

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY INFERENCE SYSTEM*  
TSUKAMOTO UNTUK MENENTUKAN STATUS  
KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN FAKTOR  
CUACA MARITIM**

**SKRIPSI**

**LABORATORIUM KOMPUTASI DAN SISTEM CERDAS**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



Disusun oleh :

**WISNU TRI CAHYO**

**NIM. 105060800111087**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA/ILMU KOMPUTER  
PROGRAM TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### IMPLEMENTASI METODE *FUZZY INFERENCE SYSTEM* TSUKAMOTO UNTUK MENENTUKAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN FAKTOR CUACA MARITIM

#### SKRIPSI LABORATORIUM KOMPUTASI DAN SISTEM CERDAS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



Disusun oleh :  
**WISNU TRI CAHYO**  
NIM. 105060800111087

**Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Rekyan Regasari M.P., ST., MT.**  
NIK. 770414 06 1 2 0253

**Edy Santoso, S.Si., M.Kom**  
NIP. 19740414 200312 1 004

## LEMBAR PENGESAHAN

### IMPLEMENTASI METODE *FUZZY INFERENCE SYSTEM* TSUKAMOTO UNTUK MENENTUKAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN FAKTOR CUACA MARITIM

#### SKRIPSI LABORATORIUM KOMPUTASI DAN SISTEM CERDAS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh :

**WISNU TRI CAHYO**

**NIM. 105060800111087**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 6 Agustus 2015

**Penguji I**

**Penguji II**

**Dian Eka Ratnawati, S.Si., M.Kom**  
**NIP. 19730619 200212 2 001**

**Yusi Tyroni Mursitvo, S.Kom., MS**  
**NIP. 19800228 200604 1 001**

**Penguji III**

**Mochammad Hannats Hanafi I., S.ST, M.T**  
**NIK. 201405 881229 1 1 001**

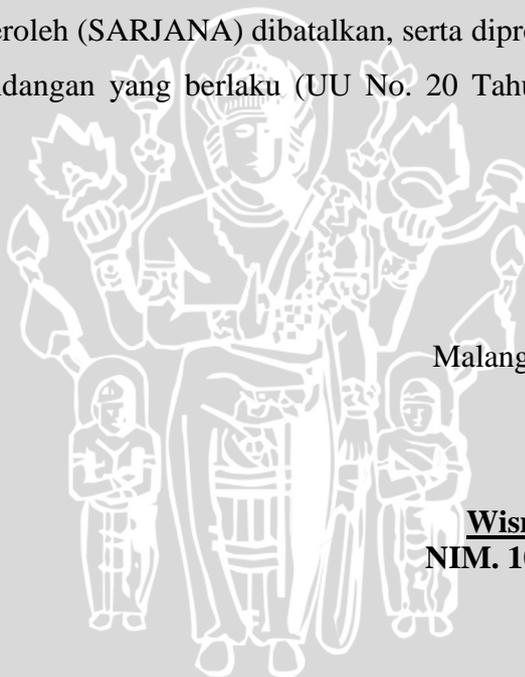
Mengetahui  
Ketua Program Studi Informatika/Ilmu Komputer

**Drs. Marji, M.T.**  
**NIP. 19670801 199203 1 001**

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan perturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).



Malang, 6 Agustus 2015

**Wisnu Tri Cahyo**  
**NIM. 105060800111087**

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah rabbil 'alamin.* Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanallahu wa ta'ala* atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Implementasi Metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto untuk Menentukan Status Keamanan Pelayaran Berdasarkan Faktor Cuaca Maritim” dengan baik dan sesuai dengan harapan. Shalawat serta salam atas junjungan nabi besar kita, Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi wa sallam*, beserta para keluarga dan sahabat sekalian. Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di Program Studi Informatika/Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

Penulisan dan penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga melalui kesempatan ini, penulis dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik lahir maupun batin kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir hingga selesai. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada

1. Rekyan Regasari M.P., S.T., M.T., dan Edy Santoso, S.Si., M.Kom., selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Ir. Sutrisno, M.T., selaku Ketua Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
4. Drs. Marji, M.T., selaku Ketua Program Studi Informatika / Ilmu Komputer yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

5. Ayahanda Suroto, Ibunda Sri Retnoningsih, Kakak Ony Yulianto beserta keluarga, Kakak Danang Dwi Cahyo beserta keluarga, dan seluruh keluarga besar atas segala nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta yang senantiasa memberikan doa dan semangat demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Segenap Bapak dan Ibu dosen Program Studi Informatika / Ilmu Komputer beserta seluruh staff administrasi yang telah banyak membantu selama kegiatan perkuliahan.
7. Seluruh Civitas Akademika Informatika Universitas Brawijaya yang telah banyak memberi bantuan dan dukungan selama penulis menempuh studi di Prodi Informatika Universitas Brawijaya dan selama penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh teman-teman Informatika/Ilmu Komputer yang telah memberikan bantuan, motivasi, masukan, dan inspirasi kepada penulis selama menempuh studi dan menyelesaikan skripsi ini.
9. Eko Prasetyo, S.T., M.T., M.M.T., dan Kapten Ruswanto yang telah banyak berbagi ilmu serta informasi dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Seluruh pihak yang telah membantu dan berbagi ilmu dalam penyelesaian skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari semua pihak guna untuk perbaikan dan kebaikan bersama. Penulis juga berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan menjadi sebuah inspirasi untuk kemajuan ilmu pengetahuan kedepannya.

Malang, Agustus 2015

Penulis

**Wisnu Tri Cahyo.** 2015. Implementasi Metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto untuk Menentukan Status Keamanan Pelayaran Berdasarkan Faktor Cuaca Maritim. Program Studi Informatika/Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

Pembimbing: Rekyan Regasari M.P., S.T., M.T. dan Edy Santoso, S.Si., M.Kom.

## ABSTRAK

Pelayaran merupakan sektor yang dijadikan sebagai tumpuan perekonomian serta berfungsi sebagai sarana transportasi alternatif di Indonesia. Setiap kegiatan pelayaran perlu memperhatikan faktor keamanan untuk menghindari terjadinya kecelakaan. Faktor utama penyebab terjadinya kecelakaan pelayaran sebagian besar disebabkan karena faktor cuaca. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan instansi yang bertugas memberikan informasi status keamanan pelayaran berdasarkan kondisi cuaca. Selama ini, BMKG hanya mengacu pada kondisi kecepatan angin dan tinggi gelombang untuk menentukan status keamanan pelayaran. Namun realitanya masih terdapat kecelakaan pelayaran yang diakibatkan bukan karena kondisi angin dan gelombang yang berbahaya, tetapi diakibatkan karena arus yang sangat cepat dan jarak pandang yang rendah sehingga menyebabkan kapal terseret arus atau saling bertubrukan. Implementasi metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dirancang untuk membantu memetakan kondisi cuaca maritim sebagai ruang masukan yang terdiri dari parameter angin, gelombang, arus dan jarak pandang kedalam ruang keluaran yang berupa status keamanan pelayaran dengan menggunakan logika *fuzzy*. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan tingkat akurasi antara hasil perhitungan metode FIS Tsukamoto dengan hasil keputusan pakar dalam menentukan status keamanan pelayaran adalah sebesar 96.82% untuk kategori kapal dibawah 2000 *Gross Tonnage* dan diatas 2000 *Gross Tonnage*.

**Kata kunci :** Pelayaran, Cuaca Maritim, *Fuzzy Inference System* Tsukamoto.

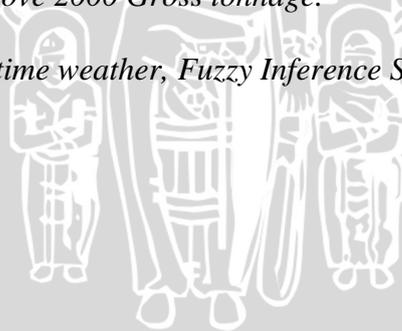
**Wisnu Tri Cahyo.** 2015. *Implementation of Fuzzy Inference System Tsukamoto Method to Determining Safety Status of Shipping Based on the Maritime Weather Factor.* Informatics/Computer Science Study Program, Program of Information Technology and Computer Science Brawijaya University.

Advisors: Rekyan Regasari M.P., S.T., M.T. and Edy Santoso, S.Si., M.Kom.

### ABSTRACT

*Shipping activities is a sector that could become the foundation of the economy and can used as an alternative transport in Indonesia. Every shipping activities need to notice safety factors to avoid accidents. The main factor of shipping accidents are mostly caused due to weather factors. Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG) is a agency specializes providing information about status of the sefety shipping activities based on weather conditions. All along, BMKG only refers to the conditions of wind speed and wave height in determining safety status of shipping. But in reality there are still some shipping accidents caused not because of wind blows nor high waves but caused of rapid stream and low visibility therefore causing the ship drifted or colliding with another ship. Implementation of Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto method is designed for mapping the maritime weather conditions as input space that consist parameters of wind, waves, currents and visibility into output space that was safety status of shipping by using fuzzy logic. Based on test results, obtained an accuracy rate between the results of FIS Tsukamoto calculation method with the results of the expert's decision in determining the safety status of shipping conditions is 96.82% for the category of ships under 2000 Gross tonnage and above 2000 Gross tonnage.*

**Keywords :** *Shipping, Maritime weather, Fuzzy Inference System Tsukamoto.*



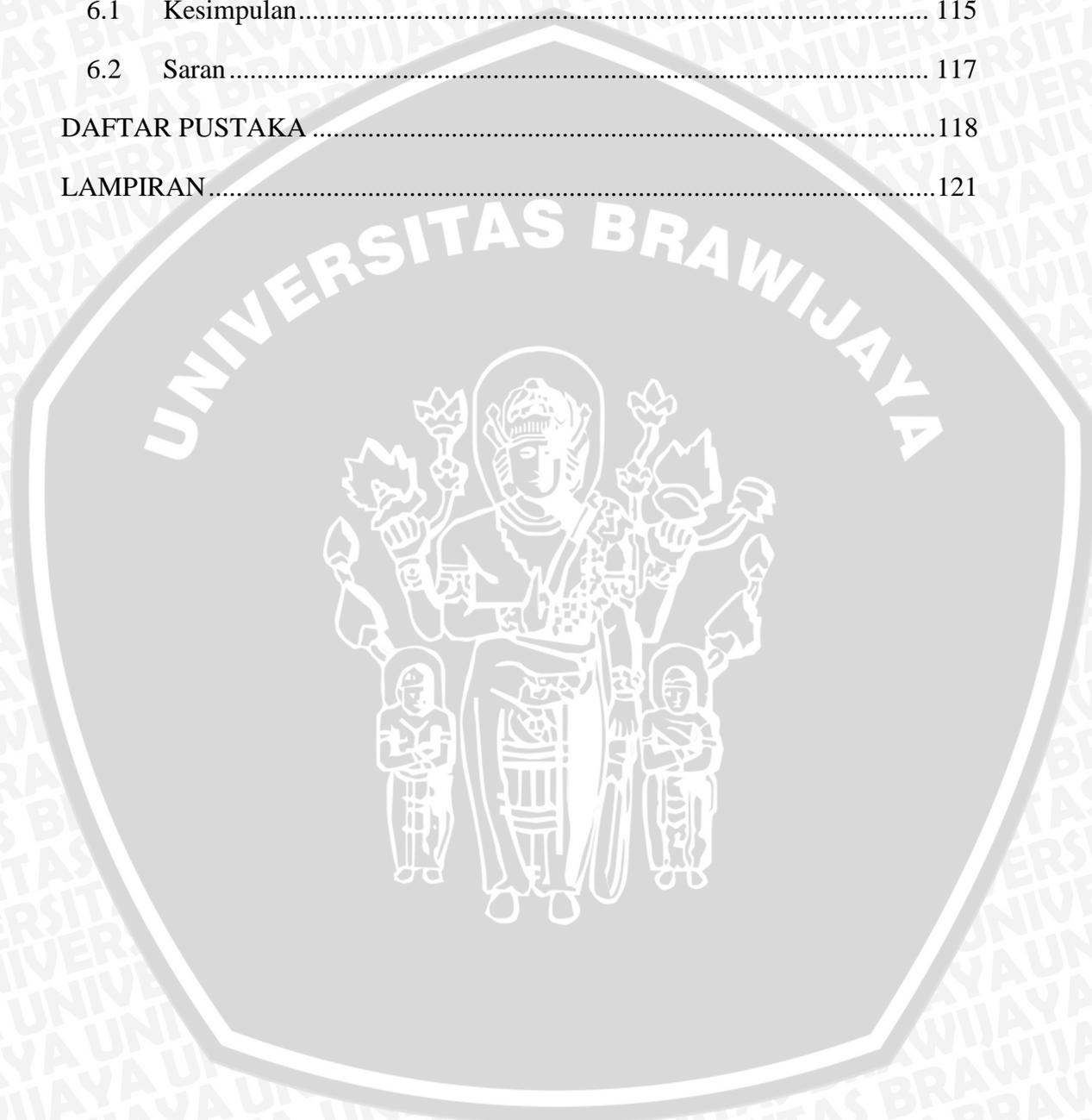
## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	7
2.2 Pelayaran .....	10
2.3 Cuaca Maritim.....	11
2.3.1 Angin.....	11
2.3.2 Gelombang Laut.....	13
2.3.3 Arus Laut.....	14
2.3.4 Jarak Pandang ( <i>Visibility</i> ) .....	15

2.4	Tonase Kapal .....	16
2.5	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).....	17
2.6	Logika <i>Fuzzy</i> .....	18
2.6.1	Komponen Logika <i>Fuzzy</i> .....	18
2.6.2	Fungsi Keanggotaan.....	21
2.6.3	Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	28
2.7	<i>Fuzzy Inference System</i> .....	30
2.7.1	<i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto .....	30
2.8	Korelasi Pearson <i>Product Moment</i> .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN.....</b>		<b>34</b>
3.1	Metode Penelitian.....	34
3.1.1	Studi Literatur .....	35
3.1.2	Pengumpulan Data .....	35
3.1.3	Perancangan Sistem .....	36
3.1.3.1	Deskripsi Umum Sistem.....	36
3.1.4	Implementasi Sistem.....	37
3.1.5	Pengujian Sistem.....	37
3.1.6	Kesimpulan .....	38
3.2	Perancangan.....	38
3.2.1	Perancangan Alur Kinerja Sistem .....	38
3.2.2	Proses Metode <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto.....	39
3.2.3	Perancangan Metode <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto.....	48
3.2.4	Perhitungan Manual .....	59
3.2.5	Perancangan Antarmuka .....	65
3.2.6	Perancangan Pengujian .....	75

BAB IV IMPLEMENTASI .....	78
4.1    Spesifikasi Software dan Hardware.....	78
4.1.1    Spesifikasi <i>Software</i> .....	78
4.1.2    Spesifikasi <i>Hardware</i> .....	78
4.2    Implementasi Algoritma.....	79
4.2.1    Implementasi Algoritma Fuzzifikasi.....	79
4.2.2    Implementasi Algoritma Inferensi .....	82
4.2.3    Implementasi Algoritma Defuzzifikasi .....	85
4.3    Implementasi Antarmuka .....	86
4.3.1    Antarmuka Halaman <i>Home</i> .....	86
4.3.2    Antarmuka Halaman Derajat Keanggotaan .....	87
4.3.3    Antarmuka Halaman Tabel <i>Rule 1</i> .....	88
4.3.4    Antarmuka Halaman Tabel <i>Rule 2</i> .....	89
4.3.5    Antarmuka Halaman Batas Keanggotaan .....	90
4.3.6    Antarmuka Halaman Kesimpulan.....	91
4.3.7    Antarmuka Halaman Uji Parameter .....	92
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	94
5.1    Pengujian .....	94
5.1.1    Pengujian Akurasi .....	94
5.1.2    Analisis Hasil Pengujian Akurasi .....	99
5.1.3    Pengujian Pengaruh Jumlah Parameter Terhadap Akurasi .....	100
5.1.4    Analisis Hasil Pengujian Pengaruh Jumlah Parameter Terhadap Akurasi	109
5.1.5    Pengujian Korelasi Nilai Tiap Parameter Terhadap Nilai <i>Output</i> Metode FIS Tsukamoto .....	111

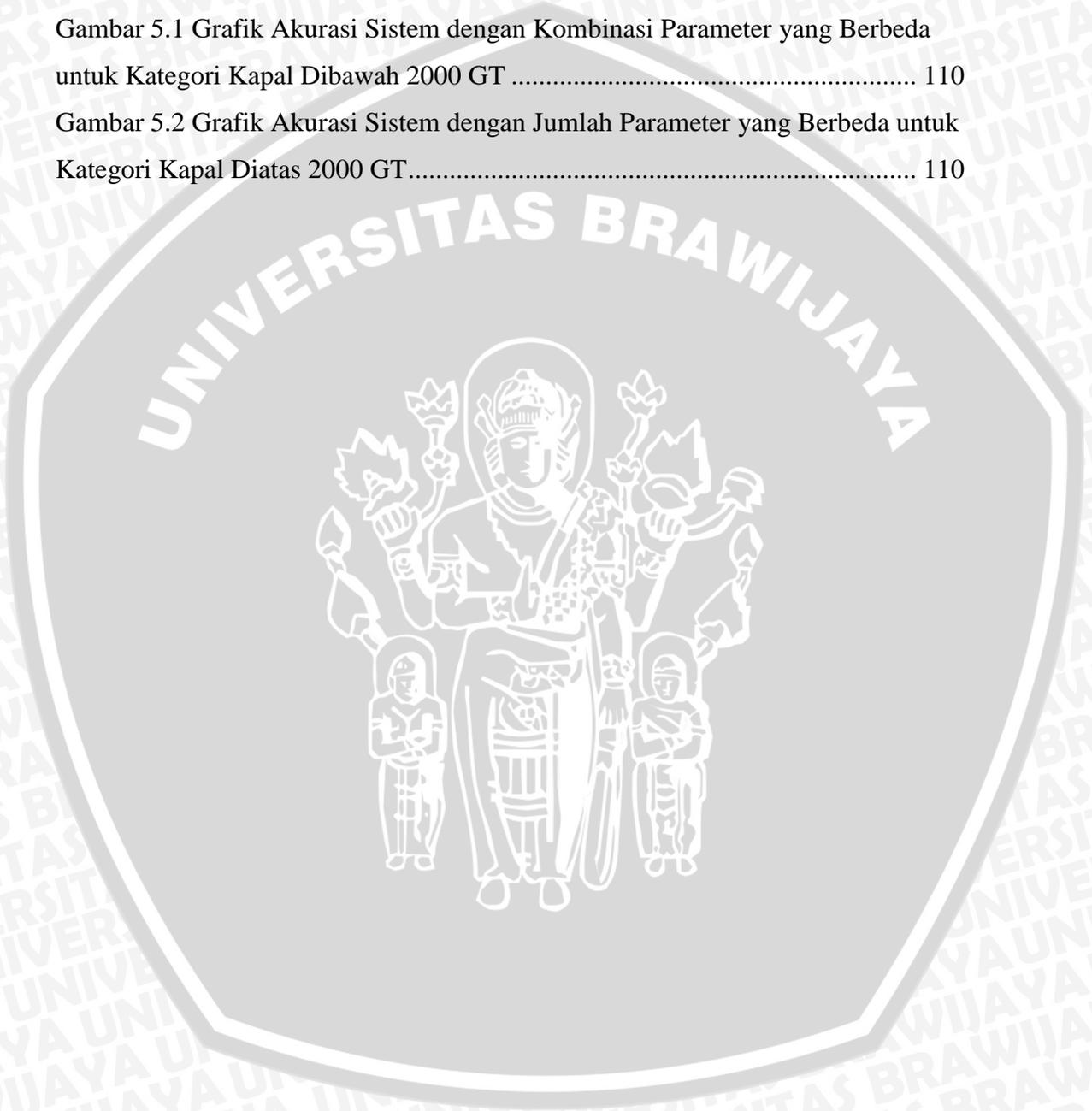
5.1.6 Analisis Hasil Korelasi Nilai Tiap Parameter Terhadap <i>Output</i>	
Metode FIS Tsukamoto .....	114
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>115</b>
6.1 Kesimpulan.....	115
6.2 Saran.....	117
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>118</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>121</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Himpunan <i>Crisp</i> untuk Variabel Umur .....	19
Gambar 2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> untuk Variabel Umur .....	20
Gambar 2.3 Representasi Linier Naik .....	22
Gambar 2.4 Representasi Linier Turun .....	24
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga .....	25
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium .....	26
Gambar 2.7 Representasi Kurva Bahu Variabel Temperatur.....	28
Gambar 2.8 Inferensi Metode FIS Tsukamoto.....	31
Gambar 3.1 Diagram Alur metode penelitian .....	34
Gambar 3.2 Gambaran Umum Perancangan Sistem.....	36
Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Kinerja Sistem .....	39
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto .....	40
Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi .....	41
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel Angin .....	42
Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel Gelombang.....	43
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel Arus.....	44
Gambar 3.9 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel <i>Visibility</i> .....	45
Gambar 3.10 Diagram Alir Proses Inferensi.....	46
Gambar 3.11 Diagram Alir Proses Defuzzifikasi .....	47
Gambar 3.12 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Angin.....	49
Gambar 3.13 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Gelombang.....	51
Gambar 3.14 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Arus.....	52
Gambar 3.15 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Jarak Pandang .....	54
Gambar 3.16 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Status Keamanan Pelayaran	56
Gambar 4.1 Implementasi Algoritma Fuzzifikasi.....	81
Gambar 4.2 Implementasi Algoritma Inferensi .....	84
Gambar 4.3 Implementasi Algoritma Defuzzifikasi .....	85
Gambar 4.4 Implementasi Antarmuka Halaman <i>Home</i> .....	87
Gambar 4.5 Implementasi Antarmuka Halaman Derajat Keanggotaan.....	88
Gambar 4.6 Implementasi Antarmuka Halaman Tabel <i>Rule 1</i> .....	89

Gambar 4.7 Implementasi Antarmuka Halaman Tabel <i>Rule 2</i> .....	90
Gambar 4.8 Implementasi Antarmuka Halaman Batas Keanggotaan.....	91
Gambar 4.9 Implementasi Antarmuka Halaman Kesimpulan .....	92
Gambar 4.10 Implementasi Antarmuka Halaman Uji Parameter .....	93
Gambar 5.1 Grafik Akurasi Sistem dengan Kombinasi Parameter yang Berbeda untuk Kategori Kapal Dibawah 2000 GT .....	110
Gambar 5.2 Grafik Akurasi Sistem dengan Jumlah Parameter yang Berbeda untuk Kategori Kapal Diatas 2000 GT.....	110



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kecepatan Angin untuk Pelayaran.....	13
Tabel 2.2 Klasifikasi Tinggi Gelombang untuk Pelayaran .....	14
Tabel 2.3 Klasifikasi Kecepatan Arus untuk Pelayaran.....	15
Tabel 2.4 Klasifikasi Jarak Pandang ( <i>Visibility</i> ) untuk Pelayaran .....	16
Tabel 2.5 Klasifikasi Kapal Berdasarkan <i>Gross tonnage</i> .....	16
Tabel 2.6 Interpretasi Nilai Koefisien Korelasi .....	32
Tabel 3.1 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Angin.....	49
Tabel 3.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Gelombang.....	50
Tabel 3.3 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Arus.....	52
Tabel 3.4 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel <i>Visibility</i> .....	54
Tabel 3.5 Status Keamanan Pelayaran .....	55
Tabel 3.6 Himpunan <i>Fuzzy Output</i> .....	55
Tabel 3.7 <i>Rule</i> Untuk Kapal Dibawah 2000 GT.....	57
Tabel 3.8 <i>Rule</i> Untuk Kapal Diatas 2000 GT .....	58
Tabel 3.9 Perancangan Pengujian Akurasi Sistem.....	75
Tabel 3.10 Perancangan Pengujian Jumlah Kesesuaian Keputusan Sistem dengan Keputusan Pakar.....	75
Tabel 3.11 Perancangan Pengujian Jumlah Parameter Terhadap Akurasi.....	76
Tabel 3.12 Perancangan Pengujian Tingkat Korelasi .....	77
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>Software</i> .....	78
Tabel 4.2 Spesifikasi <i>Hardware</i> .....	79
Tabel 5.1 Pengujian Akurasi Sistem .....	96
Tabel 5.2 Hasil Kesesuaian Keputusan Sistem dengan Keputusan Pakar .....	98
Tabel 5.3 Kombinasi Jumlah parameter untuk Pengujian Akurasi.....	101
Tabel 5.4 Pengujian Pengaruh 3 Parameter (Angin, Gelombang dan Arus) Terhadap akurasi .....	103
Tabel 5.5 Pengujian Pengaruh 3 Parameter (Angin, Gelombang dan Jarak Pandang) Terhadap Akurasi.....	105
Tabel 5.6 Pengujian Pengaruh 2 Parameter (Angin dan Gelombang) Terhadap Akurasi .....	107

Tabel 5.7 Tingkat Akurasi dari Pengujian Jumlah Parameter..... 109  
Tabel 5.8 Tingkat Korelasi Nilai Tiap Parameter Terhadap Hasil *Output* FIS  
Tsukamoto..... 113



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Wawancara Penentuan dan Klasifikasi Parameter ...	121
Lampiran 2. Dokumentasi Wawancara Penentuan Klasifikasi Parameter Jarak Pandang .....	124
Lampiran 3. Aturan Penentuan Status Keamanan Pelayaran Kategori Kapal Dibawah 2000 GT .....	125
Lampiran 4. Aturan Penentuan Status Keamanan Pelayaran Kategori Kapal Diatas 2000 GT .....	130
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Metode FIS Tsukamoto dalam menentukan Status Keamanan Pelayaran dengan Menggunakan 4 Parameter. ....	135



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim yang tiga per empat wilayahnya adalah laut dengan luas 5.900.000 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 95.161 km [LAS-13]. Luasnya wilayah perairan Indonesia membuat aktivitas pelayaran menjadi salah satu tumpuan perekonomian bangsa [DEK-14] serta berfungsi sebagai sarana transportasi alternatif antar pulau. Seiring meningkatnya jumlah pengguna transportasi laut maka unsur-unsur yang terkait dengan keselamatan dan keamanan pelayaran juga harus ditingkatkan.

Menurut Undang-Undang No. 17 Tahun 2008, keselamatan dan keamanan pelayaran adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dan keamanan yang menyangkut angkutan di wilayah perairan, kepelabuhanan, dan lingkungan maritim. Oleh karena itu, pemenuhan persyaratan keselamatan dan keamanan seharusnya menjadi prioritas utama dalam setiap kegiatan pelayaran. Namun realitanya masih cukup banyak pelaku aktivitas maritim yang mengabaikan unsur-unsur penunjang keamanan dan keselamatan pelayaran sehingga memungkinkan terjadinya resiko kecelakaan pelayaran.

Berdasarkan data kecelakaan pelayaran yang dicatat oleh Komite Nasional Kecelakaan Transportasi (KNKT) pada tahun 2003 hingga tahun 2008 menunjukkan bahwa terjadi 621 kasus kecelakaan dengan jumlah korban jiwa mencapai 817 jiwa [TRA-09]. Menurut KNKT, faktor penyebab terjadinya berbagai kasus kecelakaan tersebut adalah karena faktor alam (*force majeure*) sebesar 38%, faktor manusia (*human error*) sebesar 37%, faktor kesalahan teknis sebesar 23% dan faktor lain sebesar 2%.

Kecelakaan pelayaran yang disebabkan oleh faktor kesalahan manusia dan faktor teknis merupakan hal yang bisa dicegah dengan meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan meningkatkan intensitas perawatan serta pemeriksaan kondisi kapal. Sedangkan faktor kondisi alam seperti cuaca merupakan faktor

yang sulit untuk diprediksi. Unsur cuaca maritim yang mempengaruhi kegiatan pelayaran pada saat berada di wilayah laut dapat berubah-ubah setiap saat.

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan badan pemerintah yang bertugas memberikan informasi status keamanan pelayaran berdasarkan kondisi cuaca kepada Syahbandar sebagai badan pengawas keamanan pelayaran untuk dijadikan acuan dalam kegiatan pelayaran. Dalam menentukan status keamanan pelayaran, acuan utama yang digunakan oleh BMKG adalah kondisi kecepatan angin dan tinggi gelombang. Ketika kecepatan angin atau ketinggian gelombang melebihi batas aman untuk berlayar, maka BMKG memberikan peringatan untuk tidak melakukan kegiatan pelayaran. Namun permasalahan muncul ketika terjadi beberapa kecelakaan pelayaran yang diakibatkan bukan karena kondisi angin atau gelombang yang berbahaya, tetapi diakibatkan karena arus yang sangat cepat dan jarak pandang yang rendah sehingga menyebabkan kapal terseret arus atau saling bertubrukan dengan kapal yang lain. Selama ini, BMKG belum mempunyai acuan mengenai kecepatan arus dan jarak pandang yang aman untuk pelayaran sehingga BMKG juga belum mempunyai aturan yang pasti dalam menentukan status keamanan pelayaran ketika unsur kecepatan arus dan jarak pandang ditambahkan dalam mekanisme penentuan pelayaran yang sebelumnya hanya berdasarkan kecepatan angin dan ketinggian gelombang. Selain itu, terdapat permasalahan lain dimana banyak pelaku aktivitas pelayaran di wilayah terpencil atau pesisir yang kesulitan dalam mendapatkan informasi peringatan dini cuaca buruk serta kurangnya pengetahuan mengenai kondisi cuaca untuk pelayaran. Untuk itu dibutuhkan sebuah sistem yang dapat memetakan setiap kondisi cuaca maritim serta secara cepat dan efisien mampu memutuskan status kondisi keamanannya untuk pelayaran.

*Fuzzy Inference System* (FIS) merupakan kerangka sistem yang didasarkan pada teori logika *fuzzy* yang mudah dimengerti dan didasarkan pada bahasa alami serta dapat mengaplikasikan pengalaman pakar secara langsung. *Fuzzy Inference System* dapat melakukan penalaran dengan prinsip yang serupa seperti penalaran manusia serta mampu memetakan ruang masukan kedalam ruang keluaran dengan menggunakan logika *fuzzy*. Proses pemetaan ini memperlihatkan dasar dari keputusan yang dibuat atau dapat memperlihatkan pola yang ada [MAR-14].

