh breeze*, *strong breeze*, *near gale*, *gale*, *strong gale*, *storm*, *violent storm*, *hurricane*. Semakin tinggi tingkatan skala beaufortnya maka kekuatan anginnya semakin besar. 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, n.d.)

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

No	Arah	Besar Sudut
5	Timur (T)	90 ⁰
6	Timur Tenggara (TTg)	112,5 ⁰
7	Tenggara (Tg)	135 ⁰
8	Selatan Tenggara (STg)	157,5 ⁰
9	Selatan (S)	180 ⁰
10	Selatan Barat Daya (SBD)	202,5 ⁰
11	Barat Daya (BD)	225 ⁰
12	Barat Barat Daya (BBD)	247,5 ⁰
13	Barat (B)	270 ⁰
14	Barat Barat Laut (BBL)	292,5 ⁰
15	Barat Laut (BL)	315 ⁰
16	Utara Barat Laut (UBT)	337,5 ⁰

Dapat dilihat pada tabel 2.3 arah angin dibagi menjadi 16 arah mata angina yang mempunyai besar sudut yang berbeda. Contohnya untuk arah angin utara besar sudutnya 360⁰, arah angin selatan besar sudut 180⁰, arah angin timur besar sudut 90⁰.

2.3 Pengaruh Unsur Cuaca pada Permukaan Laut

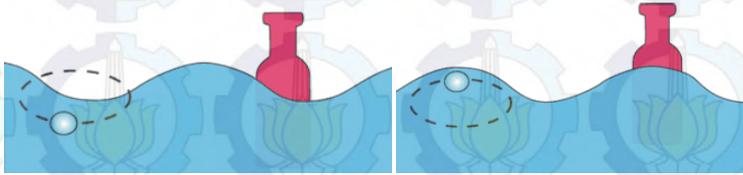
Gerakan air laut yang utamanya terjadi di permukaan laut berpengaruh terhadap ketinggian gelombang[7]. Berikut adalah penjelasan dari gelombang serta arus laut.

2.3.1 Gelombang Laut

Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung dari gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin (*gelombang angin*), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (*gelombang pasang-surut*), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (*gelombang tsunami*), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

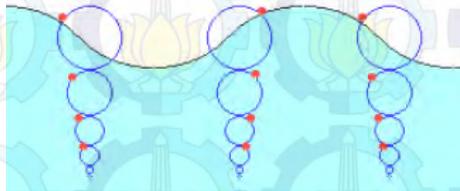
Energi gelombang tersebut akan membangkitkan arus dan mempengaruhi pergerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai (*cross-shore*) dan sejajar pantai (*longshore*). Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan men-

transfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi gelombang.



Gambar 2.1 Simulasi gerakan gelombang [8]

Dapat dilihat dari gambar 2.1 bahwa sebenarnya pelampung bergerak dalam suatu lingkaran (*orbital*) ketika gelombang bergerak naik dan turun.



Gambar 2.2 Bentuk gerakan gelombang laut [8]

Dapat dilihat pada gambar 2.2 partikel air berada dalam satu tempat, bergerak di suatu lingkaran, naik dan turun dengan suatu gerakan kecil dari sisi satu kembali ke sisi semula. Gerakan ini memberi gambaran suatu bentuk gelombang. Pelampung yang mengapung di air pindah ke pola yang sama, naik turun di suatu lingkaran yang lambat, yang dibawa oleh pergerakan air.

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 signifikan oleh WMO

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>

Pada tabel 2.4 tinggi gelombang signifikan berdasarkan WMO yang terbagi menjadi 10 kategori yaitu *glassy*, *rippled*, *smooth*, *slight*, *moderate*, *rough*, *very rough*, *high*, *very high*, *phenomenal*. Semakin besat tinggi gelombangnya, maka semakin berbahaya untuk pelayaran kapal.

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.

2.4 Kelayakan Pelayaran

Indonesia adalah negara maritim karena sebagian besar wilayahnya merupakan perairan. Transportasi laut menjadi alternatif untuk perjalanan antar pulau. Terdapat sebuah lembaga negara yang berada di bawah departemen perhubungan yang bertugas untuk melakukan pengawasan terhadap dipenuhinya ketentuan peraturan perundang-undangan untuk menjamin keselamatan dan keamanan pelayaran (UU Pelayaran No.17 Tahun 2008). Syahbandar berada di bawah pengawasan Badan Administrasi

Pelayaran (AdPel). Syahbandar memberikan pengawasan kapal untuk menjamin kelancaran pelayaran kapal dari dan menuju pelabuhan.

Berdasarkan pengetahuan dari keyahbandaran pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, kelayakan pelayaran dilihat dari dua faktor, yaitu faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam berasal dari badan kapal itu sendiri. Baik itu berupa kesiapan dari awak kapal, meneliti muatan kapal, dokumen dan sertifikat kapal. Sedangkan faktor luar dipengaruhi oleh cuaca perairan, dalam hal ini untuk pelayaran. Cuaca di perairan yang mempengaruhi pelayaran diantaranya adalah ketinggian gelombang, kecepatan arus, kecepatan angin dan cuaca buruk. Ketinggian gelombang adalah variabel yang paling berpengaruh pada faktor kelayakan pelayaran. Tiap-tiap kapal (dilihat dari *Gross Tonnase*) berbeda faktor kelayakannya. Selain itu dapat dilihat pula dari besar kecilnya muatan. Ketinggian gelombang adalah variabel yang paling besar mempengaruhi kelayakan pelayaran karena gelombang dipengaruhi kecepatan angin.

Penggunaan kepakaran kesyahbandaraan tersebut digunakan untuk aturan kelayakan para nelayan Jawa Timur. Pada lokasi titik pengamatan ini, kapal nelayan yang diperbolehkan melakukan penangkapan adalah 1- 7 GT dan 7- 34 GT .

Tabel 2. 4 Variabel Kelayakan Pelayaran[9]

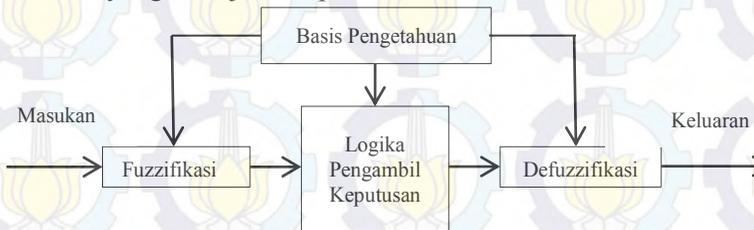
GT KAPAL	KETINGGIAN GELOMBANG MAKSIMAL
1-7 GT	0.5 meter
8-34 GT	1.25 meter

Pada tabel 2.4 tersebut maka kelayakan pelayaran untuk kapal nelayan 1- 7 GT adalah 0.5 meter pada ketinggian gelombang maksimal. Sedangkan kapal nelayan 8-34 GT adalah 1.25 meter pada ketinggian gelombang maksimal.

2.5 Sistem fuzzy

Sistem Fuzzy merupakan sebuah metode yang dapat menyelesaikan sebuah permasalahan dengan logika sebab akibat

atau dinyatakan dalam kaidah *if-then*. Sistem ini telah banyak digunakan karena memiliki struktur yang sederhana dibandingkan sistem yang lainnya. Teori logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley tahun 1965[13]. Dasar teori logika fuzzy dibagi menjadi nilai semesta keanggotaan yang berada antara 0 dan 1. Logika fuzzy berfungsi untuk pemodelan yang kompleks dan sistem yang tidak tepat dalam pengolahan data yang berupa angka dan linguistik. Pengambilan keputusan dengan metode logika fuzzy terdiri dari fuzzifikasi, basis pengetahuan, logika pengambil keputusan dan defuzzifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Dasar Logika Fuzzy[10]

Beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy antara lain :

1. Konsep logika fuzzy mudah di mengerti. Karena logika fuzzy menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran cukup mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian dalam permasalahan
3. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks[10]

2.5.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy

Struktur dasar logika fuzzy terdiri dari 4 unit yaitu fuzzifikasi, basis pengetahuan, *decision logic*, dan defuzzifikasi. Berikut ini penjelasan dari struktur dasar logika fuzzy :

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan langkah awal dalam pengolahan data masukan yang akan diproses. Fuzzifikasi diperlukan untuk mengubah masukan tegas/nyata yang bersifat bukan fuzzy ke dalam himpunan fuzzy dari beberapa *variabel linguistik* masukan yang telah didefinisikan. Nilai fungsi keanggotaan himpunan fuzzy memiliki rentang 0 sampai 1. Nilai 0 menunjukkan tidak adanya anggota pada himpunan, sedangkan nilai 1 menunjukkan nilai keanggotaan penuh pada himpunan.[10]

b. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan terdiri dari basis data dan basis aturan. Basis data mendefinisikan himpunan Fuzzy atas ruang-ruang masukan dan keluaran. Pembentukan basis data mencakup perancangan fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel masukan dan keluaran, pendefinisian semesta pembicaraan dan penentuan variabel linguistik setiap variabel masukan dan keluaran. Basis aturan fuzzy adalah kumpulan aturan-aturan fuzzy yang dibuat berdasarkan pengetahuan manusia. Aturan yang ditetapkan digunakan untuk menghubungkan antara variabel masukan dan variabel keluaran.[10]

c. Logika Pengambilan Keputusan (*Decision Logic*)

Decision logic atau yang disebut Fuzzy Inference System (FIS) merupakan pengambilan keputusan dalam sistem fuzzy. Masukan yang telah menjadi himpunan fuzzy diproses lebih lanjut dan diambil keputusan pada proses FIS. Masukan yang berbentuk himpunan tegas diterima oleh *decision logic* yang kemudian dikirim ke rule base yang memiliki bagian database dan dasar peraturan. Logika yang digunakan yaitu (*If Then*). Apabila kondisi masukan memenuhi pernyataan *If* maka hasil akan sesuai dengan aturan yang telah dibuat. Setelah sinyal masukan diproses dan keputusan diambil pada bagian *decision logic* maka hasil tersebut akan diproses lebih lanjut sebagai keluaran dari sistem fuzzy yang berupa linguistik ataupun numerik.

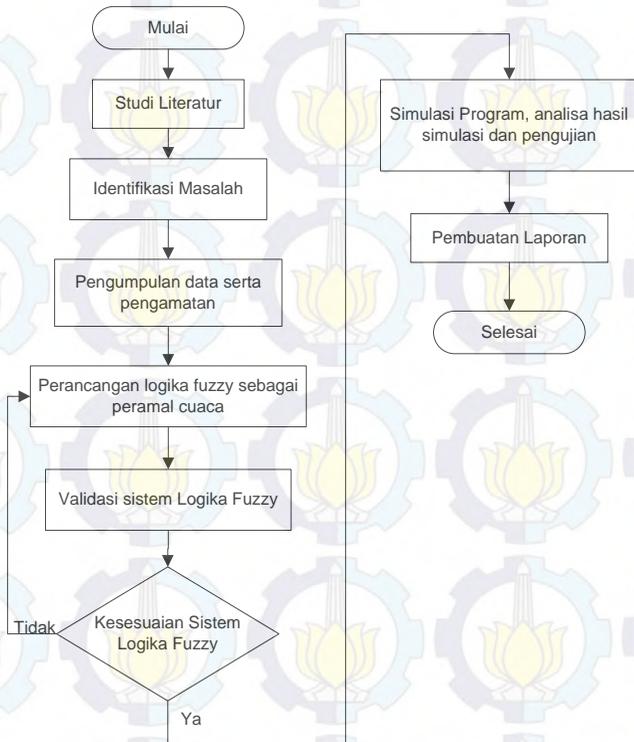
d. Defuzifikasi

Defuzifikasi merupakan proses akhir dalam pengambilan keputusan sistem fuzzy. Keluaran hasil perancangan diubah menjadi numerik, atau linguistik. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka dapat diambil suatu nilai crisp.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini. Adapun alur penelitian yang digunakan sebagai dasar pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

Sesuai dengan alur penelitian seperti yang telah ditunjukkan oleh gambar 3.1, urutan pelaksanaan penelitian dimulai dari studi literatur. Pada tahap ini dipelajari hal-hal yang berkaitan mengenai unsur-unsur cuaca, hal-hal yang mempengaruhi perubahan cuaca, hingga menemukan hubungan antara kelayakan pe-

layaran yang kaitannya dengan cuaca. Selain itu juga mempelajari jurnal mengenai penelitian sebelumnya. Selanjutnya dilakukan identifikasi masalah yang hubungannya dengan kelayakan pelayaran di tanjung perak yang kemudian membawa ke tahap selanjutnya yaitu pengumpulan data. Data yang digunakan merupakan data unsur cuaca selama tiga tahun yang dimulai dari tahun 2012 – 2014 yang terdiri dari 4 variabel. Data unsur cuaca diambil dari data yang dimiliki oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Perak I Surabaya. Selain pengumpulan data, dilakukan wawancara dengan Syahbandar Tanjung Perak Surabaya dan Syahbandar Brondong Lamongan sebagai acuan dalam menentukan standar pelayaran bagi penelitian. Kemudian dilakukan perancangan logika fuzzy yang menggunakan *Fuzzy Clustering* atau *Fuzzy C Means* untuk menentukan nilai minimum, maksimum, dan titik tengah yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan, dan menggunakan *fuzzy toolbox* atau *FIS editor* untuk prosesnya. Setelah dilakukan perancangan logika fuzzy, kemudian dilakukan validasi model untuk mengetahui apakah model tersebut dapat merepresentasikan kondisi cuaca yang sebenarnya. Setelah hasil validasi memenuhi kriteria, maka model akhir cuaca berbasis logika fuzzy diimplementasikan dalam bentuk perangkat lunak.

Perancangan perangkat lunak ini menggunakan bahasa pemrograman MATLAB R2011a. Setelah software prediktor selesai dibuat, dilakukan simulasi yaitu dengan memberikan masukan berupa data cuaca hasil pengukuran. Hasil prediksi dari perangkat lunak ini dibandingkan dengan hasil pengukuran sebenarnya (validasi). Selanjutnya dilakukan analisis mengenai kinerja serta ketepatan prediksi, Selanjutnya dibuat laporan mengenai hasil penelitian ini.

3.1 Studi Literatur

Pada tahap awal penelitian, dilakukan terlebih dahulu studi literatur. Studi yang dilakukan bertujuan untuk memahami variabel-variabel apa saja yang mempengaruhi perubahan cuaca, khususnya di sekitar Laut Jawa. Pemahaman didapat dari data-data yang terekam oleh BMKG I Perak serta beberapa jurnal dan

artikel yang berkaitan dengan meteorologi. Selain itu dilakukan studi tentang logika *Fuzzy Takagi Sugeno* untuk kebutuhan peramalan cuaca maritim dan juga dilakukan studi tentang pemrograman *GUI MATLAB* untuk membuat perangkat lunak penampil prediksi. Disamping itu dilakukan juga semacam wawancara dengan pakar dari BMKG I Perak tentang sistem prediktor cuaca yang telah ada di BMKG dan wawancara dengan pihak Kesyahbandaran Tanjung Perak dan Kesyahbandaran Brondong Lamongan untuk pengetahuan tentang kelayakan pelayaran.

3.2 Pengambilan Data Cuaca Maritim

Data cuaca maritim pada penelitian ini didapatkan dari BMKG I Perak Surabaya. Data cuaca maritim yang diperoleh direkam per-jam selama tiga tahun yaitu mulai tahun 2012 sampai dengan tahun 2014. Data cuaca maritim tersebut merupakan data cuaca maritim pada koordinat $6.81^{\circ}\text{S} - 112.73^{\circ}\text{E}$.



Gambar 3. 2 Letak koordinat pengambilan data cuaca

Pada gambar 3.2 titik yang ditandai dengan tanda kuning merupakan titik pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini,

terletak di Laut Jawa. Adapun data cuaca maritim tersebut ialah kecepatan angin(knot), kelembaban udara (%), suhu udara ($^{\circ}\text{C}$), ketinggian gelombang (m). Data cuaca maritim ini digunakan untuk membuat *rule base* dan fungsi keanggotaan logika fuzzy.

3.3 Perancangan *Fuzzy Inference System*

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan *fuzzy inference system* menggunakan perangkat lunak MATLAB 2011. Ada pun beberapa langkah merancang *fuzzy inference system* ialah:

3.3.1 *Fuzzy Cluster Means (FCM)*

Pada penelitian ini, digunakan metode *fuzzy cluster mean* untuk pengelompokan data cuaca. *Fuzzy Clustering* berfungsi menentukan nilai minimum, maksimum, dan titik tengah yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan

Pada penelitian ini, digunakan perangkat lunak MATLAB 2011 untuk menjalankan metode *fuzzy cluster mean*. Adapun *syntax fuzzy cluster means* di perangkat lunak MATLAB 2011 adalah

$$[\text{center}, \text{U}, \text{obj_fcn}] = \text{fcm}(\text{data}, \text{cluster_n})$$

Berdasarkan manual MATLAB 2011, didapatkan penjelasan mengenai *syntax* diatas, yaitu:

- data : kumpulan data akan dikelompokkan; setiap baris adalah data sampel titik.
- cluster_n : jumlah dari cluster (lebih dari satu) penjelasan output fungsi ini
- center : matriks pusat cluster akhir di mana setiap baris menyediakan pusat koordinat.
- U : matriks partisi fuzzy akhir (atau fungsi keanggotaan matriks).
- obj_fcn : nilai-nilai fungsi objektif selama iterasi

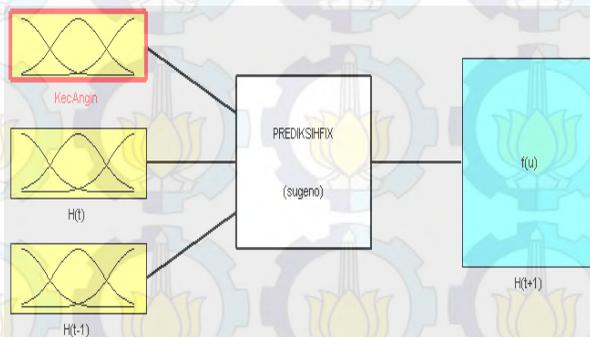
Output dari FCM bukan merupakan *fuzzy inference system*, namun merupakan deretan pusat cluster dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Informasi ini dapat digunakan untuk membangun suatu *fuzzy inference system*.