Penelitian sebelumnya yang terkait dengan metode *Fuzzy Inference System* pada kasus penentuan status keamanan pelayaran telah dilakukan oleh Prita Meilanasari dengan judul “Prediksi Cuaca Menggunakan Logika *Fuzzy* Untuk Kelayakan Pelayaran Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya”. Pada penelitian tersebut Metode *Fuzzy Inference System* yang digunakan adalah metode FIS Sugeno. Namun penerapan metode FIS Sugeno pada penelitian tersebut hanya digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang dan kecepatan arus. Sedangkan hasil penentuan kelayakan pelayaran didapatkan melalui perbandingan langsung antara hasil prediksi tinggi gelombang dan kecepatan arus yang dihasilkan sistem dengan batas maksimal ketinggian gelombang dan kecepatan arus untuk tiap-tiap kategori *Gross tonnage* (GT) Kapal. Tingkat akurasi sistem pada penelitian tersebut adalah 76,16% [MEI-10]. Selain itu penggunaan Metode FIS Sugeno sendiri masih memiliki kelemahan dimana *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier sehingga ketidakpastian dari sistem *fuzzy* tidak dapat direpresentasikan secara baik dalam metode ini [ISW-05]. Oleh karena itu, dibutuhkan metode *Fuzzy Inference System* lain yang mampu merepresentasikan sistem *fuzzy* dengan lebih baik.

Pada penelitian ini, metode *Fuzzy Inference System* (FIS) yang digunakan adalah metode FIS Tsukamoto. Metode FIS Tsukamoto merupakan metode yang dapat merepresentasikan sistem *fuzzy* dengan lebih baik karena setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy*. Selain itu, Metode FIS Tsukamoto juga dapat digunakan untuk memetakan kondisi cuaca maritim sebagai ruang masukan kedalam ruang keluaran yang berupa status keamanan pelayaran dengan menggunakan logika *fuzzy*. Digunakannya metode FIS Tsukamoto juga didasarkan pada adanya kemungkinan ketidakpastian dalam menentukan tingkat status keamanan pelayaran berdasarkan kondisi cuaca maritim.

Penelitian terkait dengan metode FIS Tsukamoto adalah penelitian yang dilakukan oleh Galuh Mazenda R.A. dengan judul “Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai”. Pada penelitian tersebut digunakan tujuh parameter kimia dan fisika air untuk menentukan kualitas air sungai. Metode FIS Tsukamoto

digunakan untuk menentukan kualitas air sungai kedalam empat kelas yaitu memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat. Tingkat akurasi yang dihasilkan oleh sistem adalah sebesar 90% [MAZ-15].

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan diatas, penulis melakukan penelitian dengan judul “Implementasi Metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto untuk Menentukan Status Keamanan Pelayaran Berdasarkan Faktor Cuaca Maritim”. Penelitian ini akan memberikan sebuah informasi tentang status keamanan pelayaran berdasarkan kondisi kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus serta jarak pandang (*visibilty*) di wilayah perairan untuk setiap kategori GT kapal.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah mengimplementasikan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto untuk menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan faktor cuaca maritim?
2. Bagaimanakah tingkat akurasi yang dihasilkan dari sistem penentuan status keamanan pelayaran berdasarkan faktor cuaca maritim dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto?
3. Apakah pengaruh dari perubahan jumlah parameter yang digunakan terhadap tingkat akurasi dari sistem penentuan status keamanan pelayaran berdasarkan faktor cuaca maritim dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto?
4. Bagaimanakah tingkat korelasi antara nilai tiap parameter dengan nilai hasil *output* metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini dibuat agar hasil penelitian yang didapatkan sesuai dengan harapan dan tidak meluas ke permasalahan di bidang lain yang tidak dibahas pada penelitian ini. Batasan-batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter cuaca maritim yang digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran meliputi kondisi kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus dan jarak pandang (*visibility*).
2. *Output* atau keluaran yang dihasilkan sistem adalah berupa tingkat presentase bahaya dari kondisi cuaca maritim yang kemudian diklasifikasikan kedalam kategori status kondisi keamanan pelayaran yang meliputi status berbahaya dan tidak berbahaya untuk kategori kapal dibawah 2000 *Gross tonnage (GT)* dan kategori kapal diatas 2000 *Gross tonnage (GT)*.
3. Pada penelitian ini tidak menggunakan faktor keamanan pelayaran seperti faktor *human error* sebagai parameter atau dasar pengambilan keputusan.
4. Data cuaca maritim yang digunakan untuk penelitian ini diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim Perak II Surabaya.

#### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah sistem atau aplikasi yang berfungsi untuk menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan faktor cuaca maritim dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto serta menghitung tingkat akurasi yang dihasilkan oleh sistem ini.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Membantu BMKG dan para pelaku aktivitas pelayaran dalam mengetahui status keamanan pelayaran berdasarkan kondisi cuaca maritim dengan lebih cepat dan efisien.
2. Membantu mengantisipasi kejadian kecelakaan pelayaran yang diakibatkan oleh kondisi cuaca yang buruk.
3. Memberikan kontribusi terhadap penerapan dan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya tentang penerapan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam menyusun laporan penelitian adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini membahas tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas tentang *review* penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini dan dasar-dasar teori serta referensi yang menjadi acuan dalam penelitian seperti teori tentang keamanan pelayaran, kondisi cuaca maritim, dan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto.

### **BAB III METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN**

Pada bab ini membahas tentang metode yang digunakan dalam penelitian, alur atau tahapan penelitian, dan skema perancangan sistem.

### **BAB IV IMPLEMENTASI**

Pada bab ini membahas tentang proses implementasi sistem dan hasil dari implementasi sistem.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Pada bab ini membahas tentang proses pengujian sistem dan analisis hasil pengujian sistem.

### **BAB VI PENUTUP**

Pada bab ini membahas tentang kesimpulan hasil penelitian serta saran untuk pengembangan sistem agar lebih baik.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi kajian pustaka yang membahas mengenai *review* dari penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini dan membahas mengenai dasar teori yang menjadi acuan penelitian seperti teori tentang pelayaran, cuaca maritim dan *Fuzzy Inference System* Tsukamoto.

#### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian terkait mengenai penentuan status keamanan pelayaran sebelumnya telah dilakukan oleh Prita Meilanasari dengan judul “Prediksi Cuaca Menggunakan Logika *Fuzzy* Untuk Kelayakan Pelayaran Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya”. Dalam penelitian tersebut, penentuan kelayakan pelayaran didasari oleh unsur cuaca maritim yang meliputi kecepatan angin, tinggi gelombang dan kecepatan arus. Proses penentuan kelayakan pelayaran diawali dengan memprediksi tinggi gelombang dan kecepatan arus dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Takagi Sugeno. Metode *Fuzzy C-Means* digunakan untuk pengelompokan data cuaca maritim serta pembentukan fungsi keanggotaan. Data yang telah dikelompokkan berdasarkan *Fuzzy C-Means* kemudian dibuat aturan yang disebut *IF-THEN rules*. Proses selanjutnya adalah inferensi dengan menggunakan metode FIS Takagi-Sugeno. Hasil keluaran yang dihasilkan adalah berupa nilai kecepatan arus dan tinggi gelombang yang kemudian diubah menjadi bahasa linguistik sesuai dengan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Setelah itu, hasil keluaran untuk tinggi gelombang dan kecepatan arus yang berbentuk linguistik dibandingkan secara langsung dengan variabel kelayakan pelayaran yang terdiri dari Kategori GT (*Gross tonnage*) kapal dan kondisi batas maksimal ketinggian gelombang dan kecepatan arus yang aman untuk masing-masing GT kapal. Tingkat akurasi yang dihasilkan sistem pada penelitian tersebut adalah 76,16% [MEI-10].

Pada penelitian tersebut, metode *Fuzzy C-Means* dan metode *Fuzzy Inference FIS* Takagi Sugeno digunakan untuk mencari prediksi tinggi gelombang dan kecepatan arus. Selain itu penggunaan Metode FIS Sugeno sendiri masih memiliki kelemahan dimana *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier sehingga ketidakpastian dari sistem *fuzzy* tidak dapat direpresentasikan secara baik [ISW-05].

Hal yang berbeda dengan penelitian sebelumnya adalah penulis menggunakan metode FIS Tsukamoto yang lebih baik dalam merepresentasikan sistem *fuzzy* karena setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy*. Pada penelitian ini, terdapat empat parameter *input* yang meliputi kecepatan angin, ketinggian gelombang, kecepatan arus dan jarak pandang (*visibility*). Proses penentuan status keamanan diawali dengan membuat himpunan *fuzzy* untuk tiap-tiap variabel *input* serta mencari derajat keanggotaannya. Proses selanjutnya adalah proses inferensi yang dimulai dengan mencari nilai  *$\alpha$ -predikat* dari tiap-tiap kombinasi aturan dengan menggunakan fungsi implikasi MIN. Nilai  *$\alpha$ -predikat* yang telah didapatkan digunakan untuk mencari *output* inferensi dari tiap-tiap aturan. Setelah *output* inferensi didapatkan, maka untuk mendapatkan hasil akhir dilakukan proses defuzzifikasi metode *weighted average* yang akan menghasilkan *output* berupa presentase tingkat keamanan pelayaran untuk tiap kategori GT kapal. Nilai tersebut kemudian diklasifikasikan kedalam kategori berbahaya dan tidak berbahaya.

Sedangkan penelitian yang terkait dengan penerapan metode FIS Tsukamoto pernah dilakukan oleh Galuh Mazenda R.A. dengan judul “Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai”. Dalam menentukan kualitas air sungai, digunakan tujuh variabel unsur-unsur fisika dan kimia air yang meliputi residu tersuspensi (TSS), BOD, COD, DO, pH, Fenol, serta minyak dan lemak. Proses penentuan kualitas air dimulai dengan membuat himpunan *fuzzy* untuk masing-masing variabel. Kemudian dilanjutkan dengan proses fuzzifikasi atau menghitung derajat keanggotaan masing-masing variabel dengan bentuk representasi kurva segitiga. Tahap selanjutnya adalah proses inferensi yaitu

mencari nilai  $\alpha$ -predikat dengan metode implikasi MIN dan nilai dari variabel *output* dari setiap aturan yang telah dibuat. Langkah terakhir adalah proses defuzzifikasi dengan menggunakan metode *weighted average* dan hasilnya diklasifikasikan kedalam *fuzzy* kesimpulan yang terdiri dari empat klasifikasi yang meliputi tercemar berat, tercemar sedang, tercemar ringan dan memenuhi baku mutu. Tingkat akurasi dari 60 data uji yang dihasilkan oleh sistem adalah 90% [MAZ-15]. Selain dari segi objek yang berbeda, perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian yang dilakukan penulis terletak pada proses fuzzifikasi atau penentuan derajat keanggotaan. Pada penelitian ini, fungsi keanggotaan yang digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan dari tiap-tiap variabel adalah fungsi representasi kurva trapesium dan kurva bahu. Selain itu terdapat dua kali proses inferensi untuk mencari nilai  $\alpha$ -predikat serta hasil output inferensi dari tiap-tiap aturan untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT. Selanjutnya adalah proses defuzzifikasi yang bertujuan untuk menghitung tingkat presentase bahaya dari cuaca maritim untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT dengan menggunakan metode *weighted average*.

Penelitian lain yang terkait dengan penerapan metode FIS Tsukamoto juga pernah dilakukan oleh M. Alfian Eka dengan judul “Sistem Pakar Penentuan Resiko Mengalami *Sudden Cardiac Death* Menggunakan Metode *Fuzzy Tsukamoto*”. Pada penelitian tersebut, terdapat lima parameter yang digunakan dalam menentukan tingkat seseorang mengalami *Sudden Cardiac Death* yang didapatkan dari pengolahan data dengan menggunakan metode *Pointcare Plot of RR-Interval Differences* (PORRID). Nilai yang dihasilkan oleh metode PORRID kemudian diproses dengan metode FIS Tsukamoto untuk menentukan tingkat resiko seseorang mengalami *Sudden Cardiac Death*. Langkah pertama adalah menentukan derajat keanggotaan dari tiap-tiap variabel. Langkah selanjutnya adalah proses inferensi yaitu mencari nilai  $\alpha$ -predikat dengan metode implikasi MIN dan nilai dari variabel *output* dari aturan yang terkait. Hasil *output* yang dihasilkan berupa presentasi tingkat seseorang mengalami *Sudden Cardiac Death*. Apabila diatas 60% maka seseorang tersebut memiliki resiko tinggi untuk mengalami *Sudden Cardiac Death*. Dari hasil pengujian 24 data, didapatkan tingkat akurasi sistem sebesar 80% [EKA-15].

Hasil tingkat akurasi yang baik pada penerapan metode FIS Tsukamoto untuk penentuan kualitas air dan tingkat resiko penyakit *Sudden Cardiac Death* membuat penulis tertarik mengimplementasikan metode FIS Tsukamoto untuk menentukan status keamanan pelayaran. Selain itu, diharapkan metode FIS Tsukamoto juga mampu memetakan *input* kondisi cuaca maritim kedalam *output* yang berupa status keamanan pelayaran dengan menggunakan logika *fuzzy*. Parameter *input* yang digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran meliputi variabel kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus dan unsur jarak pandang (*visibility*). Sedangkan *output* yang dihasilkan sistem adalah status keamanan pelayaran yang terdiri dari status berbahaya dan tidak berbahaya.

## 2.2 Pelayaran

Definisi pelayaran menurut Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang pelayaran adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas angkutan di perairan, kepelabuhanan, keselamatan dan keamanan, serta perlindungan lingkungan maritim. Setiap kapal yang akan berlayar juga harus memenuhi syarat kelaiklautan kapal. Kelaiklautan kapal adalah keadaan kapal yang memenuhi persyaratan keselamatan kapal, pencegahan pencemaran perairan dari kapal, pengawakan, garis muat, pemuatan, kesejahteraan Awak Kapal dan kesehatan penumpang, status hukum kapal, manajemen keselamatan dan pencegahan pencemaran dari kapal, dan manajemen keamanan kapal untuk berlayar di perairan tertentu.

Keselamatan dan keamanan merupakan prioritas utama dalam setiap kegiatan pelayaran. Keselamatan dan keamanan pelayaran adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dan keamanan yang menyangkut angkutan di perairan, kepelabuhanan, dan lingkungan maritim. Syarat keamanan dan keselamatan pelayaran yang diabaikan atau tidak terpenuhi dapat meningkatkan resiko terjadinya kecelakaan pelayaran. Penyebab terjadinya kecelakaan pelayaran diakibatkan oleh tiga faktor utama yaitu [TRA-09]:

### 1. Faktor Manusia

Merupakan faktor yang diakibatkan karena kecerobohan, ketidaktahuan serta kesalahan yang dilakukan oleh manusia seperti kecerobohan didalam menjalankan kapal, kurang mampuan awak kapal dalam menguasai

berbagai permasalahan yang mungkin timbul dalam operasional kapal dan secara sadar memuat kapal secara berlebihan.

## 2. Faktor Teknis

Faktor teknis biasanya terkait dengan kurang cermatan didalam desain kapal, penelantaran perawatan kapal sehingga mengakibatkan kerusakan kapal atau bagian-bagian kapal yang menyebabkan kapal mengalami kecelakaan.

## 3. Faktor Alam

Faktor alam seperti cuaca memiliki pengaruh yang besar terhadap kegiatan pelayaran. cuaca buruk merupakan permasalahan yang seringkali dianggap sebagai penyebab utama dalam kecelakaan laut. Kondisi cuaca buruk yang biasanya dialami adalah badai, gelombang yang tinggi yang dipengaruhi oleh musim/badai, arus yang besar, dan kabut yang mengakibatkan jarak pandang yang terbatas.

### 2.3 Cuaca Maritim

Cuaca adalah keadaan atau kondisi fisik atmosfer pada suatu tempat pada suatu saat. Keadaan fisik atmosfer ini dinyatakan atau diungkapkan dengan hasil pengukuran berbagai unsur cuaca misalnya, suhu, tekanan udara, kelembapan, angin, curah hujan, penyinaran matahari dan lainnya [SUR-14]. Jangkauan dari cuaca meliputi wilayah yang relatif sempit dan pada jangka waktu yang singkat.

Cuaca maritim merupakan keadaan atau kondisi fisik atmosfer pada suatu wilayah perairan. Cuaca maritim memiliki pengaruh besar bagi setiap kegiatan yang dilakukan di wilayah perairan seperti kegiatan pelayaran. Unsur cuaca maritim yang sangat berpengaruh bagi kegiatan pelayaran meliputi kondisi kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus dan jarak pandang pada saat diwilayah perairan.

#### 2.3.1 Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah yang bertekanan udara lebih rendah [HAK-10]. Pergerakan udara ini disebabkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Perbedaan tekanan udara pada suatu wilayah disebabkan karena perbedaan intensitas dalam menerima energi panas Matahari. Daerah yang

menerima energi panas matahari lebih besar akan mempunyai suhu udara yang lebih panas dan tekanan udara yang cenderung lebih rendah. Angin mempunyai arah dan kecepatan yang ditentukan oleh perbedaan tekanan. Semakin besar perbedaan tekanan udara pada suatu daerah maka semakin besar kecepatan angin yang berhembus [SIS-14]. Angin memiliki tiga sifat yang sangat penting yaitu [HAK-10]:

1. Kekuatan Angin

Menurut hukum Stevenson, kekuatan angin berbanding lurus dengan gradien barometriknya. Gradien barometrik ialah angka yang menunjukkan perbedaan tekanan udara dari dua isobar pada tiap jarak 15 meridian (111 km).

2. Arah Angin

Satuan yang digunakan untuk besaran arah angin biasanya adalah derajat. Alat yang digunakan untuk mengetahui arah angin dinamakan *Wind Vane*. *Wind vane* terdiri dari sebuah jarum penunjuk berbentuk anak panah yang dapat bergerak bebas sesuai dengan arah atau hembusan angin. Arah angin dipengaruhi oleh gradient barometrik, rotasi bumi dan kekuatan yang menahan atau rintangan.

3. Kecepatan Angin

Atmosfer ikut berotasi dengan bumi. Molekul-molekul udara mempunyai kecepatan gerak ke arah timur, sesuai dengan arah rotasi bumi. Kecepatan gerak tersebut disebut kecepatan linier. Bentuk bumi yang bulat ini menyebabkan kecepatan linier makin kecil jika makin dekat ke arah kutub. Selain itu kecepatan angin juga dipengaruhi oleh gradien barometris, relief permukaan bumi, ketinggian tempat, letak lintang serta panjang siang dan malam. Alat untuk mengukur kecepatan angin adalah Anemometer. Satuan yang digunakan untuk merepresentasikan kecepatan angin adalah Knot.

Kecepatan angin merupakan salah satu unsur cuaca yang diperhitungkan dalam setiap kegiatan pelayaran. Berdasarkan hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar pada Lampiran 1, maka dapat ditentukan klasifikasi kecepatan angin untuk kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut :

**Tabel 2.1** Klasifikasi Kecepatan Angin untuk Pelayaran

Kecepatan Angin (knot)	Klasifikasi
0-5	Lemah
5-15	Sedang
15-25	Kencang
>25	Sangat Kencang

### 2.3.2 Gelombang Laut

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Secara umum, gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan akhirnya berubah menjadi sebuah gelombang laut atau ombak. Arah gelombang laut atau ombak juga ditentukan oleh arah angin berhembus. Semakin tinggi kecepatan angin yang berhembus maka gelombang laut juga akan semakin tinggi dan semakin berbahaya bagi kegiatan di wilayah laut. Sebuah gelombang terdiri dari beberapa bagian antara lain [KUR-12]:

1. Puncak gelombang (*Crest*) adalah titik tertinggi dari sebuah gelombang.
2. Lembah gelombang (*Trough*) adalah titik terendah gelombang, diantara dua puncak gelombang.
3. Panjang gelombang (*Wave length*) adalah jarak mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.
4. Tinggi gelombang (*Wave height*) adalah jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang.
5. Priode gelombang (*Wave period*) adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik.

Gelombang/ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh [KUR-12]:

1. Angin (gelombang angin).
2. Gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (gelombang pasang-surut).
3. Gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami).
4. Gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

Berdasarkan dari hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar pada Lampiran 1, maka dapat ditentukan klasifikasi ketinggian gelombang sebagai acuan kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut :

**Tabel 2.2** Klasifikasi Tinggi Gelombang untuk Pelayaran

Tinggi Gelombang (meter)	Klasifikasi
0.0-1.3	Rendah
1.3-2.0	Sedang
2.0-2.5	Tinggi
>2.5	Sangat Tinggi

### 2.3.3 Arus Laut

Arus laut adalah gerakan massa air dari suatu tempat (posisi) ke tempat yang lain. Arus laut terjadi dimana saja di laut. Pada hakekatnya, energi yang menggerakkan massa air laut tersebut berasal dari matahari. Adanya perbedaan pemanasan matahari terhadap permukaan bumi menimbulkan pula perbedaan energi yang diterima permukaan bumi. Perbedaan ini menimbulkan fenomena arus laut dan angin yang menjadi mekanisme untuk menyeimbangkan energi di seluruh muka bumi. Kedua fenomena ini juga saling berkaitan erat satu dengan yang lain. Angin merupakan salah satu gaya utama yang menyebabkan timbulnya arus laut selain gaya yang timbul akibat dari tidak samanya tingkat pemanasan dan pendinginan air laut [AZI-06].

Menurut Nining (2002) sirkulasi dari arus laut terbagi atas dua kategori yaitu sirkulasi di permukaan laut (*surface circulation*) dan sirkulasi di dalam laut (*intermediate or deep circulation*). Arus pada sirkulasi di permukaan laut didominasi oleh arus yang ditimbulkan oleh angin sedangkan sirkulasi di dalam laut didominasi oleh arus termohalin. Arus termohalin timbul sebagai akibat adanya perbedaan densitas karena berubahnya suhu dan salinitas massa air laut. Menurut Gross (1990), faktor penyebab terjadinya arus terdiri dari empat bagian, yaitu:

1. Gesekan angin
2. Gaya pasang surut
3. Perbedaan densitas air laut
4. Gaya gradien tekanan mendatar serta gaya coriolis.

Berikut adalah klasifikasi kecepatan arus sebagai acuan kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut [TAM-13] :

**Tabel 2.3** Klasifikasi Kecepatan Arus untuk Pelayaran

Kecepatan Arus (cm/s)	Klasifikasi
0-25	Lambat
25-50	Sedang
50-100	Cepat
>100	Sangat Cepat

Sumber: [TAM-13]

#### 2.3.4 Jarak Pandang (*Visibility*)

Jarak pandang (*visibility*) adalah jarak terjauh terhadap suatu objek yang masih dapat dilihat dengan mata telanjang atau tanpa alat bantu apapun. Jarak pandang (*visibility*) merupakan tingkat kejernihan (transparansi) daripada atmosfer sehubungan dengan penglihatan manusia yang dinyatakan dalam satuan jarak. Dalam keadaan atmosfer yang sama, nilai *visibility* pada malam hari harus sama seperti yang diperoleh pada siang hari. Jarak pandang yang sempit bisa sangat berbahaya bagi transportasi khususnya untuk transportasi laut dan udara. Karena itulah banyak terjadi kecelakaan kapal dan pesawat yang disebabkan oleh jarak pandang yang rendah. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jarak pandang yaitu [DEP-07]:

##### 1. Hujan Deras

Pada dasarnya hujan didefinisikan sebagai partikel-partikel air yang jatuh ke permukaan bumi berbentuk kepingan dengan diameter 0.5 mm atau kurang. Hujan deras dengan butiran partikel yang rapat dapat mengurangi jarak pandang.

##### 2. *Smoke* (Asap)

*Smoke* atau asap adalah partikel kering yang mengambang di atmosfer dan bisa bergerak mendekati permukaan bumi, baik di darat maupun di laut. Biasanya *smoke* merupakan hasil dari proses pembakaran. *Smoke* yang berasal dari hasil pembakaran di daratan bergerak bersama dengan gerakan angin ke laut. *Smoke* yang bercampur dengan udara di atas lautan akan memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengendap ke permukaan air sehingga mengakibatkan berkurangnya jarak pandang.

### 3. Fog (Kabut)

Pada dasarnya *fog* (kabut) adalah awan yang berada dekat permukaan bumi yang mengandung jutaan butir air yang sangat kecil. *Fog* tidak hanya terjadi di daratan tapi bisa juga terjadi di atas lautan. Di dunia pelayaran fog dapat mengurangi jarak pandang hingga kurang dari 1 km.

Berdasarkan dari hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar pada Lampiran 2, maka dapat ditentukan klasifikasi jarak pandang sebagai acuan kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut :

**Tabel 2.4** Klasifikasi Jarak Pandang (*Visibility*) untuk Pelayaran

Jarak Pandang (meter)	Klasifikasi
0-500	Rendah
500-1000	Sedang
>1000	Tinggi

### 2.4 Tonase Kapal

Tonase kapal adalah volume kapal yang dinyatakan dalam tonase kotor atau *Gross Tonnage* (GT) dan tonase bersih atau *Net Tonnage* (NT). Pengukuran Tonase kapal berfungsi untuk menunjukkan ukuran besarnya kapal serta jumlah kapasitas muatnya. Selain itu tonase dipergunakan pula sebagai batasan-batasan terhadap berlakunya syarat-syarat keselamatan kapal ataupun beberapa syarat lainnya. *Gross tonnage* adalah volume kapal secara keseluruhan yang diperoleh dari pengukuran yang dilakukan berdasarkan standar metode pengukuran kapal non konvensi [HID-14]. Semakin tinggi GT kapal maka semakin tinggi pula ketahanannya terhadap kondisi cuaca maritim. Berdasarkan hasil wawancara dengan pakar pada Lampiran 1, terdapat dua jenis kategori kapal berdasarkan *Gross Tonnage* atau tonase kotornya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut:

**Tabel 2.5** Klasifikasi Kapal Berdasarkan *Gross tonnage*

GT Kapal	Jenis Kapal
$\leq 2000$ GT	- Kapal Nelayan - Kapal Tongkang - Kapal Layar Motor - Kapal Ferry Kecil
$> 2000$ GT	- Kapal Ferry Besar - Kapal Tanker - Kapal Barang

## 2.5 Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG)

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) adalah Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) yang bertanggung jawab langsung kepada presiden. BMKG bertugas mengamati, melayani serta menyediakan informasi tentang fenomena meteorologi, klimatologi, kualitas udara, dan geofisika. BMKG telah banyak memberikan informasi baik dikalangan instansi pemerintah maupun masyarakat secara umum, diantaranya seperti pelayanan informasi di bidang penerbangan, pelayaran, lingkungan hidup, penanggulangan bencana alam maupun bidang konstruksi. BMKG menjalankan tugas pemerintah berdasarkan ketentuan perundang-undangan yang berlaku yaitu Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2008 [BMK-10].

Sejarah terbentuknya BMKG dimulai pada tahun 1841 diawali dengan pengamatan yang dilakukan secara perorangan oleh Dr. Onnen, Kepala Rumah Sakit di Bogor. Tahun demi tahun kegiatannya berkembang sesuai dengan semakin diperlukannya data hasil pengamatan cuaca dan geofisika. Pada tahun 1866, kegiatan pengamatan perorangan tersebut oleh Pemerintah Hindia Belanda diresmikan menjadi instansi pemerintah dengan nama *Magnetisch en Meteorologisch Observatorium* atau Observatorium Magnetik dan Meteorologi dipimpin oleh Dr. Bergsma. Pada kurun waktu tahun 1942 hingga tahun 1980, BMKG mengalami pergantian nama sebanyak delapan kali. Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) merupakan nama terakhir yang digunakan sebelum nama BMKG. Pada tahun 1980, BMG merupakan suatu instansi yang masih di bawah Departemen Perhubungan. Pada tahun 2002, melalui Keputusan Presiden RI Nomor 46 dan 48 tahun 2002, struktur organisasinya diubah menjadi Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) dengan nama tetap Badan Meteorologi dan Geofisika. Kemudian melalui Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2008, BMG berganti nama menjadi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang masih aktif hingga sekarang [BMK-10].

## 2.6 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Logika *fuzzy* merupakan pengembangan dari logika klasik. Logika klasik merupakan logika yang hanya mempunyai dua nilai kebenaran, yaitu 0 (salah) dan 1 (benar), sedangkan logika *fuzzy* memiliki nilai kebenaran yang berada pada interval 0 hingga 1. Logika *fuzzy* umumnya diterapkan pada masalah-masalah yang mengandung unsur ketidakpastian.

Logika *fuzzy* didasari oleh suatu himpunan *fuzzy*. Setiap nilai elemen di dalam semesta pada suatu himpunan *fuzzy* akan memiliki derajat keanggotaan yang menyatakan sejauh mana elemen tertentu menjadi bagian dalam himpunan *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* kedalam suatu ruang *output* serta logika *fuzzy* memiliki sifat yang fleksibel dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat [KUS-04].

### 2.6.1 Komponen Logika Fuzzy

Terdapat beberapa komponen yang perlu diketahui dalam konsep logika *fuzzy*, yaitu [KUS-04]:

1. Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang dibahas dalam sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dan sebagainya.

2. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *Fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *Fuzzy*.

Contoh:

- a. Variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: MUDA, PAROBAYA, dan TUA.
- b. Variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

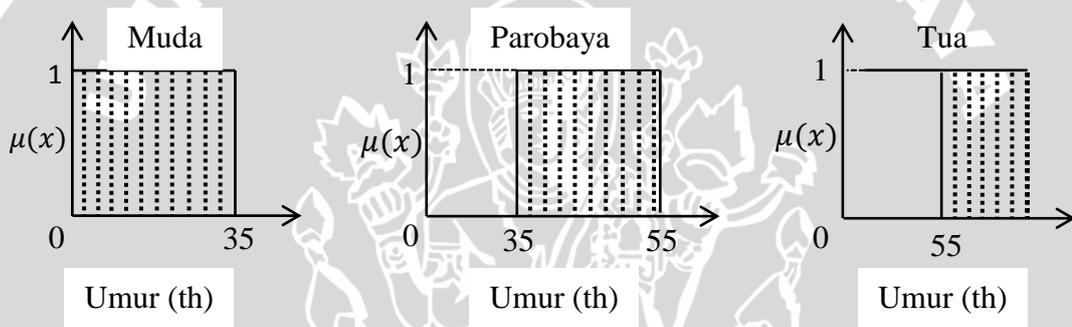
- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.

- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dan sebagainya.

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan, yaitu:

- a. satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan,
- b. nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Nilai keanggotaan secara grafis dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.1 berikut:



**Gambar 2.1** Himpunan *Crisp* untuk Variabel Umur

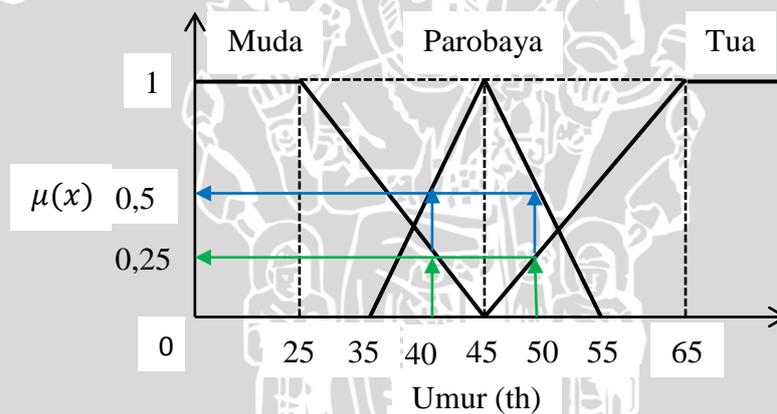
**Sumber:** [KUS-04]

Pada Gambar 2.1, dapat ditunjukkan bahwa:

- a. apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA ( $\mu_{MUDA}[34]=1$ ).
- b. apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ( $\mu_{MUDA}[35]=0$ ).
- c. apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ( $\mu_{MUDA}[35 \text{ th} - 1\text{hr}]=0$ ).
- d. apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ( $\mu_{PAROBAYA}[35]=1$ ).
- e. apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ( $\mu_{PAROBAYA}[34]=0$ ).

- f. apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ( $\mu_{\text{PAROBAYA}}[35]=1$ ).
- g. apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ( $\mu_{\text{PAROBAYA}}[35 \text{ th} - 1 \text{ hr}]=0$ ).

Berdasarkan contoh diatas, Pemakaian himpunan *crisp* untuk menyatakan umur sangat tidak adil, adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan. Himpunan *Fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut. Seseorang dapat masuk dalam dua himpunan yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA, dan sebagainya. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya. Himpunan *Fuzzy* untuk variabel umur dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.2 berikut:



**Gambar 2.2** Himpunan *Fuzzy* untuk Variabel Umur  
**Sumber:** [KUS-04]

Pada Gambar 2.2, dapat ditunjukkan bahwa:

- Seseorang yang berumur 40 tahun, termasuk dalam himpunan MUDA dengan  $\mu_{\text{MUDA}}[40]=0,25$ ; namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan  $\mu_{\text{PAROBAYA}}[40]=0,5$ .
- Seseorang yang berumur 50 tahun, termasuk dalam himpunan TUA dengan  $\mu_{\text{TUA}}[50]=0,25$ ; namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA dengan  $\mu_{\text{PAROBAYA}}[50]=0,5$ .

Pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada dua kemungkinan, yaitu 0 atau 1, pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan *fuzzy*  $\mu_A[x] = 0$  berarti  $x$  tidak menjadi anggota himpunan  $A$ , demikian pula apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan *fuzzy*  $\mu_A[x]=1$  berarti  $x$  menjadi anggota penuh pada himpunan  $A$ .

### 3. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh:

- Semesta pembicaraan untuk variabel umur:  $[0 +\infty)$
- Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur:  $[0 40]$

### 4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

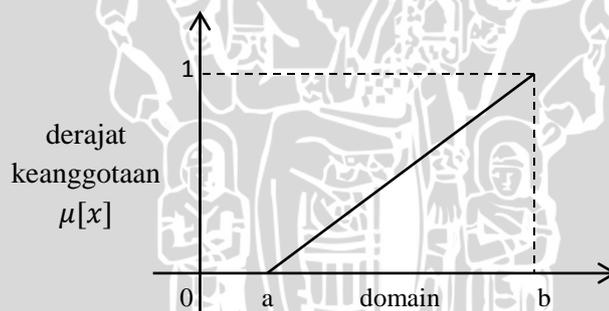
## 2.6.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan logika *fuzzy* digunakan untuk menghitung derajat keanggotaan suatu himpunan *fuzzy*. Setiap istilah linguistik diasosiasikan dengan *fuzzy set*, yang masing-masing memiliki fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan. Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Terdapat tujuh macam representasi

fungsi keanggotaan dalam logika *fuzzy* yaitu, representasi linier, representasi kurva segitiga, representasi kurva trapesium, representasi kurva bahu, representasi kurva lonceng dan representasi koordinat keanggotaan. Berikut beberapa penjelasan tentang bentuk representasi fungsi keanggotaan yang bisa digunakan dalam penalaran *fuzzy*, yaitu [KUS-04]:

1. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai sebuah garis lurus. Bentuk ini merupakan bentuk yang paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy linier*. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai *domain* yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi yang disebut dengan representasi fungsi linier naik. Fungsi keanggotaan dari representasi linier naik dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.3 berikut:



**Gambar 2.3** Representasi Linier Naik  
**Sumber:** [KUS-04]

Dalam menentukan fungsi keanggotaan variabel yang memiliki unsur representasi linier naik, maka dapat digunakan rumus fungsi persamaan linier dua titik seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-1) berikut:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \dots\dots\dots (2-1)$$

Berdasarkan dari Gambar 2.3 dari representasi linier naik yang direpresentasikan dengan garis lurus yang melalui dua titik dengan koordinat (a,0) dan (b,1) maka didapatkan rumus persamaan sebagai berikut :

Titik (a,0) maka :  $x_1 = a$  dan  $y_1 = 0$

Titik (b,1) maka :  $x_2 = b$  dan  $y_2 = 1$

Persamaannya adalah :

$$\frac{y_1 - y}{y_2 - y_1} = \frac{x_1 - x}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{0 - y}{1 - 0} = \frac{a - x}{b - a}$$

$$-y = \frac{a - x}{b - a}$$

$$-y = \frac{a - x}{b - a}$$

$$y = -1 \times \frac{a - x}{b - a}$$

$$y = \frac{x - a}{b - a}$$

Jadi, fungsi keanggotaan dari representasi linier naik dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti pada Persamaan (2-2) berikut :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan:

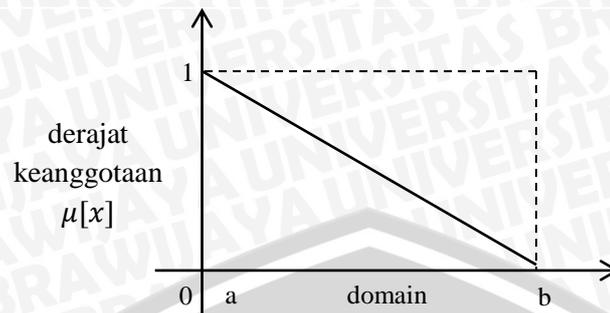
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai *domain* dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah yang disebut dengan representasi fungsi linier turun. Fungsi keanggotaan dari representasi linier turun dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.4 berikut:





**Gambar 2.4** Representasi Linier Turun  
**Sumber:** [KUS-04]

Dalam menentukan fungsi keanggotaan variabel yang memiliki unsur representasi linier turun, maka digunakan rumus fungsi persamaan linier seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-1) sebelumnya. Berdasarkan dari Gambar 2.4 dari representasi linier turun yang direpresentasikan dengan garis lurus yang melalui dua titik dengan koordinat (a,1) dan (b,0) maka didapatkan rumus persamaan sebagai berikut :

Titik (a,1) maka :  $x_1 = a$  dan  $y_1 = 1$

Titik (b,0) maka :  $x_2 = b$  dan  $y_2 = 0$

persamaannya adalah :

$$\frac{y_1 - y}{y_2 - y_1} = \frac{x_1 - x}{x_2 - x_1}$$

$$\frac{1 - y}{0 - 1} = \frac{a - x}{b - a}$$

$$\frac{1 - y}{-1} = \frac{a - x}{b - a}$$

$$(b - a) - y(b - a) = (a - x) - 1$$

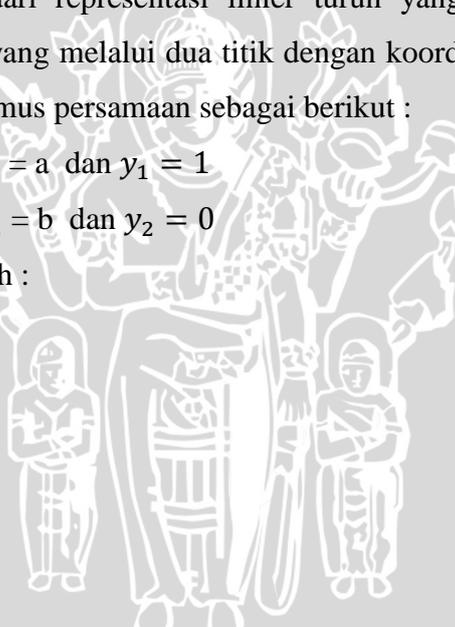
$$(b - a) - y(b - a) = x - a$$

$$-y(b - a) = x - a - b + a$$

$$-y(b - a) = x - b$$

$$-y = \frac{x - b}{b - a}$$

$$y = -1 \times \frac{x - b}{b - a}$$



$$y = \frac{(b - x)}{(b - a)}$$

Jadi, fungsi keanggotaan dari representasi linier turun dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti pada Persamaan (2-3) berikut :

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan:

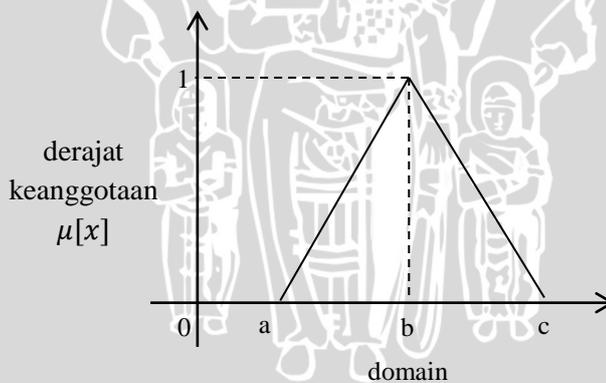
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linier*). Nilai-nilai disekitar b memiliki derajat keanggotaan turun cukup tajam (menjauhi 1). Fungsi keanggotaan dari representasi kurva segitiga dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.5 berikut:



**Gambar 2.5** Representasi Kurva Segitiga  
**Sumber:** [KUS-04]

Fungsi keanggotaan dari representasi kurva segitiga terdiri atas unsur gabungan dari representasi linier naik dan representasi linier turun. Sehingga penentuan fungsi keanggotaan dari representasi kurva segitiga didapatkan dari Persamaan (2-2) untuk unsur representasi linier naik dan Persamaan (2-3) untuk unsur representasi linier turun. Fungsi



keanggotaan dari representasi kurva segitiga dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti pada Persamaan (2-4) berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

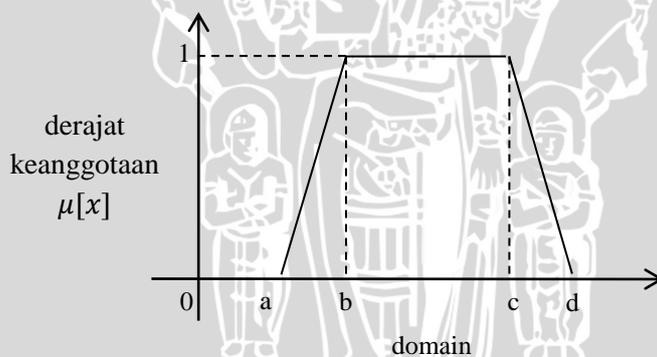
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

### 3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Fungsi keanggotaan dari representasi kurva Trapesium dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.6 berikut:



**Gambar 2.6** Representasi Kurva Trapesium

**Sumber:** [KUS-04]

Fungsi keanggotaan dari representasi kurva trapesium memiliki unsur representasi linier naik dan representasi linier turun. Sehingga penentuan fungsi keanggotaan dari representasi kurva trapesium didapatkan dari Persamaan (2-2) untuk unsur representasi linier naik dan Persamaan (2-3) untuk unsur representasi linier turun. Fungsi keanggotaan dari representasi kurva trapesium dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan seperti pada Persamaan (2-5) berikut:

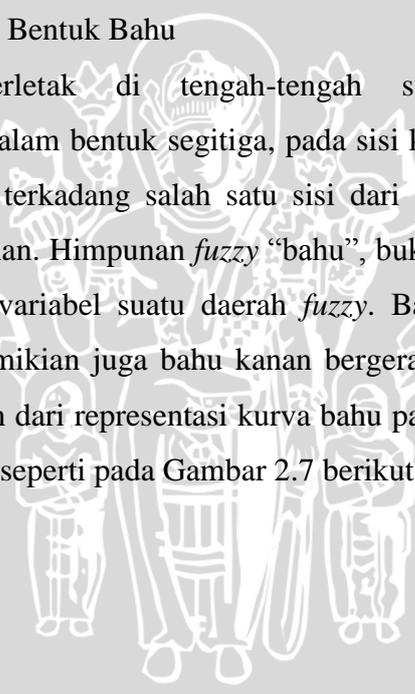
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ or } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases} \dots\dots\dots (2-5)$$

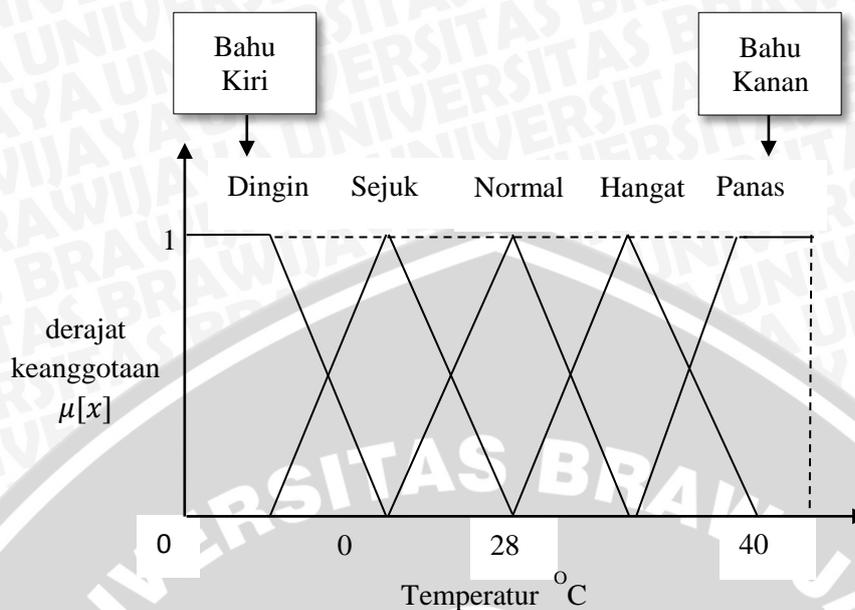
Keterangan:

- a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

4. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Himpunan *fuzzy* “bahu”, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Fungsi keanggotaan dari representasi kurva bahu pada variabel temperatur dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.7 berikut:





**Gambar 2.7** Representasi Kurva Bahu Variabel Temperatur  
**Sumber:** [KUS-04]

### 2.6.3 Operasi Himpunan Fuzzy

Seperti halnya himpunan konvensional, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama fire strength atau  $\alpha$ -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu [KUS-04]:

1. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Bentuk persamaan dari fungsi keanggotaan yang menggunakan operator AND adalah sebagai berikut :

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Contoh :

Misalkan nilai keanggotaan 27 tahun pada himpunan MUDA adalah 0,6 ( $\mu_{MUDA}[27]=0,6$ ) dan nilai keanggotaan Rp 2.000.000 pada himpunan penghasilan TINGGI adalah 0,8 ( $\mu_{GAJITINGGI}[2 \times 10^6]=0,8$ ), maka  $\alpha$ -predikat untuk usia MUDA dan berpenghasilan TINGGI adalah:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{MUDA} \cap \text{GAJITINGGI}} &= \min(\mu_{\text{MUDA}}[27], \mu_{\text{GAJITINGGI}}[2 \times 10^6]) \\ &= \min(0,6; 0,8) \\ &= 0,6\end{aligned}$$

### 2. Operator *OR*

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *OR* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. Bentuk persamaan dari fungsi keanggotaan yang menggunakan operator *OR* adalah sebagai berikut:

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y])$$

Contoh :

Misalkan nilai keanggotaan 27 tahun pada himpunan MUDA adalah 0,6 ( $\mu_{\text{MUDA}}[27]=0,6$ ) dan nilai keanggotaan Rp 2.000.000 pada himpunan penghasilan TINGGI adalah 0,8 ( $\mu_{\text{GAJITINGGI}}[2 \times 10^6]=0,8$ ), maka  $\alpha$ -predikat untuk usia MUDA dan berpenghasilan TINGGI adalah:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{MUDA} \cup \text{GAJITINGGI}} &= \max(\mu_{\text{MUDA}}[27], \mu_{\text{GAJITINGGI}}[2 \times 10^6]) \\ &= \max(0,6; 0,8) \\ &= 0,8\end{aligned}$$

### 3. Operator *NOT*

Operator ini berhubungan dengan operasi komplement pada himpunan.  $\alpha$ -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. Bentuk persamaan dari fungsi keanggotaan yang menggunakan operator *OR* adalah sebagai berikut:

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x]$$

Contoh :

Misalkan nilai keanggotaan 27 tahun pada himpunan MUDA adalah 0,6 ( $\mu_{\text{MUDA}}[27]=0,6$ ) maka  $\alpha$ -predikat untuk usia tidak MUDA adalah:

$$\begin{aligned}\mu_{\text{MUDA}'}[27] &= 1 - \mu_{\text{MUDA}}[27] \\ &= 1 - 0,6 \\ &= 0,4\end{aligned}$$

## 2.7 Fuzzy Inference System

Metode *Fuzzy Inference System* (FIS) adalah suatu kerangka sistem yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* dan penalaran *fuzzy*. *Fuzzy Inference System* pada dasarnya dapat melakukan penalaran dengan prinsip serupa seperti manusia yang melakukan penalaran dengan nalurinya. Inferensi *fuzzy* merupakan proses memetakan ruang masukan yang diberikan kedalam ruang keluaran menggunakan logika *fuzzy*. Proses pemetaan ini memperlihatkan dasar dari keputusan yang dibuat atau dapat memperlihatkan pola yang ada. Dalam sistem inferensi *fuzzy* ada beberapa metode yang dapat digunakan antara lain FIS Tsukamoto, FIS Mamdani dan FIS Sugeno [MAR-14].

### 2.7.1 Fuzzy Inference System Tsukamoto

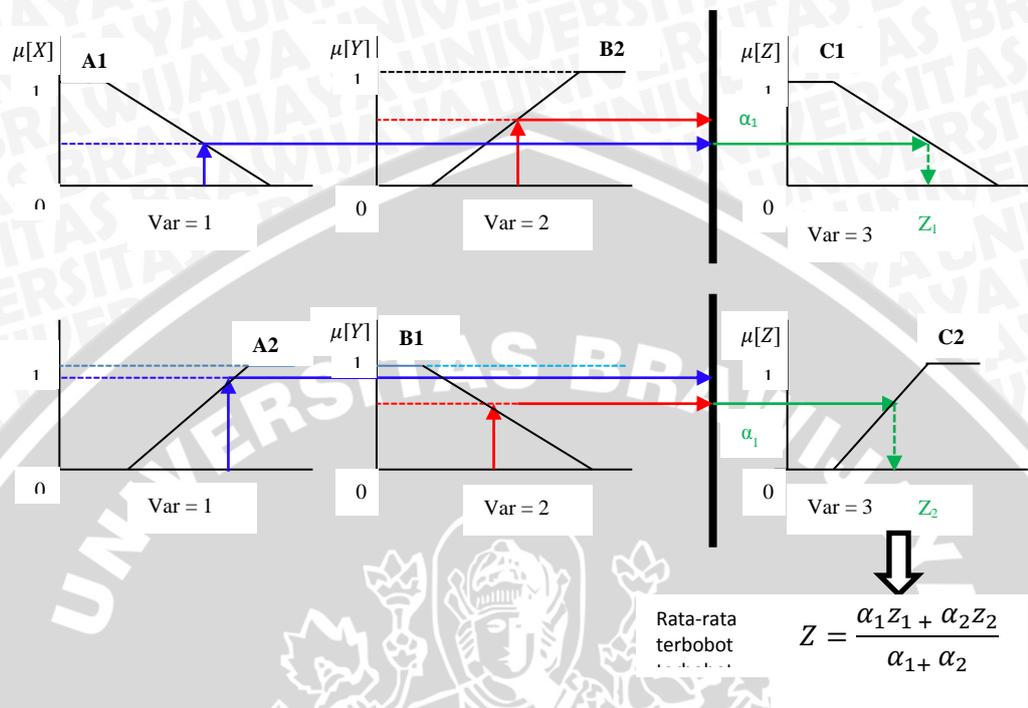
Pada metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan dengan tegas (*crisp*) berdasarkan  $\alpha$ -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya atau proses defuzzifikasi diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot [KUS-04].

Misalkan ada 2 variabel *input*, Var-1 ( $x$ ) dan Var-2 ( $y$ ), serta 1 variabel *output*, Var-3 ( $z$ ), dimana Var-1 terbagi atas 2 himpunan yaitu  $A_1$  dan  $A_2$  terbagi atas 2 himpunan yaitu  $B_1$  dan  $B_2$ , Var-3 juga terbagi atas 2 himpunan yaitu  $C_1$  dan  $C_2$  ( $C_1$  dan  $C_2$  Harus Monoton). Ada 2 aturan yang digunakan, yaitu:

[R1] IF ( $x$  is  $A_1$ ) and ( $y$  is  $B_2$ ) THEN ( $z$  is  $C_1$ )

[R2] IF ( $x$  is  $A_2$ ) and ( $y$  is  $B_1$ ) THEN ( $z$  is  $C_2$ )

Alur inferensi seperti untuk mendapatkan satu nilai *crisp*  $z$  seperti terlihat pada Gambar 2.8 berikut :



**Gambar 2.8** Inferensi Metode FIS Tsukamoto  
**Sumber:** [KUS-04]

Metode defuzzifikasi yang digunakan dalam metode Tsukamoto adalah metode defuzzifikasi rata-rata terbobot (*wighted average*) yang dirumuskan pada Persamaan (2-6) dibawah ini [KUS-04]:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \dots\dots\dots (2-6)$$

Keterangan :

Z : Hasil Defuzzifikasi / nilai akhir

$\alpha_i$  : Nilai minimum keanggotaan anteseden

$z_i$  : Hasil inferensi masing-masing aturan

**2.8 Korelasi Pearson Product Moment**

Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi/hubungan (*measures of association*). Analisis korelasi digunakan untuk menjelaskan kekuatan dan arah hubungan antara dua variabel. Korelasi menyatakan derajat hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan

variabel mana yang menjadi peubah. Karena itu hubungan korelasi belum dapat dikatakan sebagai hubungan sebab akibat.

Korelasi Pearson *Product Moment* merupakan salah satu ukuran korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier dari dua variabel. Kekuatan hubungan antara dua variabel biasanya disebut dengan koefisien korelasi. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan salah satu variabel disertai dengan perubahan variabel lainnya, baik dalam arah yang sama ataupun arah yang sebaliknya. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mencari nilai koefisien korelasi dengan menggunakan korelasi Pearson *Product Moment* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-7) berikut [IST-12]:

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - (\sum X) (\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots (2-7)$$

Keterangan :

- $r_{xy}$  : Koefisien korelasi antara variabel X dan Y
- $\sum X$  : Jumlah variabel X
- $\sum Y$  : Jumlah variabel Y
- $\sum XY$  : Jumlah perkalian antara variabel X dan variabel Y
- $\sum X^2$  : Jumlah kuadrat dari variabel X
- $\sum Y^2$  : Jumlah kuadrat dari variabel Y
- $n$  : Jumlah responden

Berikut adalah interpretasi dari angka korelasi yang dapat digunakan untuk memberikan penafsiran terhadap koefisien korelasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6 [SUG-10].

**Tabel 2.6** Interpretasi Nilai Koefisien Korelasi

Nilai Koefisien Korelasi	Kriteria Hubungan
0 - 1,99	Sangat Lemah
2,0 – 3,99	Lemah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,0	Sangat Kuat

**Sumber:** [SUG-10]



Dan Berikut adalah jenis-jenis pola/arah hubungan dari korelasi dua variabel:

1. Korelasi Positif

Perubahan salah satu nilai variabel yang diikuti perubahan nilai variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang sama. Jika nilai salah satu variabel mengalami kenaikan, maka variabel yang lain akan ikut naik. Sedangkan jika nilai salah satu variabel mengalami penurunan, maka nilai variabel yang lain juga akan ikut turun. Apabila nilai koefisien korelasi mendekati +1 (positif satu) berarti kedua variabel memiliki korelasi linier positif yang kuat/erat.

2. Korelasi Negatif

Perubahan salah satu nilai variabel diikuti perubahan nilai variabel yang lainnya secara teratur dengan arah yang berlawanan. Jika nilai salah satu variabel mengalami kenaikan, maka variabel yang lain akan turun. Jika nilai salah satu variabel mengalami penurunan, maka nilai variabel yang lain akan naik. Apabila Nilai Koefisien Korelasi mendekati -1 (negatif satu) maka hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki korelasi linier negatif yang kuat/erat.

3. Tidak Berkorelasi

Pada hubungan ini, kenaikan nilai salah satu variabel kadang-kadang diikuti dengan penurunan nilai variabel lainnya atau kadang-kadang diikuti dengan kenaikan variabel yang lainnya. Arah hubungan tidak teratur, kadang-kadang searah dan kadang-kadang berlawanan. Apabila nilai koefisien korelasi mendekati 0 (nol) berarti kedua variabel memiliki korelasi yang sangat lemah atau berkemungkinan tidak berkorelasi.

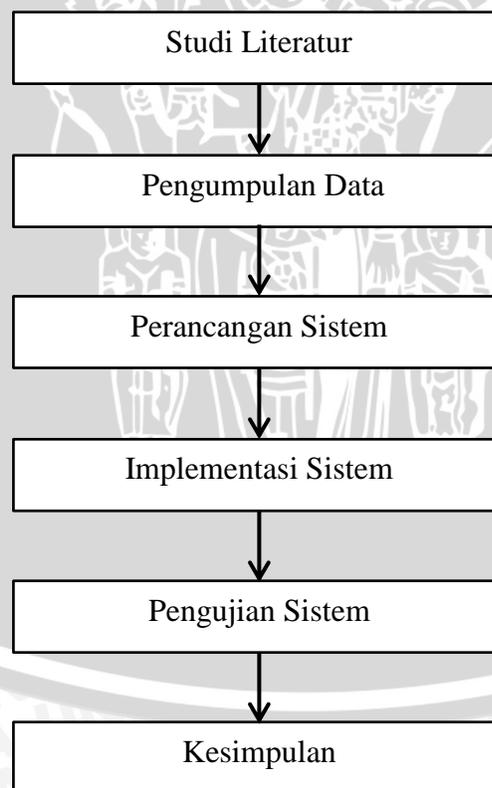
## BAB III

### METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN

Pada bab ini membahas tentang alur metode penelitian yang diterapkan pada penelitian ini dan membahas tentang perancangan sistem yang menjadi dasar pada tahapan implementasi dan pengujian sistem.

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi studi literatur, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian sistem dan kesimpulan. Alur atau tahapan metode penelitian yang diterapkan dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.1 berikut:



**Gambar 3.1** Diagram Alur metode penelitian

### 3.1.1 Studi Literatur

Tahapan studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mencari dan memperdalam konsep serta dasar teori yang menjadi acuan dalam penelitian ini. Literatur yang digunakan diperoleh dari buku, jurnal, skripsi, tesis, dan pencarian di internet. Pada penelitian ini, literatur yang dicari adalah konsep dan dasar teori mengenai:

1. Bidang Pelayaran
2. Cuaca Maritim
3. Logika *Fuzzy*
4. *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto

### 3.1.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data cuaca maritim yang didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Maritim Perak II Surabaya. Data cuaca maritim tersebut meliputi data kecepatan angin dengan satuan knot, tinggi gelombang dengan satuan meter, kecepatan arus dengan satuan cm/s dan jarak pandang (*visibility*) dengan satuan meter. Khusus untuk data jarak pandang dihasilkan melalui asumsi dari curah hujan dan citra satelit awan di wilayah sekitar titik perairan yang diamati. Data yang digunakan merupakan data cuaca maritim di wilayah jalur pelayaran dari Surabaya menuju Banjarmasin pada titik  $112.9178^{\circ}$  BT,  $6.571118^{\circ}$  LS untuk jangka waktu bulan Januari hingga bulan Februari tahun 2014.

Berdasarkan dari data parameter cuaca maritim tersebut, didapatkan hasil *output* atau keputusan pakar mengenai status kondisi cuaca maritim untuk pelayaran bagi kategori kapal dibawah 2000 *Gross tonnage* (GT) dan kapal diatas 2000 GT. Terdapat dua *output* atau status kondisi keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim yaitu berbahaya dan tidak berbahaya. Acuan penentuan keamanan pelayaran didapatkan dari hasil wawancara dan konsultasi dengan pihak pakar yang meliputi pihak BMKG dan nahkoda kapal.

### 3.1.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahapan merancang semua proses yang akan diterapkan di dalam sistem setelah pengumpulan data telah dilakukan. Proses perancangan merupakan dasar untuk proses implementasi sistem. Proses perancangan sistem meliputi alur kinerja sistem secara keseluruhan, alur kinerja metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim, perhitungan manual, perancangan antarmuka sistem, dan perancangan pengujian. Berikut adalah gambaran umum perancangan sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Gambaran Umum Perancangan Sistem

#### 3.1.3.1 Deskripsi Umum Sistem

Pada penelitian ini, sistem dibuat dengan tujuan untuk membantu mengatasi permasalahan BMKG dalam penentuan status keamanan pelayaran. Dalam penentuan status keamanan sebelumnya, BMKG hanya mempertimbangkan kondisi angin dan gelombang untuk masing-masing kategori kapal. BMKG mengkategorikan jenis kapal menjadi dua yaitu kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT. Ketika kondisi angin atau gelombang melebihi batas aman untuk berlayar maka BMKG akan memberikan peringatan bahaya serta memberikan informasi tentang jenis kategori kapal yang dilarang berlayar dalam kondisi tersebut. Tetapi permasalahan muncul ketika terjadi kecelakaan pelayaran yang disebabkan bukan karena kondisi angin dan gelombang yang berbahaya, tetapi disebabkan karena kondisi arus dan jarak pandang (*visibility*) yang cukup ekstrim sehingga menyebabkan kapal terseret arus atau saling bertabrakan dengan kapal yang lain. Selain itu BMKG belum mempunyai acuan

mengenai kecepatan arus dan jarak pandang yang aman untuk pelayaran, sehingga BMKG juga belum mempunyai aturan yang pasti dalam menentukan status keamanan pelayaran ketika unsur kecepatan arus dan jarak pandang ditambahkan dalam mekanisme penentuan pelayaran yang sebelumnya hanya berdasarkan kecepatan angin dan ketinggian gelombang. Dengan mempertimbangkan parameter arus dan jarak pandang dalam penentuan keamanan pelayaran, maka memungkinkan terjadinya perbedaan keputusan dari tiap-tiap kondisi cuaca yang terjadi.