3.3.2 Fuzzy Inference System

Perancangan FIS (*Fuzzy Inference System*) menggunakan fitur *fuzzy logic toolbox* MATLAB 2011a. Data yang didapatkan dari BMKG Perak I digunakan untuk membangun FIS dengan metode yang dinamakan fuzzyfikasi. Fuzzifikasi adalah suatu tahap pemetaan nilai masukan dan keluaran kedalam bentuk himpunan fuzzy. Data masukan berupa himpunan crisp yang akan diubah menjadi himpunan fuzzy berdasarkan *range* untuk setiap variabel masukannya. Dalam penelitian ini, perangkat lunak yang akan dibuat nantinya dapat memprediksi dua jenis variabel cuaca, yaitu ketinggian gelombang dan curah hujan. Variasi pertama memprediksi 1 jam kedepan, 6 jam kedepan, 12 jam kedepan 24 jam kedepan. Adapun variasi kedua memprediksi 1 hari kedepan, 2 hari kedepan, 3 hari ke depan, 4 hari ke depan, 5 hari ke depan, 6 hari ke depan dan 7 hari kedepan. Berikut akan dijelaskan lebih lanjut mengenai dua jenis FIS yang dibuat.

3.3.2.1 Perancangan Fuzzy Inference System Tinggi Gelombang

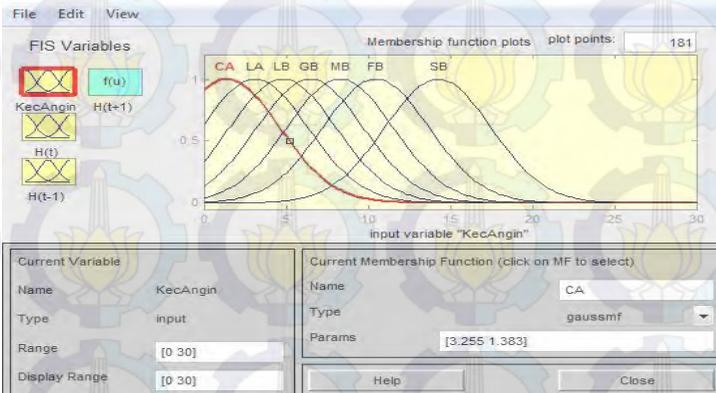
Pada perancangan *fuzzy inference system* tinggi gelombang menggunakan masukan dan keluaran seperti gambar dibawah



Gambar 3. 3 Perancangan FIS ketinggian gelombang

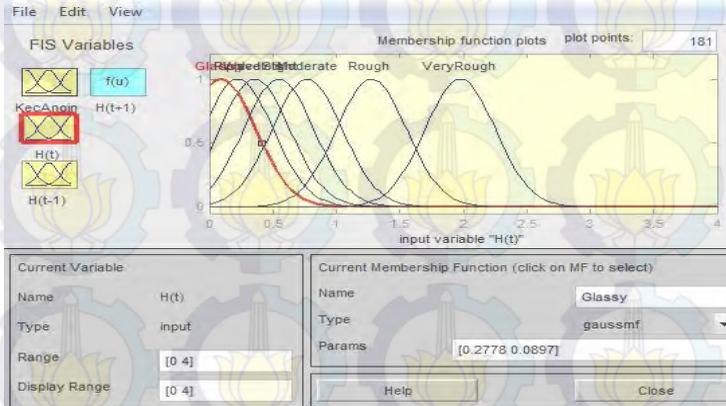
Pada gambar 3.3 dalam pembuatan FIS (*Fuzzy Inference System*) untuk ketinggian gelombang ini terdapat tiga jenis varia-

bel yang menjadi masukan, yaitu kecepatan angin, ketinggian gelombang sekarang ($H(t)$) dan ketinggian gelombang satu jam lalu ($H(t-1)$). Keluaran yang dihasilkan adalah ketinggian gelombang satu jam yang akan datang. Ketinggian gelombang dikelompokkan menjadi 7 macam, yaitu: *Glassy*, *Rippled*, *Wavelets*, *Slight*, *Moderate*, *Rough*, dan *Very Rough* dengan rentang sebesar 0 meter - 2.45 meter. Berikut akan ditunjukkan Fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel masukan dan keluaran.



Gambar 3. 4 Fungsi keanggotaan kecepatan angin

Pada gambar 3.4 merupakan fungsi keanggotaan untuk variabel masukan kecepatan angin dibagi menjadi 7 fungsi keanggotaan yaitu: Calm (CA), Light Air (LA), Light Breeze (LB), Gentle Breeze (GB), Moderate Breeze (MB), Fresh Breeze (FB), Strong Breeze (SB) dengan rentang kerja sebesar 0-15 knot.



Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan tinggi gelombang

Pada gambar 3.5 perancangan FIS untuk prediksi ketinggian gelombang memiliki variabel masukan berupa kecepatan angin, ketinggian gelombang sekarang ($H(t)$) dan ketinggian gelombang satu jam lalu ($H(t-1)$). Untuk variabel ketinggian gelombang sekarang $H(t)$ dan satu jam lalu $H(t-1)$ mempunyai fungsi keanggotaan yang sama, yaitu: *Glassy*, *Rippled*, *Wavelets*, *Slight*, *Moderate*, *Rough*, dan *Very Rough* dengan rentang kerja 0–2.45 meter.

Basis data yang digunakan dalam prediktor ketinggian gelombang sebagai berikut:

- (R-1) IF $W(t)$ is CA and $H(t)$ is GL and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is GL.
- (R-2) IF $W(t)$ is CA and $H(t)$ is RP and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is GL.
- (R-3) IF $W(t)$ is CA and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is GL.
- (R-4) IF $W(t)$ is CA and $H(t)$ is GL and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is GL.
- (R-5) IF $W(t)$ is CA and $H(t)$ is RP and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is RP.
- (R-6) IF $W(t)$ is CA and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is WV.

(R-7) IF $W(t)$ is LA and $H(t)$ is GL and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is GL.

(R-8) IF $W(t)$ is LA and $H(t)$ is RP and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is RP.

(R-9) IF $W(t)$ is LA and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is WV.

(R-10) IF $W(t)$ is LA and $H(t)$ is GL and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is GL

(R-11) IF $W(t)$ is LA and $H(t)$ is RP and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is RP.

(R-12) IF $W(t)$ is LA and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is WV.

(R-13) IF $W(t)$ is LA and $H(t)$ is RP and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is RP.

(R-14) IF $W(t)$ is LB and $H(t)$ is RP and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is RP.

(R-15) IF $W(t)$ is LB and $H(t)$ is GL and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is GL.

(R-16) IF $W(t)$ is LB and $H(t)$ is GL and $H(t-1)$ is GL then $H(t+1)$ is GL.

(R-17) IF $W(t)$ is LB and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is WV.

(R-18) IF $W(t)$ is LB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is SL.

(R-19) IF $W(t)$ is LB and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is WV.

(R-20) IF $W(t)$ is LB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is SL.

(R-21) IF $W(t)$ is GB and $H(t)$ is RP and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is RP.

(R-22) IF $W(t)$ is GB and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is WV.

(R-23) IF $W(t)$ is GB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is RP then $H(t+1)$ is SL.

(R-24) IF $W(t)$ is GB and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is WV.

- (R-25) IF $W(t)$ is GB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is SL.
- (R-26) IF $W(t)$ is GB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is SL then $H(t+1)$ is SL.
- (R-27) IF $W(t)$ is MB and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is WV.
- (R-28) IF $W(t)$ is MB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is SL.
- (R-29) IF $W(t)$ is MB and $H(t)$ is MD and $H(t-1)$ is WV then $H(t+1)$ is MD.
- (R-30) IF $W(t)$ is MB and $H(t)$ is WV and $H(t-1)$ is SL then $H(t+1)$ is SL.
- (R-31) IF $W(t)$ is MB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is SL then $H(t+1)$ is SL.
- (R-32) IF $W(t)$ is MB and $H(t)$ is MD and $H(t-1)$ is SL then $H(t+1)$ is MD.
- (R-33) IF $W(t)$ is MB and $H(t)$ is MD and $H(t-1)$ is MD then $H(t+1)$ is MD.
- (R-34) IF $W(t)$ is FB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is SL then $H(t+1)$ is SL.
- (R-35) IF $W(t)$ is FB and $H(t)$ is RO and $H(t-1)$ is SL then $H(t+1)$ is RO.
- (R-36) IF $W(t)$ is FB and $H(t)$ is SL and $H(t-1)$ is MD then $H(t+1)$ is SL.
- (R-37) IF $W(t)$ is FB and $H(t)$ is MD and $H(t-1)$ is MD then $H(t+1)$ is MD.
- (R-38) IF $W(t)$ is FB and $H(t)$ is RO and $H(t-1)$ is RO then $H(t+1)$ is RO.
- (R-39) IF $W(t)$ is FB and $H(t)$ is MD and $H(t-1)$ is SL then $H(t+1)$ is MD.
- (R-40) IF $W(t)$ is SB and $H(t)$ is MD and $H(t-1)$ is MD then $H(t+1)$ is MD.
- (R-41) IF $W(t)$ is SB and $H(t)$ is VR and $H(t-1)$ is MD then $H(t+1)$ is VR.
- (R-42) IF $W(t)$ is SB and $H(t)$ is RO and $H(t-1)$ is RO then $H(t+1)$ is RO.

(R-43) IF $W(t)$ is SB and $H(t)$ is VR and $H(t-1)$ is RO then $H(t+1)$ is VR

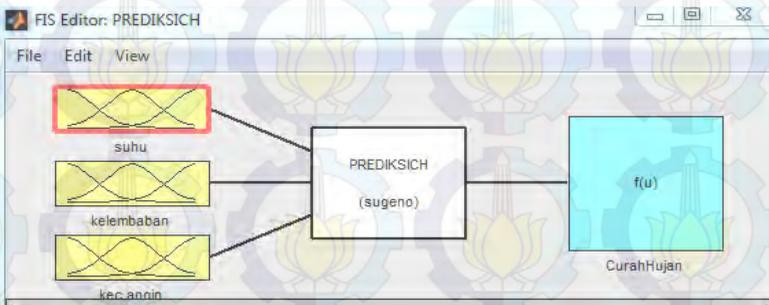
(R-44) IF $W(t)$ is SB and $H(t)$ is VR and $H(t-1)$ is VR then $H(t+1)$ is VR.

(R-45) IF $W(t)$ is SB and $H(t)$ is RO and $H(t-1)$ is MD then $H(t+1)$ is RO

Selanjutnya adalah perancangan FIS untuk memprediksi tinggi gelombang satu hari sampai dengan tujuh hari ke depan. Pada perancangan ini, variabel masukannya adalah kecepatan angin sekarang, tinggi gelombang sekarang dan tinggi gelombang satu hari sebelum. Adapun masing-masing variabel masukannya memiliki fungsi keanggoan sama dengan fungsi keanggotaan prediksi tinggi gelombang satu jam yang akan datang. Variabel keluarannya adalah tinggi gelombang satu hari ke depan.

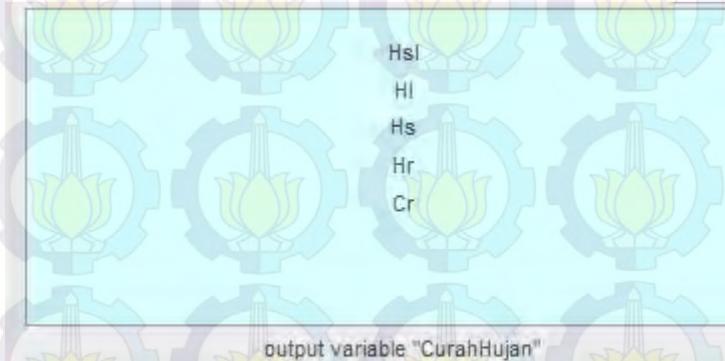
3.3.2.2 Perancangan *Fuzzy Inference System* Curah Hujan

Pada perancangan *fuzzy inference system* curah hujan menggunakan masukan dan keluaran seperti gambar dibawah



Gambar 3. 6 Perancangan FIS curah hujan

Pada gambar 3.6 untuk perancangan FIS prediksi curah hujan menggunakan 3 masukan yaitu suhu, kelembaban, kecepatan angin. Basis data menggunakan metode fuzzy takagi sugeno sebanyak 27.



Gambar 3. 7 Variabel Keluaran FIS Curah Hujan

Pada gambar 3.7 variabel keluaran FIS curah hujan memiliki 5 fungsi keanggotaan yaitu cerah, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat, dan hujan sangat lebat dengan rentang kerja 0 – 100 mm/jam. Untuk memprediksi curah hujan satu jam ke depan variabel masukan adalah keadaan suhu udara, kelembaban udara, angin saat ini. Untuk suhu udara memiliki rentang kerja sebesar 20.3 – 37.1 C. Pada kelembaban udara memiliki rentang kerja sebesar 26-99 %. Untuk memprediksi curah hujan satu hari ke depan variabel masukan berupa rata-rata harian suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, angin.

Basis data yang digunakan dalam prediktor curah hujan sebagai berikut:

- (R-1) IF $T(t)$ is rendah and $R_h(t)$ is tinggi and $W(t)$ is sedang then $R_r(t+1)$ is hujan sedang
- (R-2) IF $T(t)$ is rendah and $R_h(t)$ is sedang and $W(t)$ is sedang then $R_r(t+1)$ is ringan.
- (R-3) IF $T(t)$ is rendah and $R_h(t)$ is rendah and $W(t)$ is sedang then $R_r(t+1)$ is cerah.
- (R-4) IF $T(t)$ is sedang and $R_h(t)$ is tinggi and $W(t)$ is sedang then $R_r(t+1)$ is cerah
- (R-5) IF $T(t)$ is sedang and $R_h(t)$ is sedang and $W(t)$ is sedang then $R_r(t+1)$ is cerah.
- (R-6) IF $T(t)$ is sedang and $R_h(t)$ is rendah and $W(t)$ is sedang then $R_r(t+1)$ is cerah.

- (R-7) IF $T(t)$ is tinggi and $Rh(t)$ is tinggi and $W(t)$ is sedang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-8) IF $T(t)$ is tinggi and $Rh(t)$ is sedang and $W(t)$ is sedang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-9) IF $W(t)$ is tinggi and $Rh(t)$ is rendah and $W(t)$ is sedang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-10) IF $T(t)$ is rendah and $Rh(t)$ is tinggi and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is hujan lebat
- (R-11) IF $T(t)$ is rendah and $Rh(t)$ is sedang and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is hujan sedang.
- (R-12) IF $T(t)$ is rendah and $Rh(t)$ is rendah and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is hujan ringan.
- (R-13) IF $T(t)$ is sedang and $Rh(t)$ is tinggi and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-14) IF $T(t)$ is sedang and $Rh(t)$ is sedang and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-15) IF $T(t)$ is sedang and $Rh(t)$ is rendah and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-16) IF $T(t)$ is tinggi and $Rh(t)$ is tinggi and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-17) IF $T(t)$ is tinggi and $Rh(t)$ is sedang and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-18) IF $T(t)$ is tinggi and $Rh(t)$ is rendah and $W(t)$ is kencang then $Rr(t+1)$ is cerah.
- (R-19) IF $T(t)$ is rendah and $Rh(t)$ is tinggi and $W(t)$ is sangat kencang then $Rr(t+1)$ is hujan sangat lebat.
- (R-20) IF $T(t)$ is rendah and $Rh(t)$ is sedang and $W(t)$ is sangat kencang then $Rr(t+1)$ is hujan lebat.
- (R-21) IF $T(t)$ is rendah and $Rh(t)$ is rendah and $W(t)$ is sangat kencang then $Rr(t+1)$ is hujan sedang.
- (R-22) IF $T(t)$ is sedang and $Rh(t)$ is tinggi and $W(t)$ is sangat kencang then $Rr(t+1)$ is hujan ringan.
- (R-23) IF $T(t)$ is sedang and $Rh(t)$ is sedang and $W(t)$ is sangat kencang then $H(t+1)$ is hujan ringan.
- (R-24) IF $T(t)$ is sedang and $Rh(t)$ is rendah and $W(t)$ is sangat kencang then $Rr(t+1)$ is hujan ringan.

(R-25) IF T(t) is tinggi and Rh(t) is tinggi and W(t) is sangat kencang then Rr(t+1) is cerah.

(R-26) IF T(t) is tinggi and Rh(t) is sedang and W(t) is sangat kencang then Rr(t+1) is cerah.

(R-27) IF T(t) is tinggi and Rh(t) is rendah and W(t) is sangat kencang then Rr(t+1) is cerah.

3.3.3 Validasi Logika Fuzzy

Setelah dilakukan perancangan logika fuzzy untuk prediksi tinggi gelombang dan curah hujan, tahap selanjutnya adalah melakukan validasi logika fuzzy. Validasi logika fuzzy digunakan untuk mengetahui apakah hasil prediksi cuaca maritim bernilai tepat atau tidak tepat sesuai dengan data aktual. Validasi logika fuzzy ini menggunakan data pada bulan Desember 2014 yang memuat data ketinggian gelombang, kecepatan angin, suhu udara, kelembaban udara perjam dan perhari.

Validasi menggunakan parameter linguistik ini 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 variabel ketinggian gelombang.

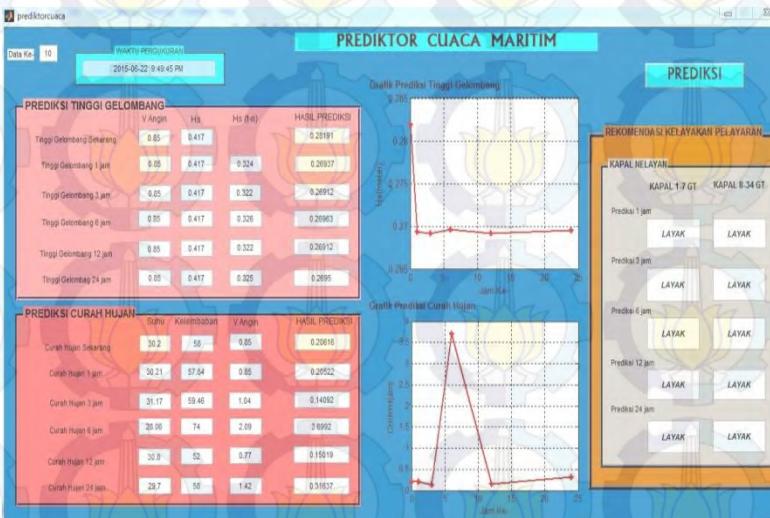
Pada pengujian tingkat akurasi yang digunakan data sebanyak 20 % dari data keseluruhan. Data tersebut merupakan data dari hasil rekaman Stasiun Meterologi Maritim Perak I dari 1 Desember 2014 – 31 Desember 2014. Sementara 80 % data sisanya digunakan untuk membangun aturan dan FIS.

Nilai akurasi atau nilai performansi pada sistem digunakan untuk mengetahui tingkat ketepatan hasil prediksi dibandingkan dengan data aktual. Adapun nilai performansi dapat diketahui dengan rumus seperti berikut:

$$\text{Prosentase} = \left(\frac{\text{jumlah prediksi benar}}{\text{total prediksi}} \times 100\% \right) \quad (3.1)$$

3.3.4 Perancangan Perangkat Lunak

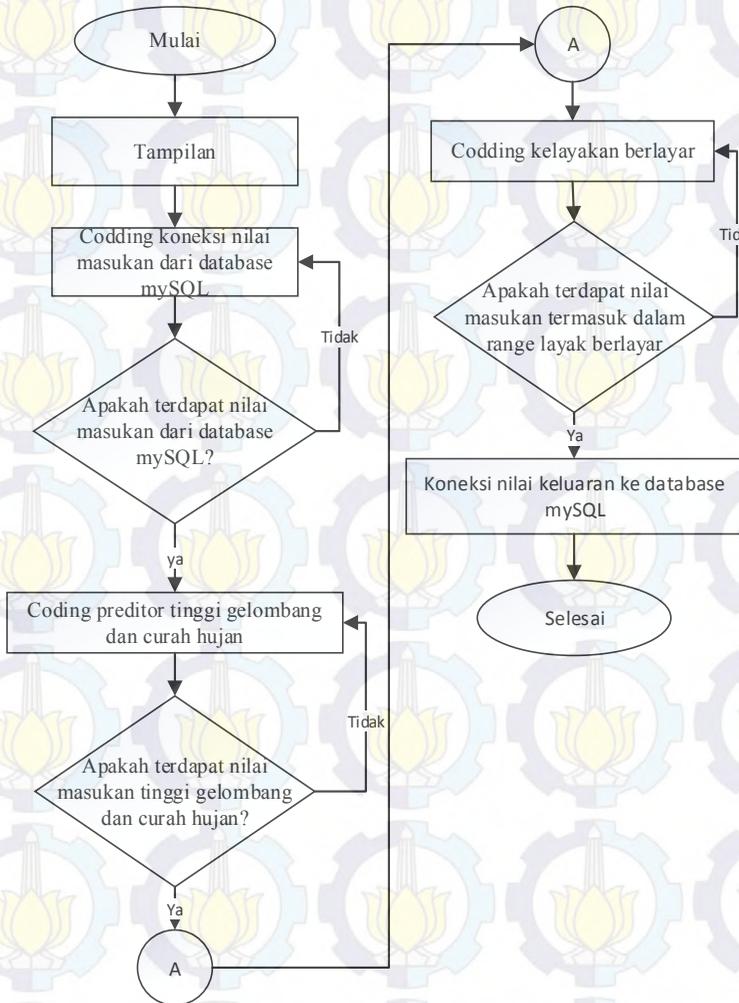
Pada penelitian ini dilakukan perancangan perangkat lunak menggunakan MATLAB untuk memprediksi cuaca yang terintegrasi dengan logika fuzzy yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Perangkat lunak ini juga terkoneksi dengan database MySQL yang berisi nilai masukan variabel cuaca berdasarkan data pengukuran yang didapat dari *buoyweather*. Kemudian data diolah dengan MATLAB yang didalamnya terdapat logika fuzzy yang telah dibuat, selanjutnya keluaran hasil prediksi cuaca nantinya akan dikirimkan ke database MySQL.



Gambar 3. 8 Tampilan prediksi cuaca maritim online

Pada gambar 3.8 merupakan tampilan perangkat lunak prediksi cuaca maritim. Dalam tampilan tersebut terdapat waktu dan tanggal prediksi, prediksi tinggi gelombang, prediksi curah hujan, rekomendasi kelayakan berlayar, dan grafik variabel cuaca.

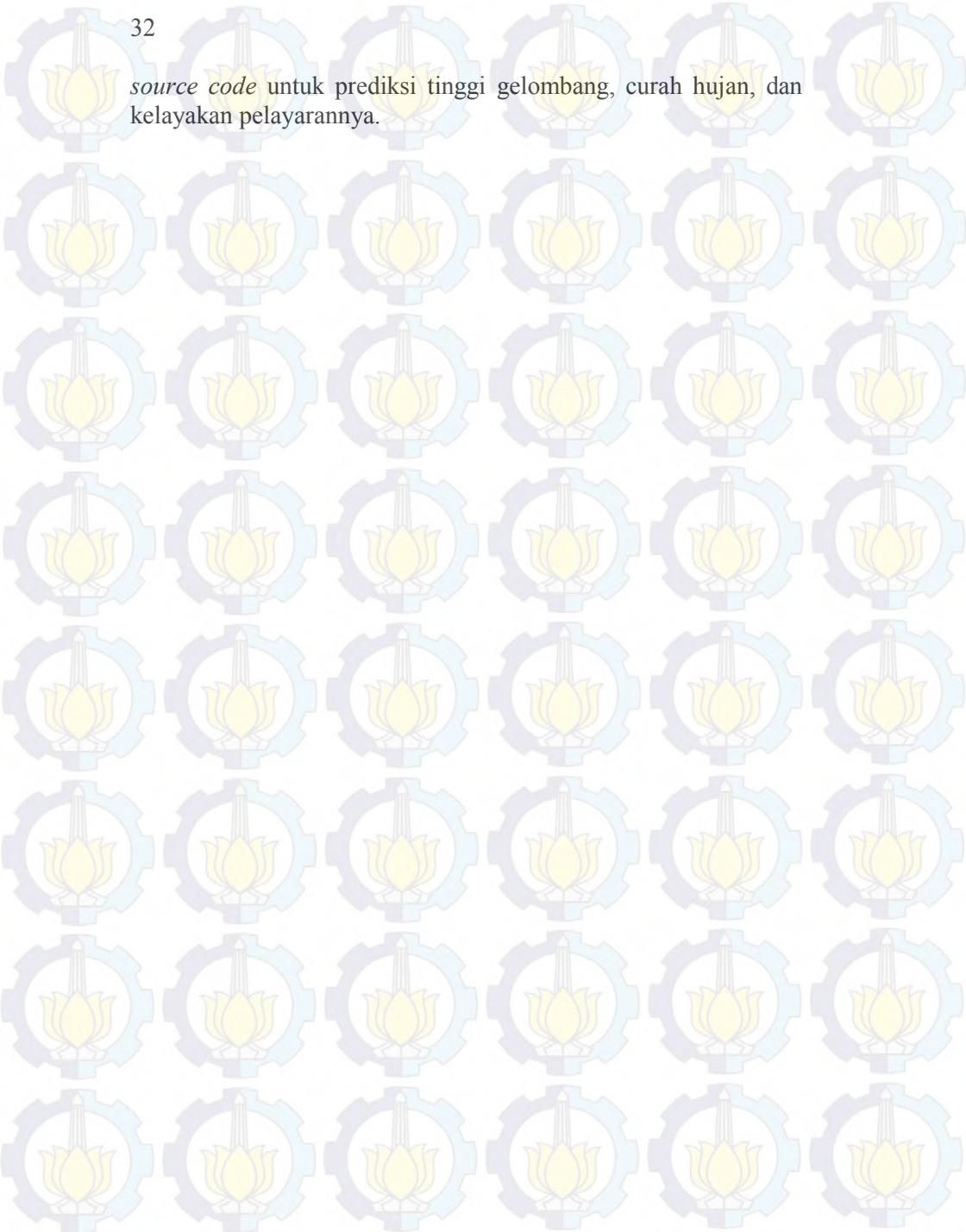
Adapun algoritma pembuatan software prediktornya sebagai berikut:



Gambar 3.9 Alur pembuatan software prediktor

Pada gambar 3.9 untuk membuat perangkat lunak prediksi cuaca tahap-tahapnya adalah membuat tampilan terlebih dahulu, membuat *source code* untuk koneksi dengan mysql, membuat

source code untuk prediksi tinggi gelombang, curah hujan, dan kelayakan pelayarannya.



BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang validasi dan analisa perancangan FIS prediksi ketinggian gelombang, curah hujan, dan validasi kelayakan pelayaran. Data cuaca menggunakan data cuaca yang didapatkan dari BMKG Perak I Surabaya. Data validasi prediksi ketinggian gelombang dan curah hujan adalah data bulan Desember 2014.

4.1 Pengolahan Data Variabel Cuaca Menggunakan *Fuzzy Cluster Mean* (FCM)

Pada tahapan ini akan dilakukan pengelompokkan data berdasar skala beaufort. Pada data suhu udara dan kelembaban udara dibagi menjadi tiga kategori. Pada data kecepatan angin dan, ketinggian gelombang, dibagi menjadi tujuh kategori. Pada penelitian ini menggunakan kurva gauss untuk membuat FIS prediksi. Kurva gauss tersebut memiliki performa baik untuk memprediksi cuaca maritim dan bersifat kontinu[11]. Adapun hasil FCM dari variabel cuaca tersebut adalah

Tabel 4. 1 Hasil FCM pada variabel cuaca

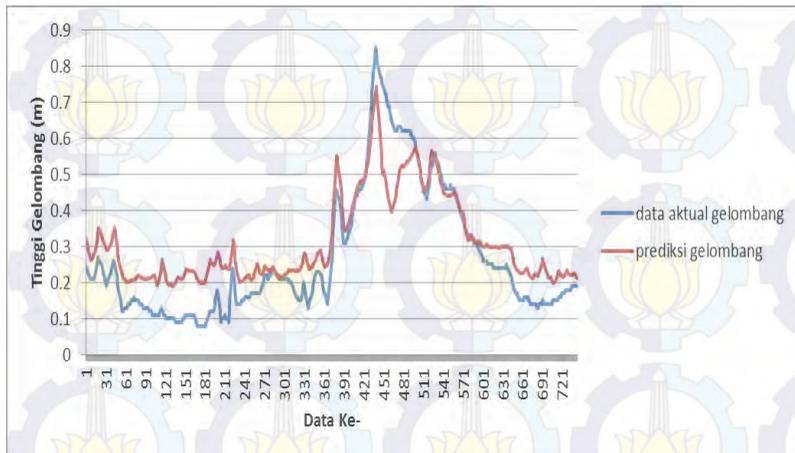
No	Variabel cuaca	Standar deviasi	Kelompok data	Nilai tengah
1	Suhu udara	2.8 C	Rendah	25.65 C
			Sedang	28.70 C
			Tinggi	32.49 C
2	Kelembaban Udara	14.86%	Rendah	49.23%
			Sedang	70.79%
			Tinggi	87.34%
3	Tinggi Gelombang Laut	0.28 m	Glassy	0.08 m
			Rippled	0.22 m
			Wavelets	0.35 m

No	Variabel cuaca	Standar deviasi	Kelompok data	Nilai tengah
1	Suhu udara	2.8 C	Rendah	25.65 C
			Sedang	28.70 C
			Tinggi	32.49 C
2	Kelembaban Udara	14.86%	Rendah	49.23%
			Sedang	70.79%
			Tinggi	87.34%
			Slight	0.54 m
			Moderate	0.77 m
			Rough	1.28 m
4	Kecepatan Angin	3.14 knot	Very Rough	1.97 m
			Calm	1.35 knot
			Light Air	3.03 knot
			Light Breeze	4.70 knot
			Gentle Breeze	6.34 knot
			Moderate Breeze	8.17 knot
			Fresh Breeze	10.4 knot
Strong Breeze	14.07 knot			

4.2 Validasi Tinggi Gelombang

Validasi prediksi tinggi gelombang menggunakan data tinggi gelombang bulan Desember 2014. Data cuaca tinggi gelombang laut terdiri dari data tinggi gelombang per jam yang berjumlah

744 data. Adapun hasil grafik prediksi tinggi gelombang satu jam kedepan dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 4. 1 Grafik prediksi tinggi gelombang satu jam kedepan

Pada gambar 4.1 dapat dilihat grafik hasil prediksi tinggi gelombang satu jam kedepan. Hasil prediksi secara numerik diubah menjadi linguistik yang disesuaikan dengan fungsi keanggotaan dari FIS yaitu glassy, rippled, wavelets, slight, moderate, rough, very rough. Adapun hasil lengkap validasi tinggi gelombang laut dapat di lihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil validasi tinggi gelombang 24 jam

no	Prediksi (jam)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	744	678	91.25
2	3	744	676	90.98
3	6	744	668	89.90
4	12	744	653	87.88
5	24	744	628	84.38

Pada tabel 4.2 pengujian 24 jam ke depan dapat terlihat FIS dapat memprediksi dengan baik pada 1 jam ke depan dan mengalami penurunan performa pada prediksi 24 jam ke depan. Dapat disimpulkan fuzzy memberikan hasil prediksi tinggi gelombang paling tinggi untuk prediksi satu jam ke depan.

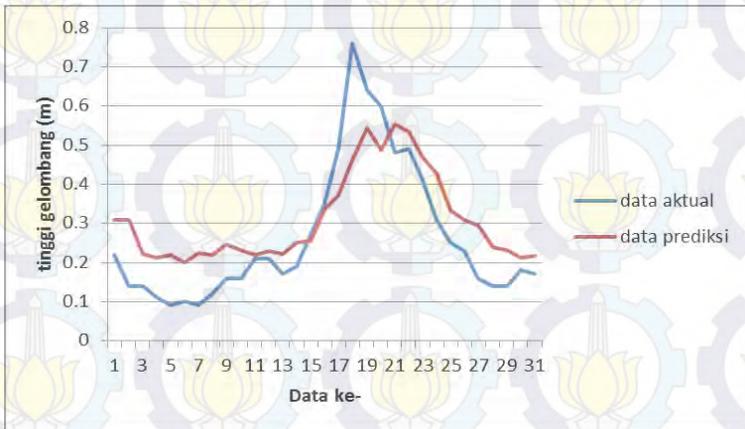
Pada penelitian ini dilakukan pengujian 24 jam ke depan untuk tinggi gelombang dengan rentang kerja berbeda yaitu 0 – 3.86 meter didapatkan nilai akurasi prediktor sebagai berikut

Tabel 4. 3 Hasil validasi tinggi gelombang 24 jam dengan rentang 0 – 3.86 meter

No	Prediksi (jam)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	744	526	70.69
2	3	744	517	69.48
3	6	744	496	66.66
4	12	744	435	58.46
5	24	744	417	56.04

Pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa prediktor tinggi gelombang mengalami penurunan performansi jika dibandingkan dengan nilai performansi prediktor tinggi gelombang pada tabel 4.2

Pada penelitian ini juga dilakukan prediksi tinggi gelombang selama 7 hari ke depan. Hasil perbandingan prediksi tinggi gelombang satu hari ke depan dengan tinggi gelombang aktual dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Grafik prediksi tinggi gelombang satu hari ke depan

Pada grafik 4.2 hasil prediksi ketinggian gelombang satu hari ke depan memiliki selisih dengan data aktual. Adapun hasil lengkap untuk validasi tinggi gelombang ke depan dapat dilihat pada tabel 4.4

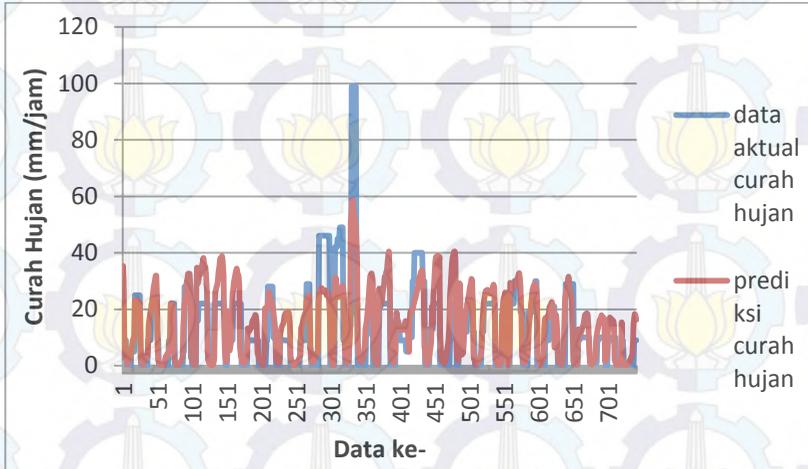
Tabel 4. 4 Hasil validasi tinggi gelombang 7 hari ke depan

no	Prediksi (hari)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	31	25	80.64
2	2	31	24	77.41
3	3	31	23	74.19
4	4	31	24	77.41
5	5	31	25	80.64
6	6	31	27	87.09
7	7	31	26	87

Pada tabel 4.4 dapat dilihat hasil prediksi ketinggian gelombang untuk satu hari kedepan memiliki nilai akurasi prediksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai akurasi prediksi ketinggian gelombang 7 hari ke depan.

4.3 Validasi Curah Hujan

Validasi prediksi curah hujan menggunakan data curah hujan bulan Desember 2014. Data cuaca curah hujan terdiri dari data hujan berjumlah 744 data. Adapun hasil grafik prediksi curah hujan satu jam kedepan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Grafik prediksi curah hujan satu jam ke depan

Pada gambar 4.3 dapat dilihat grafik hasil prediksi curah hujan satu jam ke depan. Hasil prediksi secara numerik diubah menjadi linguistik yang disesuaikan dengan fungsi keanggotaan dari FIS yaitu cerah, hujan ringan, hujan sedang, hujan lebat, dan hujan sangat lebat. Adapun hasil lengkap validasi curah hujan dapat di lihat pada tabel 4.5

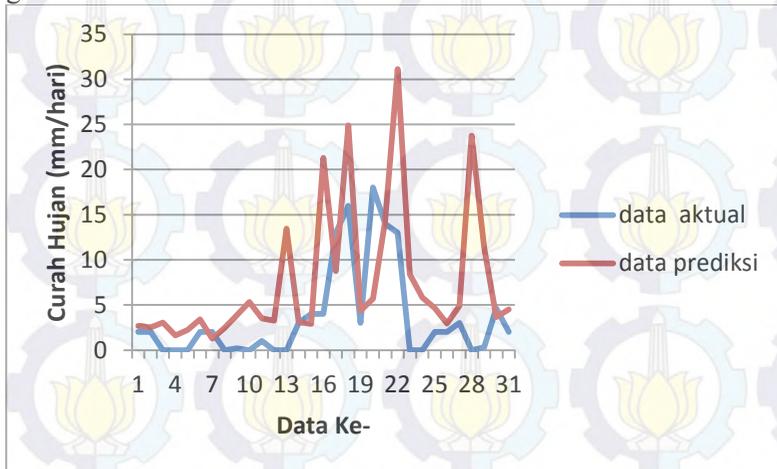
Tabel 4.5 Hasil validasi curah hujan 24 jam

no	Prediksi (jam)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	744	649	87.34
2	3	744	646	86.94
3	6	744	644	86.67

no	Prediksi (jam)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
4	12	744	641	86.27
5	24	744	626	84.25

Pada tabel 4.5 pengujian 24 jam ke depan dapat terlihat FIS dapat memprediksi dengan baik pada 1 jam ke depan dan mengalami penurunan performa pada prediksi 24 jam ke depan. Dapat disimpulkan fuzzy memberikan hasil prediksi tinggi gelombang paling tinggi untuk prediksi satu jam ke depan.