Berdasarkan permasalahan diatas, Penggunaan metode FIS Tsukamoto digunakan dengan tujuan untuk memudahkan memetakan kondisi cuaca maritim kedalam status keamanan secara lebih jelas. Parameter cuaca maritim yang menjadi masukkan dalam sistem ini adalah parameter angin dengan satuan knot, gelombang dengan satuan meter, kecepatan arus dengan satuan cm/s, dan jarak pandang dengan satuan meter. Selanjutnya, data tersebut diproses dengan menggunakan metode FIS Tsukamoto untuk mendapatkan tingkat presentase bahaya dari kondisi cuaca tersebut untuk berlayar. Hasil dari perhitungan metode FIS Tsukamoto kemudian diklasifikasikan kedalam kategori berbahaya atau tidak berbahaya.

#### **3.1.4 Implementasi Sistem**

Pada tahapan ini, dilakukan proses implementasi sistem yang disesuaikan dengan tahap perancangan sistem yang telah dilakukan sebelumnya. Implementasi sistem dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Java dengan software NetBeans IDE 7.3.1. *Database* yang digunakan oleh sistem adalah MySQL.

#### **3.1.5 Pengujian Sistem**

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem penentu keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim dengan menggunakan metode FIS Tsukamoto. Terdapat tiga proses pengujian yang diantaranya adalah pengujian tingkat akurasi yang dihasilkan sistem, pengujian jumlah parameter terhadap akurasi sistem, dan pengujian tingkat korelasi nilai tiap parameter dengan nilai *output* metode FIS Tsukamoto. Pengujian dilakukan untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kategori

kapal diatas 2000 GT. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

### 3.1.6 Kesimpulan

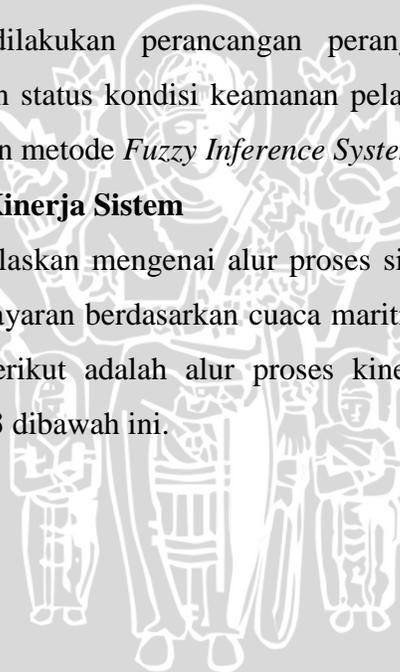
Tahap pengambilan kesimpulan pada penelitian ini diambil setelah tahapan perancangan, implementasi dan sistem dalam memutuskan tingkat keamanan pelayaran berdasarkan kondisi cuaca maritim dengan metode FIS Tsukamoto telah selesai diterapkan. Tahap terakhir penelitian adalah penulisan saran guna untuk pertimbangan dan pengembangan aplikasi untuk menentukan kelayakan pelayaran secara lebih lanjut.

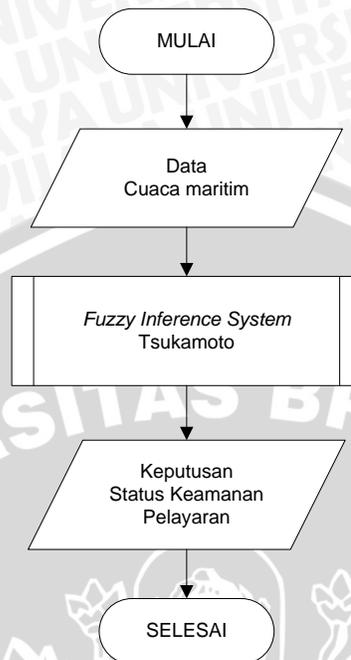
## 3.2 Perancangan

Pada tahapan ini dilakukan perancangan perangkat lunak yang akan digunakan untuk menentukan status kondisi keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto.

### 3.2.1 Perancangan Alur Kinerja Sistem

Pada tahapan ini dijelaskan mengenai alur proses sistem dalam menentukan status kondisi keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim dengan menggunakan metode FIS Tsukamoto. Berikut adalah alur proses kinerja sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dibawah ini.



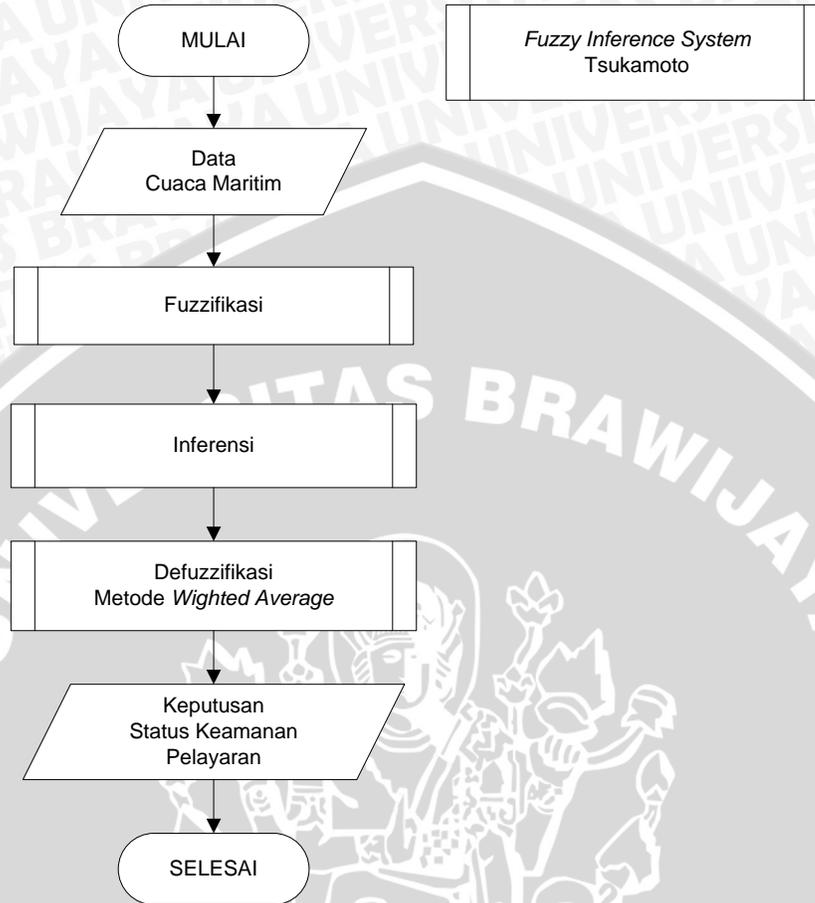


**Gambar 3.3** Diagram Alir Proses Kinerja Sistem

Berdasarkan Gambar 3.3, proses penentuan status keamanan pelayaran dimulai dengan pengguna memasukkan data cuaca maritim yang meliputi kecepatan angin dengan satuan knot, ketinggian gelombang dengan satuan meter, kecepatan arus dengan satuan cm/s dan jarak pandang (*visibility*) dengan satuan meter. Selanjutnya, data cuaca maritim yang telah dimasukkan oleh pengguna diproses dengan menggunakan metode perhitungan FIS Tsukamoto. *Output* yang dihasilkan dari proses perhitungan FIS Tsukamoto digunakan sebagai hasil keputusan mengenai status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim.

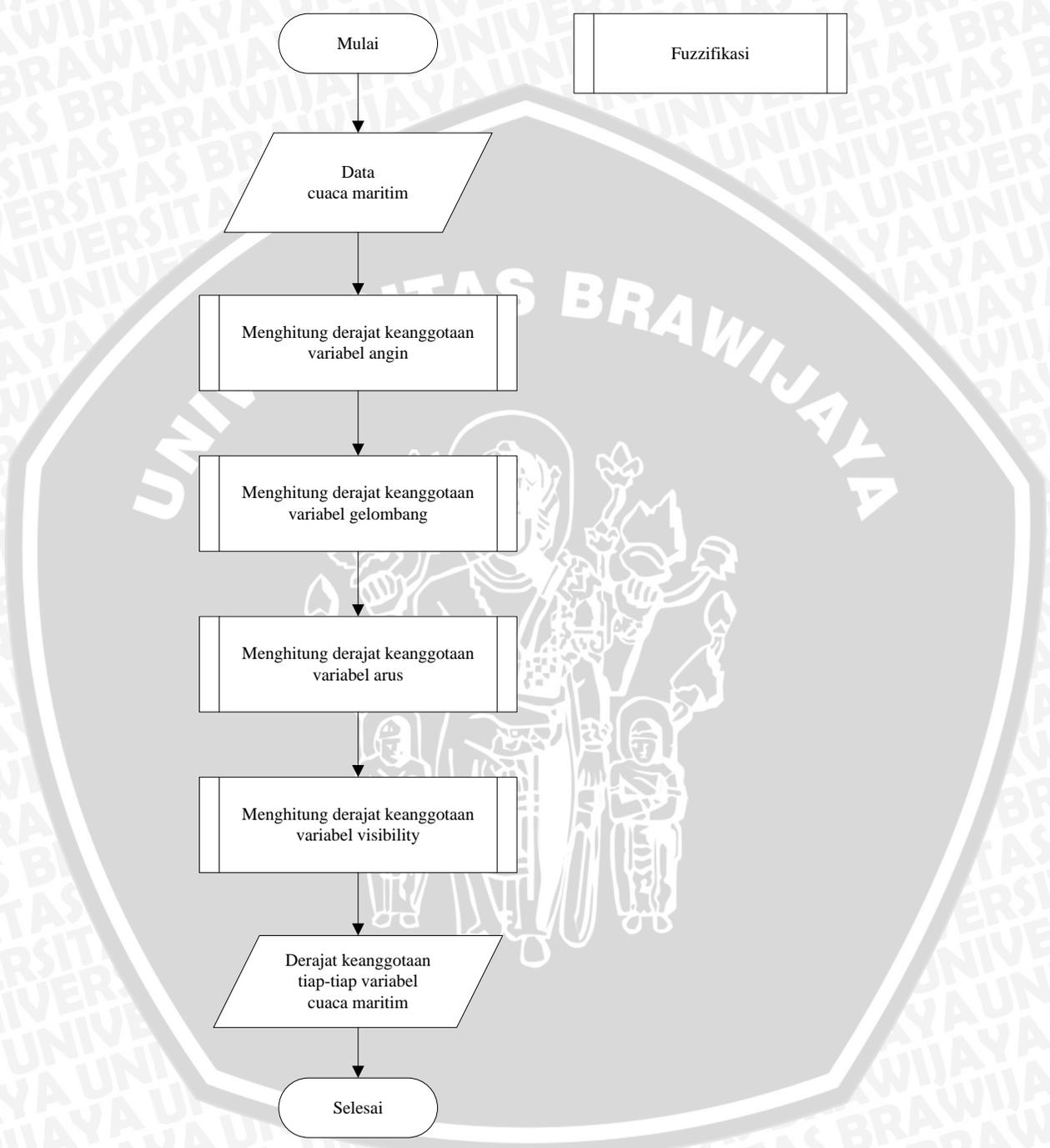
### 3.2.2 Proses Metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto

Pada tahapan ini dijelaskan mengenai proses perhitungan dengan menggunakan FIS Tsukamoto. Berikut adalah alur tahapan dari metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Diagram Alir Proses *Fuzzy Inference System* Tsukamoto

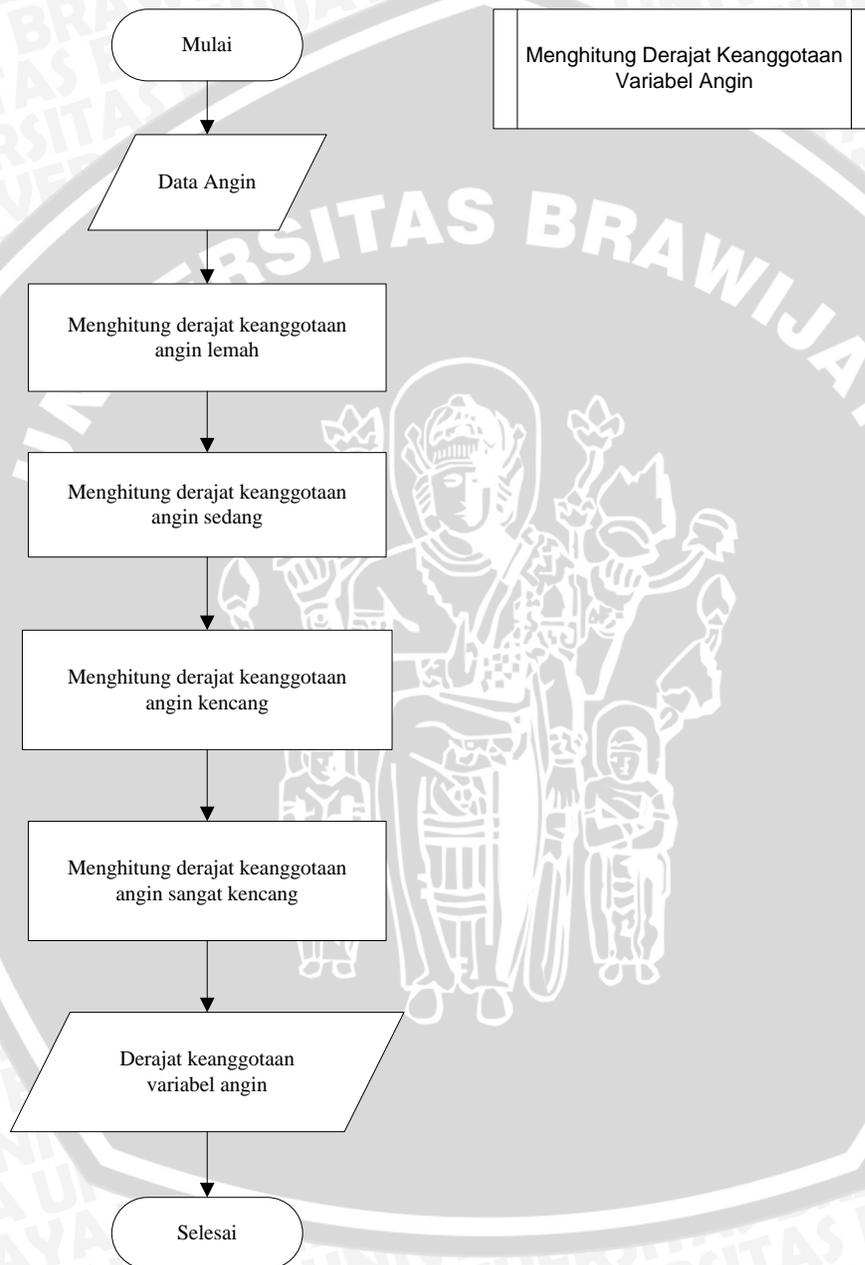
Berdasarkan Gambar 3.4, proses perhitungan dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto terbagi atas tiga tahapan utama. Tahap awal yang dilakukan adalah proses fuzzifikasi. Pada proses fuzzifikasi dilakukan sebuah proses perhitungan derajat keanggotaan terhadap masing-masing kriteria cuaca maritim yang telah dimasukkan sebelumnya serta mengubah variabel numerik (variabel non *fuzzy*) menjadi variabel linguistik. Berikut adalah alur dari proses fuzzifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi

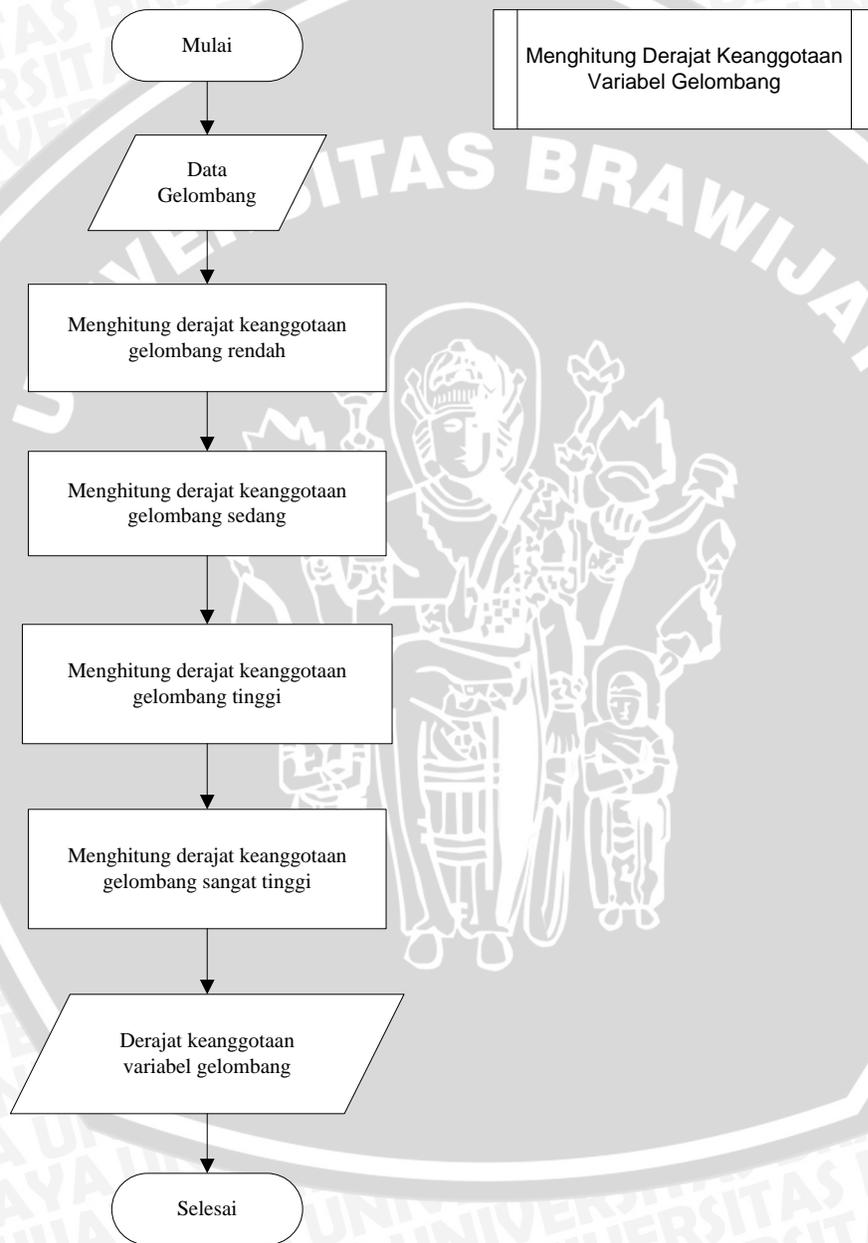


Berdasarkan pada Gambar 3.5, proses fuzzifikasi diawali dengan mengitung derajat keanggotaan variabel angin. Berikut adalah alur proses perhitungan derajat keanggotaan untuk variabel angin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.6



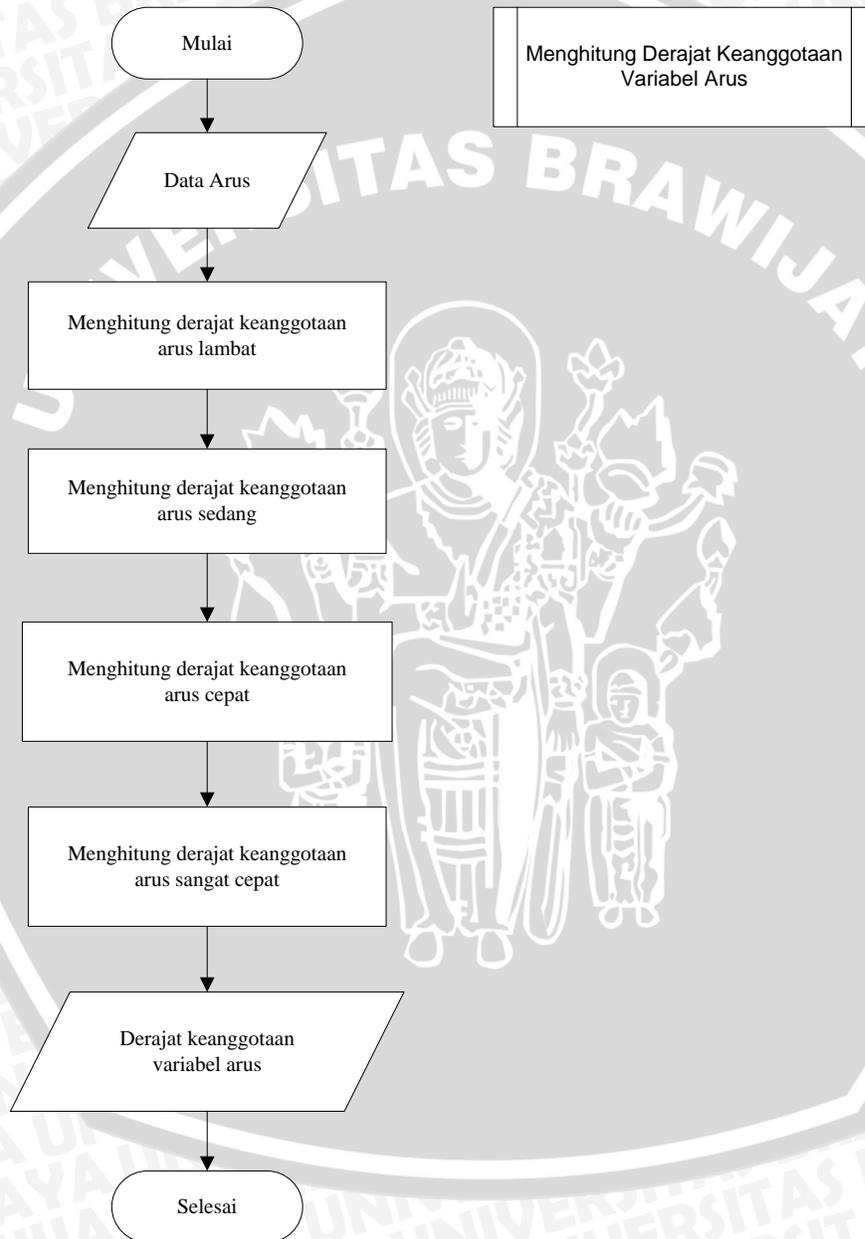
**Gambar 3.6** Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel Angin

Setelah mendapatkan derajat keanggotaan dari variabel angin, proses selanjutnya adalah mencari derajat keanggotaan dari variabel gelombang. Berikut adalah alur proses perhitungan derajat keanggotaan untuk variabel gelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.



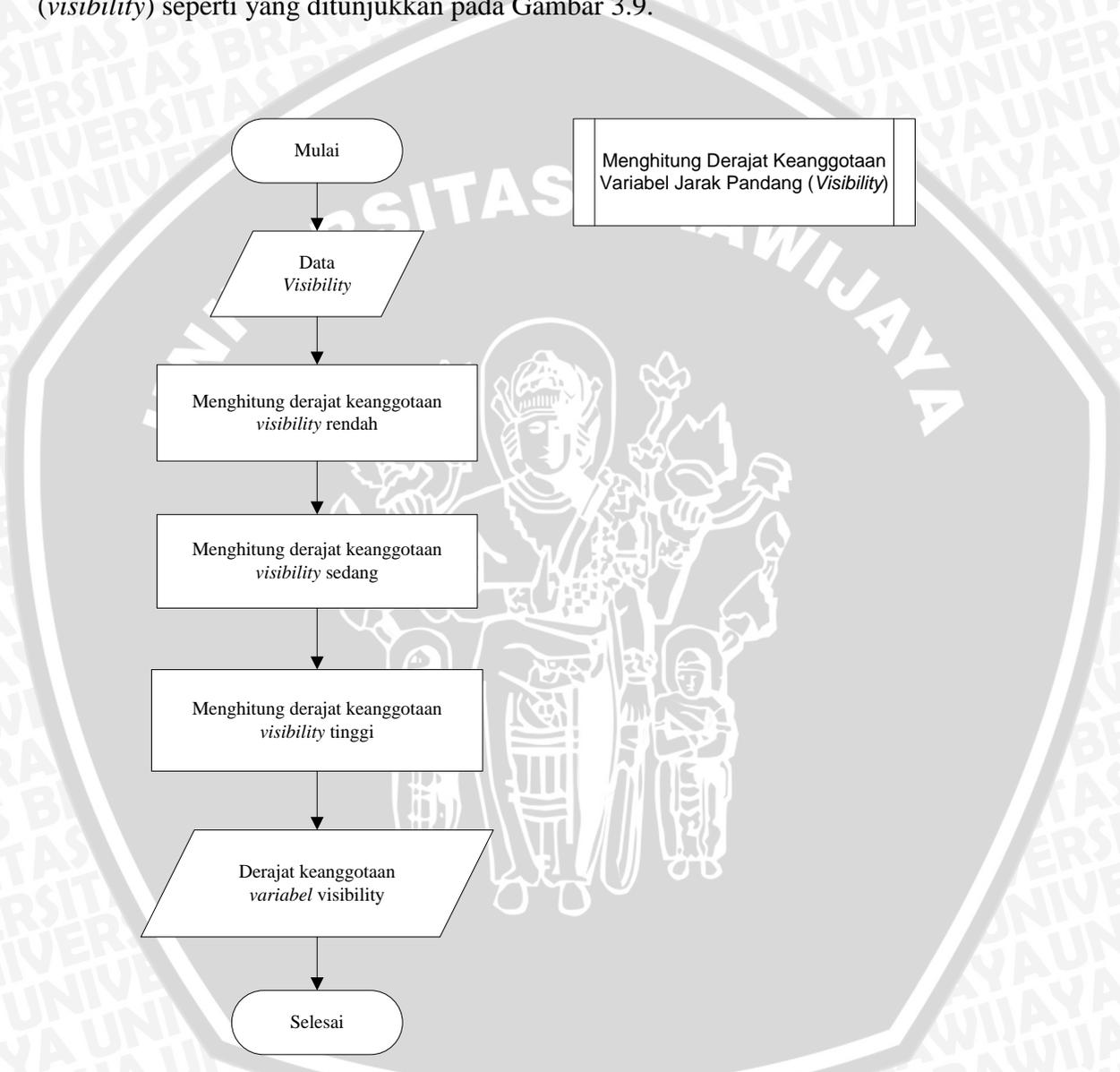
**Gambar 3.7** Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel Gelombang

Setelah mendapatkan derajat keanggotaan dari variabel gelombang, proses selanjutnya adalah mencari derajat keanggotaan dari variabel arus. Berikut adalah alur proses perhitungan derajat keanggotaan untuk variabel arus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.



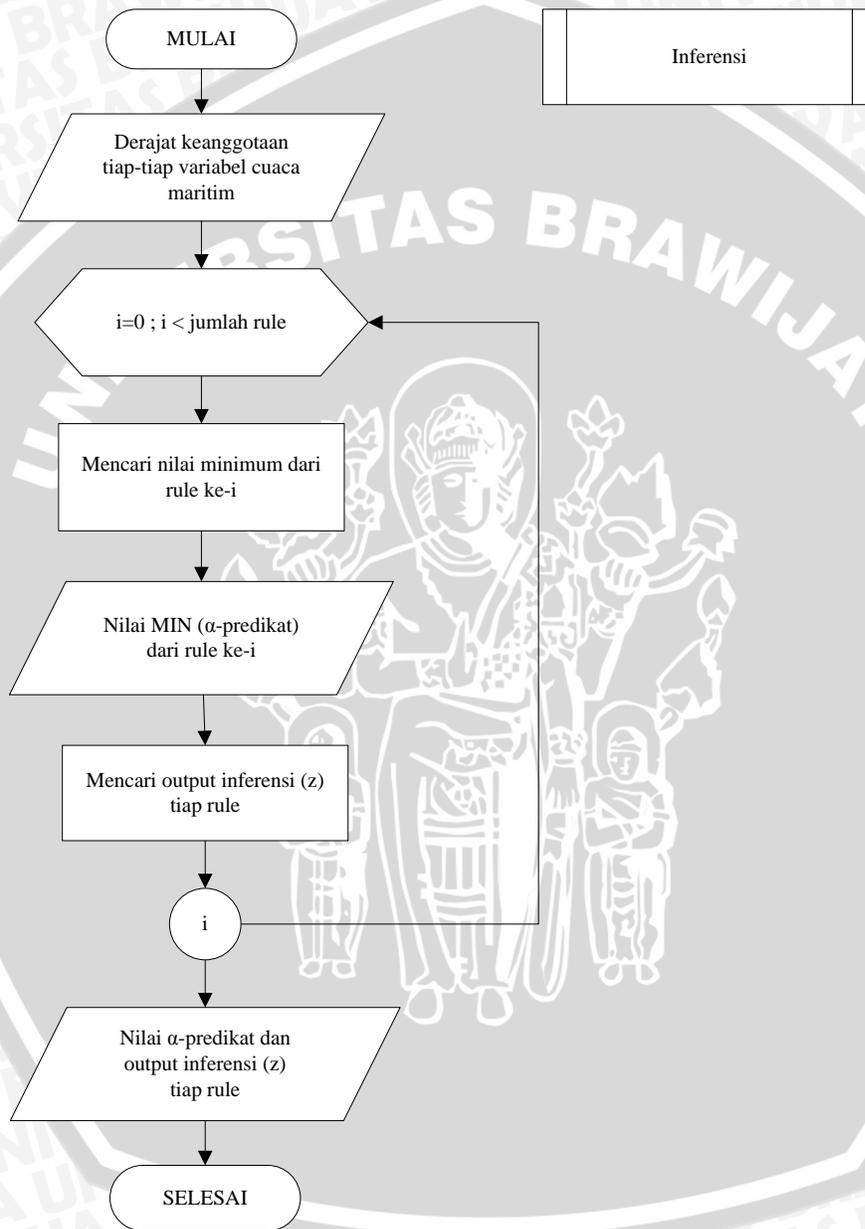
**Gambar 3.8** Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel Arus

Setelah mendapatkan derajat keanggotaan dari variabel arus, proses selanjutnya adalah mencari derajat keanggotaan dari variabel jarak pandang (*visibility*). Berikut adalah alur proses perhitungan derajat keanggotaan untuk variabel jarak pandang (*visibility*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9.