Pada prediksi curah hujan 7 hari ke depan digunakan rata-rata curah hujan harian. Adapun grafik perbandingan prediksi curah hujan satu hari ke depan dengan data bmkg dapat dilihat pada grafik dibawah



Gambar 4. 4 Grafik prediksi curah hujan 7 hari ke depan

Pada gambar 4.4 grafik prediksi curah hujan 7 hari kedepan hujan data aktual dengan data prediksi memiliki selisih. Adapun untuk prediksi curah hujan 7 hari kedepan dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4. 6 Hasil Validasi Prediksi Curah Hujan 7 Hari Kedepan

No	Prediksi (hari)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	31	22	70.96
2	2	31	21	67.74
3	3	31	20	64.51
4	4	31	18	58.06
5	5	31	20	64.51
6	6	31	18	58.06
7	7	31	17	58

Pada tabel 4.6 merupakan hasil prediksi curah hujan 7 hari kedepan. Dapat dilihat prediksi curah hujan satu hari kedepan hingga tujuh hari kedepan mengalami penurunan nilai akurasi prediksi.

4.4 Validasi Kelayakan Pelayaran

Pada penelitian ini dilakukan validasi kelayakan pelayaran menggunakan data bulan Desember 2014. Untuk kapal nelayan dibagi menjadi dua yaitu kapal nelayan 1-7 GT dan 8-34 GT. Adapun hasil validasi kelayakan pelayaran dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4. 7 Hasil Validasi Kelayakan Pelayaran 24 jam ke depan

No	Kapal (GT)	waktu prediksi (jam)	akurasi prediksi (%)
1	1-7	1	86.40
	8-34		100
2	1-7	3	86.40
	8-34		100
3	1-7	6	86.40
	8-34		100
4	1-7	12	86.40
	8-34		100

No	Kapal (GT)	waktu prediksi (jam)	akurasi prediksi (%)
5	1-7	24	86.40
	8-34		100

Dapat dilihat pada tabel 4.7 kelayakan pelayaran 24 jam kedepan untuk kapal 1-7 GT memiliki nilai akurasi sebesar 86.40% dan kapal 8-34 GT memiliki nilai akurasi 100%.

Tabel 4. 8 Hasil Validasi Kelayakan Pelayaran 7 hari ke depan

No	Kapal (GT)	waktu prediksi (hari)	akurasi prediksi (%)
1	1-7	1	90.32
	8-34		100
2	1-7	2	87.09
	8-34		100
3	1-7	3	90.32
	8-34		100
4	1-7	4	90.32
	8-34		100
5	1-7	5	90.32
	8-34		100
6	1-7	6	90.32
	8-34		100
7	1-7	7	90.32
	8-34		100

Dapat dilihat pada tabel 4.8 kelayakan pelayaran 7 hari kedepan untuk kapal 1-7 GT memiliki nilai akurasi sebesar 90.32% dan kapal 8-34 GT memiliki nilai akurasi 100%

4.5 Pengujian Prediktor Cuaca Secara *Online*

Pada penelitian ini telah dilakukan uji coba prediktor dengan buoyweather. Pengujian secara online dilakukan di area kampus

ITS Surabaya. Pada pengujian ini, data cuaca didapatkan dari *hardware buoyweather*.

Buoyweather akan mengirimkan data suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin melalui wireless menuju laptop. Data tersebut akan dikirimkan menuju *database server* kemudian data tersebut dikirimkan ke laptop untuk di prediksi, selanjutnya hasil prediksi dikirimkan menuju database server kembali untuk ditampilkan.

Adapun pengujian hasil prediktor cuaca dengan menggunakan buoyweather dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 9 Hasil Validasi Cuaca Secara *Online*

no	Prediksi	waktu prediksi (jam)	akurasi prediksi (%)
1	tinggi gelombang	1	100
		3	100
		6	100
		12	100
		24	100
2	curah hujan	1	97.05
		3	96.87
		6	96.42
		12	95.45
		24	90

Pada tabel 4.9 merupakan validasi cuaca menggunakan data buoyweather. Terlihat pada tabel 4.9 untuk ketinggian gelombang memiliki nilai akurasi prediksi dari satu jam kedepan hingga 24 jam kedepan sebesar 100%

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada perancangan sistem prediktor cuaca maritim berbasis metode logika fuzzy ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dilakukan pemodelan logika fuzzy tipe Takagi Sugeno untuk memprediksi ketinggian gelombang dan curah hujan.
2. Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari BMKG untuk 1 jam, 3jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:
 - Ketinggian gelombang : 91.25%, 90.98%, 89.90%, 87.88%, 84.38%.
 - Curah Hujan : 87.34%, 86.94%, 86.67%, 86.27%, 86.25%.
3. Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari BMKG untuk 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, dan 7 hari kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:
 - Ketinggian gelombang : 80.64%, 77.41%, 74.19%, 77.41% , 80.64% , 87.09%, 87%.
 - Curah Hujan : 70.96% , 67.74% , 64.51% , 58.06% , 64.51%, 58.06% , 58%.
4. Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari data buoyweather untuk 1 jam, 3jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:
 - Ketinggian gelombang : 100%, 100%, 100%, 100%, 100%.
 - Curah Hujan : 97.05%, 96.87%, 96.42%, 95.45%, 90%.
5. Prosentase keakuratan hasil prediksi kelayakan pelayaran untuk kapal nelayan 1-7 GT dan 8-34 GT berturut turut adalah sebagai berikut:
 - Prediksi 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam kedepan : 86.40% , 86.40% , 86.40% , 86.40%, 86.40% dan 100% , 100% , 100% , 100% , 100%.

- Prediksi 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, 7 hari ke depan : 90.32% , 87.09% , 90.32% , 90.32% , 90.32% , 90.32% , 90.32% dan 100% , 100% , 100% , 100% , 100% , 100% , 100% .

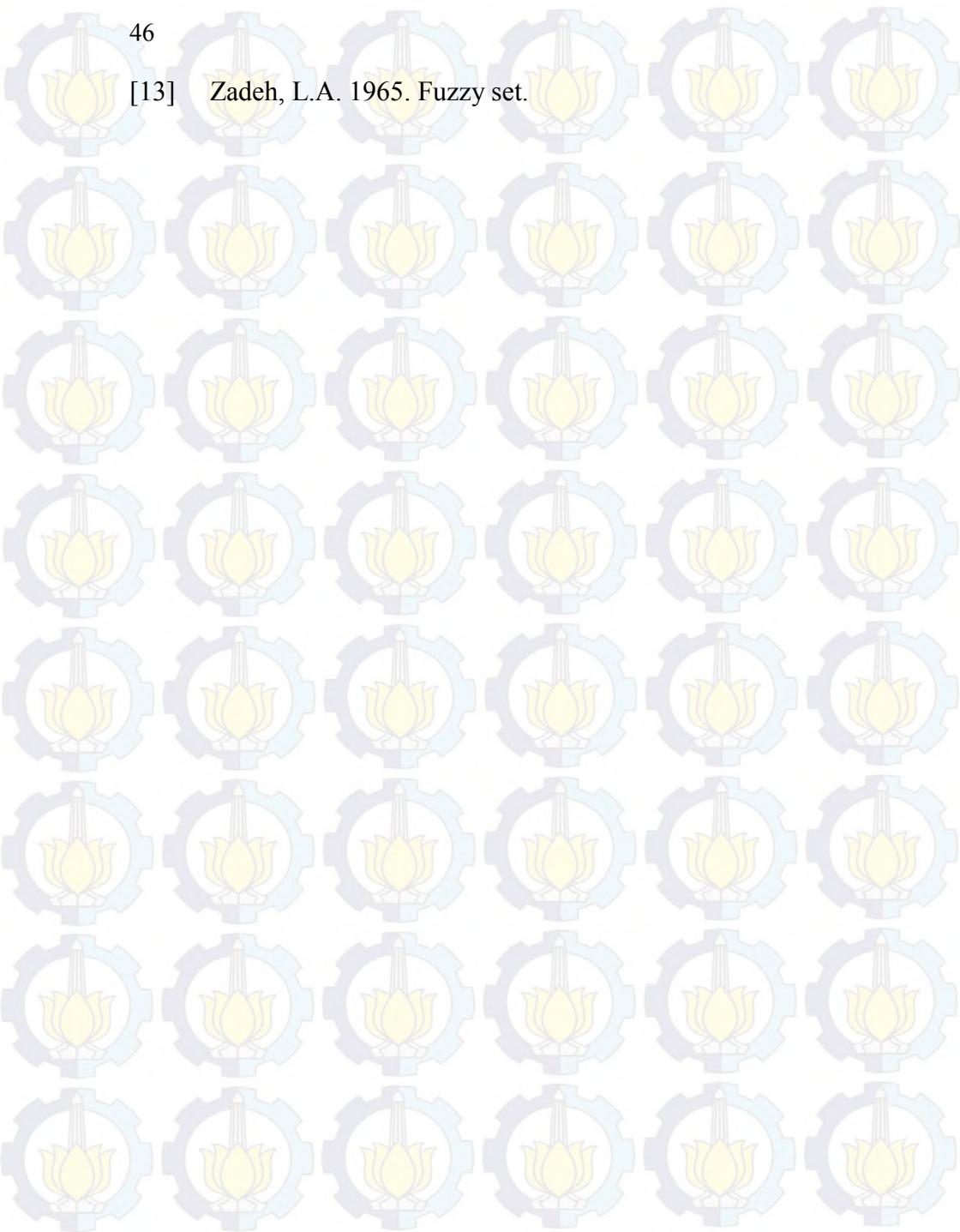
5.2 Saran

Saran yang perlu disampaikan pada penelitian ini adalah dilakukan penambahan prediksi variabel cuaca seperti kecepatan angin, kecepatan arus, sehingga dapat memberikan informasi lebih lengkap kepada para nelayan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prisilia and A. Siti, "Perancangan Sistem Prediktor Daya Pada Panel Photovoltaic di Buoy Weather Station," vol. 2, no. 2, pp. 1–5, 2013.
- [2] G. E. Saputra, "Analisis Cuaca Maritim Berdasarkan Hasil Prediktor Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, Situbondo, dan Banyuwangi," pp. 1–7, 2015.
- [3] M. K. Anshari, S. Arifin, and A. C. Iklim, "Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan User Interface Android," vol. 2, no. 2, pp. 324–328, 2013.
- [4] P. Meilanasari, S. Arifin, and J. T. Fisika, "PREDIKSI CUACA ME GGU AKA LOGIKA FUZZY U TUK KELAYAKA PELAYARA DI," no. C, 2009.
- [5] M. P. Geografi, "(Cuaca dan Iklim)."
- [6] U. H. Laboratorium DAS dan konservasi sumber daya hutan, tanah, air, "Klimatologi," 2009.
- [7] K. Gelombang, D. A. N. Arus, and D. I. Eretan, "Karakteristik gelombang dan arus di eretan, indramayu," vol. 13, no. 2, pp. 163–172, 2009.
- [8] N. W. Habibullah, B. L. Widjiantoro, F. T. Sugeno, and I. Pendahuluan, "Perancangan sistem prediktor cuaca maritim dengan menggunakan metode fuzzy takagi sugeno," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [9] S. Arifin and A. S. Aisyah, "Perancangan sistem informasi cuaca maritim untuk para nelayan jawa timur dengan media komunikasi," pp. 1–12, 2011.
- [10] *APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PENDUKUNG KEPUTUSAN* Sri Kusumadewi . 2010 Jakarta ; Graha Ilmu. 2010, p. 2010.
- [11] K. A. N. Li and Y. Liu, "Fuzzy case-based reasoning: weather prediction," no. November, pp. 107–110, 2002.
- [12] S. a. Asklany, K. Elhelow, I. K. Youssef, and M. Abd El-wahab, "Rainfall events prediction using rule-based fuzzy inference system," *Atmos. Res.*, vol. 101, no. 1–2, pp. 228–236, Jul. 2011.

[13] Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy set.



LAMPIRAN A

Listing Program

1. Listing Program Prediktor

```
global hp1 hp3 hp6 hp12 hp24 chp1 chp3 chp6 chp12 chp24;  
global i7gt1 i7gt3 i7gt6 i7gt12 i7gt24 i34gt1 i34gt3 i34gt6  
i34gt12 i34gt24;  
status = get(hObject,'Value');  
if (status == 1)  
    set(handles.strt,'backgroundcolor','r');  
end  
  
conn=OpenMySqlConnection('cuaca_maritim');  
alldata1 = SelectAllFromDB(conn,'hitung');  
[row, col]=size(alldata1);  
allsource1 = alldata1;  
alldata2 = SelectAllFromDB(conn,'gelombang');  
[row, col]=size(alldata2);  
allsource2 = alldata2;  
%x=1;  
for x=1:1:row-24  
    set(handles.edit59,'string',num2str(x));  
  
    tempfis = readfis('PREDIKSIHSBY');  
    inputask = cell2mat(allsource1(x+24,5));  
    inputgsk = cell2mat(allsource2(x+24,3));  
    calfis(x,:) = evalfis([inputask inputgsk inputgsk],tempfis);  
    hpsk = calfis(x,1);  
    set(handles.edit1,'string',num2str(inputask));  
    set(handles.edit7,'string',num2str(inputgsk));  
    set(handles.edit18,'string',num2str(hpsk));  
  
    tempfis1 = readfis('PREDIKSIHSBY');  
    inputask1 = cell2mat(allsource1(x+24,5));  
    inputgsk1 = cell2mat(allsource2(x+24,3));  
    inputgm1 = cell2mat(allsource2(x+23,3));
```

```
calfis1(x,:) = evalfis([inputask1 inputgsk1 in-  
putgm1],tempfis1);  
hp1 = calfis1(x,1);  
set(handles.edit2,'string',num2str(inputask1));  
set(handles.edit8,'string',num2str(inputgsk1));  
set(handles.edit13,'string',num2str(inputgm1));  
set(handles.edit19,'string',num2str(hp1));
```

```
tempfis2 = readfis('PREDIKSIHSBY');  
inputask2 = cell2mat(allsource1(x+24,5));  
inputgsk2 = cell2mat(allsource2(x+24,3));  
inputgm3 = cell2mat(allsource2(x+21,3));  
calfis2(x,:) = evalfis([inputask2 inputgsk2 in-  
putgm3],tempfis2);  
hp3 = calfis2(x,1);  
set(handles.edit3,'string',num2str(inputask2));  
set(handles.edit9,'string',num2str(inputgsk2));  
set(handles.edit14,'string',num2str(inputgm3));  
set(handles.edit20,'string',num2str(hp3));
```

```
tempfis3 = readfis('PREDIKSIHSBY');  
inputask3 = cell2mat(allsource1(x+24,5));  
inputgsk3 = cell2mat(allsource2(x+24,3));  
inputgm6 = cell2mat(allsource2(x+18,3));  
calfis3(x,:) = evalfis([inputask3 inputgsk3 in-  
putgm6],tempfis3);  
hp6 = calfis3(x,1);  
set(handles.edit4,'string',num2str(inputask3));  
set(handles.edit10,'string',num2str(inputgsk3));  
set(handles.edit15,'string',num2str(inputgm6));  
set(handles.edit21,'string',num2str(hp6));
```

```
tempfis4 = readfis('PREDIKSIHSBY');  
inputask4 = cell2mat(allsource1(x+24,5));  
inputgsk4 = cell2mat(allsource2(x+24,3));  
inputgm12 = cell2mat(allsource2(x+12,3));
```

```
calfis4(x,:) = evalfis([inputask4 inputgsk4 inputgm12],tempfis4);
hp12 = calfis4(x,1);
set(handles.edit5,'string',num2str(inputask4));
set(handles.edit11,'string',num2str(inputgsk4));
set(handles.edit16,'string',num2str(inputgm12));
set(handles.edit22,'string',num2str(hp12));
```

```
tempfis5 = readfis('PREDIKSIHSBY');
inputask5 = cell2mat(allsource1(x+24,5));
inputgsk5 = cell2mat(allsource2(x+24,3));
inputgm24 = cell2mat(allsource2(x,3));
calfis5(x,:) = evalfis([inputask5 inputgsk5 inputgm24],tempfis5);
hp24 = calfis5(x,1);
set(handles.edit6,'string',num2str(inputask5));
set(handles.edit12,'string',num2str(inputgsk5));
set(handles.edit17,'string',num2str(inputgm24));
set(handles.edit23,'string',num2str(hp24));
```

%-----

```
tempfis = readfis('PREDIKSICH');
inputsuhsk = cell2mat(allsource1(x+24,3));
inputkelsk = cell2mat(allsource1(x+24,4));
inputask = cell2mat(allsource1(x+24,5));
calfis(x,:) = evalfis([inputsuhsk inputkelsk inputask],tempfis);
chpsk = calfis(x,1);
set(handles.ed24,'string',num2str(inputsuhsk));
set(handles.edit30,'string',num2str(inputkelsk));
set(handles.edit60,'string',num2str(inputask));
set(handles.edit41,'string',num2str(chpsk));
```

```
tempfis1 = readfis('PREDIKSICH');
inputsuhsk1 = cell2mat(allsource1(x+23,3));
inputkelsk1 = cell2mat(allsource1(x+23,4));
inputask1 = cell2mat(allsource1(x+23,5));
```

```
calfis1(x,:) = evalfis([inputsuhk1 inputkelsk1 in-  
putask1],tempfis1);  
chp1 = calfis1(x,1);  
set(handles.edit25,'string',num2str(inputsuhk1));  
set(handles.edit31,'string',num2str(inputkelsk1));  
set(handles.edit36,'string',num2str(inputask1));  
set(handles.edit42,'string',num2str(chp1));
```

```
tempfis2 = readfis('PREDIKSICH');  
inputsuhk2 = cell2mat(allsource1(x+21,3));  
inputkelsk2 = cell2mat(allsource1(x+21,4));  
inputask3 = cell2mat(allsource1(x+21,5));  
calfis2(x,:) = evalfis([inputsuhk2 inputkelsk2 in-  
putask3],tempfis2);  
chp3 = calfis2(x,1);  
set(handles.edit26,'string',num2str(inputsuhk2));  
set(handles.edit32,'string',num2str(inputkelsk2));  
set(handles.edit37,'string',num2str(inputask3));  
set(handles.edit43,'string',num2str(chp3));
```

```
tempfis3 = readfis('PREDIKSICH');  
inputsuhk3 = cell2mat(allsource1(x+18,3));  
inputkelsk3 = cell2mat(allsource1(x+18,4));  
inputask6 = cell2mat(allsource1(x+18,5));  
calfis3(x,:) = evalfis([inputsuhk3 inputkelsk3 in-  
putask6],tempfis3);  
chp6 = calfis3(x,1);  
set(handles.edit27,'string',num2str(inputsuhk3));  
set(handles.edit33,'string',num2str(inputkelsk3));  
set(handles.edit38,'string',num2str(inputask6));  
set(handles.edit44,'string',num2str(chp6));
```

```
tempfis4 = readfis('PREDIKSICH');  
inputsuhk4 = cell2mat(allsource1(x+12,3));  
inputkelsk4 = cell2mat(allsource1(x+12,4));  
inputask12 = cell2mat(allsource1(x+12,5));
```

```

calfis4(x,:) = evalfis([inputsuhsk4 inputkelsk4 in-
putask12],tempfis4);
chp12 = calfis4(x,1);
set(handles.edit28,'string',num2str(inputsuhsk4));
set(handles.edit34,'string',num2str(inputkelsk4));
set(handles.edit39,'string',num2str(inputask12));
set(handles.edit45,'string',num2str(chp12));

```

```

tempfis5 = readfis('PREDIKSICH');
inputsuhsk5 = cell2mat(allsource1(x,3));
inputkelsk5 = cell2mat(allsource1(x,4));
inputask24 = cell2mat(allsource1(x,5));
calfis5(x,:) = evalfis([inputsuhsk5 inputkelsk5 in-
putask24],tempfis5);
chp24 = calfis5(x,1);
set(handles.edit29,'string',num2str(inputsuhsk5));
set(handles.edit35,'string',num2str(inputkelsk5));
set(handles.edit40,'string',num2str(inputask24));
set(handles.edit46,'string',num2str(chp24));

```

```

jamke = [0; 1; 3; 6; 12; 24];
prediksih = [hp3k; hp1; hp3; hp6; hp12; hp24];
plot(handles.axes4, jamke, prediksih, 'red','LineWidth',
1.5,'marker','*');
% 'Mark-
erSize',10,'MarkerEdgeColor','b','MarkerFaceColor',[0.5,0.5,0.5]
grid(handles.axes4, 'on');
xlabel(handles.axes4,'Jam Ke-');
ylabel(handles.axes4,'Hs(meter)');
% XTICK(handles.axes4,[1;3;6;12;24]);

```

```

jamke = [0; 1; 3; 6; 12; 24];
prediksich = [chpsk; chp1; chp3; chp6; chp12; chp24];
plot(handles.axes2, jamke, prediksich, 'red','LineWidth',
1.5,'marker','*');
grid(handles.axes2,'on');
xlabel(handles.axes2,'Jam Ke-');

```

```
ylabel(handles.axes2,'CH(mm/jam)');  
% XTICK(handles.axes2,[1,3;6;12;24]);
```

```
if (hp1 <= 0.5)  
    i7gt1 = 'LAYAK';  
    set(handles.edit49,'string',i7gt1);  
else i7gt1 = 'TIDAK LAYAK';  
    set(handles.edit49,'string',i7gt1);  
end  
if (hp3 <= 0.5)  
    i7gt3 = 'LAYAK';  
    set(handles.edit51,'string',i7gt3);  
else i7gt3 = 'TIDAK LAYAK';  
    set(handles.edit51,'string',i7gt3);  
end  
if (hp6 <= 0.5)  
    i7gt6 = 'LAYAK';  
    set(handles.edit53,'string',i7gt6);  
else i7gt6 = 'TIDAK LAYAK';  
    set(handles.edit53,'string',i7gt6);  
end  
if (hp12 <= 0.5)  
    i7gt12 = 'LAYAK';  
    set(handles.edit55,'string',i7gt12);  
else i7gt12 = 'TIDAK LAYAK';  
    set(handles.edit55,'string',i7gt12);  
end  
if (hp24 <= 0.5)  
    i7gt24 = 'LAYAK';  
    set(handles.edit57,'string',i7gt24);  
else i7gt24 = 'TIDAK LAYAK';  
    set(handles.edit57,'string',i7gt24);  
end  
if (hp1 <= 1.25)  
    i34gt1 = 'LAYAK';  
    set(handles.edit50,'string',i34gt1);  
else i34gt1 = 'TIDAK LAYAK';
```

```
set(handles.edit50,'string',i34gt1);
end
if (hp3 <= 1.25)
    i34gt3 = 'LAYAK';
    set(handles.edit52,'string',i34gt3);
else i34gt3 = 'TIDAK LAYAK'
    set(handles.edit52,'string',i34gt3);
end
if (hp6 <= 1.25)
    i34gt6 = 'LAYAK';
    set(handles.edit54,'string',i34gt6);
else i34gt6 = 'TIDAK LAYAK'
    set(handles.edit54,'string',i34gt6);
end
if (hp12 <= 1.25)
    i34gt12 = 'LAYAK';
    set(handles.edit56,'string',i34gt12);
else i7gt12 = 'TIDAK LAYAK'
    set(handles.edit56,'string',i34gt12);
end
if (hp24 <= 1.25)
    i34gt24 = 'LAYAK';
    set(handles.edit58,'string',i34gt24);
else i34gt24 = 'TIDAK LAYAK'
    set(handles.edit58,'string',i34gt24);
end
hp1s = num2str(hp1);
hp3s = num2str(hp3);
hp6s = num2str(hp6);
hp12s = num2str(hp12);
hp24s = num2str(hp24);
chp1s = num2str(chp1);
chp3s = num2str(chp3);
chp6s = num2str(chp6);
chp12s = num2str(chp12);
chp24s = num2str(chp24);
```

```

datenow = datestr(now,'yyyy-mm-dd HH:MM:SS PM');
    set(handles.edit61,'string',datenow);
    InsertIn-
to_prediksi_cuaca(conn,datenow,hp1s,hp3s,hp6s,hp12s,hp24s,ch
p1s,chp3s,chp6s,chp12s,chp24s);
    datenow = datestr(now,'yyyy-mm-dd HH:MM:SS PM');
    InsertIn-
to_kelayakan_pelayaran(conn,datenow,i7gt1,i7gt3,i7gt6,i7gt12,i7
gt24,i34gt1,i34gt3,i34gt6,i34gt12,i34gt24);

    pause(15);
    end
if (x == row-24)set(handles.strt,'backgroundcolor','c');
end
% datenow = datestr(now,'yyyy-mm-dd HH:MM:SS PM');

```

2. Listing Fuzzy Cluster Means

```

Data = data; %masukkan data yang akan dicluster di dalam tanda
[]
[center,U,obj_fcn] = fcm(Data, 7); %syntax clustering dengan 7
cluster
maxU = max(U);
index1 = find(U(1,:) == maxU);
index2 = find(U(2,:) == maxU);
index3 = find(U(3,:) == maxU);
index4 = find(U(4,:) == maxU);
index5 = find(U(5,:) == maxU);
index6 = find(U(6,:) == maxU);
index7 = find(U(7,:) == maxU);
figure %plotting untuk data clustering ke 1
plot(Data(index1,1),'o','color','b');
title('Fuzzy Clustering tinggi gelombang (m)')
xlabel('Banyak Data')
ylabel('kecepatan tinggi gelombang (m)')
figure %plotting untuk data clustering ke 2
plot(Data(index2,1),'x','color','r');

```

```
title('Fuzzy Clustering tinggi gelombang (m)')
```

```
xlabel('Banyak Data')
```

```
ylabel('tinggi gelombang (m)')
```

```
figure %plotting untuk data clustering ke 3
```

```
plot(Data(index3,1),'o','color','g');
```

```
title('Fuzzy Clustering tinggi gelombang (m)')
```

```
xlabel('Banyak Data')
```

```
ylabel('tinggi gelombang (m)')
```

```
figure %plotting untuk data clustering ke 4
```

```
plot(Data(index4,1),'x','color','c');
```

```
title('Fuzzy Clustering tinggi gelombang (m)')
```

```
xlabel('Banyak Data')
```

```
ylabel('tinggi gelombang (m)')
```

```
figure %plotting untuk data clustering ke 5
```

```
plot(Data(index5,1),'x','color','r');
```

```
title('Fuzzy Clustering tinggi gelombang (m)')
```

```
xlabel('Banyak Data')
```

```
ylabel('tinggi gelombang (m)')
```

```
figure %plotting untuk data clustering ke 6
```

```
plot(Data(index6,1),'o','color','g');
```

```
title('Fuzzy Clustering tinggi gelombang (m)')
```

```
xlabel('Banyak Data')
```

```
ylabel('tinggi gelombang (m)')
```

```
figure %plotting untuk data clustering ke 7
```

```
plot(Data(index7,1),'x','color','c');
```

```
title('Fuzzy Clustering tinggi gelombang (m)')
```

```
xlabel('Banyak Data')
```

```
ylabel('tinggi gelombang (m)')
```

```
min(Data(index1,1)) %menentukan nilai minimum untuk cluster
```

```
1
```

```
max(Data(index1,1)) %menentukan nilai maksimum untuk cluster
```

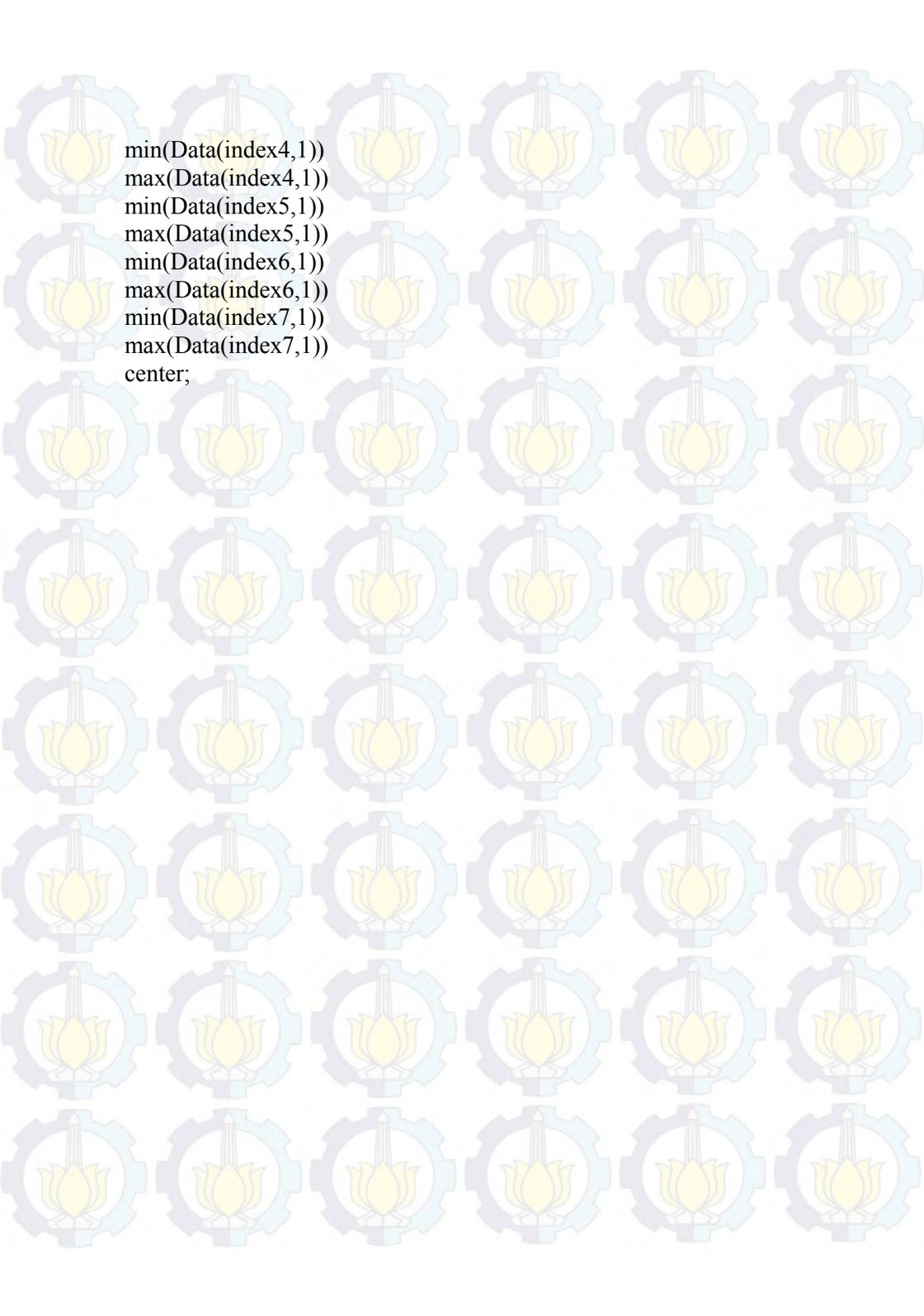
```
1
```

```
min(Data(index2,1))
```

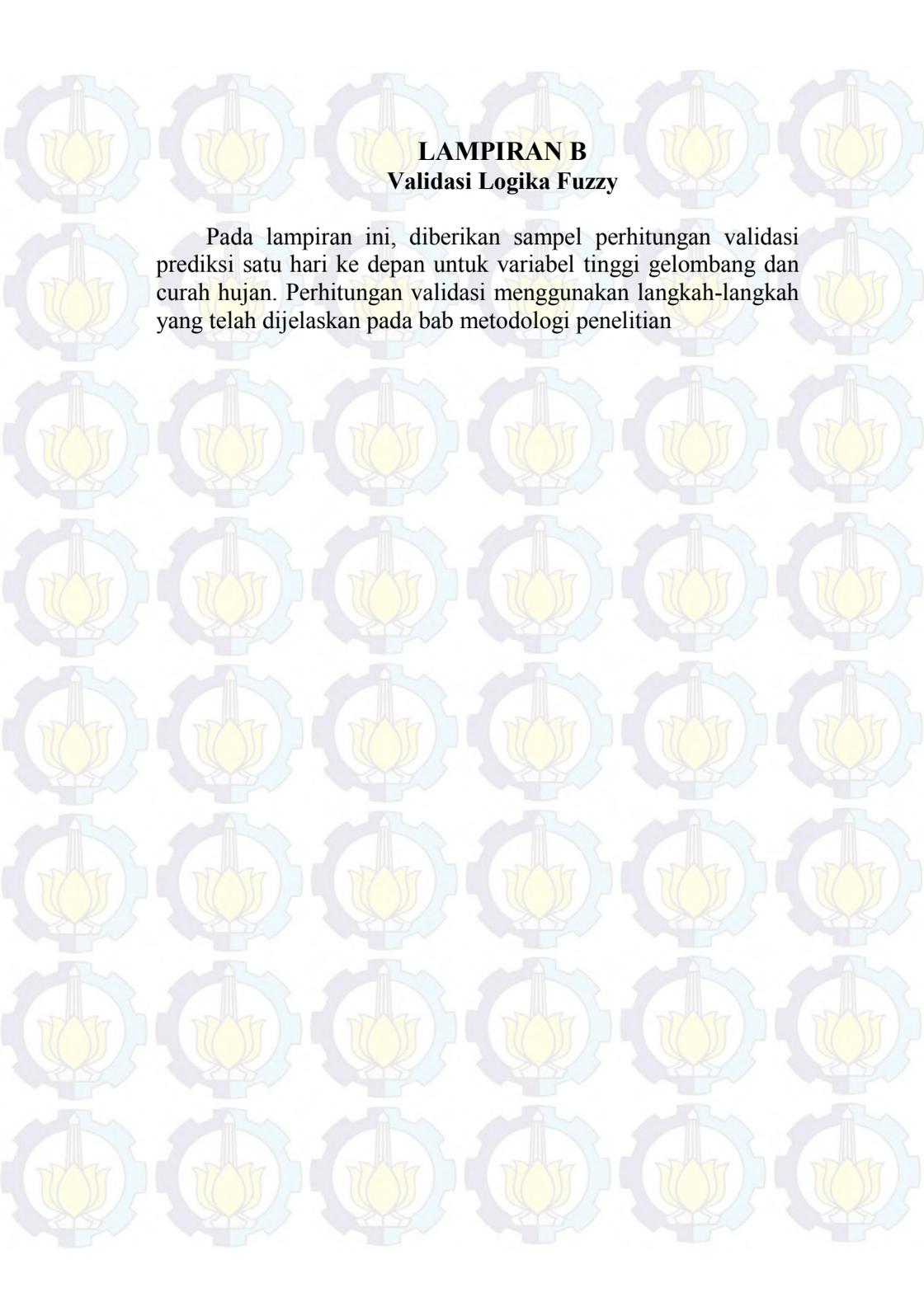
```
max(Data(index2,1))
```

```
min(Data(index3,1))
```

```
max(Data(index3,1))
```



```
min(Data(index4,1))  
max(Data(index4,1))  
min(Data(index5,1))  
max(Data(index5,1))  
min(Data(index6,1))  
max(Data(index6,1))  
min(Data(index7,1))  
max(Data(index7,1))  
center;
```



LAMPIRAN B

Validasi Logika Fuzzy

Pada lampiran ini, diberikan sampel perhitungan validasi prediksi satu hari ke depan untuk variabel tinggi gelombang dan curah hujan. Perhitungan validasi menggunakan langkah-langkah yang telah dijelaskan pada bab metodologi penelitian

Tabel 1 Validasi satu hari ke depan tinggi gelombang

w(t)	H(T)	H(T-1)	h(T+1)	Kategori	Prediksi	kategori	LINGUISTIK
5.44	0.23	0.29	0.22	Rippled	0.308293	rippled	1
6.12	0.22	0.23	0.14	Rippled	0.309004	rippled	1
2.15	0.14	0.22	0.14	Rippled	0.22126	rippled	1
1.93	0.14	0.14	0.11	Rippled	0.211781	rippled	1
3.02	0.11	0.14	0.09	Glassy	0.21963	rippled	0
1.89	0.09	0.11	0.1	Rippled	0.201021	rippled	1
3.84	0.1	0.09	0.09	Glassy	0.223527	rippled	0
3.5	0.09	0.1	0.12	Rippled	0.218329	rippled	1
5.17	0.12	0.09	0.16	Rippled	0.246001	rippled	1
3.38	0.16	0.12	0.16	Rippled	0.232053	rippled	1
2.17	0.16	0.16	0.21	Rippled	0.219819	rippled	1
2.12	0.21	0.16	0.21	Rippled	0.228392	rippled	1
1.22	0.21	0.21	0.17	Rippled	0.221006	rippled	1
3.78	0.17	0.21	0.19	Rippled	0.249899	rippled	1
4.21	0.19	0.17	0.27	Rippled	0.256607	rippled	1
7.06	0.27	0.19	0.35	Rippled	0.336569	rippled	1
6.72	0.35	0.27	0.49	Rippled	0.371369	rippled	1
7.63	0.49	0.35	0.76	wavelets	0.462462	rippled	0
5.38	0.76	0.49	0.64	wavelets	0.543946	wavelets	1
2.47	0.64	0.76	0.6	wavelets	0.487307	rippled	0
6.54	0.6	0.64	0.48	Rippled	0.554358	wavelets	0
7.92	0.48	0.6	0.49	Rippled	0.534272	wavelets	0
6.54	0.49	0.48	0.41	Rippled	0.468168	rippled	1
6.03	0.41	0.49	0.31	Rippled	0.427515	rippled	1
4.45	0.31	0.41	0.25	Rippled	0.332541	rippled	1
5	0.25	0.31	0.23	Rippled	0.308213	rippled	1
5.13	0.23	0.25	0.16	Rippled	0.295059	rippled	1
3.04	0.16	0.23	0.14	Rippled	0.238537	rippled	1
3.33	0.14	0.16	0.14	Rippled	0.231352	rippled	1



w(t)	H(T)	H(T-1)	h(T+1)	Kategori	Prediksi	kategori	LINGUISTIK
1.97	0.14	0.14	0.18	rippled	0.212246	rippled	1
1.83	0.18	0.14	0.17	rippled	0.217437	rippled	1