**Gambar 3.9** Diagram Alir Proses Fuzzifikasi Variabel *Visibility*

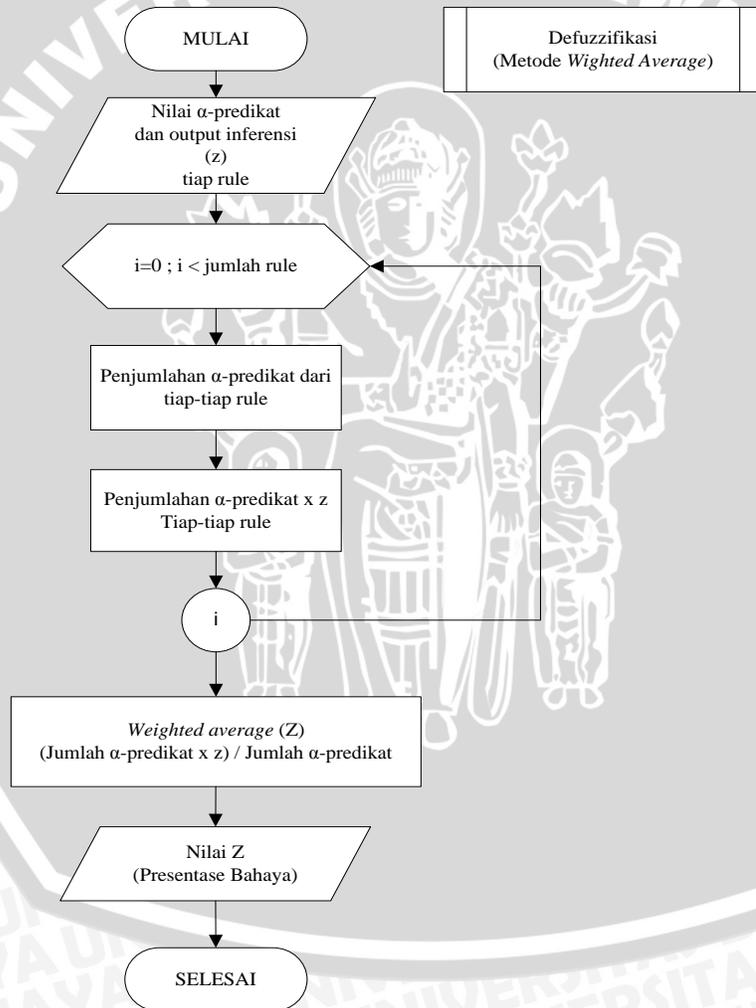
Setelah proses fuzzifikasi selesai dan derajat keanggotaan masing-masing kriteria cuaca maritim didapatkan, maka selanjutnya dilakukan proses inferensi. Berikut adalah alur dari proses inferensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Diagram Alir Proses Inferensi

Berdasarkan Gambar 3.10 proses inferensi meliputi tahapan untuk menentukan nilai  $\alpha$ -predikat tiap-tiap aturan dengan menggunakan fungsi implikasi metode MIN. Fungsi implikasi metode MIN akan mencari nilai minimum dari derajat keanggotaan pada setiap aturan. Selanjutnya, nilai  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap aturan digunakan untuk menghitung nilai *output* inferensi ( $z$ ) secara tegas dari tiap aturan.

Setelah didapatkan nilai  $\alpha$ -predikat dan nilai *output* inferensi ( $z$ ) dari tiap-tiap aturan, selanjutnya dilakukan proses defuzzifikasi. Berikut adalah alur dari proses defuzzifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11** Diagram Alir Proses Defuzzifikasi

Berdasarkan Gambar 3.11, proses defuzzifikasi bertujuan untuk mendapatkan nilai *output* (nilai *Z*) dari FIS Tsukamoto. Proses defuzzifikasi pada metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto menggunakan metode *weighted average* seperti yang ditunjukkan pada rumus persamaan (2-6) dimana hasil penjumlahan dari perkalian antara nilai *z* dengan  *$\alpha$ -predikat* dari tiap-tiap *rule* dibagi dengan penjumlahan nilai  *$\alpha$ -predikat* dari tiap-tiap *rule*. Nilai *Z* atau hasil defuzzifikasi yang dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan metode *weighted average* digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim. Untuk nilai dibawah 60% maka status keamanannya tidak berbahaya dan bila hasil nilai diatas 60% maka status keamanannya berbahaya.

### 3.2.3 Perancangan Metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto

Langkah awal pada proses perancangan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto adalah menentukan variabel-variabel *fuzzy* yang digunakan beserta dengan himpunan *fuzzy* dari masing-masing variabel *fuzzy* tersebut. Variabel *fuzzy* yang digunakan dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim meliputi kondisi kecepatan angin, ketinggian gelombang, kecepatan arus, dan jarak pandang (*visibility*). Keempat kriteria cuaca maritim tersebut nantinya digunakan sebagai variabel *input* dari *Fuzzy Inference System* Tsukamoto. Selanjutnya dibuat fungsi keanggotaan *fuzzy* yang bertujuan untuk mengetahui derajat keanggotaan dari tiap-tiap variabel *fuzzy*. Berikut adalah pembentukan himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan dari tiap-tiap variabel *fuzzy* yang digunakan di dalam sistem:

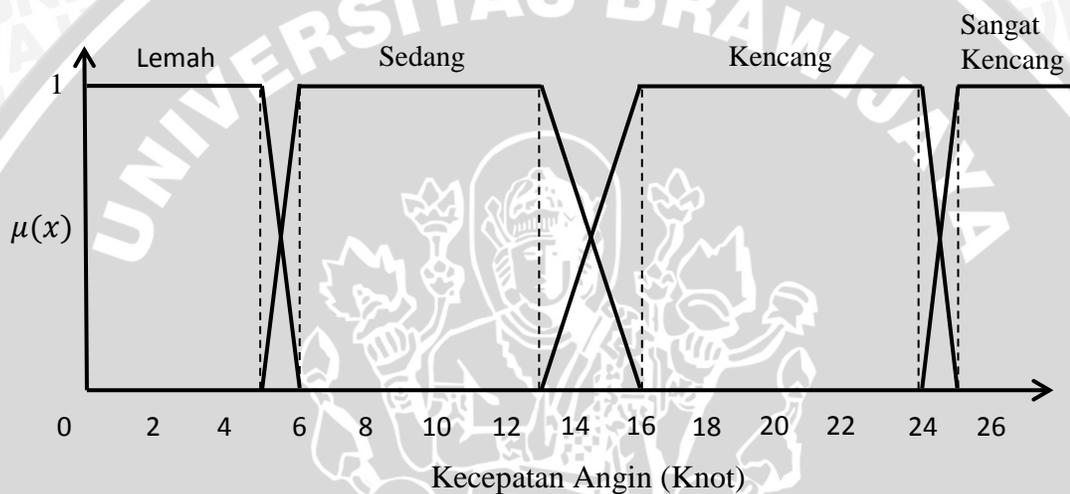
#### 1. Angin

Berdasarkan pada Tabel 2.1, kecepatan angin diklasifikasikan menjadi empat kategori seperti yang yaitu lemah, sedang, kencang dan sangat kencang. Berdasarkan dari hasil wawancara dengan pakar, himpunan *fuzzy* dari variabel angin dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Himpunan *Fuzzy* Variabel Angin

No.	Himpunan <i>Fuzzy</i> Angin	Range (knot)
1.	Lemah	0-6
2.	Sedang	5-16
3.	Kencang	13-25
4.	Sangat Kencang	$\geq 24$

Dan berikut adalah grafik fungsi dari variabel angin yang ditunjukkan pada Gambar 3.12.

**Gambar 3.12** Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Angin

Fungsi keanggotaan dari setiap himpunan variabel angin diperoleh berdasarkan bentuk representasi kurva pada Gambar 3.12. Untuk himpunan Lemah yang merupakan representasi linier turun maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-3). Untuk himpunan Sedang dan Kencang yang merupakan representasi kurva trapesium maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-5). Dan untuk himpunan Sangat Kencang yang merupakan representasi linier naik maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-2). Berikut adalah fungsi keanggotaan dari variabel angin yang ditunjukkan pada Persamaan (3-1), (3-2), (3-3), dan (3-4).

$$\mu_{lemah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{6-x}{1}, & 5 \leq x \leq 6 \\ 0, & x \geq 6 \end{cases} \dots\dots\dots (3-1)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-5}{1}, & 5 \leq x \leq 6 \\ 1, & 6 \leq x \leq 13 \\ \frac{16-x}{3}, & 13 \leq x \leq 16 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (3-2)$$

$$\mu_{kencang}(x) = \begin{cases} \frac{x-13}{3}, & 13 \leq x \leq 16 \\ 1, & 16 \leq x \leq 24 \\ \frac{25-x}{1}, & 24 \leq x \leq 25 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (3-3)$$

$$\mu_{sangat\ kencang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 24 \\ \frac{x-24}{1}, & 24 \leq x \leq 25 \\ 1, & x \geq 25 \end{cases} \dots\dots\dots (3-4)$$

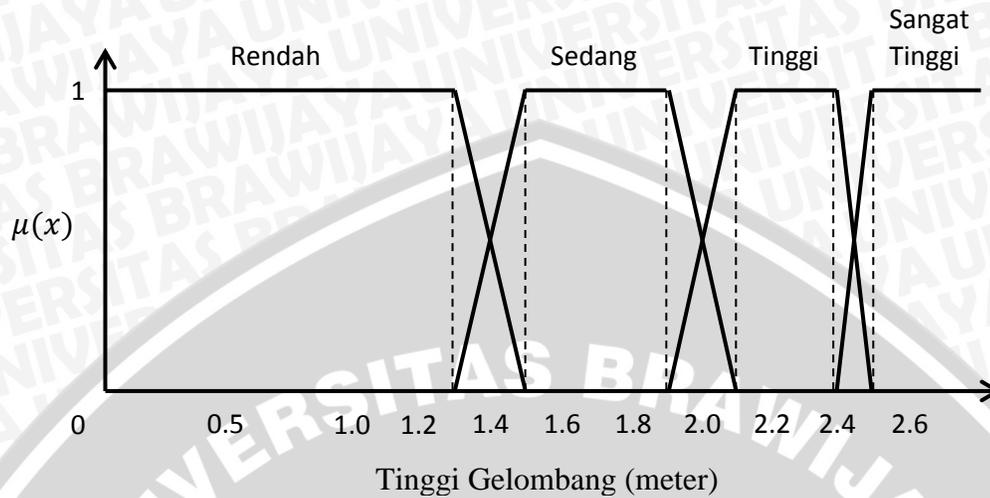
2. Gelombang

Berdasarkan pada Tabel 2.2, ketinggian gelombang diklasifikasikan menjadi empat kategori yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Berdasarkan dari hasil wawancara dengan pakar, himpunan *fuzzy* dari variabel gelombang dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Himpunan *Fuzzy* Variabel Gelombang

No.	Himpunan <i>Fuzzy</i> Gelombang	Range (meter)
1.	Rendah	0-1.5
2.	Sedang	1.3-2.1
3.	Tinggi	1.9-2.5
4.	Sangat Tinggi	≥ 2.4

Dan berikut adalah grafik fungsi dari variabel gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Gelombang

Fungsi keanggotaan dari setiap himpunan variabel gelombang diperoleh berdasarkan bentuk representasi kurva pada Gambar 3.13. Untuk himpunan Rendah yang merupakan representasi linier turun maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-3). Untuk himpunan Sedang dan Tinggi yang merupakan representasi kurva trapesium maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-5). Dan untuk himpunan Sangat Tinggi yang merupakan representasi linier naik maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-2). Berikut adalah fungsi keanggotaan dari variabel gelombang yang ditunjukkan pada Persamaan (3-5), (3-6), (3-7), dan (3-8).

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 1.3 \\ \frac{1.5-x}{0.2}, & 1.3 \leq x \leq 1.5 \\ 0, & x \geq 1.5 \end{cases} \dots\dots\dots (3-5)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-1.3}{0.2}, & 1.3 \leq x \leq 1.5 \\ 1, & 1.5 \leq x \leq 1.9 \\ \frac{2.1-x}{0.2}, & 1.9 \leq x \leq 2.1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (3-6)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} \frac{x-1.9}{0.2}, & 1.9 \leq x \leq 2.1 \\ 1, & 2.1 \leq x \leq 2.4 \\ \frac{2.5-x}{0.1}, & 2.4 \leq x \leq 2.5 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (3-7)$$

$$\mu_{sangat\ tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 2.4 \\ \frac{x-2.4}{0.1}, & 2.4 \leq x \leq 2.5 \\ 1, & x \geq 2.5 \end{cases} \dots\dots\dots (3-8)$$

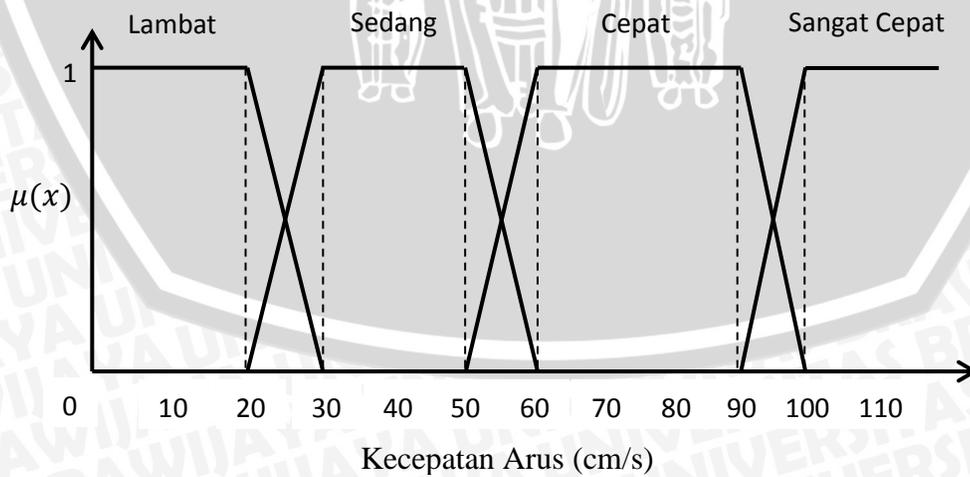
3. Arus

Berdasarkan pada Tabel 2.3, kecepatan arus diklasifikasikan menjadi empat kategori yaitu lambat, sedang, cepat dan sangat cepat. Berdasarkan dari hasil wawancara dengan pakar, himpunan *fuzzy* dari variabel arus dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Himpunan *Fuzzy* Variabel Arus

No.	Himpunan <i>Fuzzy</i> Arus	Range (cm/s)
1.	Lambat	0-30
2.	Sedang	20-60
3.	Cepat	50-100
4.	Sangat Cepat	≥ 90

Dan berikut adalah grafik fungsi dari variabel arus yang ditunjukkan pada Gambar 3.14.



**Gambar 3.14** Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Arus

Fungsi keanggotaan dari setiap himpunan variabel arus diperoleh berdasarkan bentuk representasi kurva pada Gambar 3.14. Untuk himpunan Lemah yang merupakan representasi linier turun maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-3). Untuk himpunan Sedang dan Kencang yang merupakan representasi kurva trapesium maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-5). Dan untuk himpunan Sangat Kencang yang merupakan representasi linier naik maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-2). Berikut adalah fungsi keanggotaan dari variabel arus yang ditunjukkan pada Persamaan (3-9), (3-10), (3-11), dan (3-12).

$$\mu_{lambat}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 20 \\ \frac{30-x}{10}, & 20 \leq x \leq 30 \\ 0, & x \geq 30 \end{cases} \dots\dots\dots (3-9)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-20}{10}, & 20 \leq x \leq 30 \\ 1, & 30 \leq x \leq 50 \\ \frac{60-x}{10}, & 50 \leq x \leq 60 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (3-10)$$

$$\mu_{cepat}(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{10}, & 50 \leq x \leq 60 \\ 1, & 60 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{10}, & 90 \leq x \leq 100 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (3-11)$$

$$\mu_{sangat\ cepat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 90 \\ \frac{x-90}{10}, & 90 \leq x \leq 100 \\ 1, & x \geq 100 \end{cases} \dots\dots\dots (3-12)$$

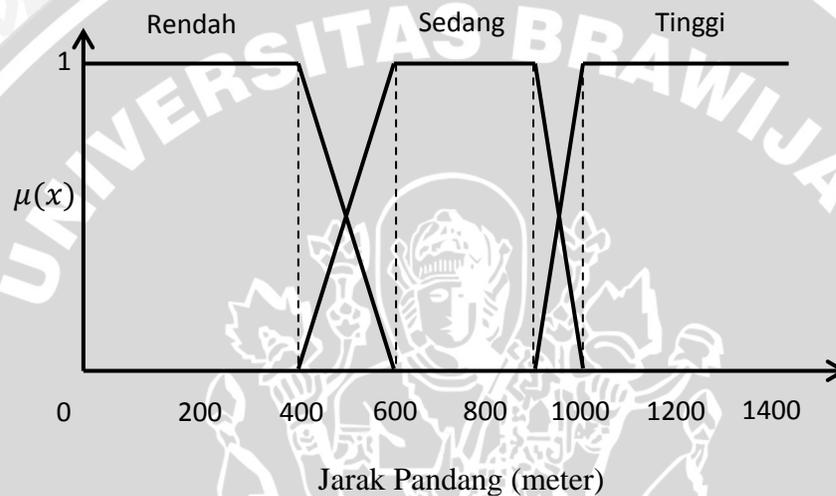
4. Jarak Pandang (*Visibility*)

Berdasarkan pada Tabel 2.4, jarak pandang (*visibility*) diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Berdasarkan dari hasil wawancara dengan pakar, himpunan *fuzzy* dari variabel *visibility* dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Himpunan *Fuzzy* Variabel *Visibility*

No.	Himpunan <i>Fuzzy Visibility</i>	Range (meter)
1.	Rendah	0-600
2.	Sedang	400-1000
3.	Tinggi	$\geq 900$

Dan berikut adalah grafik fungsi dari variabel *visibility* yang ditunjukkan pada Gambar 3.15.

**Gambar 3.15** Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Jarak Pandang

Fungsi keanggotaan dari setiap himpunan variabel jarak pandang (*visibility*) diperoleh berdasarkan bentuk representasi kurva pada Gambar 3.15. Untuk himpunan rendah yang merupakan representasi linier turun maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-3). Untuk himpunan Sedang yang merupakan representasi kurva trapesium maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-5). Dan untuk himpunan Tinggi yang merupakan representasi linier naik maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-2). Berikut adalah fungsi keanggotaan dari variabel jarak pandang (*visibility*) yang ditunjukkan pada Persamaan (3-13), (3-14) dan (3-15)

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 400 \\ \frac{600-x}{200}, & 400 \leq x \leq 600 \\ 0, & x \geq 600 \end{cases} \dots\dots\dots (3-13)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} \frac{x-400}{200}, & 400 \leq x \leq 600 \\ 1, & 600 \leq x \leq 900 \\ \frac{1000-x}{100}, & 900 \leq x \leq 1000 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (3-14)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 900 \\ \frac{x-900}{100}, & 900 \leq x \leq 1000 \\ 1, & x \geq 1000 \end{cases} \dots\dots\dots (3-15)$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan variabel *output* yaitu variabel status keamanan pelayaran. Variabel status keamanan pelayaran memiliki dua himpunan *fuzzy* yaitu berbahaya dan tidak berbahaya. Berdasarkan hasil wawancara dengan pakar, tingkat presentase bahaya atau tidaknya status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kategori kapal diatas 2000 GT memiliki batas nilai yang sama. Berikut adalah klasifikasi status keamanan pelayaran yang ditunjukkan pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5** Status Keamanan Pelayaran

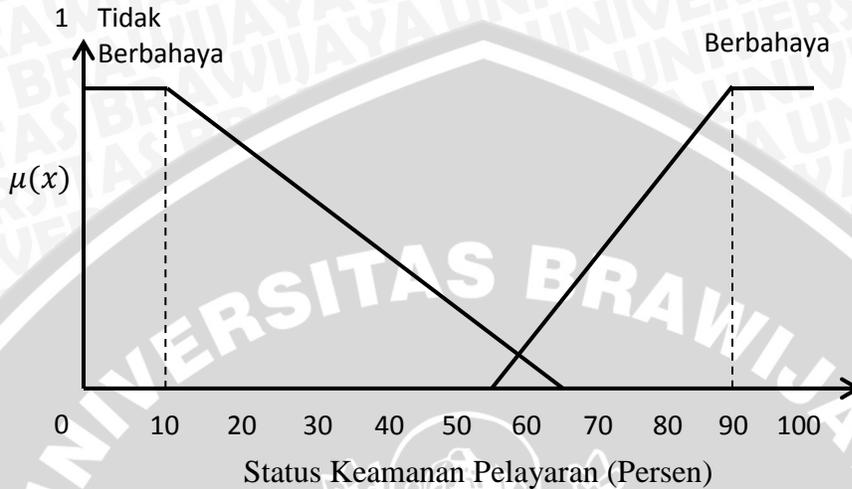
Status	Presentase
Tidak Berbahaya	≤ 60%
Berbahaya	> 60%

Himpunan *fuzzy* dari variabel *output* atau status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kategori kapal diatas 2000 GT memiliki klasifikasi dan rentang yang sama. Berikut adalah himpunan *fuzzy* dari variabel *output* atau status keamanan pelayaran seperti yang dtunjukkan pada Tabel 3.6.

**Tabel 3.6** Himpunan *Fuzzy Output*

Himpunan <i>Fuzzy Output</i>	Range (%)
Tidak Berbahaya	0-65
Berbahaya	55-100

Berikut adalah grafik *fuzzy* variabel status keamanan pelayaran yang ditunjukkan pada Gambar 3.16.



**Gambar 3.16** Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Status Keamanan Pelayaran

Fungsi keanggotaan dari setiap himpunan variabel Status Keamanan Pelayaran diperoleh berdasarkan bentuk representasi kurva pada Gambar 3.16. Untuk himpunan Tidak Berbahaya yang merupakan representasi linier turun maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-3) dan untuk himpunan Berbahaya yang merupakan representasi linier naik maka fungsi keanggotaannya diperoleh berdasarkan Persamaan (2-2). Berikut adalah fungsi keanggotaan dari variabel Status Keamanan Pelayaran yang ditunjukkan pada Persamaan (3-16) dan (3-17).

$$\mu_{tidak\ berbahaya}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 10 \\ \frac{65-x}{55}, & 10 \leq x \leq 65 \\ 0, & x \geq 65 \end{cases} \dots\dots\dots (3-16)$$

$$\mu_{berbahaya}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 55 \\ \frac{x-55}{35}, & 55 \leq x \leq 90 \\ 1, & x \geq 90 \end{cases} \dots\dots\dots (3-17)$$

Setelah variabel *input* dan *output* telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah membuat sebuah aturan atau *rule* yang digunakan sebagai acuan kesimpulan penentuan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim. Aturan yang digunakan didapatkan dari hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar. Aturan diperoleh melalui kombinasi dari masing-masing himpunan *fuzzy* dari tiap-tiap variabel. Variabel angin, gelombang dan arus masing-masing terdiri dari empat himpunan *fuzzy*, sedangkan variabel jarak pandang (*visibility*) terdiri dari tiga himpunan *fuzzy*. Sehingga terdapat 192 *rule* yang didapat dari kombinasi himpunan *fuzzy* dari tiap-tiap variabel.

Terdapat dua macam *rule* yang akan dibuat yaitu *rule* untuk kapal dibawah 2000 GT dan *rule* untuk kapal diatas 2000 GT. Perbedaan dari dua macam *rule* tersebut terletak pada hasil keputusan mengenai status keamanan pelayaran. Berikut adalah *rule* untuk kategori kapal dibawah 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.7.

**Tabel 3.7** *Rule* Untuk Kapal Dibawah 2000 GT

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan ≤ 2000 GT
1	Lemah	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
2	Lemah	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
3	Lemah	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
4	Lemah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
5	Lemah	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
6	Lemah	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
7	Lemah	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
8	Lemah	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
9	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
10	Lemah	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
...					
189	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
190	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
191	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
192	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya

Dan berikut adalah *rule* untuk kategori kapal diatas 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.8.

**Tabel 3.8** *Rule* Untuk Kapal Diatas 2000 GT

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan >2000 GT
1	Lemah	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
2	Lemah	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
3	Lemah	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
4	Lemah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
5	Lemah	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
6	Lemah	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
7	Lemah	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
8	Lemah	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
9	Lemah	Rendah	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
10	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
11	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
12	Lemah	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
13	Lemah	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
14	Lemah	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
15	Lemah	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
16	Lemah	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
17	Lemah	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
18	Lemah	Sedang	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
19	Lemah	Sedang	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
20	Lemah	Sedang	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
...					
188	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
189	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
190	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
191	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
192	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya

### 3.2.4 Perhitungan Manual

Pada tahapan ini dilakukan proses perhitungan manual penentuan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto. Berikut adalah contoh kasus yang akan dihitung secara manual dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto.

Misalnya *user* atau pengguna memasukkan data cuaca maritim sebagai berikut:

- Kecepatan angin = 15.1 Knot
- Tinggi gelombang = 2.1 meter
- Kecepatan arus = 9.9 cm/s
- Jarak pandang (visibility) = 6000 meter

Berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan status keamanan pelayaran dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto berdasarkan data cuaca yang telah dimasukkan *user* sebelumnya :

#### 1. Perhitungan derajat keanggotaan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan derajat keanggotaan masing-masing variabel. Berikut ini perhitungan derajat keanggotaan untuk tiap-tiap variabel cuaca maritim :

##### a. Angin

Variabel angin terdiri dari empat himpunan *fuzzy* yaitu lemah, sedang, kencang dan sangat kencang. Untuk himpunan *fuzzy* lemah nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-1), untuk himpunan *fuzzy* sedang nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-2), untuk himpunan *fuzzy* kencang nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-3) dan untuk himpunan *fuzzy* sangat kencang nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-4). Jika diketahui nilai kecepatan angin adalah 15.1 Knot maka derajat

keanggotaan pada tiap-tiap himpunan *fuzzy* variabel angin adalah sebagai berikut :

$$\mu_{lemah}(15.1) = 0$$

$$\mu_{sedang}(15.1) = \frac{16-15.1}{3} = \frac{0.9}{3} = 0.3$$

$$\mu_{kencang}(15.1) = \frac{15.1-13}{3} = \frac{2.1}{3} = 0.7$$

$$\mu_{sangat\ kencang}(15.1) = 0$$

b. Gelombang

Variabel gelombang terdiri dari empat himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Untuk himpunan *fuzzy* rendah nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-5), untuk himpunan *fuzzy* sedang nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-6), untuk himpunan *fuzzy* tinggi nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-7) dan untuk himpunan *fuzzy* sangat tinggi nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-8). Jika diketahui nilai ketinggian gelombang adalah 2.1 meter maka derajat keanggotaan pada tiap-tiap himpunan *fuzzy* variabel gelombang adalah sebagai berikut :

$$\mu_{rendah}(2.1) = 0$$

$$\mu_{sedang}(2.1) = 0$$

$$\mu_{tinggi}(2.1) = 1$$

$$\mu_{sangat\ tinggi}(2.1) = 0$$

c. Arus

Variabel arus terdiri dari empat himpunan *fuzzy* yaitu lambat, sedang, cepat dan sangat cepat. Untuk himpunan *fuzzy* lambat nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-9), untuk himpunan *fuzzy* sedang nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan

dengan menggunakan Persamaan (3-10), untuk himpunan *fuzzy* cepat nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-11) dan untuk himpunan *fuzzy* sangat cepat nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-12). Jika diketahui nilai kecepatan arus adalah 9.9 cm/s maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy* variabel arus adalah sebagai berikut :

$$\mu_{\text{lambat}}(9.9) = 1$$

$$\mu_{\text{sedang}}(9.9) = 0$$

$$\mu_{\text{cepat}}(9.9) = 0$$

$$\mu_{\text{sangat cepat}}(9.9) = 0$$

d. Jarak pandang (visibility)

Variabel jarak pandang terdiri dari tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk himpunan *fuzzy* rendah nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-13), untuk himpunan *fuzzy* sedang nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-14) dan untuk himpunan *fuzzy* tinggi nilai derajat keanggotaan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (3-15). Jika diketahui nilai jarak pandang adalah 6000 meter maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy* adalah sebagai berikut :

$$\mu_{\text{rendah}}(6000) = 0$$

$$\mu_{\text{sedang}}(6000) = 0$$

$$\mu_{\text{tinggi}}(6000) = 1$$

2. Mencari nilai  $\alpha$ -predikat dan nilai  $z$  (output inferensi)

Pada tahap ini dilakukan pencarian nilai  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap aturan dengan menggunakan fungsi implikasi MIN. Dengan fungsi implikasi MIN akan didapatkan nilai minimum dari tiap-tiap kombinasi aturan. Setelah nilai

$\alpha$ -predikat dari setiap aturan didapatkan, maka tahap selanjutnya adalah mencari nilai  $z$  atau nilai *output* inferensi dari setiap aturan. Untuk mencari nilai  $z$  digunakan Persamaan (3-16) apabila kesimpulan/konsekuensi dari aturan yang digunakan adalah tidak berbahaya dan Persamaan (3-17) untuk kesimpulan/konsekuensi dari aturan yang digunakan adalah berbahaya. Berikut adalah pencarian nilai  $\alpha$ -predikat dan  $z$  dari tiap-tiap aturan untuk masing-masing kategori kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT.

a. Nilai  $\alpha$ -predikat dan nilai  $z$  untuk kategori kapal dibawah 2000 GT

Berikut adalah pencarian nilai  $\alpha$ -predikat dan  $z$  dari beberapa aturan yang terkait dengan contoh kasus diatas untuk kapal dibawah 2000 GT :

- *Rule 79*

IF Angin Sedang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND Visibility Tinggi THEN Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_{79} &= \min(\mu_{\text{AnginSEDANG}}(15.1), \mu_{\text{GelombangTINGGI}}(2.1), \\ &\quad \mu_{\text{ArusLambat}}(9.9), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(6000)) \\ &= \min(0.3, 1, 1, 1) \\ &= 0.3\end{aligned}$$

Nilai  $z$  untuk *Rule 79*

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_{79} &= \frac{z_{79} - 55}{35} \\ z_{79} &= 55 + (\alpha - \text{predikat}_{79} \times 35) \\ z_{79} &= 55 + (0.3 \times 35) \\ z_{79} &= 65.5\end{aligned}$$

- *Rule 121*

IF Angin Kencang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND Visibility Tinggi THEN Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_{121} &= \min(\mu_{\text{AnginKENCANG}}(15.1), \mu_{\text{GelombangTINGGI}}(2.1), \\ &\quad \mu_{\text{ArusLambat}}(9.9), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(6000))\end{aligned}$$

$$= \min(0.7, 1, 1, 1)$$

$$= 0.7$$

Nilai  $z$  untuk *Rule 121*

$$\alpha - \text{predikat}_{121} = \frac{z_{121} - 55}{35}$$

$$z_{121} = 55 + (\alpha - \text{predikat}_{121} \times 35)$$

$$z_{121} = 55 + (0.7 \times 35)$$

$$z_{121} = 79.5$$

- b. Nilai  $\alpha$ -predikat dan nilai  $z$  untuk kategori kapal diatas 2000 GT  
Berikut adalah pencarian nilai  $\alpha$ -predikat dan  $z$  dari beberapa aturan yang terkait dengan contoh kasus diatas untuk kapal diatas 2000 GT :

- *Rule 56*

IF Angin Sedang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND Visibility Tinggi THEN Tidak Berbahaya

$$\alpha - \text{predikat}_{56} = \min(\mu_{\text{AnginSEDANG}}(15.1), \mu_{\text{GelombangTINGGI}}(2.1),$$

$$\mu_{\text{ArusLambat}}(9.9), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(6000))$$

$$= \min(0.3, 1, 1, 1)$$

$$= 0.3$$

Nilai  $z$  untuk *Rule 56*

$$\alpha - \text{predikat}_{56} = \frac{65 - z_{56}}{55}$$

$$z_{56} = 65 - (\alpha - \text{predikat}_{56} \times 55)$$

$$z_{56} = 65 - (0.3 \times 55)$$

$$z_{56} = 48.5$$

- *Rule 121*

IF Angin Kencang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND Visibility Tinggi THEN Tidak Berbahaya

$$\alpha - \text{predikat}_{121} = \min(\mu_{\text{AnginKENCANG}}(15.1), \mu_{\text{GelombangTINGGI}}(2.1),$$

$$\mu_{\text{ArusLambat}}(9.9), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(6000))$$

$$= \min (0.7, 1, 1, 1)$$

$$= 0.7$$

Nilai  $z$  untuk *Rule* 121

$$\alpha - \text{predikat}_{121} = \frac{65 - z_{121}}{55}$$

$$z_{121} = 65 - (\alpha - \text{predikat}_{121} \times 55)$$

$$z_{121} = 65 - (0.7 \times 55)$$

$$z_{121} = 26.5$$

### 3. Proses Defuzzifikasi dan penarikan keimpulan

Pada tahapan ini dilakukan proses defuzzifikasi atau mencari nilai  $Z$  atau hasil akhir metode FIS Tsukamoto dengan menggunakan metode *weighted average* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-6). Hasil dari proses defuzzifikasi dijadikan sebagai acuan penarikan kesimpulan apakah kondisi cuaca maritim berbahaya atau tidak berbahaya bagi kegiatan pelayaran. Berikut adalah proses defuzzifikasi dengan metode *weighted average* dari masing-masing kategori kapal :

#### a. Proses defuzzifikasi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT

Berikut adalah proses defuzzifikasi dengan metode *weighted average* dari kategori kapal dibawah 2000 GT :

$$Z = \frac{\alpha \text{ predikat1} \times z1 + \alpha \text{ predikat2} \times z2 + \dots + \alpha \text{ predikat192} \times z192}{\alpha - \text{predikat1} + \alpha - \text{predikat2} + \dots + \alpha - \text{predikat192}}$$

$$Z = \frac{75.3}{1}$$

$$Z = 75.3$$

#### b. Proses defuzzifikasi untuk kategori kapal diatas 2000 GT

Berikut adalah proses defuzzifikasi dengan metode *weighted average* dari kategori kapal diatas 2000 GT :

$$Z = \frac{\alpha \text{ predikat1} \times z1 + \alpha \text{ predikat2} \times z2 + \dots + \alpha \text{ predikat192} \times z192}{\alpha \text{ predikat1} + \alpha \text{ predikat2} + \dots + \alpha \text{ predikat192}}$$

$$Z = \frac{33.1}{1}$$

$$Z = 33.1$$

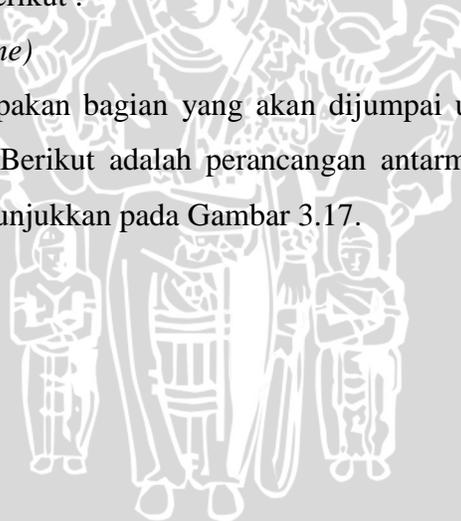
Setelah hasil dari proses defuzzifikasi untuk masing-masing kategori kapal telah didapatkan maka langkah selanjutnya adalah melakukan penarikan kesimpulan. Hasil defuzzifikasi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT adalah 75.3 dan untuk kategori kapal diatas 2000 GT adalah 33.1. Berdasarkan Tabel 3.5, hasil defuzzifikasi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT termasuk dalam klasifikasi kondisi cuaca maritim yang berbahaya. Sedangkan untuk kapal diatas 2000 GT, termasuk dalam kondisi cuaca maritim yang tidak berbahaya untuk pelayaran.

### 3.2.5 Perancangan Antarmuka

Pada tahap perancangan antarmuka akan dijelaskan mengenai desain tampilan sistem yang akan dibuat. Antarmuka sistem terdiri dari beberapa halaman yang diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Halaman Utama (*Home*)

Halaman *home* merupakan bagian yang akan dijumpai user ketika memulai menjalankan sistem. Berikut adalah perancangan antarmuka untuk halaman *home* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.17.



**APLIKASI PENENTUAN KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batasan	Kesimpulan	Pengujian																				
<p>No. <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Tanggal <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Bulan <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Tahun <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Asal <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Tujuan <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Angin <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Gelombang <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Arus <input style="width: 80px;" type="text"/></p> <p>Visibility <input style="width: 80px;" type="text"/></p>	<p style="text-align: center;"><b>Tabel Data Cuaca Maritim</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; height: 150px;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Proses"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Nilai Z 1"/> <input type="button" value="Nilai Z 2"/> </p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Kesimpulan 1"/> <input type="button" value="Kesimpulan 2"/> </p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Simpan"/> </p>																									
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Update"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="button" value="Cancel"/>																										

**Gambar 3.17** Perancangan Antarmuka Halaman Utama

Berdasarkan Gambar 3.17, halaman *home* memiliki beberapa bagian diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Fitur *input* data

Fitur *input* data merupakan fitur dimana user bisa memasukkan data cuaca maritim kedalam sistem.

b. Fitur pengolahan data

Merupakan fitur yang digunakan untuk mengolah data. Fitur yang tersedia meliputi tombol *add* data untuk menambahkan data ke tabel data cuaca maritim, tombol *update* untuk merubah data yang telah ditambahkan di tabel data cuaca maritim, tombol *delete* data untuk menghapus data pada

tabel data cuaca maritim dan tombol *cancel* untuk membatalkan data yang akan dimasukkan ke tabel data cuaca maritim.

c. Fitur tabel data cuaca maritim

Merupakan fitur untuk menampilkan data-data cuaca maritim yang ditambahkan oleh user.

d. Fitur pemrosesan data

Merupakan fitur yang digunakan untuk memproses data untuk diketahui status keamanan pelayarannya. Fitur yang tersedia meliputi tombol proses yang berfungsi untuk mendapatkan status keamanan berdasarkan cuaca maritim, tombol *reset* untuk membersihkan proses yang dilakukan sebelumnya dan tombol simpan untuk menyimpan hasil proses data ke halaman kesimpulan.

e. Fitur *output* data

Merupakan fitur yang menampilkan hasil keputusan dari pemrosesan data. Fitur output data menampilkan tingkat presentase dan status keamanan pelayaran untuk masing-masing kategori GT kapal.

2. Halaman Derajat Keanggotaan

Pada halaman derajat keanggotaan, ditampilkan hasil perhitungan derajat keanggotaan untuk tiap-tiap variabel cuaca maritim. Berikut adalah perancangan antarmuka untuk halaman derajat keanggotaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.18.

**APLIKASI PENENTUAN KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batasan	Kesimpulan	Pengujian
<b>Derajat Keanggotaan</b>						
	Lemah	Sedang	Kencang	Sangat Kencang		
Angin	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi		
Gelombang	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
	Lambat	Sedang	Cepat	Sangat Cepat		
Arus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
	Rendah	Sedang	Tinggi			
Visibility	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			

**Gambar 3.18** Perancangan Antarmuka Halaman Derajat Keanggotaan

3. Halaman *Rule* Kategori Kapal Dibawah 2000 GT

Pada halaman ini ditampilkan tabel aturan yang digunakan sistem dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT. Berikut adalah perancangan antarmuka untuk halaman *rule* kategori kapal dibawah 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.19.

**APLIKASI PENENTUAN KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batasan	Kesimpulan	Pengujian
------	---------------------	--------	--------	---------	------------	-----------

**TABEL RULE  
KATEGORI KAPAL DIBAWAH 2000 GT**

No.	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan

No.	Angin	Gelombang	Visibity	Arus	Keputusan
-----	-------	-----------	----------	------	-----------

Search	Add	Update	Delete	Cancel
--------	-----	--------	--------	--------

**Gambar 3.19** Perancangan Antarmuka Halaman *Rule* Kapal Dibawah 2000 GT

Berdasarkan Gambar 3.19, halaman *rule* kategori kapal dibawah 2000 GT memiliki beberapa fitur yang meliputi fitur tabel *rule* untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan fitur untuk pengolahan data *rule*. Fitur pengolahan data *rule* meliputi tombol *add* data *rule* untuk menambahkan *rule* baru ke tabel *rule* dengan memasukkan data *rule* baru di *field* yang telah disediakan, tombol *update* untuk memperbaharui data *rule*, tombol *delete* untuk menghapus data *rule* pada tabel, tombol *cancel* untuk membatalkan perubahan atau penambahan *rule* dan tombol *search* untuk pencarian *rule* berdasarkan nomor *rule*.

4. Halaman *Rule* Kategori Kapal Diatas 2000 GT

Pada halaman ini ditampilkan tabel aturan yang digunakan sistem dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal diatas 2000 GT. Berikut adalah perancangan antarmuka untuk halaman *rule* kategori kapal diatas 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.20.

**APLIKASI PENENTUAN KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

<b>Home</b>	<b>Derajat Keanggotaan</b>	<b>Rule 1</b>	<b>Rule 2</b>	<b>Batasan</b>	<b>Kesimpulan</b>	<b>Pengujian</b>
<b>TABEL RULE KATEGORI KAPAL DIATAS 2000 GT</b>						
No.	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan	
<b>No.</b>	<b>Angin</b>	<b>Gelombang</b>	<b>Visibity</b>	<b>Arus</b>	<b>Keputusan</b>	
<b>Search</b>	<b>Add</b>	<b>Update</b>	<b>Delete</b>	<b>Cancel</b>		

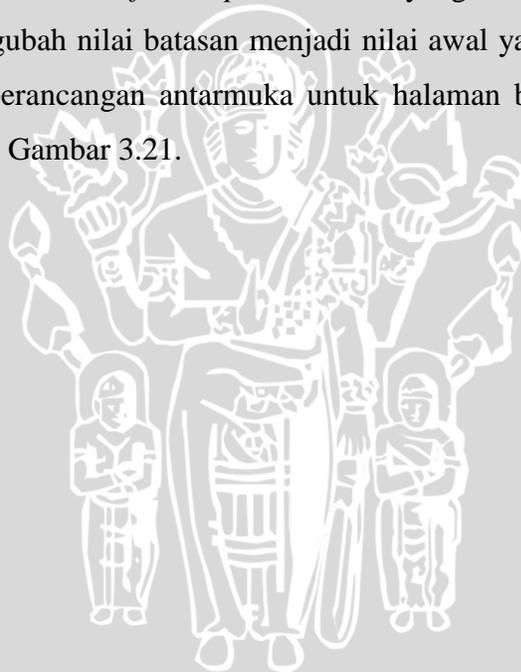
**Gambar 3.20** Perancangan Antarmuka Halaman *Rule* Kapal Diatas 2000 GT

Berdasarkan Gambar 3.20, halaman *rule* kategori kapal diatas 2000 GT memiliki beberapa fitur yang meliputi fitur tabel *rule* untuk kategori kapal diatas 2000 GT dan fitur untuk pengolahan data *rule*. Fitur pengolahan data *rule* meliputi tombol *add* data *rule* untuk menambahkan *rule* baru ke tabel *rule* dengan memasukkan data *rule* baru di *field* yang telah disediakan, tombol

*update* untuk memperbaharui data *rule*, tombol *delete* untuk menghapus data *rule* pada tabel, tombol *cancel* untuk membatalkan perubahan atau penambahan *rule* dan tombol *search* untuk pencarian *rule* berdasarkan nomor *rule*.

#### 5. Halaman Batasan

Pada halaman batasan akan ditampilkan batasan-batasan keanggotaan himpunan *fuzzy* pada tiap-tiap variabel *input* dan variabel *output*. Terdapat beberapa fitur tambahan seperti tombol simpan ketika user ingin mengubah nilai batas keanggotaan *fuzzy* dan kemudian disimpan. Terdapat juga tombol clear untuk membersihkan *field input* dari nilai yang terisi dan untuk tombol *reset* untuk mengubah nilai batasan menjadi nilai awal yang telah ditetapkan. Berikut adalah perancangan antarmuka untuk halaman batasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.21.



**APLIKASI PENENTUAN KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batasan	Kesimpulan	Pengujian
<b>Batas Keanggotaan Fuzzy</b>						
<b>Angin Lemah</b>	<b>Angin Sedang</b>	<b>Angin Kencang</b>	<b>Angin Sangat Kencang</b>	<b>Grafik Fuzzy</b>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<b>Gel. Rendah</b>	<b>Gel. Sedang</b>	<b>Gel. Tinggi</b>	<b>Gel. Sangat Tinggi</b>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<b>Arus Lambat</b>	<b>Arus Sedang</b>	<b>Arus Cepat</b>	<b>Arus Sangat Cepat</b>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<b>Vis. Rendah</b>	<b>Vis. Sedang</b>	<b>Vis. Tinggi</b>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<b>Output GT&lt;2000 Tdk Berbahaya</b>	<b>Output GT&lt;2000 Berbahaya</b>	<b>Output GT&gt;2000 Tdk Berbahaya</b>	<b>Output GT&gt;2000 Berbahaya</b>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
<b>Presentase bahaya GT&lt;2000</b>	<b>Presentase bahaya GT&lt;2000</b>					
<input type="text"/>	<input type="text"/>					
			<input type="button" value="Simpan"/>	<input type="button" value="Clear"/>	<input type="button" value="Reset"/>	

**Gambar 3.21** Perancangan Antarmuka Halaman Kesimpulan

6. Halaman Kesimpulan

Pada halaman kesimpulan ditampilkan tabel berisi informasi data cuaca maritim beserta hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto dan kesimpulan status keamanan pelayaran untuk tiap-tiap kategori kapal. Data yang ditampilkan pada halaman kesimpulan adalah data yang hasil perhitungannya disimpan oleh user. Terdapat fitur tambahan seperti tombol hapus yang berfungsi menghapus data berdasarkan nomor data yang telah dimasukkan. Berikut adalah perancangan antarmuka untuk halaman kesimpulan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.22.

**APLIKASI PENENTUAN KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batasan	Kesimpulan	Pengujian							
<b>TABEL KESIMPULAN KEAMANAN PELAYARAN</b>													
No.	Tgl.	Bulan	Tahun	Asal	Tujuan	Angin	Gel.	Arus	Vis.	Z 1	Kes. 1	Z 2	Kes. 2

No.	Hapus
-----	-------

**Gambar 3.22** Perancangan Antarmuka Halaman Kesimpulan

### 7. Halaman Uji Parameter

Pada halaman uji parameter, terdapat fitur untuk menentukan status keamanan pelayaran dengan menggunakan jumlah dan kombinasi parameter yang berbeda. Terdapat tiga jenis kombinasi jumlah parameter yang digunakan yaitu 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan arus, 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan jarak pandang (*visibility*), serta 2 parameter yang terdiri dari angin dan gelombang. Berikut adalah perancangan antarmuka untuk halaman uji parameter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.23.

APLIKASI PENENTUAN KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO						
Home	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batasan	Kesimpulan	Pengujian
<b>UJI PARAMETER</b>						
3 Parameter – Angin, Gelombang , Arus				<input type="button" value="Aplikasi"/>		
3 Parameter – Angin, Gelombang , Visibility				<input type="button" value="Aplikasi"/>		
2 Parameter – Angin, Gelombang				<input type="button" value="Aplikasi"/>		

**Gambar 3.23** Perancangan Antarmuka Halaman Pengujian Parameter

### 3.2.6 Perancangan Pengujian

Pada tahap perancangan pengujian akan dijelaskan mengenai proses serta desain dari pengujian sistem. Proses pengujian sistem yang dilakukan terdiri dari tiga proses pengujian yaitu:

#### 1. Perancangan Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kesesuaian antara keputusan yang dihasilkan oleh sistem dengan keputusan pakar dalam menentukan status keamanan pelayaran. Pengujian akurasi dilakukan untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT. Data uji yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 63 data uji yang terdiri dari 59 data uji yang berasal dari BMKG dan 4 data imitasi yang berasal dari pakar. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan keputusan yang dihasilkan sistem dengan keputusan dari pakar. Berikut adalah rancangan tabel pengujian akurasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.9.

**Tabel 3.9** Perancangan Pengujian Akurasi Sistem

No.	Data Cuaca	Keputusan Sistem		Keputusan Pakar	Kesimpulan
		$\leq 2000$ GT	$> 2000$ GT		

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3.9, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah data yang sesuai dan tidak sesuai antara keputusan yang dihasilkan sistem dan keputusan pakar. Berikut adalah rancangan tabel kesesuaian keputusan sistem dengan keputusan pakar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.10.

**Tabel 3.10** Perancangan Pengujian Jumlah Kesesuaian Keputusan Sistem dengan Keputusan Pakar

No.	Data	Jumlah	Dibawah 2000 GT		Diatas 2000 GT	
			Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Jumlah						

Berdasarkan Tabel 3.10, maka akan diketahui hasil jumlah data yang sesuai dan tidak sesuai antara keputusan sistem dengan keputusan pakar untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT. Dari jumlah yang diketahui tersebut, maka dapat ditentukan tingkat akurasi sistem dengan menggunakan Persamaan (3-18) berikut:

$$Akurasi = \frac{(Jumlah\ data - Data\ Tidak\ Sesuai)}{Jumlah\ data} \dots\dots\dots (3-18)$$

2. Perancangan Pengujian Pengaruh Jumlah Parameter Terhadap Akurasi

Pada pengujian pengaruh jumlah parameter terhadap akurasi bertujuan untuk mengetahui hasil akurasi sistem ketika jumlah parameter yang digunakan berbeda. Selain itu pengujian ini juga bertujuan untuk mencari nilai akurasi terbaik yang dihasilkan sistem berdasarkan jumlah parameter yang digunakan dalam memutuskan status keamanan pelayaran. Pengujian dilakukan dengan menggunakan jumlah serta kombinasi parameter yang berbeda dalam menentukan status keamanan pelayaran. Jumlah minimum parameter yang digunakan adalah dua parameter yaitu angin dan gelombang. Parameter angin dan gelombang akan selalu ada untuk setiap kombinasi parameter yang digunakan pada pengujian ini karena kedua parameter tersebut merupakan unsur terpenting dalam penentuan keamanan pelayaran. Pengujian dilakukan terhadap 63 data uji yang digunakan pada pengujian akurasi sebelumnya. Berikut adalah rancangan tabel pengujian jumlah parameter terhadap akurasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.11.

**Tabel 3.11** Perancangan Pengujian Jumlah Parameter Terhadap Akurasi

No.	Pengujian Jumlah Parameter	Tingkat Akurasi Dibawah 2000 GT	Tingkat Akurasi Diatas 2000 GT

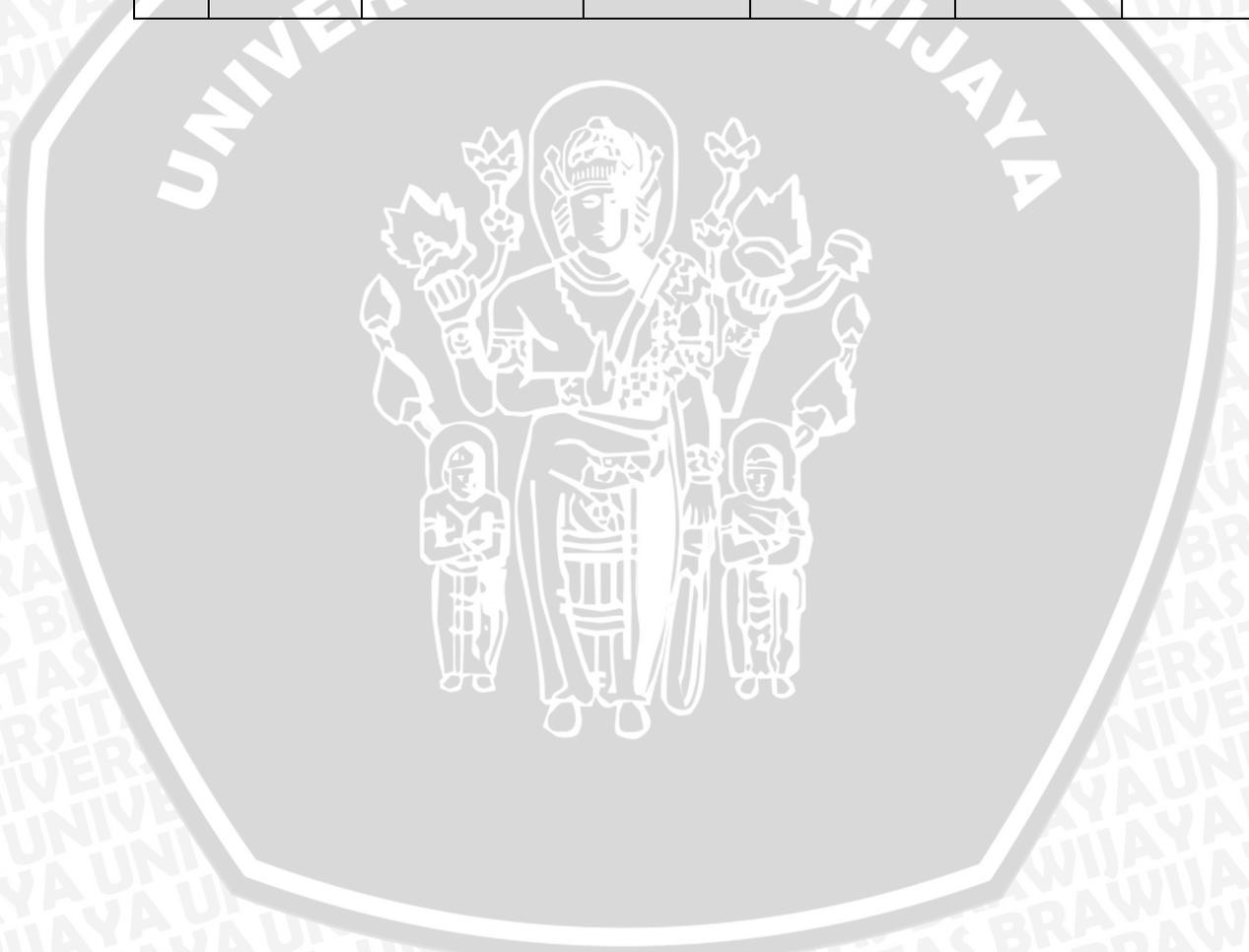
3. Perancangan Pengujian Korelasi Nilai Tiap Parameter Terhadap Nilai *Output* Metode FIS Tsukamoto

Pengujian korelasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat hubungan antara tiap parameter *input* dengan hasil *output* metode FIS Tsukamoto yang berupa

nilai presentase bahaya dari kondisi cuaca maritim untuk pelayaran. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai koefisien korelasi tiap parameter terhadap hasil *output* metode FIS Tsukamoto berdasarkan dari hasil pengujian dari 63 data uji. Berikut adalah rancangan tabel pengujian jumlah parameter terhadap akurasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.12.

**Tabel 3.12** Perancangan Pengujian Tingkat Korelasi

No.	Parameter	Koefisien Korelasi Kapal $\leq$ 2000 GT	Kesimpulan	Koefisien Korelasi Kapal $>$ 2000 GT	Kesimpulan	Hubungan Korelasi



## BAB IV

### IMPLEMENTASI

Pada bab ini membahas mengenai implementasi sistem berdasarkan pada metode dan perancangan yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Pembahasan meliputi penjelasan tentang spesifikasi *software* dan *hardware*, implelementasi algoritma dan implementasi antarmuka.

#### 4.1 Spesifikasi Software dan Hardware

Pada sub bab ini membahas mengenai spesifikasi *software* dan *hardware* yang digunakan dalam proses implementasi sistem untuk menentukan status keamanan berdasarkan cuaca maritim degan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto.

##### 4.1.1 Spesifikasi Software

Spesifikasi *software* atau perangkat lunak yang digunakan dalam proses implementasi metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto untuk menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Spesifikasi *Software*

Nama <i>Software</i>	Spesifikasi
Sistem Operasi	Windows 7 Ultimate 32-bit
Bahasa Pemrograman	Java
<i>Tools</i>	NetBeans IDE 7.3.1
<i>Server</i>	XAMPP 2.5
DBMS	MySQL

##### 4.1.2 Spesifikasi *Hardware*

Spesifikasi *hardware* atau perangkat keras yang digunakan dalam proses implementasi metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto untuk menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

**Tabel 4.2** Spesifikasi *Hardware*

Nama <i>Hardware</i>	Spesifikasi
<i>Processor</i>	Intel® Core™ i3 CPU M 350 @ 2.53 GHz
<i>Memory RAM</i>	2.00 GB
<i>Hardisk</i>	300 GB
<i>Display</i>	ATI Mobility Radeon

## 4.2 Implementasi Algoritma

Pada sub bab ini akan menjelaskan mengenai implementasi dari algoritma *Fuzzy Inference System Tsukamoto* dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan kondisi cuaca maritim. Implementasi algoritma yang dibahas meliputi algoritma fuzzifikasi, algoritma inferensi, dan algoritma defuzzifikasi.

### 4.2.1 Implementasi Algoritma Fuzzifikasi

Implementasi algoritma fuzzifikasi bertujuan untuk mencari derajat keanggotaan dari tiap-tiap variabel cuaca maritim yang meliputi variabel angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*). Berikut adalah implementasi dari algoritma fuzzifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

```

1 public class FuzzyAngin {
2     public double dataAngin;
3     public double batasAtasAnginLemah;
4     public double batasBawahAnginLemah;
5     public double batasAtas1AnginSedang;
6     public double batasBawah1AnginSedang;
7     public double batasAtas2AnginSedang;
8     public double batasBawah2AnginSedang;
9     public double batasAtas1AnginKencang;
10    public double batasBawah1AnginKencang;
11    public double batasAtas2AnginKencang;
12    public double batasBawah2AnginKencang;
13    public double batasAtasAnginSKencang;
14    public double batasBawahAnginSKencang;
15
16    public void setDataAngin(double dataAngin) {
17        this.dataAngin = dataAngin;
18    }
19
20    public double anginLemah() {
21        if (dataAngin <= batasAtasAnginLemah) {
22            return 1;
23        }
24    }
25 }

```

```
22         else if (dataAngin>=batasAtasAnginLemah &&
23 dataAngin<=batasBawahAnginLemah) {
24             return ((batasBawahAnginLemah-
25 dataAngin)/(batasBawahAnginLemah-batasAtasAnginLemah));
26         }
27         else{
28             return 0;
29         }
30     }
31
32     public double  anginSedang(){
33         if(dataAngin>=batasAtas1AnginSedang &&
34 dataAngin<=batasAtas2AnginSedang) {
35             return 1;
36         }
37         else if(dataAngin>=batasBawah1AnginSedang &&
38 dataAngin<=batasAtas1AnginSedang) {
39             return ((dataAngin-
40 batasBawah1AnginSedang)/(batasAtas1AnginSedang-
41 batasBawah1AnginSedang));
42         }
43         else if(dataAngin>=batasAtas2AnginSedang &&
44 dataAngin<=batasBawah2AnginSedang) {
45             return ((batasBawah2AnginSedang-
46 dataAngin)/(batasBawah2AnginSedang-batasAtas2AnginSedang));
47         }
48         else {
49             return 0;
50         }
51     }
52
53     public double  anginKencang(){
54         if(dataAngin>=batasAtas1AnginKencang &&
55 dataAngin<=batasAtas2AnginKencang) {
56             return 1;
57         }
58         else if(dataAngin>=batasBawah1AnginKencang &&
59 dataAngin<=batasAtas1AnginKencang){
60             return ((dataAngin-
61 batasBawah1AnginKencang)/(batasAtas1AnginKencang-
62 batasBawah1AnginKencang));
63         }
64         else if(dataAngin>=batasAtas2AnginKencang &&
65 dataAngin<=batasBawah2AnginKencang) {
66             return ((batasBawah2AnginKencang-
67 dataAngin)/(batasBawah2AnginKencang-batasAtas2AnginKencang));
68         }
69         else {
70             return 0;
71         }
72     }
73
74     public double  anginSKencang(){
```

```
71         if (dataAngin >= batasAtasAnginSKencang) {
72             return 1;
73         }
74         else if (dataAngin >= batasBawahAnginSKencang &&
75 dataAngin <= batasAtasAnginSKencang) {
76             return ((dataAngin -
77 batasBawahAnginSKencang) / (batasAtasAnginSKencang -
78 batasBawahAnginSKencang));
79         }
80         else {
81             return 0;
82         }
83     }
84
85     uAnginLemah.setText("" + format.format(dkAnginLemah));
86     uAnginSedang.setText("" + format.format(dkAnginSedang));
87     uAnginKencang.setText("" + format.format(dkAnginKencang));
88     uAnginSKencang.setText("" + format.format(dkAnginSKencang));
89     uGelombangRendah.setText("" +
90 format.format(dkGelombangRendah));
91     uGelombangSedang.setText("" +
92 format.format(dkGelombangSedang));
93     uGelombangTinggi.setText("" +
94 format.format(dkGelombangTinggi));
95     uGelombangSTinggi.setText("" +
96 format.format(dkGelombangSTinggi));
97     uArusLambat.setText("" + format.format(dkArusLambat));
98     uArusSedang.setText("" + format.format(dkArusSedang));
99     uArusCepat.setText("" + format.format(dkArusCepat));
100     uArusSCepat.setText("" + format.format(dkArusSCepat));
101     uVisRendah.setText("" + format.format(dkVisRendah));
102     uVisSedang.setText("" + format.format(dkVisSedang));
103     uVisTinggi.setText("" + format.format(dkVisTinggi));
```

**Gambar 4.1** Implementasi Algoritma Fuzzifikasi

Pada Gambar 4.1 menjelaskan mengenai proses fuzzifikasi untuk mencari derajat keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy* pada variabel angin yang meliputi himpunan *fuzzy* angin lemah, himpunan *fuzzy* angin sedang, himpunan *fuzzy* angin kencang dan himpunan *fuzzy* angin sangat kencang. Proses mencari nilai derajat keanggotaan untuk variabel gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*) memiliki konsep algoritma yang sama dengan konsep algoritma fuzzifikasi untuk mencari derajat keanggotaan variabel angin.