0.806452

Tabel 2 Validasi satu hari ke depan curah hujan

T(t)	Rh(T)	W(t)	Rr(T+1)	kategori	prediksi	kategori	LINGUISTIK
30.8	68.6	5.98	2	cerah	2.69691	cerah	1
30.7	69	5.44	2	cerah	2.509812	cerah	1
30.6	68.6	6.12	0	cerah	3.063913	cerah	1
30.2	73.9	2.15	0	cerah	1.618522	cerah	1
29.4	72.5	1.93	0	cerah	2.229001	cerah	1
28.8	75.3	3.02	2	cerah	3.413577	cerah	1
30.6	66.2	1.89	2	cerah	1.267444	cerah	1
30	71.7	3.84	0	cerah	2.464649	cerah	1
28.7	77.3	3.5	0.2	cerah	3.877202	cerah	1
28.9	78.6	5.17	0	cerah	5.325083	hujan ringan	0
28.9	74.1	3.38	1	cerah	3.526266	cerah	1
28.5	76	2.17	0	cerah	3.255113	cerah	1
27.5	84.2	2.12	0	cerah	13.44342	hujan ringan	0
28.2	77.7	1.22	3	cerah	3.08751	cerah	1
29.6	72.8	3.78	4	cerah	2.899316	cerah	1
26.6	85.5	4.21	4	cerah	21.31218	hujan sedang	0
28.4	76.6	7.06	13	hujan ringan	8.761993	hujan ringan	1
27.5	82.1	6.72	16	hujan ringan	24.89645	hujan sedang	0
30.5	74.3	7.63	3	cerah	4.378255	cerah	1
28.7	77	5.38	18	hujan ringan	5.688569	hujan ringan	1
27.4	86.6	2.47	14	hujan ringan	14.3478	hujan ringan	1
26.3	84.7	6.54	13	hujan ringan	31.13913	hujan sedang	0
29	76.1	7.92	0	cerah	8.401163	hujan ringan	0
29.3	75.1	6.54	0	cerah	5.82667	hujan ringan	0

T(t)	Rh(T)	W(t)	Rr(T+1)	kategori	prediksi	kategori	LINGUISTIK
29.6	76.7	6.03	2	cerah	4.66661	cerah	1
29.9	73.3	4.45	2	cerah	2.931192	cerah	1
28.9	75.4	5	3	cerah	4.902491	cerah	1
26.7	86.2	5.13	0	cerah	23.76083	hujan sedang	0
28.5	81.5	3.04	0.3	cerah	11.37612	hujan ringan	0
28.8	78.4	3.33	4.6	cerah	3.668861	cerah	1
28.6	78.9	1.97	2	cerah	4.512672	cerah	1
							0.709677

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Simulasi gerakan gelombang [8]	10
Gambar 2. 2 Bentuk gerakan gelombang laut [8].....	10
Gambar 2. 3 Struktur Dasar Logika Fuzzy[10]	13
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Letak koordinat pengambilan data cuaca	19
Gambar 3. 3 Perancangan FIS ketinggian gelombang	21
Gambar 3. 4 Fungsi keanggotaan kecepatan angin	22
Gambar 3. 5 Fungsi keanggotaan tinggi gelombang	23
Gambar 3. 6 Perancangan FIS curah hujan	26
Gambar 3. 7 Variabel Keluaran FIS Curah Hujan	27
Gambar 3. 8 Tampilan prediksi cuaca maritim <i>online</i>	30
Gambar 3. 9 Alur pembuatan software prediktor	31

PERANCANGAN PREDIKTOR CUACA MARITIM BERBASIS LOGIKA FUZZY SEBAGAI *DECISION SUPPORT* UNTUK KESELAMATAN NELAYAN

Hana Septiyani Putri⁽¹⁾ Syamsul Arifin⁽²⁾ Wibowo H.N⁽³⁾

Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 6011

Email : hanasputri@gmail.com, syam116oc@gmail, wibowoharsonugroho@gmail.com

Abstrak— Lautan di Indonesia memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari mengingat negara ini dikenal sebagai negara maritim. Sarana transportasi laut terutama pelayaran kapal sangat dipengaruhi oleh cuaca maritim. Oleh karena itu kebutuhan informasi cuaca pada bidang pelayaran sangat penting untuk menentukan kelayakan pelayaran. Pada penelitian ini menggunakan metode logika fuzzy takagi sugeno untuk memprediksi cuaca maritim. Data yang digunakan adalah data dari Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya selama 3 tahun yaitu tahun 2012-2014. Keluaran prediksi cuaca pada logika fuzzy berupa ketinggian gelombang dan curah hujan. Dua variabel tersebut sangat mempengaruhi untuk pelayaran kapal nelayan. Selain menggunakan data dari BMKG dilakukan juga validasi menggunakan data dari buoyweather. Hasil penelitian didapatkan keakuratan hasil prediksi ketinggian gelombang untuk prediksi 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam adalah 91.25%, 90.98%, 89.90%, 87.88%, 84.38%. Pada pengujian curah hujan didapatkan keakuratan hasil prediksi untuk prediksi 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam adalah 87.34%, 86.94%, 86.67%, 86.27%, 85.25%. Kelayakan pelayaran nelayan untuk prediksi 24 jam ke depan untuk kapal nelayan 1-7 GT adalah 86.40% dan 8-34 GT adalah 100%.

Kata Kunci— kelayakan pelayaran nelayan, logika fuzzy, prediksi cuaca maritim.

I. PENDAHULUAN

Lautan di Indonesia memiliki peranan penting dalam kehidupan kita sehari-hari mengingat negara ini dikenal sebagai negara maritim. Kebutuhan laut untuk para nelayan digunakan untuk mencari ikan, transportasi laut untuk menghubungkan satu pulau dengan pulau yang lain, dan sumber daya alam yang terdapat di dasar laut yang kekayaannya tak terbatas.[1] 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%. 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. Sepan-

jang tahun 2014, telah terjadi sebanyak 150 kasus tenggelamnya kapal dan 28 kasus kapal terbalik.[2]

Selama ini Indonesia memiliki suatu badan yang berfungsi sebagai pemantau kondisi keadaan laut yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). BMKG memiliki stasiun cuaca dengan melakukan pemantauan seperti temperatur, kelembaban udara, tekanan udara, curah hujan, kecepatan angin akan tetapi hasil prakiraan cuaca tersebut belum secara *real time*. Untuk itu dibutuhkan suatu stasiun cuaca maritim dan dirancangnya alat buoy weather untuk memprediksi cuaca secara *real time* yang dapat menunjang informasi cuaca maritim.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan prediksi cuaca maritim menggunakan metode ANFIS yang dilakukan oleh Ardian Chandra dengan koordinat pengambilan data 7° 12' 20" LS - 112° 44' 08". Kemudian pengembangan penelitian tersebut dilakukan oleh Riki Jaya Sampurna dengan mengambil 3 koordinat data, yaitu pada 3.540425°S - 113.90880°E (Perairan Banjarmasin), 4,648136°S - 113,908806°E (Laut Jawa) dan 6.874824°S - 112.747800°E (Perairan Surabaya). Ketiga penelitian tersebut masih bersifat *offline*, sehingga dilakukan penelitian lanjutan oleh Ilham Bangun Asmoro. Pada penelitian tersebut dilakukan pembuatan *software* prediktor cuaca darat dengan basis logika *fuzzy* yang dapat mengolah data dari stasiun cuaca darat secara *real time*. Pada tahun 2012, dilakukan penelitian mengenai prediksi cuaca maritim oleh Habib. Pada tahun 2013, dilakukan prediktor cuaca maritim oleh Kahfi Anshari menggunakan metode logika fuzzy takagi sugeno dengan akurasi prediktor untuk prediksi ketinggian gelombang untuk *range* tinggi gelombang data *training* sebesar 0.01 meter - 3.42 meter dan prediksi curah hujan berturut turut sebagai berikut.[3] :

- Ketinggian gelombang laut 1 jam ke depan 85.7%, 3 jam ke depan, 3 jam ke depan 54.1%, 6 jam ke depan 34%, 12 jam kedepan 28.7%, 24 jam ke depan 29% dan selama 1 hari sampai 7 hari kedepan adalah 66%, 53%, 36%, 25%, 17.4%, 18.2%, 4.7%.
- Curah hujan 1 jam ke depan 81.3%, 3 jam ke depan 89%, 6 jam ke depan 93.7%, 12 jam ke depan 90.58%, 24 jam ke depan 95% dan selama 1 hari sampai 7 hari ke depan adalah 58%, 43.5%, 38%, 40%, 47%, 44.4%, 35%.

Berdasarkan dari penelitian sebelumnya, peneliti ingin membuat sistem prediktor cuaca maritim berbasis logika fuzzy sebagai *decision support* untuk keselamatan nelayan.

II DASAR TEORI

2.1 Unsur-unsur Cuaca Maritim

Pada umumnya ada unsur-unsur yang mempengaruhi keadaan cuaca dan iklim suatu daerah atau wilayah maritim, diantaranya angin dan tinggi gelombang.

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udara bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah.. Kecepatan angin dinyatakan dalam satuan meter per sekon, kilometer per jam atau knot (1 knot ≈ 0,51 m/s) dan diukur menggunakan anemometer. Kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, makin cepat angin bertiup maka makin tinggi/besar kekuatannya. Pada tahun 1804 Beaufort seorang Laksamana Inggris telah membuat daftar kekuatan dan kecepatan angin yang digunakannya untuk pelayaran. Daftar tersebut dinamakan Skala Beaufort yang memiliki nilai 0 sampai 12.

Tabel 1.1 Skala Beaufort kecepatan angin (World Ocean Circulation Experiment, n.d.)

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

Gelombang terjadi karena adanya gesekan angin di permukaan,oleh karena itu arah gelombang sesuai dengan arah angin. Secara teori dapat dijelaskan bahwa ketika angin yang berhembus secara teratur dan terus-menerus di atas permukaan air laut akan membentuk riak permukaan yang bergerak searah dengan hembusan angin. Bila angin masih terus berhembus dalam waktu yang cukup panjang dan meliputi jarak permukaan laut yang cukup besar, maka riak air akan tumbuh menjadi gelombang. Pada saat yang bersamaan riak permukaan baru akan terbentuk di atas gelombang yang terbentuk, dan selanjutnya akan berkembang menjadi gelombang-gelombang baru tersendiri. Bila angin berhenti berhembus, sistem gelombang yang telah terbentuk akan

melemah. Proses pelemahan gelombang akan mencapai waktu beberapa hari, yang bersamaan dengan hal itu gelombang-gelombang panjang sudah bergerak dan menempuh jarak ribuan kilometer, yang pada jarak yang cukup jauh dan tempat mulainya gelombang akan dapat diamati sebagai alun (*swell*). Alun biasanya mempunyai periode yang sangat panjang, dan bentuknya cukup beraturan. Sistem gelombang yang terbentuk secara lokal akan dipengaruhi oleh alun yang terbentuk dan tempat yang jauh.

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

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

2.2 Logika Fuzzy

Teori logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley tahun 1965. Dasar teori logika fuzzy dibagi menjadi nilai semesta keanggotaan yang berada antara 0 dan 1. Logika fuzzy berfungsi untuk pemodelan yang kompleks dan sistem yang tidak tepat dalam pengolahan data yang berupa angka dan linguistik.



Gambar 2.1 Struktur dasar logika fuzzy

2.2.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy

Berikut ini penjelasan dari struktur dasar logika fuzzy :

a. Fuzzification

Fuzzifikasi (*Fuzzyfication*) merupakan langkah awal dalam pengolahan data masukan yang akan diproses. Fuzifikasi diperlukan untuk mengubah masukan tegas/nyata yang bersifat bukan fuzzy ke dalam himpunan fuzzy dari beberapa *variabel linguistik* masukan yang telah didefinisikan. Nilai fungsi keanggotaan himpunan fuzzy memiliki rentang 0 sampai 1. Nilai 0 menunjukkan tidak adanya anggota pada himpunan,

sedangkan nilai 1 menunjukkan keanggotaan penuh pada himpunan.

b. Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan terdiri dari basis data dan basis aturan. Basis data mendefinisikan himpunan Fuzzy atas ruang-ruang masukan dan keluaran. Pembentukan basis data mencakup perancangan fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel masukan dan keluaran, pendefinisian semesta pembicaraan dan penentuan variabel linguistik setiap variabel masukan dan keluaran. Basis aturan fuzzy adalah kumpulan aturan-aturan fuzzy yang dibuat berdasarkan pengetahuan manusia. Aturan yang ditetapkan digunakan untuk menghubungkan antara variabel masukan dan variabel keluaran.

c. Decision Logic

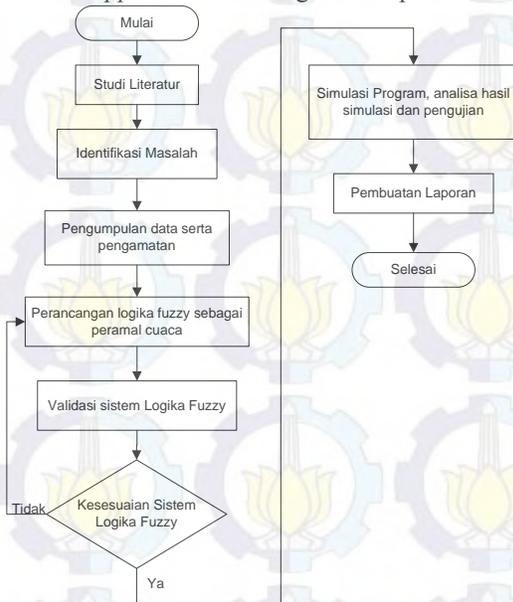
Decision logic atau Fuzzy Inference System (FIS) merupakan pengambilan keputusan dalam sistem fuzzy. Masukan yang telah menjadi himpunan fuzzy diproses lebih lanjut dan diambil keputusan pada proses FIS. Masukan yang berbentuk himpunan tegas diterima oleh *decision logic* yang kemudian dikirim ke rule base yang memiliki bagian database dan dasar peraturan. Logika yang digunakan yaitu (*If..Then..*)

d. Defuzifikasi

Defuzifikasi merupakan proses akhir dalam pengambilan keputusan sistem fuzzy. Keluaran hasil perancangan diubah menjadi numerik, atau linguistik (Kusumadewi). Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka dapat diambil suatu nilai crisp.

III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan langkah-langkah alur penelitian perancangan prediktor cuaca maritim berbasis logika fuzzy sebagai *decision support*. Berikut diagram alir penelitian :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.1 Studi Literatur

Pada tahap awal penelitian, dilakukan terlebih dahulu studi literatur. Studi yang dilakukan bertujuan untuk memahami variabel-variabel apa saja yang mempengaruhi perubahan cuaca, khususnya di sekitar Laut Jawa. Pemahaman didapat

dari data-data yang terekam oleh BMKG I Perak serta beberapa jurnal dan artikel yang berkaitan dengan meteorologi. Selain itu dilakukan studi tentang logika Fuzzy Takagi Sugeno untuk kebutuhan peramalan cuaca maritim dan juga dilakukan studi tentang pemrograman GUI MATLAB untuk membuat perangkat lunak penampil prediksi. Disamping itu dilakukan juga semacam wawancara dengan pakar dari BMKG I Perak tentang sistem prediktor cuaca yang telah ada di BMKG dan wawancara dengan pihak Kesyahbandaran Tanjung Perak dan Kesyahbandaran Brondong Lamongan.

3.2 Pengambilan Data Cuaca Maritim

Data cuaca maritim pada penelitian ini didapatkan dari BMKG I Perak Surabaya. Data cuaca maritim yang diperoleh direkam per-jam selama tiga tahun yaitu mulai tahun 2012 sampai dengan tahun 2014. Data cuaca maritim tersebut merupakan data cuaca maritim pada koordinat 6.81 °S – 112.73 °E.



Gambar 3. 2 Letak koordinat pengambilan data cuaca maritim

Titik yang ditandai dengan tanda kuning merupakan titik pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini, terletak di Laut Jawa. Adapun data cuaca maritim tersebut ialah kecepatan angin(knot), kelembaban udara (%), suhu udara (°c), ketinggian gelombang (m). Data cuaca maritim ini digunakan untuk membuat *rule base* dan fungsi keanggotaan logika fuzzy.

3.3 Fuzzy Cluster Means (FCM)

Pada penelitian ini, digunakan metode *fuzzy cluster mean* untuk pengelompokan data cuaca. Data yang jumlahnya ratusan bahkan ribuan dapat dikelompokkan sesuai dengan jumlah cluster. Sehingga dapat diketahui nilai minimum, maksimum, serta pusat clusternya. Dari situ dapat diketahui pola fungsi keanggotaannya. Dalam hal ini proses pengelompokan menggunakan software MATLAB R2011 menggunakan bahasa pemrograman sehingga mendapatkan nilai-nilai yang dibutuhkan

3.4 Fuzzy Inference System

Perancangan FIS (*Fuzzy Inference System*) menggunakan fitur *fuzzy logic toolbox* MATLAB 2011a. Data yang didapat-

kan dari BMKG Perak I digunakan untuk membangun FIS dengan metode yang dinamakan fuzzyfikasi. Fuzzifikasi adalah suatu tahap pemetaan nilai masukan dan keluaran kedalam bentuk himpunan fuzzy. Data masukan berupa himpunan crisp yang akan diubah menjadi himpunan fuzzy berdasarkan *range* untuk setiap variabel masukannya. Dalam penelitian ini, perangkat lunak yang akan dibuat nantinya dapat memprediksi dua jenis variabel cuaca, yaitu ketinggian gelombang dan curah hujan. Variasi pertama memprediksi 1 jam kedepan, 6 jam kedepan, 12 jam kedepan 24 jam kedepan. Adapun variasi kedua memprediksi 1 hari kedepan, 2 hari kedepan, 3 hari ke depan, 4 hari ke depan, 5 hari ke depan, 6 hari ke depan dan 7 hari kedepan.