#### 4.2.2 Implementasi Algoritma Inferensi

Setelah penerapan algoritma fuzzifikasi telah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah penerapan algoritma inferensi. Algoritma inferensi berfungsi untuk mencari nilai  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap aturan dari masing-masing kategori kapal dengan menggunakan fungsi implikasi MIN. Fungsi implikasi MIN digunakan untuk mencari nilai derajat keanggotaan terkecil dari tiap-tiap rule. Nilai  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap aturan yang telah didapatkan digunakan untuk mencari nilai z atau output inferensi. Berikut adalah implementasi dari algoritma inferensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

```
1 private double[] rule(int rulenumber) {
2     double[] alfapredikat = new double[4];
3     if ("Lemah".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
4         1).toString())) {
5         alfapredikat[0] = dkAnginLemah;
6     } else if
7     ("Sedang".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
8         1).toString())){
9         alfapredikat[0] = dkAnginSedang;
10    } else if
11    ("Kencang".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
12        1).toString())){
13        alfapredikat[0] = dkAnginKencang;
14    } else { alfapredikat[0] = dkAnginSKencang;
15    }
16    }
17    -----
18    if ("Rendah".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
19        2).toString())) {
20        alfapredikat[1] = dkGelombangRendah;
21    } else if
22    ("Sedang".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
23        2).toString())) {
24        alfapredikat[1] = dkGelombangSedang;
25    } else if
26    ("Tinggi".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
27        2).toString())) {
28        alfapredikat[1] = dkGelombangTinggi;
29    } else {
30        alfapredikat[1] = dkGelombangSTinggi;
31    }
32    -----
33    if ("Lambat".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
34        3).toString())) {
35        alfapredikat[2] = dkArusLambat;
36    } else if
37    ("Sedang".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumber,
```

```
38     3).toString())) {
39         alfapredikat[2] = dkArusSedang;
40     } else if
41     ("Cepat".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumbe
42     3).toString())) {
43         alfapredikat[2] = dkArusCepat;
44     } else {
45         alfapredikat[2] = dkArusSCepat;
46     }
47     -----
48     if ("Rendah".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumbe
49     4).toString())) {
50         alfapredikat[3] = dkVisRendah;
51     } else if
52     ("Sedang".equals(tabel_rule.getValueAt(rulenumbe
53     4).toString())) {
54         alfapredikat[3] = dkVisSedang;
55     } else {
56         alfapredikat[3] = dkVisTinggi;
57     }
58     -----
59
60     return alfapredikat;
61 }
62
63     double[] z = new double[192];
64     double[] az = new double[192];
65     double jmlAlfaZTdkBerbahaya1 = 0;
66     double jmlAlfaZBerbahaya1 = 0;
67     double jmlMinTdkBerbahaya1 = 0;
68     double jmlMinBerbahaya1 = 0;
69     double defuzzyZ1 = 0;
70
71     //Hitung alfa predikat dan z tidak berbahaya
72     int jmlTdkBerbahaya = 0;
73     try{
74         res = stat.executeQuery("select count(keputusan)
75         from rule_dibawah_2000_gt where keputusan='Tidak
76         Berbahaya'");
77         while (res.next()) {
78             jmlTdkBerbahaya =
79             Integer.parseInt(res.getString("count(keputusan)"));
80         }
81     }catch (Exception e) {
82     }
83
84     double[] alfaTdkBerbahaya = new
85     double[jmlTdkBerbahaya];
86     int a = 0;
87     int j = 0;
88     for(int i=0; i<jmlTdkBerbahaya; i++){
89         rule = rule(i);
90         j++;
```

```
91
92     Arrays.sort(rule);
93     alfaTdkBerbahaya[a] = rule[0];
94     z[i] = batasBawahTidakBerbahaya-
95     ((batasBawahTidakBerbahaya-
96     batasAtasTidakBerbahaya)*alfaTdkBerbahaya[a]);
97     az[i] = z[i]*alfaTdkBerbahaya[a];
98     jmlAlfaZTdkBerbahaya1 = jmlAlfaZTdkBerbahaya1 +
99     az[i];
100     jmlMinTdkBerbahaya1 = jmlMinTdkBerbahaya1 +
101     alfaTdkBerbahaya[a];
102     a++;
103     }
104
105 //Hitung alfa predikat dan z berbahaya
106 int jmlBerbahaya = 0;
107 try{
108     res = stat.executeQuery("select count(keputusan)
109     from rule_dibawah_2000_gt where keputusan='Berbahaya'");
110     while (res.next()) {
111         jmlBerbahaya =
112         Integer.parseInt(res.getString("count(keputusan)"));
113     }
114     }catch (Exception e) {
115     }
116     double[] alfaBerbahaya = new double[jmlBerbahaya];
117     int b = 0;
118     for(int i=j; i<(jmlTdkBerbahaya+jmlBerbahaya);
119     i++){
120         rule = rule(i);
121         j++;
122
123         Arrays.sort(rule);
124         alfaBerbahaya[b] = rule[0];
125         z[i] = (batasBawahBerbahaya)+((batasAtasBerbahaya-
126     batasBawahBerbahaya)*alfaBerbahaya[b]);
127         az[i] = z[i]*alfaBerbahaya[b];
128         jmlAlfaZBerbahaya1 = jmlAlfaZBerbahaya1 + az[i];
129         jmlMinBerbahaya1 = jmlMinBerbahaya1 +
130     alfaBerbahaya[b];
131         b++;
132     }
133
134
```

**Gambar 4.2** Implementasi Algoritma Inferensi

Proses inferensi yang dilakukan terdiri atas dua proses yaitu proses inferensi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan proses inferensi untuk kategori kapal diatas 2000 GT. Pada Gambar 4.2 dijelaskan mengenai algoritma inferensi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT. Proses inferensi untuk kategori kapal diatas 2000

GT memiliki konsep yang sama dengan kategori kapal dibawah 2000 GT. Perbedaan terletak pada keputusan dari *rule* atau aturan yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan *output* inferensi.

#### 4.2.3 Implementasi Algoritma Defuzzifikasi

Penerapan algoritma defuzzifikasi bertujuan untuk mencari hasil akhir atau *output* (nilai Z) dari metode FIS Tsukamoto. Defuzzifikasi pada metode FIS Tsukamoto menggunakan metode *weighted average* atau rata-rata terbobot dimana hasil penjumlahan dari perkalian antara nilai z dengan  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap *rule* dibagi dengan penjumlahan nilai  $\alpha$ -predikat dari tiap-tiap *rule*. Berikut adalah implementasi dari algoritma defuzzifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.

```

1. double jmlAlfaZTdkBerbahaya1 = 0;
2. double jmlAlfaZBerbahaya1 = 0;
3. double jmlMinTdkBerbahaya1 = 0;
4. double jmlMinBerbahaya1 = 0;
5. double defuzzyZ1 = 0;
6. double jmlAlfaZTdkBerbahaya2 = 0;
7. double jmlAlfaZBerbahaya2 = 0;
8. double jmlMinTdkBerbahaya2 = 0;
9. double jmlMinBerbahaya2 = 0;
10. double defuzzyZ2 = 0;
11.
12. defuzzyZ1 = (jmlAlfaZTdkBerbahaya1 + jmlAlfaZBerbahaya1
13. )/(jmlMinTdkBerbahaya1 + jmlMinBerbahaya1);
14.
15. jNilaiZ.setText(""+format2.format (defuzzyZ1));
16. if (defuzzyZ1 >= 0 && defuzzyZ1 <= batasKeputusan1){
17.     jKeputusan.setText("Tidak Berbahaya");
18. }
19. else if (defuzzyZ1 > batasKeputusan1){
20.     jKeputusan.setText("Berbahaya");
21. }
22.
23. defuzzyZ2 = (jmlAlfaZTdkBerbahaya2 + jmlAlfaZBerbahaya2
24. )/(jmlMinTdkBerbahaya2 + jmlMinBerbahaya2);
25.
26. jNilaiZ2.setText(""+format2.format (defuzzyZ2));
27.
28. if (defuzzyZ2 >= 0 && defuzzyZ2 <= batasKeputusan2){
29.     jKeputusan2.setText("Tidak Berbahaya");
30. }
31. else if (defuzzyZ2 > batasKeputusan2){
32.     jKeputusan2.setText("Berbahaya");
33. }
34.

```

**Gambar 4.3** Implementasi Algoritma Defuzzifikasi

Pada Gambar 4.3 dijelaskan mengenai proses algoritma defuzzifikasi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT. Hasil nilai dari proses defuzzifikasi kemudian diklasifikasikan berdasarkan batas tingkat bahaya yang telah ditentukan. Apabila hasil defuzzifikasi bernilai diatas 60%, maka kondisi cuaca maritim tersebut berbahaya untuk kegiatan pelayaran dan apabila hasil defuzzifikasi bernilai dibawah 60%, maka kondisi cuaca maritim tersebut tidak berbahaya untuk kegiatan pelayaran.

### 4.3 Implementasi Antarmuka

Implementasi antarmuka sistem mengacu pada perancangan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Tampilan antarmuka sistem yang diimplementasikan meliputi tampilan halaman *home*, halaman derajat keanggotaan, halaman tabel *rule 1* dan tabel *rule 2*, halaman batasan keanggotaan, halaman kesimpulan dan halaman uji parameter.

#### 4.3.1 Antarmuka Halaman *Home*

Antarmuka halaman *home* merupakan antarmuka yang pertama kali muncul pada saat aplikasi mulai dijalankan oleh pengguna. Pada halaman *home* terdiri dari beberapa fitur yang meliputi fitur *form input* data yang berfungsi untuk memasukkan data cuaca maritim ke dalam sistem, fitur tabel data cuaca maritim yang berfungsi untuk menampilkan data cuaca maritim yang telah disimpan dan fitur *field output* yang berfungsi untuk menampilkan keluaran dari hasil proses perhitungan dengan menggunakan metode FIS Tsukamoto untuk tiap-tiap kategori kapal. Terdapat beberapa tombol yang berfungsi untuk mengolah data yang telah dimasukkan antara lain tombol *add* untuk menyimpan data ke dalam tabel data cuaca maritim, tombol *update* untuk memperbaharui data yang terdapat pada tabel data cuaca maritim, tombol *delete* untuk menghapus data yang telah disimpan pada tabel data cuaca maritim dan tombol *cancel* untuk mengosongkan *form input*. Selain itu terdapat juga tombol untuk melakukan pemrosesan data yang meliputi tombol proses yang berfungsi untuk memulai melakukan perhitungan untuk menentukan status keamanan pelayaran dengan metode FIS Tsukamoto, tombol *reset* untuk mengosongkan hasil

perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya dan tombol simpan yang berfungsi untuk menyimpan hasil perhitungan yang telah dilakukan kedalam tabel kesimpulan yang terdapat pada halaman kesimpulan. Berikut adalah implementasi dari antarmuka halaman *home* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4

**APLIKASI PENENTUAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home Derajat Keanggotaan Tabel Rule 1 Tabel Rule 2 Batas Keanggotaan Kesimpulan Uji Parameter

**INPUT DATA**

No.

Tanggal

Bulan

Tahun

Asal Pelayaran

Tujuan

Angin (knot)

Gelombang (m)

Arus (cm/s)

Visibility (m)

**DATA CUACA MARITIM**

No.	Tanggal	Bulan	Tahun	Asal	Tujuan	Angin	Gelombang	Arus	Visibility
1	1	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	9.8	1.1	29.4	6000
2	2	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	10.1	1.3	26.5	6000
3	3	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	11.5	1.36	27.29	300
4	4	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	15.3	2.01	54.92	6000
5	5	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	13.04	2.55	36.65	500
6	6	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	13.83	2.51	31.44	3000
7	7	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	14.33	2.3	48.03	8000
8	8	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	15.07	2.3	90.06	9000
9	9	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	23.4	4.3	128.87	3000
10	10	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	23.03	4.99	128.63	6000
11	11	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	19.49	4.18	108.74	8000
12	12	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	17.53	3.59	50.78	3000
13	13	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	14.48	2.7	23.04	8000
14	14	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	13.82	2.86	30.06	8000
15	15	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	12.97	2.26	9.27	8000
16	16	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	10.37	1.73	7.2	300
17	17	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	12.04	1.58	16.75	8000
18	18	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	12.21	1.57	8.58	9000
19	19	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	14.86	2.03	10.01	8000
20	20	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	15.1	2.1	9.9	6000
21	21	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	12.45	1.72	14.6	6000
22	22	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	12.39	1.57	12.18	6000
23	23	Januari	2014	Surabaya	Banjarmasin	14.24	1.92	14.81	6000

Nilai Z Dibawah 2000 GT (%)  Nilai Z Diatas 2000 GT (%)

Keputusan Dibawah 2000 GT  Keputusan Diatas 2000 GT

**Gambar 4.4** Implementasi Antarmuka Halaman *Home*

### 4.3.2 Antarmuka Halaman Derajat Keanggotaan

Antarmuka halaman derajat keanggotaan berfungsi untuk menampilkan derajat keanggotaan dari tiap-tiap variabel data cuaca maritim yang meliputi data angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*). Berikut adalah implementasi dari antarmuka halaman derajat keanggotaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



DERAJAT KEANGGOTAAN TIAP VARIABEL					
Angin	Lemah	Sedang	Kencang	Sangat Kencang	
	0	1	0	0	
	Gelombang	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
		1	0	0	0
Arus	Lambat	Sedang	Cepat	Sangat Cepat	
	0.06	0.94	0	0	
	Visibility	Rendah	Sedang	Tinggi	
		0	0	1	

**Gambar 4.5** Implementasi Antarmuka Halaman Derajat Keanggotaan

### 4.3.3 Antarmuka Halaman Tabel Rule 1

Antarmuka halaman tabel *rule* 1 merupakan antarmuka yang berfungsi untuk menampilkan tabel *rule* yang terdiri dari sekumpulan aturan penentuan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT. Terdapat fitur tambahan yang meliputi tombol *search* yang berfungsi untuk melakukan pencarian *rule*, tombol *add* untuk menambahkan *rule* baru ke dalam tabel *rule*, tombol *update* untuk memperbaharui *rule* yang terdapat pada tabel *rule*, tombol *delete* untuk menghapus *rule* dari tabel *rule* dan tombol *cancel* untuk mengosongkan *field*. Berikut adalah implementasi dari antarmuka halaman tabel *rule* 1 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Sistem Penentuan Status Keamanan Pelayaran Metode FIS Tsukamoto

**APLIKASI PENENTUAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home Derajat Keanggotaan Tabel Rule 1 Tabel Rule 2 Batas Keanggotaan Kesimpulan Uji Parameter

**TABEL RULE  
KAPAL DIBAWAH 2000 GT**

No. Rule	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Kesimpulan
1	Lemah	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
2	Lemah	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
3	Lemah	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
4	Lemah	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
5	Lemah	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
6	Lemah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
7	Lemah	Rendah	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
8	Lemah	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
9	Lemah	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
10	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
11	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
12	Lemah	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
13	Lemah	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
14	Lemah	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
15	Lemah	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
16	Lemah	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
17	Lemah	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
18	Lemah	Sedang	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya

No. Rule Angin Gelombang Arus Visibility Keputusan

Lemah Rendah Lambat Rendah Tidak Berbahaya

Search Add Update Delete Cancel

**Gambar 4.6** Implementasi Antarmuka Halaman Tabel Rule 1

#### 4.3.4 Antarmuka Halaman Tabel Rule 2

Antarmuka halaman tabel *rule* 2 merupakan antarmuka yang berfungsi untuk menampilkan tabel *rule* yang terdiri dari sekumpulan aturan penentuan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal diatas 2000 GT. Terdapat fitur tambahan yang meliputi tombol *search* yang berfungsi untuk melakukan pencarian *rule*, tombol *add* untuk menambahkan *rule* baru ke dalam tabel *rule*, tombol *update* untuk memperbaharui *rule* yang terdapat pada tabel *rule*, tombol *delete* untuk menghapus *rule* dari tabel *rule* dan tombol *cancel* untuk mengosongkan *field*. Berikut adalah implementasi dari antarmuka halaman tabel *rule* 2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Sistem Penentuan Status Keamanan Pelayaran Metode FIS Tsukamoto

**APLIKASI PENENTUAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM  
METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home Derajat Keanggotaan Tabel Rule 1 Tabel Rule 2 Batas Keanggotaan Kesimpulan Uji Parameter

**TABEL RULE**  
KAPAL DIATAS 2000 GT

No. Rule	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Kesimpulan
1	Lemah	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
2	Lemah	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
3	Lemah	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
4	Lemah	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
5	Lemah	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
6	Lemah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
7	Lemah	Rendah	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
8	Lemah	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
9	Lemah	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
10	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
11	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
12	Lemah	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
13	Lemah	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
14	Lemah	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
15	Lemah	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
16	Lemah	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
17	Lemah	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
18	Lemah	Sedang	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya

No. Rule    Angin    Gelombang    Arus    Visibility    Keputusan

   Lemah    Rendah    Lambat    Rendah    Tidak Berbahaya

Search    Add    Update    Delete    Cancel

**Gambar 4.7** Implementasi Antarmuka Halaman Tabel Rule 2

#### 4.3.5 Antarmuka Halaman Batas Keanggotaan

Pada antarmuka halaman batas keanggotaan berfungsi untuk menampilkan batas keanggotaan *fuzzy* dari tiap-tiap variabel *input* yang meliputi angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*) dan batas keanggotaan *fuzzy* untuk variabel *output* yaitu status keamanan pelayaran. Selain itu terdapat juga batas presentase nilai klasifikasi berbahaya untuk tiap-tiap kategori kapal. Pengguna bisa merubah nilai batas keanggotaan dan menyimpannya dengan menggunakan tombol simpan batasan dan pengguna dapat mengembalikan nilai batasan ke format *default* dengan menekan tombol *default*. Berikut adalah implementasi dari antarmuka halaman batas keanggotaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.

ANGIN				
Angin Lambat	Angin Sedang	Angin Kencang	Angin Sangat Kencang	
Batas Atas: 5	Batas Bawah 1: 5	Batas Bawah 1: 13	Batas Bawah: 24	
Batas Bawah: 6	Batas Atas 1: 6	Batas Atas 1: 16	Batas Atas: 25	
	Batas Atas 2: 13	Batas Atas 2: 24		
	Batas Bawah 2: 16	Batas Bawah 2: 25		

GELOMBANG				
Gelombang Rendah	Gelombang Sedang	Gelombang Tinggi	Gelombang Sangat Tinggi	
Batas Atas: 1.3	Batas bawah 1: 1.3	Batas Bawah 1: 1.9	Batas Bawah: 2.4	
Batas Bawah: 1.5	Batas Atas 1: 1.5	Batas Atas 1: 2.1	Batas Atas: 2.5	
	Batas Atas 2: 1.9	Batas Atas 2: 2.4		
	Batas Bawah 2: 2.1	Batas Bawah 2: 2.5		

**Gambar 4.8** Implementasi Antarmuka Halaman Batas Keanggotaan

#### 4.3.6 Antarmuka Halaman Kesimpulan

Antarmuka halaman kesimpulan berfungsi untuk menampilkan data cuaca maritim beserta hasil kesimpulan status keamanan pelayaran dari data tersebut untuk tiap-tiap kategori kapal. Berikut adalah implementasi dari antarmuka halaman kesimpulan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.

Sistem Penentuan Status Keamanan Pelayaran Metode FIS Tsukamoto

**APLIKASI PENENTUAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM**  
**METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO**

Home Derajat Keanggotaan Tabel Rule 1 Tabel Rule 2 Batas Keanggotaan Kesimpulan Uji Parameter

**TABEL KESIMPULAN**

No	Tanggal	Bulan	Tahun	Asal	Tujuan	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Nilai Z < 2000GT	Keputusan	Nilai Z > 21
1	1	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	9.8	1.1	29.4	6000	16.2	Tidak Berbahaya	16.2
2	2	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	10.1	1.3	26.5	6000	35.02	Tidak Berbahaya	35.02
3	3	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	11.5	1.36	27.29	300	39.07	Tidak Berbahaya	39.07
4	4	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	15.3	2.01	54.92	6000	67.06	Berbahaya	43.2
5	5	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	13.04	2.55	36.65	500	72.06	Berbahaya	72.06
6	6	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	13.83	2.51	31.44	3000	75.99	Berbahaya	75.99
7	7	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	14.33	2.3	48.03	8000	72.72	Berbahaya	37.15
8	8	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	15.07	2.3	90.06	9000	74.79	Berbahaya	33.9
9	9	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	23.4	4.3	128.87	3000	90	Berbahaya	90
10	10	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	23.03	4.99	128.63	6000	90	Berbahaya	90
11	11	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	19.49	4.18	108.74	8000	90	Berbahaya	90
12	12	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	17.53	3.59	50.78	3000	84.97	Berbahaya	84.97
13	13	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	14.48	2.7	23.04	8000	69.91	Berbahaya	69.91
14	14	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	13.82	2.86	30.06	8000	76.1	Berbahaya	76.1
15	15	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.97	2.26	9.27	8000	90	Berbahaya	10
16	16	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	10.37	1.73	7.2	300	10	Tidak Berbahaya	10
17	17	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.04	1.58	16.75	8000	10	Tidak Berbahaya	10
18	18	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.21	1.57	8.58	9000	10	Tidak Berbahaya	10
19	19	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	14.86	2.03	10.01	8000	73.51	Berbahaya	35.92
20	20	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	15.1	2.1	9.9	6000	75.3	Berbahaya	33.1
21	21	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.45	1.72	14.6	6000	10	Tidak Berbahaya	10

Gambar 4.9 Implementasi Antarmuka Halaman Kesimpulan

4.3.7 Antarmuka Halaman Uji Parameter

Antarmuka halaman uji parameter berfungsi untuk melakukan perhitungan dengan menggunakan metode FIS Tsukamoto dengan jumlah dan kombinasi parameter yang berbeda. Terdapat tiga jenis kombinasi jumlah parameter yang digunakan yaitu 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan arus, 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan jarak pandang (*visibility*), serta 2 parameter yang terdiri dari angin dan gelombang. Berikut adalah implementasi dari antarmuka halaman uji parameter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Implementasi Antarmuka Halaman Uji Parameter



## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dilakukan proses pengujian dan analisis dari hasil implementasi metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim. Proses pengujian meliputi pengujian tingkat akurasi sistem, pengujian pengaruh jumlah parameter terhadap akurasi sistem, dan pengujian korelasi nilai tiap parameter terhadap nilai *output* metode FIS Tsukamoto.

#### 5.1 Pengujian

Pengujian yang dilakukan terhadap hasil implementasi metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim terdiri dari tiga macam mekanisme yang meliputi pengujian tingkat akurasi yang dihasilkan sistem, pengujian pengaruh jumlah parameter terhadap akurasi sistem, dan pengujian korelasi nilai tiap parameter terhadap nilai *output* metode FIS Tsukamoto. Setiap mekanisme pengujian dilakukan terhadap penentuan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 *Gross tonnage* (GT) dan kategori kapal diatas 2000 *Gross tonnage* (GT). Hasil dari pengujian kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dari tujuan dilakukannya pengujian.

##### 5.1.1 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kesesuaian antara keputusan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim yang dihasilkan oleh sistem dengan hasil keputusan pakar. Pada pengujian akurasi ini, terdapat 59 data uji yang berasal dari hasil pengamatan BMKG. Dari 59 data uji tersebut, tidak terdapat data yang menggambarkan kondisi cuaca maritim dimana kecepatan angin dan ketinggian gelombang masih dalam batas aman tetapi kecepatan arus dan jarak pandang (*visibility*) berada pada kondisi yang cukup ekstrim. Oleh karena itu, pada proses pengujian ini ditambahkan 4 data imitasi yang didapatkan dari

hasil konsultasi dengan pakar untuk menggambarkan kondisi cuaca tersebut. Penambahan data imitasi bertujuan untuk mengetahui apakah hasil pengujian dari implementasi dari metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran dengan menggunakan 4 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, arus dan jarak pandang bisa memperbaiki permasalahan dari BMKG sebelumnya yang hanya menggunakan parameter angin dan gelombang dalam menentukan status keamanan pelayaran. Sehingga total data yang digunakan untuk proses pengujian adalah sejumlah 63 data uji.

Prosedur pengujian dilakukan dengan cara memasukkan data uji cuaca maritim kedalam sistem dan kemudian sistem akan melakukan proses perhitungan dengan menggunakan metode FIS Tsukamoto untuk menentukan status keamanan pelayaran dengan kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT. Status keamanan pelayaran yang dihasilkan terdiri dari status berbahaya dan tidak berbahaya. Hasil keputusan status keamanan pelayaran yang dihasilkan oleh sistem akan dibandingkan dengan hasil keputusan pakar. Dalam menentukan status keamanan pelayaran, pakar akan mempertimbangkan kondisi 4 parameter cuaca maritim yang terdiri dari kondisi kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus, dan jarak pandang untuk memutuskan apakah kondisi tersebut berbahaya atau tidak berbahaya untuk tiap-tiap kategori kapal. Berikut adalah hasil pengujian akurasi dari metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pengujian Akurasi Sistem

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
1.	1-Jan-14	9.8	1.1	29.4	6000	16.204	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	16.204	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
2.	2-Jan-14	10.1	1.3	26.5	6000	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
3.	3-Jan-14	11.5	1.36	27.29	300	39.07359922	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	39.07359922	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
4.	4-Jan-14	15.3	2.01	54.92	6000	67.05942431	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	43.20241725	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
5.	5-Jan-14	13.04	2.5	36.65	3000	89.07911111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	89.07911111	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
6.	6-Jan-14	13.83	2.5	31.44	3000	75.99144444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	75.99144444	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
7.	7-Jan-14	14.33	2.3	48.03	8000	72.72477778	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	37.14677778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
8.	8-Jan-14	15.07	2.3	90.06	9000	74.79201581	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.89826087	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
9.	9-Jan-14	23.4	4.3	128.87	3000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
10.	10-Jan-14	23.03	4.99	128.63	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
11.	11-Jan-14	19.49	4.18	108.74	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
12.	12-Jan-14	17.53	3.59	50.78	3000	84.96588	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	84.96588	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
13.	13-Jan-14	14.48	2.7	23.04	8000	69.90810392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	69.90810392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
14.	14-Jan-14	13.82	2.86	30.06	8000	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
15.	15-Jan-14	12.97	2.26	9.27	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
16.	16-Jan-14	10.37	1.73	7.2	3000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
17.	17-Jan-14	12.04	1.58	16.75	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
18.	18-Jan-14	12.21	1.57	8.58	9000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
19.	19-Jan-14	14.86	2.03	10.01	8000	66.50470588	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	39.96529412	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
20.	20-Jan-14	15.1	2.1	9.9	6000	75.3	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
21.	21-Jan-14	12.45	1.72	14.6	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
22.	22-Jan-14	12.39	1.57	12.18	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
23.	23-Jan-14	14.34	1.92	14.81	6000	51.98037037	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	40.90592593	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
24.	24-Jan-14	12.41	2.4	18.32	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
25.	25-Jan-14	12.08	1.74	21.22	8000	21.78276	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	21.78276	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
26.	26-Jan-14	13.39	1.81	35.33	8000	22.662	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.441	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
27.	27-Jan-14	10.75	1.49	12.39	7000	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
28.	28-Jan-14	10.18	1.39	18.62	8000	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
29.	29-Jan-14	6.49	1.1	20.41	8000	14.32509	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	14.32509	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
30.	30-Jan-14	5.79	0.83	22.24	9000	36.31664789	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	36.31664789	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
31.	31-Jan-14	6.09	0.86	21.73	8000	25.73781	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	25.73781	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
...													
48.	17-Feb-14	9.81	1.96	26.49	6000	46.47368125	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	40.09868125	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
49.	18-Feb-14	10.82	2.08	11.96	8000	83.8	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	19.9	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
50.	19-Feb-14	16.47	2.84	37.76	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
51.	20-Feb-14	17.45	3.02	49.64	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
52.	21-Feb-14	17.7	3.3	67.91	300	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
53.	22-Feb-14	18.08	3.48	42.81	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
54.	23-Feb-14	16.34	3.3	36.7	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
55.	24-Feb-14	12.99	2.36	14.24	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
56.	25-Feb-14	11.29	1.75	9.5	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
57.	26-Feb-14	11.57	1.51	9.44	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
58.	27-Feb-14	13.41	1.69	9.82	10000	23.29311111	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.97877778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
59.	28-Feb-14	12.77	1.78	12.14	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
60.	Data Imitasi 1	8.79	1.37	73.21	400	74.075	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
61.	Data Imitasi 2	11.13	1.58	97.02	300	75.35628	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	70.34392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
62.	Data Imitasi 3	13.02	2.19	98.63	300	81.37527083	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	81.12210307	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
63.	Data Imitasi 4	15.97	2.09	99.78	300	84.26464945	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	84.75808118	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai

Berdasarkan pada Tabel 5.1, dari 63 kasus data uji cuaca maritim terdapat masing-masing 2 data yang tidak sesuai antara hasil keputusan sistem dengan hasil keputusan pakar dalam penentuan status keamanan pelayaran berdasarkan faktor cuaca maritim untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kategori kapal diatas 2000 GT. Ketidakesuaian terjadi pada kasus data uji yang didapatkan dari hasil pengamatan BMKG. Sedangkan seluruh keputusan dari 4 data imitasi yang digunakan terjadi kesesuaian antara hasil keputusan sistem dengan hasil keputusan pakar. Berdasarkan dari hasil tersebut, maka kesesuaian keputusan dari metode FIS Tsukamoto dengan keputusan pakar dalam menentukan status keamanan pelayaran dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Hasil Kesesuaian Keputusan Sistem dengan Keputusan Pakar

No.	Data	Jumlah	Dibawah 2000 GT		Diatas 2000 GT	
			Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
1.	BMKG	59 Data	57 Data	2 Data	57 Data	2 Data
2.	Imitasi	4 Data	4 Data	0 Data	4 Data	0 Data
Jumlah		63 Data	61 Data	2 Data	61 Data	2 Data

Berdasarkan pada Tabel 5.2, Jumlah kesesuaian antara keputusan sistem dengan keputusan pakar untuk masing-masing kategori kapal adalah sebanyak 61 data dan dengan jumlah ketidakesuaian sebanyak 2 data. Dari hasil tersebut, maka Untuk mengetahui tingkat akurasi dari implementasi metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dapat menggunakan Persamaan (3-1).

$$Akurasi = \frac{(63-2)}{63} \times 100\% = 96.82\%$$

Sedangkan tingkat akurasi sistem dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim untuk kategori kapal dibawah 2000 GT adalah sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{(63-2)}{63} \times 100\% = 96.82\%$$

Jadi, hasil akurasi yang dihasilkan dari sistem dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT adalah sebesar 96.82%.