3.5 Validasi Logika Fuzzy

Setelah pemodelan menggunakan logika fuzzy didapatkan, langkah selanjutnya adalah validasi atau pengujian. Pengujian logika fuzzy ini menggunakan data terbaru yaitu data bulan Desember tahun 2014 yang berjumlah 744 data yang diambil per jam. Hasil prediksi akan dibandingkan dengan keadaan sebenarnya. Dengan demikian akan terlihat besar prosentase keakurasian logika yang telah dibuat.

IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 PENGOLAHAN DATA VARIABEL CUACA MENGGUNAKAN FUZZY CLUSTER MEAN (FCM)

Pada tahapan ini akan dilakukan pengelompokkan data berdasar skala beaufort. Pada data suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara dibagi menjadi tiga kategori. Pada data kecepatan angin, ketinggian gelombang, kecepatan arus dibagi menjadi tujuh kategori. Pada penelitian ini menggunakan kurva gauss untuk membuat FIS prediksi. Kurva gauss tersebut memiliki performa baik untuk memprediksi cuaca maritime dan bersifat kontinu (Li & Liu, 2002). Adapun hasil FCM dari variabel cuaca tersebut adalah

Tabel 4. 1 Hasil FCM pada variabel cuaca

No	Variabel cuaca	Standar deviasi	Kelompok data	Nilai tengah
1	Suhu udara	2.8 C	Rendah	25.65 C
			Sedang	28.70 C
			Tinggi	32.49 C
2	Kelembaban Udara	14.86%	Rendah	49.23%
			Sedang	70.79%
			Tinggi	87.34%
			Glassy	0.08 m
3	Tinggi Gelombang Laut	0.28 m	Rippled	0.22 m
			Wavelets	0.35 m
			Slight	0.54 m
			Moderate	0.77 m
			Rough	1.28 m

No	Variabel cuaca	Standar deviasi	Kelompok data	Nilai tengah
4	Kecepatan Angin	3.14 knot	Very Rough	1.97 m
			Calm	1.35 knot
			Light Air	3.03 knot
			Light Breeze	4.70 knot
			Gentle Breeze	6.34 knot
			Moderate Breeze	8.17 knot
			Fresh Breeze	10.4 knot
			Strong Breeze	14.07 knot

4.2 VALIDASI TINGGI GELOMBANG

Validasi prediksi tinggi gelombang menggunakan data tinggi gelombang bulan Desember 2014. Data cuaca tinggi gelombang laut terdiri dari data tinggi gelombang per jam berjumlah 744 data.

. Hasil prediksi secara numerik diubah menjadi linguistic yang disesuaikan dengan fungsi keanggotaan dari FIS yaitu glassy, rippled, wavelets, slight, moderate, rough, very rough. Adapun hasil lengkap validasi tinggi gelombang laut dapat di lihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil validasi tinggi gelombang 24 jam

No	Prediksi (jam)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan	akurasi prediksi (%)
1	1	744	678	91.25
2	3	744	676	90.98
3	6	744	668	89.90
4	12	744	653	87.88
5	24	744	628	84.38

Pada pengujian 24 jam ke depan dapat terlihat FIS dapat memprediksi dengan baik pada 1 jam ke depan dan mengalami penurunan performa pada prediksi 24 jam ke depan. Dapat disimpulkan fuzzy memberikan hasil prediksi tinggi gelombang paling tinggi untuk prediksi satu jam ke depan.

Pada penelitian ini juga dilakukan prediksi tinggi gelombang selama 7 hari ke depan.

Tabel 4. 3 Hasil validasi tinggi gelombang 7 hari ke depan

no	Prediksi (hari)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	31	25	80.64
2	2	31	24	77.41
3	3	31	23	74.19

Prediksi no	Prediksi (hari)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
4	4	31	24	77.41
5	5	31	25	80.64
6	6	31	27	87.09
7	7	31	26	87

4.3 Validasi Curah Hujan

Validasi prediksi curah hujan menggunakan data curah hujan bulan Desember 2014. Data cuaca curah hujan berjumlah 744 data.

Adapun hasil lengkap validasi curah hujan dapat di lihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Hasil validasi curah hujan 24 jam

Prediksi no	Prediksi (jam)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	744	649	87.34
2	3	744	646	86.94
3	6	744	644	86.67
4	12	744	641	86.27
5	24	744	626	84.25

Tabel 4. 5 Hasil validasi curah hujan 7 hari ke depan

No	Prediksi (hari)	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi (%)
1	1	31	22	70.96
2	2	31	21	67.74
3	3	31	20	64.51
4	4	31	18	58.06
5	5	31	20	64.51
6	6	31	18	58.06
7	7	31	17	58

4.4 Validasi Kelayakan Pelayaran

Pada penelitian ini dilakukan validasi kelayakan pelayaran menggunakan data bulan Desember 2014. Adapun hasil validasi kelayakan pelayaran dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4. 6 Hasil Validasi Kelayakan Pelayaran 24 jam kedepan

No	Kapal (GT)	waktu prediksi (jam)	akurasi prediksi (%)
1	1-7	1	86.40
	8-34		100

No	Kapal (GT)	waktu prediksi (jam)	akurasi prediksi (%)
2	1-7	3	86.40
	8-34		100
3	1-7	6	86.40
	8-34		100
4	1-7	12	86.40
	8-34		100
5	1-7	24	86.40
	8-34		100

Tabel 4. 7 Hasil Validasi Kelayakan Pelayaran 7 hari ke depan

No	Kapal (GT)	waktu prediksi (hari)	akurasi prediksi (%)
1	1-7	1	90.32
	8-34		100
2	1-7	2	87.09
	8-34		100
3	1-7	3	90.32
	8-34		100
4	1-7	4	90.32
	8-34		100
5	1-7	5	90.32
	8-34		100
6	1-7	6	90.32
	8-34		100
7	1-7	7	90.32
	8-34		100

4.5 Pengujian Prediktor Cuaca Secara Online

Pada penelitian ini telah dilakukan uji coba prediktor dengan buoyweather. Pengujian secara online dilakukan di area kampus ITS Surabaya. Pada pengujian ini, data cuaca didapatkan dari hardware buoyweather.

Buoyweather akan mengirimkan data suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin melalui wireless menuju laptop. Data tersebut akan dikirimkan menuju database server kemudian data tersebut dikirimkan ke laptop untuk di prediksi, selanjutnya hasil predisi dikirimkan menuju database server kembali untuk ditampilkan.

Adapun pengujian hasil prediktor cuaca dengan buoyweather dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 4. 8 Hasil Validasi Cuaca Secara Online

No	Prediksi	waktu prediksi (jam)	akurasi prediksi (%)
1	tinggi ge-	1	100

lombang

3 100

6 100

12 100

24 100

curah hu-
jan

2 1 97.05

3 96.87

6 96.42

12 95.45

24 90

V KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada perancangan sistem prediktor cuaca maritim dengan menggunakan metode fuzzy ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Telah dilakukan pemodelan logika fuzzy tipe Takagi Sugeno untuk memprediksi ketinggian gelombang dan curah hujan.
- Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari BMKG untuk 1 jam, 3jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:
 - Ketinggian gelombang : 91.25%, 90.98%, 89.90%, 87.88%, 84.38%.
 - Curah Hujan : 87.34%, 86.94%, 86.67%, 86.27%, 86.25%.
- Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari BMKG untuk 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, dan 7 hari kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:
 - Ketinggian gelombang : 80.64%, 77.41%, 74.19%, 77.41% , 80.64%, 87.09%, 87%.
 - Curah Hujan : 70.96% , 67.74% , 64.51% , 58.06% , 64.51%, 58.06% , 58%.
- Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari data buoyweather untuk 1 jam, 3jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:
 - Ketinggian gelombang : 100%, 100%, 100%, 100%, 100%.
 - Curah Hujan : 97.05%, 96.87%, 96.42%, 95.45%, 90%.
- Prosentase keakuratan hasil prediksi kelayakan pelayaran untuk kapal nelayan 1-7 GT dan 8-34 GT berturut turut adalah sebagai berikut:
 - Prediksi 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam kedepan : 86.40% , 86.40% , 86.40% , 86.40% , 86.40% dan 100% , 100% , 100% , 100% , 100%.
 - Prediksi 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, 7 hari ke depan : 90.32% , 87.09% , 90.32% , 90.32% , 90.32% , 90.32% , 90.32% dan 100% , 100% , 100% , 100% , 100% , 100%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan bantuan baik moril, materiil, finansial sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Prisilia and A. Siti, "Perancangan Sistem Prediktor Daya Pada Panel Photovoltaic di Buoy Weather Station," vol. 2, no. 2, pp. 1–5, 2013.
- G. E. Saputra, "Analisis Cuaca Maritim Berdasarkan Hasil Prediktor Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, Situbondo, dan Banyuwangi," pp. 1–7, 2015.
- M. K. Anshari, S. Arifin, and A. C. Iklim, "Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan User Interface Android," vol. 2, no. 2, pp. 324–328, 2013.
- P. Meilanitasari, S. Arifin, and J. T. Fisika, "Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran," no. C, 2009.
- M. P. Geografi, "(Cuaca dan Iklim)."
- U. H. Laboratorium DAS dan konservasi sumber daya hutan, tanah, air, "Klimatologi," 2009.
- K. Gelombang, D. A. N. Arus, and D. I. Eretan, "Karakteristik gelombang dan arus di eretan, indramayu," vol. 13, no. 2, pp. 163–172, 2009.
- N. W. Habibullah, B. L. Widjiantoro, F. T. Sugeno, and I. Pendahuluan, "Perancangan sistem prediktor cuaca maritim dengan menggunakan metode fuzzy takagi sugeno," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- S. Arifin and A. S. Aisyah, "Perancangan sistem informasi cuaca maritim untuk para nelayan jawa timur dengan media komunikasi," pp. 1–12, 2011.
- APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PENDUKUNG KEPUTUSAN Sri Kusumadewi . 2010 Jakarta ; Graha Ilmu. 2010, p. 2010.
- K. A. N. Li and Y. Liu, "Fuzzy case-based reasoning: weather prediction," no. November, pp. 107–110, 2002.
- S. a. Asklyan, K. Elhelow, I. K. Youssef, and M. Abd El-wahab, "Rainfall events prediction using rule-based fuzzy inference system," Atmos. Res., vol. 101, no. 1–2, pp. 228–236, Jul. 2011.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy set.

Biodata Penulis

Penulis dilahirkan di kota Jepara, 16 September 1993. Menempuh pendidikan dasar di SD Tambakaji 04 Ngalian Semarang (1999-2005), kemudian meneruskan di SMP 1 Semarang (2005-2008). Pada tahun 2008, melanjutkan di SMA 3 Semarang. Tahun 2011, penulis diterima di jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan nomor mahasiswa 2411100109.



Teknik Fisika ITS

PERANCANGAN PREDIKTOR CUACA MARITIM BERBASIS LOGIKA FUZZY SEBAGAI *DECISION SUPPORT* UNTUK KESELAMATAN NELAYAN

Dosen Pembimbing :

Ir.Syamsul Arifin, MT

Dr. Ir. Wibowo H. N, MSc.

NIP 19630907 198903 1 004

NIP.19670116 199102 1 002

HANA SEPTIYANI PUTRI

2411100109

Latar belakang

Kebutuhan laut dimanfaatkan untuk

- Transportasi laut
- Nelayan mencari ikan
- Sumber daya alam laut

Sepanjang tahun 2014, telah terjadi sebanyak 150 kasus tenggelamnya kapal dan 28 kasus kapal terbalik (Pusat data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2010)

Latar belakang

No	Nama	Judul	Keterangan
1	Ardian Chandra (2010)	Perancangan Model <i>Adaptive Neuro Fuzzy</i> untuk Memprediksi Cuaca Maritim	Membahas mengenai prediksi curah hujan, ketinggian gelombang, dan kecepatan arus dengan menggunakan <i>Adaptive Neuro Fuzzy</i> dengan tingkat software simulator =73,68%, 78,95%, dan 8%.
2	Audrey (2010)		i prediksi curah ombang , arus syaraf tiruan
3	Ilham Bang (2011)		i prediksi cuaca tu suhu, ca saat ini n metode fuzzy ne
4	Nur Habib (2012)		i pemodelan gi Sugeno untuk ian gelombang, udara, an curah hujan si tinggi s 52%, suhu 73%, ah hujan 75% ne
5	M. Kahfi Anshari (2013)	Perancangan Sistem Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Android	Membahas mengenai pemodelan fuzzy dengan validasi prediksi cuaca maritim pada suhu udara, kelembaban udara, kecepatan arus laut, tinggi gelombang dan curah hujan adalah 73%, 53%, 46 %, 61% dan 62% dengan ditampilkan pada android namun belum ada tampilan <i>decision support system</i>

Sistem Prediktor Cuaca Maritim dengan :

1. Variabel masukan yaitu suhu, tekanan, kelembaban, kecepatan angin
2. Matlab R2011a
3. Variabel keluaran yaitu prediksi tinggi gelombang dan curah hujan.
4. Adanya informasi kelayakan pelayaran untuk nelayan

Rumusan Masalah :

1. Apakah performansi prediktor yang telah dibuat lebih mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya?
2. Bagaimana merancang sistem prediktor cuaca maritim dengan logika fuzzy untuk memprediksi cuaca dan kelayakan pelayaran untuk nelayan?



Tujuan :

1. Dapat memperbaiki performansi prediktor yang telah dibuat agar memperbaiki kekurangan dari penelitian sebelumnya.
2. Dapat membuat sistem prediktor cuaca maritim dengan logika fuzzy sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan prakiraan cuaca dan kelayakan pelayaran untuk nelayan.

BATASAN MASALAH

- ❑ Metode yang digunakan untuk memprediksi cuaca maritim adalah metode fuzzy takagi sugeno
- ❑ Data yang diambil dari hasil pengukuran stasiun cuaca mini “*maritime buoy station*” yang telah dibuat (*data real*)
- ❑ Pembangunan basis aturan dan fungsi keanggotaan awal dilakukan dengan menggunakan data BMKG Perak.
- ❑ Data yang digunakan sebagai masukan adalah data suhu, kelembaban udara, kecepatan angin.
- ❑ Data hasil keluaran berupa prediksi ketinggian gelombang dan curah hujan
- ❑ Kelayakan pelayaran berdasarkan pengetahuan dari Kesyahbandaran Tanjung Perak dan Kesyahbandaran Brondong Lamongan.
- ❑ Pelayaran dikhususkan untuk pelayaran nelayan antar 1-7 GT dan 7-34 GT

Tinjauan Pustaka

Tahun	Judul	Pengarang	Keterangan
[1]	[2]	[3]	[4]
2015	Review of Soft Computing Methods used in Data Analysis	Pranali P. Chaudhari	80% data dipilih untuk training, 201% data digunakan untuk validasi
2013	Forecasting the future of rubber yield and cost of products by fitting the best TIME SERIES models	P.K.B.N.M Pallawa dan D.D.M. Jayasundara	Time series merupakan metode runtut waktu yang stationer, jika tidak ada perubahan dalam mean (tidak ada tren) dan varians
2009	A fuzzy inference system for wind wave modelling	Georgios Sylaios , Frederic Bouchette, Vassilios A	prediksi tinggi gelombang menggunakan logika fuzzy menggunakan inputan dari kecepatan angin, tinggi gelombang sekarang, tinggi gelombang waktu sebelumnya
2011	Rainfall events prediction using rule-based fuzzy inference system	Somia A. Asklany, Khaled Elhow, I.K Youssef dan M. Abd El-Wahab	Parameter cuaca(kelembaban, arah angin, suhu, tekanan udara dan awan) dibagi menjadi tiga membership function (low, medium dan high).
2002	Fuzzy Case Based Reasoning	Kan Li, Yu Shu Liu	logika fuzzy cocok dihunakan untuk fenomena seperti perubahan cuaca

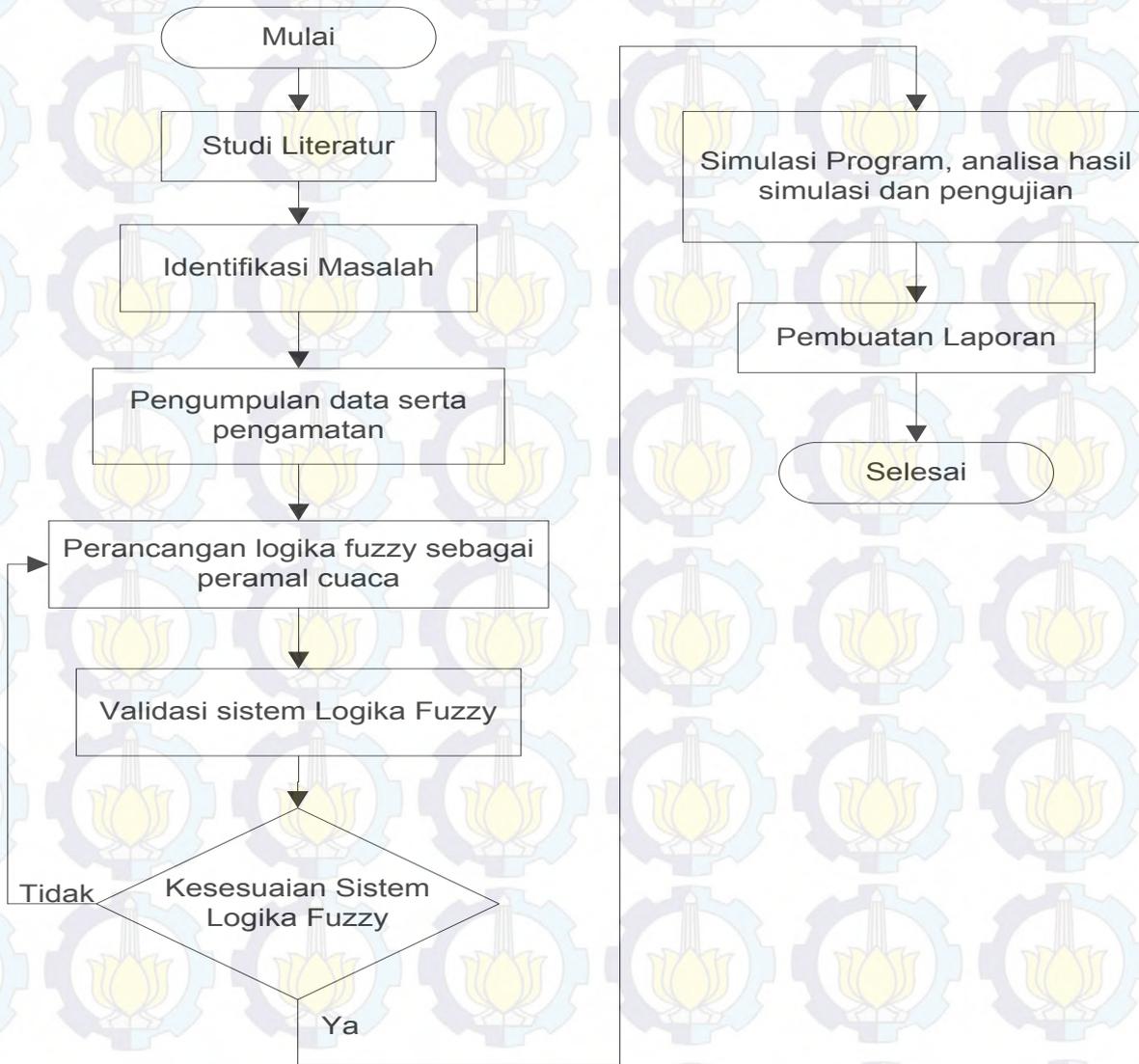
KELAYAKAN PELAYARAN

Cuaca di perairan yang mempengaruhi pelayaran diantaranya :

- ketinggian gelombang
- kecepatan arus
- kecepatan angin
- cuaca buruk.

GT KAPAL	KETINGGIAN GELOMBANG MAKSIMAL
1-7 GT	0.5 meter
8-34 GT	1.25 meter

METODOLOGI PENELITIAN



Pengambilan data cuaca maritim

- Data cuaca maritim pada penelitian ini didapatkan dari BMKG I Perak Surabaya.
- Data cuaca maritim yang digunakan mulai tahun 2012 sampai dengan tahun 2014.
- Data cuaca maritim tersebut merupakan data cuaca maritim pada koordinat $6.81293^{\circ}\text{S} - 112.7318^{\circ}\text{E}$.

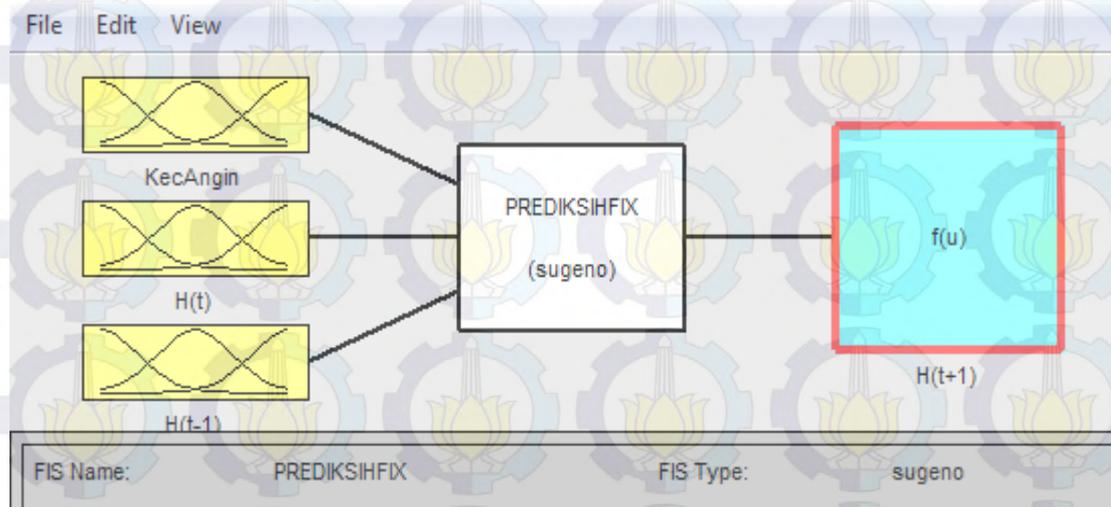


Fuzzy cluster mean

- Pengelompokan data data cuaca yaitu suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan tinggi gelombang.
- menentukan nilai minimum, maksimum, dan titik tengah yang digunakan untuk menentukan fungsi keanggotaan

PERANCANGAN FIS

- Tinggi Gelombang

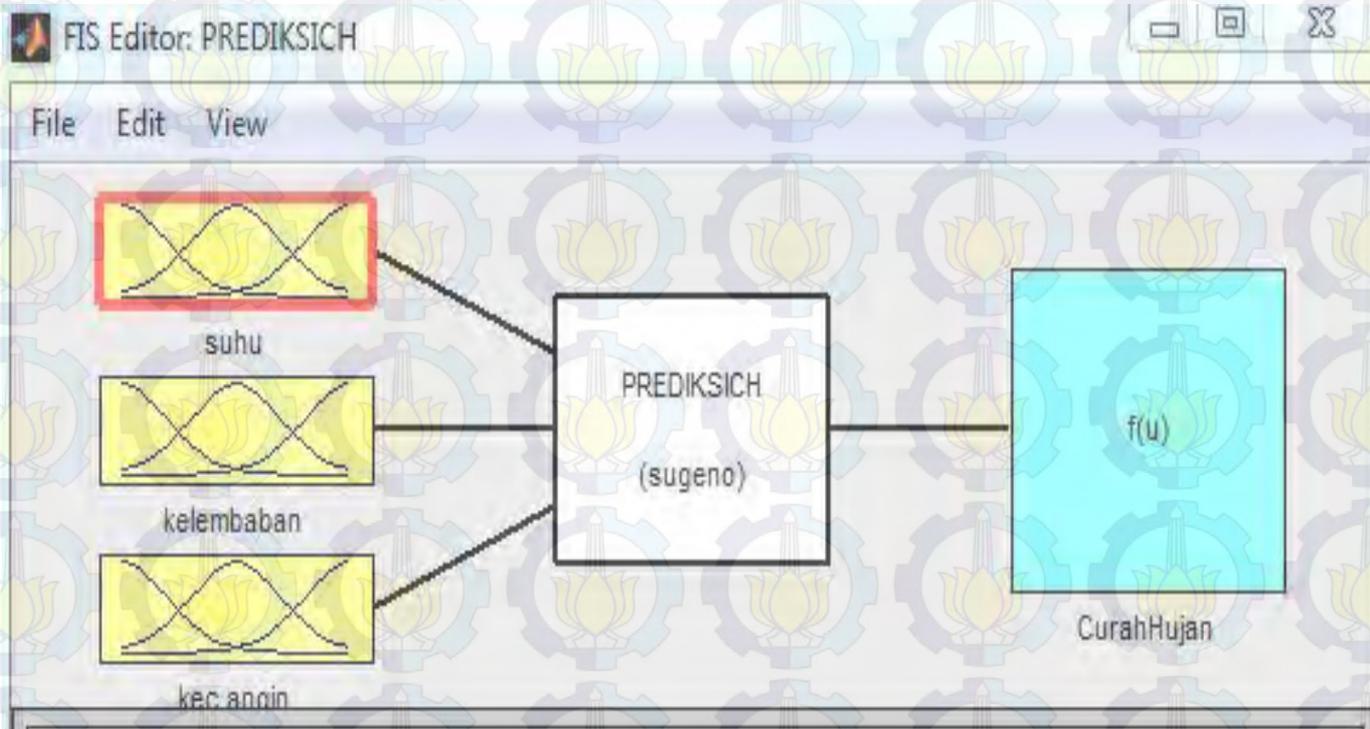


Variabel keluaran fis tinggi gelombang



output variable "H(t+1)"

- Curah Hujan



Variabel keluaran fis curah hujan

Hsl

Hi

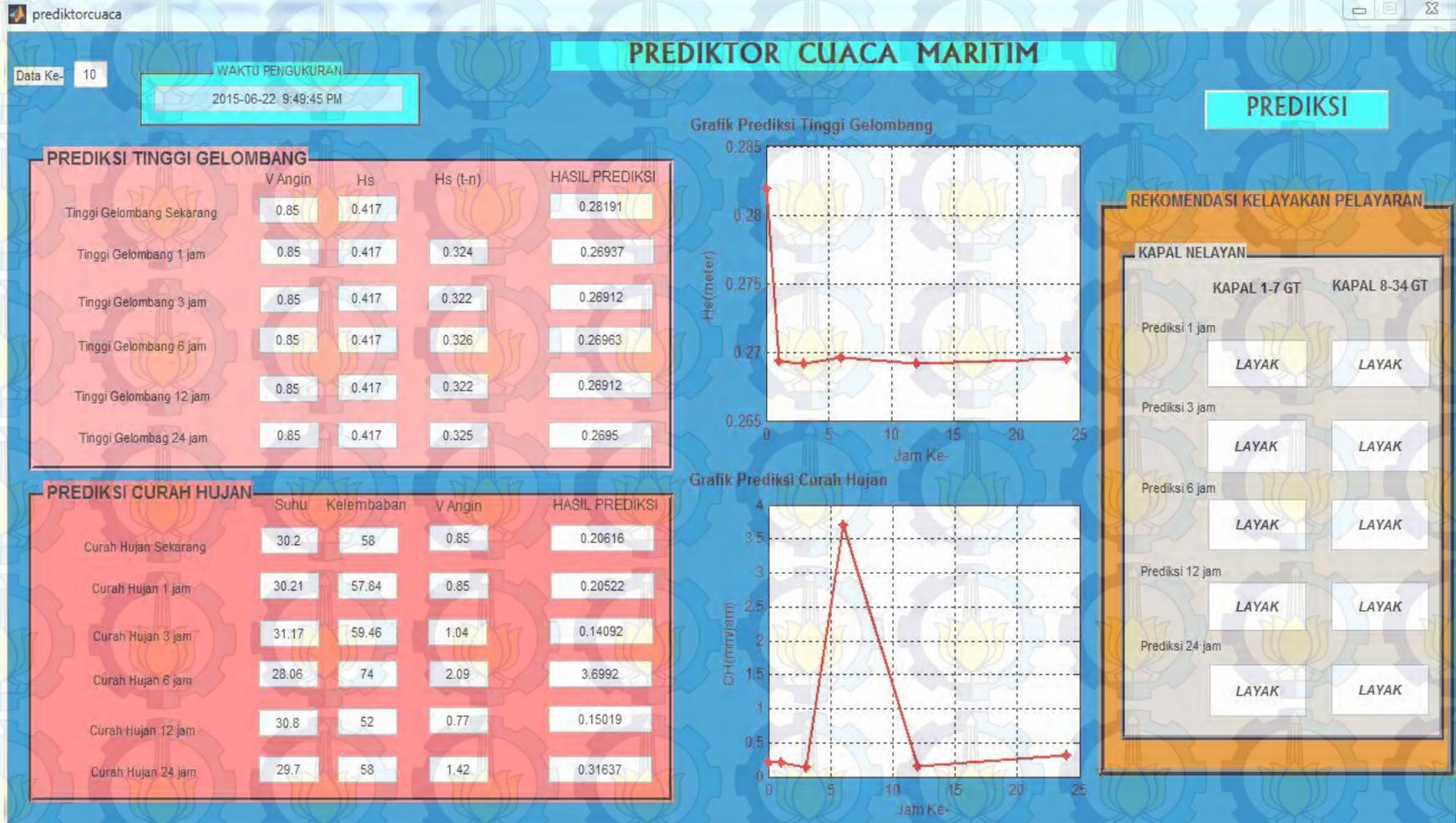
Hs

Hr

Cr

output variable "CurahHujan"

Tampilan prediktor



Hasil dan Pembahasan

Hasil fuzzy cluster mean

No	Variabel cuaca	Standar deviasi	Kelompok data	Nilai tengah
1	Suhu udara	28.71 C	Rendah	25.65 C
			Sedang	28.70 C
			Tinggi	32.49 C
2	Kelembaban Udara	12.64%	Rendah	49.23%
			Sedang	70.79%
			Tinggi	87.34%

Tinggi Gelombang
Laut

0.28 m

Glassy	0.08 m
Rippled	0.22 m
Wavelets	0.35 m
Slight	0.54 m
Moderate	0.77 m
Rough	1.28 m
Very Rough	1.97 m

Kecepatan Angin

3.25 knot

Calm

1.38 knot

Light Air

3.10 knot

Light Breeze

4.81 knot

Gentle Breeze

6.47 knot

Moderate Breeze

8.29 knot

Fresh Breeze

10.48 knot

Strong Breeze

14.25 knot

hasil dan pembahasan

- Validasi gelombang per jam

no	prediksi	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi
	11 jam	744	678	91.25%
	23 jam	744	676	90.98%
	36 jam	744	668	89.90%
	412 jam	744	653	87.88%
	524 jam	744	628	84.38%

- Validasi gelombang per hari

no	prediksi	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi
	11 hari	31	25	80.64%
	22 hari	31	24	77.41%
	33 hari	31	23	74.19%
	44 hari	31	24	77.41%
	55 hari	31	25	80.64%
	66 hari	31	27	87.09%
	77 hari	31	26	87%

- Validasi curah hujan per jam

no	prediksi	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi
1	1 jam	744	649	87.34%
2	3 jam	744	646	86.94%
3	6 jam	744	644	86.67%
4	12 jam	744	641	86.27%
5	24 jam	744	626	84.25%

- Validasi curah hujan per hari

no	prediksi	jumlah data validasi	jumlah keberhasilan prediksi	akurasi prediksi
1	1 hari	31	22	70.96%
2	2 hari	31	21	67.74%
3	3 hari	31	20	64.51%
4	4 hari	31	18	58.06%
5	5 hari	31	20	64.51%
6	6 hari	31	18	58.06%
7	7 hari	31	17	58%

Validasi kelayakan pelayaran

waktu prediksi	GT kapal	jumlah waktu layak berlayar		kesamaan kelayakan	prosentase(%)	rata-rata(%)
		data BMKG	data pemodelan			
1 jam	0-7GT	642	661	642	86.4	93.2
	8-34GT	744	744	744	100	
3 jam	0-7GT	642	651	642	86.4	93.2
	8-34GT	744	744	744	100	
6 jam	0-7GT	642	653	642	86.4	93.2
	8-34GT	744	744	744	100	
12 jam	0-7GT	642	661	642	86.4	93.2
	8-34GT	744	744	744	100	
24 jam	0-7GT	642	662	642	86.4	93.2
	8-34GT	744	744	744	100	
rata-rata(%)						93.2
1 hari	0-7GT	671	671	671	90.32	95.16
	8-34GT	744	744	744	100	
2 hari	0-7GT	671	647	647	87.09	93.54
	8-34GT	744	744	744	100	
3 hari	0-7GT	671	671	671	90.32	95.16
	8-34GT	744	744	744	100	
4 hari	0-7GT	671	695	671	90.32	95.16
	8-34GT	744	744	744	100	
5 hari	0-7GT	671	719	671	90.32	95.16
	8-34GT	744	744	744	100	
6 hari	0-7GT	671	743	671	90.32	95.16
	8-34GT	744	744	744	100	
7 hari	0-7GT	671	743	671	90.32	95.16
	8-34GT	744	744	744	100	
rata-rata(%)						94.92

- Validasi prediktor secara online

no	prediksi	waktu prediksi	akurasi prediksi
1	tinggi gelombang	1 jam	100%
		3 jam	100%
		6 jam	100%
		12 jam	100%
		24 jam	100%
2	curah hujan	1 jam	97.05%
		3 jam	96.87%
		6 jam	96.42%
		12 jam	95.45%
		24 jam	90%

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada perancangan sistem prediktor cuaca maritim dengan menggunakan metode fuzzy ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Telah dilakukan pemodelan logika fuzzy tipe Takagi Sugeno untuk memprediksi ketinggian gelombang dan curah hujan.
- Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari BMKG untuk 1 jam, 3jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:

Ketinggian gelombang : 91.25%; 90.98%; 89.90%; 87.88%; 84.38%

Curah Hujan : 87.34%; 86.94%; 86.67%; 86.27%; 86.25%

- Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data yang berasal dari BMKG untuk 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, dan 7 hari kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:

Ketinggian gelombang : 80.64%; 77.41%; 74.19%; 77.41%; 80.64%; 87.09%; 87%

Curah Hujan : 70.96%; 67.74%; 64.51%; 58.06%; 64.51%; 58.06%; 58%

- Prosentase keakuratan hasil prediksi dari data secara online untuk 1 jam, 3jam, 6 jam, 12 jam, dan 24 jam kedepan secara berturut – turut adalah sebagai berikut:

Ketinggian gelombang : 100%; 100%; 100%; 100%; 100%

Curah Hujan : 97.05%; 96.87%; 96.42%; 95.45%; 90%

- Prosentase keakuratan hasil prediksi kelayakan pelayaran untuk kapal nelayan 1-7 GT dan 8-34 GT berturut turut adalah sebagai berikut:

Prediksi 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam kedepan memiliki prosentase rata rata sebesar 93.20%.

Prediksi 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari, 7 hari kedepan memiliki prosentase rata-rata sebesar 94.92%

saran

- Saran yang perlu disampaikan pada penelitian ini adalah dilakukan penambahan prediksi variabel cuaca seperti kecepatan angin, kecepatan arus, sehingga dapat memberikan informasi lebih lengkap kepada para nelayan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prisilia and A. Siti, “Perancangan Sistem Prediktor Daya Pada Panel Photovoltaic di Buoy Weather Station,” vol. 2, no. 2, pp. 1–5, 2013.
- [2] G. E. Saputra, “Analisis Cuaca Maritim Berdasarkan Hasil Prediktor Logika Fuzzy Cuaca Darat di Daerah Pasuruan, Probolinggo, Situbondo, dan Banyuwangi,” pp. 1–7, 2015.
- [3] M. K. Anshari, S. Arifin, and A. C. Iklim, “Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan User Interface Android,” vol. 2, no. 2, pp. 324–328, 2013.
- [4] P. Meilanitasari, S. Arifin, and J. T. Fisika, “Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran,” no. C, 2009.
- [5] M. P. Geografi, “(Cuaca dan Iklim).”
- [6] U. H. Laboratorium DAS dan konservasi sumber daya hutan, tanah, air, “Klimatologi,” 2009.
- [7] K. Gelombang, D. A. N. Arus, and D. I. Eretan, “Karakteristik gelombang dan arus di eretan, indramayu,” vol. 13, no. 2, pp. 163–172, 2009.
- [8] N. W. Habibullah, B. L. Widjiantoro, F. T. Sugeno, and I. Pendahuluan, “Perancangan sistem prediktor cuaca maritim dengan menggunakan metode fuzzy takagi sugeno,” vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [9] S. Arifin and A. S. Aisyah, “Perancangan sistem informasi cuaca maritim untuk para nelayan jawa timur dengan media komunikasi,” pp. 1–12, 2011.
- [10] APLIKASI LOGIKA FUZZY UNTUK PENDUKUNG KEPUTUSAN Sri Kusumadewi . 2010 Jakarta ; Graha Ilmu. 2010, p. 2010.
- [11] K. A. N. Li and Y. Liu, “Fuzzy case-based reasoning: weather prediction,” no. November, pp. 107–110, 2002.
- [12] S. a. Asklany, K. Elhelow, I. K. Youssef, and M. Abd El-wahab, “Rainfall events prediction using rule-based fuzzy inference system,” Atmos. Res., vol. 101, no. 1–2, pp. 228–236, Jul. 2011.
- [13] Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy set.



TERIMA KASIH