### 5.1.2 Analisis Hasil Pengujian Akurasi

Pada proses pengujian akurasi yang telah dilakukan sebelumnya, dari keseluruhan 63 data uji yang terdiri dari 59 data yang didapatkan dari hasil pengamatan BMKG dan 4 data imitasi, didapatkan hasil kesesuaian antara keputusan sistem dengan keputusan pakar dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk masing-masing kategori kapal adalah sebanyak 61 data serta jumlah ketidaksesuaian sebanyak 2 data. Ketidaksesuaian antara keputusan sistem dengan keputusan pakar untuk kategori kapal dibawah 2000 GT terjadi pada data tanggal 4 januari 2014 dan 19 januari 2014 dimana keputusan sistem untuk kedua data cuaca tersebut adalah berbahaya, sedangkan keputusan pakar adalah tidak berbahaya. Perbedaan keputusan untuk kategori kapal dibawah 2000 GT terjadi dikarenakan pakar masih memberikan toleransi pada kedua data cuaca maritim tersebut walaupun sudah sedikit melebihi batas aman kriteria kapal untuk berlayar, sehingga meskipun data cuaca maritim tersebut sudah melewati batas berbahaya namun pakar masih memperbolehkan kapal untuk berlayar dengan catatan untuk lebih waspada. Sedangkan untuk kategori kapal diatas 2000 GT, ketidaksesuaian antara keputusan sistem dengan keputusan pakar terjadi pada data tanggal 5 januari 2014 dan 6 januari 2014. Keputusan sistem untuk kedua data cuaca pada tersebut adalah berbahaya sedangkan keputusan pakar adalah tidak berbahaya. Perbedaan keputusan untuk kategori kapal diatas 2000 GT terjadi karena pakar masih memperbolehkan kapal diatas 2000 GT untuk berlayar ketika ketinggian gelombang mencapai 2.5 meter dan kondisi cuaca lain masih dalam kondisi yang aman. Namun pada grafik *fuzzy* keanggotaan parameter gelombang, ketinggian 2.5 meter sudah termasuk dalam kondisi yang sangat tinggi dan berbahaya untuk pelayaran sehingga keputusan yang dihasilkan sistem untuk kedua data tersebut adalah berbahaya.

Sedangkan hasil keputusan dari 4 data imitasi yang telah ditambahkan pada proses pengujian menunjukkan kesesuaian hasil antara keputusan dari sistem dengan keputusan dari pakar dalam penentuan status keamanan pelayaran. Berdasarkan hasil tersebut, maka implementasi metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran dengan menggunakan 4 parameter cuaca maritim yang terdiri dari angin, gelombang, arus dan visibility dapat membantu permasalahan BMKG yang selama ini dalam pengambilan keputusan penentuan pelayaran hanya parameter angin dan gelombang.

Tingkat akurasi yang dihasilkan oleh sistem dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kategori kapal diatas 2000 GT berdasarkan dari pengujian 63 data uji adalah sebesar 96.82%. Hasil akurasi yang baik tersebut menunjukkan bahwa aturan yang digunakan dalam penentuan status keamanan memiliki kesesuaian dengan pengetahuan pakar. Jadi, metode FIS Tsukamoto dapat diterapkan dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan faktor cuaca maritim.

### **5.1.3 Pengujian Pengaruh Jumlah Parameter Terhadap Akurasi**

Pada pengujian pengaruh jumlah parameter terhadap akurasi bertujuan untuk mengetahui hasil akurasi sistem ketika jumlah parameter yang digunakan berbeda serta untuk mengetahui pengaruh dari parameter terhadap hasil akurasi sistem. Selain itu pengujian ini juga bertujuan untuk mencari nilai akurasi terbaik dari keseluruhan pengujian berdasarkan dari jumlah parameter yang digunakan dalam memutuskan status keamanan pelayaran.

Pada pengujian akurasi sistem sebelumnya, digunakan 4 parameter yaitu angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*) dalam menentukan status keamanan pelayaran dengan hasil tingkat akurasi untuk masing-masing kategori GT kapal adalah sebesar 96.82%. Pada pengujian ini, dilakukan perubahan jumlah parameter yang digunakan dalam penentuan status keamanan pelayaran. Berikut adalah kombinasi jumlah parameter yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.3.

**Tabel 5.3** Kombinasi Jumlah parameter untuk Pengujian Akurasi

No.	Jumlah Parameter	Parameter
1.	3 Parameter	(Angin, Gelombang, Arus)
2.	3 Parameter	(Angin, Gelombang, Visibility)
3.	2 Parameter	(Angin, Gelombang)

Berdasarkan Tabel 5.3, jumlah minimum parameter yang digunakan adalah 2 parameter yaitu angin dan gelombang. Pada pengujian ini, untuk parameter angin dan gelombang merupakan parameter yang selalu ada untuk setiap kombinasi jumlah parameter yang digunakan karena kedua parameter tersebut merupakan parameter utama dalam penentuan status keamanan pelayaran dan memiliki pengaruh penting dalam setiap kegiatan pelayaran.

Data uji yang digunakan pada pengujian jumlah parameter terhadap akurasi adalah data uji yang sebelumnya digunakan pada pengujian akurasi dengan menggunakan 4 parameter. Data uji terdiri dari 59 data yang berasal dari hasil pengamatan BMKG dan 4 data imitasi yang diperoleh dari konsultasi dengan pakar. Data imitasi merupakan data yang menggambarkan kondisi cuaca maritim yang berbahaya ketika kecepatan angin dan tinggi gelombang masih dalam batas aman namun kecepatan arus dan visibility berada pada kondisi yang cukup ekstrim.

Prosedur pengujian dilakukan dengan memasukkan data uji kedalam sistem sesuai dengan jumlah dan kombinasi parameter yang digunakan. Selanjutnya sistem akan melakukan proses perhitungan dengan menggunakan metode FIS Tsukamoto untuk menentukan status keamanan pelayaran dengan kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT. Status keamanan pelayaran yang dihasilkan terdiri dari status berbahaya dan tidak berbahaya. Hasil keputusan status keamanan pelayaran berdasarkan kondisi cuaca maritim yang dihasilkan oleh sistem berdasarkan jumlah dan kombinasi parameter seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.3 sebelumnya akan dibandingkan dengan hasil keputusan pakar. Dalam menentukan status keamanan pelayaran, pakar akan tetap mempertimbangkan kondisi 4 parameter cuaca maritim yang terdiri dari kondisi kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus, dan jarak pandang (*visibility*) untuk memutuskan apakah kondisi tersebut berbahaya atau

tidak berbahaya untuk tiap-tiap kategori kapal. Berikut adalah hasil pengujian akurasi dari metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT dengan menggunakan kombinasi parameter yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.4 untuk 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang dan arus, Tabel 5.5 untuk 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang dan jarak pandang (*visibility*) dan Tabel 5.6 untuk 2 parameter yang terdiri dari angin dan gelombang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**Tabel 5.4** Pengujian Pengaruh 3 Parameter (Angin, Gelombang dan Arus) Terhadap akurasi

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
1.	1-Jan-14	9.8	1.1	29.4	6000	16.204	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	16.204	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
2.	2-Jan-14	10.1	1.3	26.5	6000	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
3.	3-Jan-14	11.5	1.36	27.29	300	39.07359922	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	39.07359922	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
4.	4-Jan-14	15.3	2.01	54.92	6000	67.05942431	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	43.20241725	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
5.	5-Jan-14	13.04	2.5	36.65	3000	89.07911111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	89.07911111	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
6.	6-Jan-14	13.83	2.5	31.44	3000	75.99144444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	75.99144444	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
7.	7-Jan-14	14.33	2.3	48.03	8000	72.72477778	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	37.14677778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
8.	8-Jan-14	15.07	2.3	90.06	9000	74.79201581	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.89826087	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
9.	9-Jan-14	23.4	4.3	128.87	3000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
10.	10-Jan-14	23.03	4.99	128.63	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
11.	11-Jan-14	19.49	4.18	108.74	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
12.	12-Jan-14	17.53	3.59	50.78	3000	84.96588	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	84.96588	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
13.	13-Jan-14	14.48	2.7	23.04	8000	69.90810392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	69.90810392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
14.	14-Jan-14	13.82	2.86	30.06	8000	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
15.	15-Jan-14	12.97	2.26	9.27	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
16.	16-Jan-14	10.37	1.73	7.2	3000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
17.	17-Jan-14	12.04	1.58	16.75	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
18.	18-Jan-14	12.21	1.57	8.58	9000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
19.	19-Jan-14	14.86	2.03	10.01	8000	66.50470588	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	39.96529412	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
20.	20-Jan-14	15.1	2.1	9.9	6000	75.3	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
21.	21-Jan-14	12.45	1.72	14.6	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
22.	22-Jan-14	12.39	1.57	12.18	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
23.	23-Jan-14	14.34	1.92	14.81	6000	51.98037037	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	40.90592593	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
24.	24-Jan-14	12.41	2.4	18.32	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
25.	25-Jan-14	12.08	1.74	21.22	8000	21.78276	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	21.78276	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
26.	26-Jan-14	13.39	1.81	35.33	8000	22.662	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.441	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
27.	27-Jan-14	10.75	1.49	12.39	7000	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
28.	28-Jan-14	10.18	1.39	18.62	8000	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
29.	29-Jan-14	6.49	1.1	20.41	8000	14.32509	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	14.32509	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
30.	30-Jan-14	5.79	0.83	22.24	9000	36.31664789	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	36.31664789	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
...													
48.	17-Feb-14	9.81	1.96	26.49	6000	46.47368125	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	40.46992143	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
49.	18-Feb-14	10.82	2.08	11.96	8000	83.8	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	19.9	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
50.	19-Feb-14	16.47	2.84	37.76	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
51.	20-Feb-14	17.45	3.02	49.64	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
52.	21-Feb-14	17.7	3.3	67.91	300	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
53.	22-Feb-14	18.08	3.48	42.81	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
54.	23-Feb-14	16.34	3.3	36.7	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
55.	24-Feb-14	12.99	2.36	14.24	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
56.	25-Feb-14	11.29	1.75	9.5	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
57.	26-Feb-14	11.57	1.51	9.44	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
58.	27-Feb-14	13.41	1.69	9.82	10000	23.29311111	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.97877778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
59.	28-Feb-14	12.77	1.78	12.14	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
60.	Data Imitasi 1	8.79	1.37	73.21	400	35.025	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
61.	Data Imitasi 2	11.13	1.58	97.02	300	70.34392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.01156	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
62.	Data Imitasi 3	13.02	2.19	98.63	300	81.37527083	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	23.55314583	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
63.	Data Imitasi 4	15.97	2.09	99.78	300	84.34859779	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	19.01269373	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
Akurasi						95.23%				92.06%			

**Tabel 5.5** Pengujian Pengaruh 3 Parameter (Angin, Gelombang dan Jarak Pandang) Terhadap Akurasi

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
1.	1-Jan-14	9.8	1.1	29.4	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
2.	2-Jan-14	10.1	1.3	26.5	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
3.	3-Jan-14	11.5	1.36	27.29	300	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
4.	4-Jan-14	15.3	2.01	54.92	6000	67.89962121	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	41.97916667	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
5.	5-Jan-14	13.04	2.5	36.65	3000	89.07911111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	89.07911111	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
6.	6-Jan-14	13.83	2.5	31.44	3000	75.99144444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	75.99144444	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
7.	7-Jan-14	14.33	2.3	48.03	8000	72.72477778	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	37.14677778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
8.	8-Jan-14	15.07	2.3	90.06	9000	75.027	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.529	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
9.	9-Jan-14	23.4	4.3	128.87	3000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
10.	10-Jan-14	23.03	4.99	128.63	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
11.	11-Jan-14	19.49	4.18	108.74	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
12.	12-Jan-14	17.53	3.59	50.78	3000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
13.	13-Jan-14	14.48	2.7	23.04	8000	72.50311111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	72.50311111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
14.	14-Jan-14	13.82	2.86	30.06	8000	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
15.	15-Jan-14	12.97	2.26	9.27	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
16.	16-Jan-14	10.37	1.73	7.2	3000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
17.	17-Jan-14	12.04	1.58	16.75	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
18.	18-Jan-14	12.21	1.57	8.58	9000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
19.	19-Jan-14	14.86	2.03	10.01	8000	66.50470588	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	39.96529412	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
20.	20-Jan-14	15.1	2.1	9.9	6000	75.3	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
21.	21-Jan-14	12.45	1.72	14.6	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
22.	22-Jan-14	12.39	1.57	12.18	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
23.	23-Jan-14	14.34	1.92	14.81	6000	51.98037037	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	40.90592593	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)		FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT	Keputusan Pakar	Kesimpulan		FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT	Keputusan Pakar	Kesimpulan
					Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan			
24.	24-Jan-14	12.41	2.4	18.32	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
25.	25-Jan-14	12.08	1.74	21.22	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
26.	26-Jan-14	13.39	1.81	35.33	8000	22.662	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.441	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
27.	27-Jan-14	10.75	1.49	12.39	7000	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
28.	28-Jan-14	10.18	1.39	18.62	8000	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
29.	29-Jan-14	6.49	1.1	20.41	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
30.	30-Jan-14	5.79	0.83	22.24	9000	28.249	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	28.249	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
...													
48.	17-Feb-14	9.81	1.96	26.49	6000	38.2	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
49.	18-Feb-14	10.82	2.08	11.96	8000	83.8	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	19.9	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
50.	19-Feb-14	16.47	2.84	37.76	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
51.	20-Feb-14	17.45	3.02	49.64	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
52.	21-Feb-14	17.7	3.3	67.91	300	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
53.	22-Feb-14	18.08	3.48	42.81	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
54.	23-Feb-14	16.34	3.3	36.7	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
55.	24-Feb-14	12.99	2.36	14.24	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
56.	25-Feb-14	11.29	1.75	9.5	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
57.	26-Feb-14	11.57	1.51	9.44	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
58.	27-Feb-14	13.41	1.69	9.82	10000	23.29311111	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.97877778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
59.	28-Feb-14	12.77	1.78	12.14	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
60.	Data Imitasi 1	8.79	1.37	73.21	400	35.025	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
61.	Data Imitasi 2	11.13	1.58	97.02	300	10	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
62.	Data Imitasi 3	13.02	2.19	98.63	300	89.53644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10.72844444	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
63.	Data Imitasi 4	15.97	2.09	99.78	300	86.15	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	16.19019608	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
Akurasi					93.65%					92.06%			

Tabel 5.6 Pengujian Pengaruh 2 Parameter (Angin dan Gelombang) Terhadap Akurasi

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Berbahaya	Tidak Berbahaya			Nilai Z	Kesimpulan		
1.	1-Jan-14	9.8	1.1	29.4	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
2.	2-Jan-14	10.1	1.3	26.5	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
3.	3-Jan-14	11.5	1.36	27.29	300	33.1	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
4.	4-Jan-14	15.3	2.01	54.92	6000	67.89962121	Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai	41.97916667	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
5.	5-Jan-14	13.04	2.5	36.65	3000	89.07911111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	89.07911111	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
6.	6-Jan-14	13.83	2.5	31.44	3000	75.99144444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	75.99144444	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
7.	7-Jan-14	14.33	2.3	48.03	8000	72.72477778	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	37.14677778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
8.	8-Jan-14	15.07	2.3	90.06	9000	75.027	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.529	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
9.	9-Jan-14	23.4	4.3	128.87	3000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
10.	10-Jan-14	23.03	4.99	128.63	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
11.	11-Jan-14	19.49	4.18	108.74	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
12.	12-Jan-14	17.53	3.59	50.78	3000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
13.	13-Jan-14	14.48	2.7	23.04	8000	72.50311111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	72.50311111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
14.	14-Jan-14	13.82	2.86	30.06	8000	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
15.	15-Jan-14	12.97	2.26	9.27	8000	90	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
16.	16-Jan-14	10.37	1.73	7.2	3000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
17.	17-Jan-14	12.04	1.58	16.75	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
18.	18-Jan-14	12.21	1.57	8.58	9000	10	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
19.	19-Jan-14	14.86	2.03	10.01	8000	66.50470588	Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai	39.96529412	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
20.	20-Jan-14	15.1	2.1	9.9	6000	75.3	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
21.	21-Jan-14	12.45	1.72	14.6	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
22.	22-Jan-14	12.39	1.57	12.18	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
23.	23-Jan-14	14.34	1.92	14.81	6000	51.98037037	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	40.90592593	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Berbahaya	Tidak Berbahaya			Nilai Z	Kesimpulan		
24.	24-Jan-14	12.41	2.4	18.32	6000	90	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
25.	25-Jan-14	12.08	1.74	21.22	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
26.	26-Jan-14	13.39	1.81	35.33	8000	22.662	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.441	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
27.	27-Jan-14	10.75	1.49	12.39	7000	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
28.	28-Jan-14	10.18	1.39	18.62	8000	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
29.	29-Jan-14	6.49	1.1	20.41	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
30.	30-Jan-14	5.79	0.83	22.24	9000	28.249	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	28.249	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
...													
48.	17-Feb-14	9.81	1.96	26.49	6000	38.2	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
49.	18-Feb-14	10.82	2.08	11.96	8000	83.8	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	19.9	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
50.	19-Feb-14	16.47	2.84	37.76	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
51.	20-Feb-14	17.45	3.02	49.64	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
52.	21-Feb-14	17.7	3.3	67.91	300	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
53.	22-Feb-14	18.08	3.48	42.81	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
54.	23-Feb-14	16.34	3.3	36.7	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
55.	24-Feb-14	12.99	2.36	14.24	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
56.	25-Feb-14	11.29	1.75	9.5	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
57.	26-Feb-14	11.57	1.51	9.44	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
58.	27-Feb-14	13.41	1.69	9.82	10000	23.29311111	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.97877778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
59.	28-Feb-14	12.77	1.78	12.14	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
60.	Data Imitasi 1	8.79	1.37	73.21	400	35.025	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
61.	Data Imitasi 2	11.13	1.58	97.02	300	10	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
62.	Data Imitasi 3	13.02	2.19	98.63	300	89.53644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10.72844444	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
63.	Data Imitasi 4	15.97	2.09	99.78	300	86.06078431	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	16.19019608	Tidak Berbahaya	Berbahaya	Tidak Sesuai
Akurasi						93.65%				92.06%			

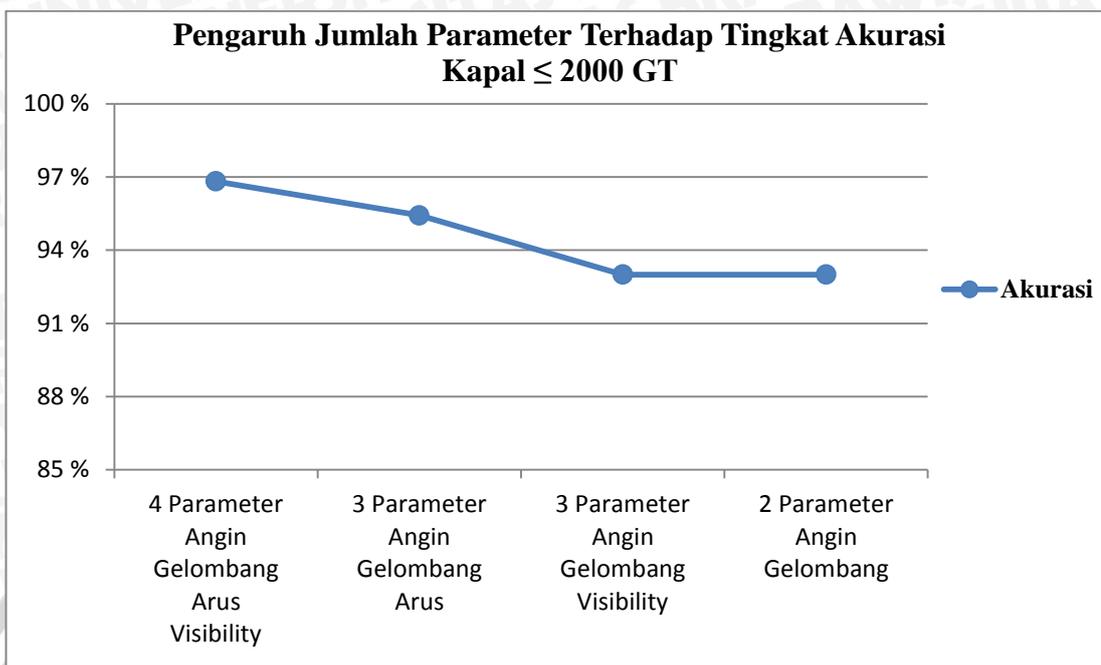
Berdasarkan pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6 maka tingkat akurasi dari sistem dari 63 data uji ketika kombinasi parameter yang digunakan berbeda dalam menentukan status keamanan pelayaran dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Tingkat Akurasi dari Pengujian Jumlah Parameter

No.	Pengujian Jumlah Parameter	Tingkat Akurasi Dibawah 2000 GT	Tingkat Akurasi Diatas 2000 GT
1.	4 Parameter (Angin, Gelombang, Arus dan Jarak Pandang)	96.82%	96.82%
2.	3 Parameter (Angin, Gelombang dan Arus)	95.23%	92.06%
3.	3 Parameter (Angin, Gelombang dan Jarak Pandang)	93.65%	92.06%
4.	2 Parameter (Angin dan Gelombang)	93.65%	92.06%

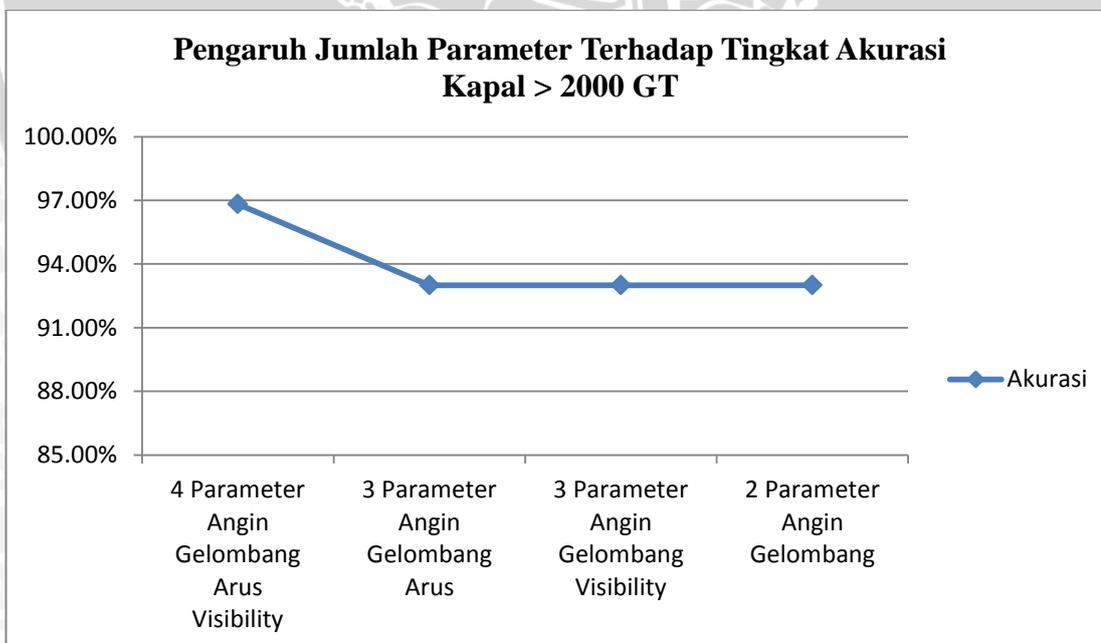
#### 5.1.4 Analisis Hasil Pengujian Pengaruh Jumlah Parameter Terhadap Akurasi

Berdasarkan dari hasil pengujian jumlah parameter terhadap akurasi yang telah dilakukan sebelumnya maka didapatkan grafik tingkat akurasi sistem berdasarkan jumlah dan kombinasi parameter yang berbeda dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Grafik Akurasi Sistem dengan Kombinasi Parameter yang Berbeda untuk Kategori Kapal Dibawah 2000 GT

Dan Berikut adalah grafik tingkat akurasi sistem berdasarkan kombinasi parameter yang berbeda dalam menentukan status keamanan pelayaran kategori kapal diatas 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Grafik Akurasi Sistem dengan Jumlah Parameter yang Berbeda untuk Kategori Kapal Diatas 2000 GT

Berdasarkan pada Tabel 5.7, Tingkat akurasi sistem tertinggi dari hasil pengujian 63 data uji didapatkan dari perhitungan sistem dengan menggunakan 4 parameter. Tingkat akurasi tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 96.82% untuk masing-masing kategori kapal. Untuk kategori kapal dibawah 2000 GT, tingkat akurasi mengalami penurunan menjadi 95.23% ketika menggunakan 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan arus. Tingkat akurasi kembali mengalami penurunan menjadi 93.65% ketika menggunakan 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan jarak pandang. Sedangkan hasil akurasi sistem dengan menggunakan 2 parameter yang terdiri dari angin dan gelombang adalah sebesar 93.65%. Penurunan tingkat akurasi juga terjadi untuk kategori kapal diatas 2000 GT. Tingkat akurasi menurun menjadi 92.06%, baik ketika sistem menggunakan kombinasi 3 parameter ataupun 2 parameter dalam menentukan status keamanan pelayaran.

Penurunan tingkat akurasi ketika menggunakan jumlah parameter yang berbeda disebabkan karena dalam menentukan status keamanan pelayaran, kombinasi aturan yang digunakan menjadi berkurang sehingga terjadi perbedaan keputusan ketika tidak memperhatikan salah satu parameter cuaca. Kombinasi aturan yang digunakan sangat penting dalam menentukan hasil keputusan status keamanan pelayaran dengan menggunakan FIS Tsukamoto. Pada pengujian ini, kesalahan cenderung terjadi pada keputusan data imitasi. Kesalahan keputusan dari data imitasi menunjukkan bahwa parameter arus dan jarak pandang perlu untuk dipertimbangkan sebagai parameter cuaca maritim dalam menentukan status keamanan pelayaran. Dari penurunan tingkat akurasi saat menggunakan jumlah parameter yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa implementasi metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim memiliki tingkat akurasi yang lebih baik ketika menggunakan 4 parameter yaitu angin, gelombang, arus dan jarak pandang.

#### **5.1.5 Pengujian Korelasi Nilai Tiap Parameter Terhadap Nilai Output Metode FIS Tsukamoto**

Pengujian korelasi ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan hubungan serta bentuk hubungan antara tiap parameter *input* dengan hasil *output* metode FIS Tsukamoto yang berupa nilai presentase bahaya dari kondisi cuaca maritim untuk

pelayaran. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai koefisien korelasi tiap parameter terhadap hasil *output* metode FIS Tsukamoto berdasarkan dari hasil pengujian dari 63 data uji yang telah dilakukan sebelumnya. Perhitungan koefisien korelasi dilakukan dengan menggunakan rumus korelasi Pearson *Product Moment* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-7). Selanjutnya, hasil nilai koefisien korelasi diklasifikasikan berdasarkan interpretasi angka korelasi pada Tabel 2.6. Angka korelasi berkisar antara -1 sampai dengan 1. Jika nilai koefisien korelasi semakin mendekati 1 atau -1 maka tingkat korelasi menjadi semakin kuat namun apabila nilai koefisien korelasi lebih dekat dengan nilai 0 maka tingkat korelasi menjadi semakin lemah. Sementara nilai negatif dan positif mengindikasikan arah hubungan korelasi. Berikut adalah contoh perhitungan nilai koefisien korelasi parameter angin terhadap hasil *output* metode FIS Tsukamoto untuk kategori kapal dibawah 2000 GT:

Jika diketahui:

$X$  = Parameter Angin

$Y$  = *Output* FIS Tsukamoto

$n$  (Jumlah Data) = 63 Data

$\Sigma X$  = 688.44

$\Sigma Y$  = 2798.189772

$\Sigma X^2$  = 9310.442

$\Sigma Y^2$  = 194706.0556

$\Sigma XY$  = 38833.33934

Maka nilai koefisien korelasinya adalah :

$$r_{xy} = \frac{n \Sigma XY - (\Sigma X) (\Sigma Y)}{\sqrt{\{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} \{n \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}}$$

$$r_{xy} = \frac{(63 \times 38833.33934) - (688.44) (2798.189772)}{\sqrt{\{63 \times 9310.442 - (688.44)^2\} \{63 \times 194706.0556 - (2798.189772)^2\}}}$$

$$r_{xy} = \frac{(2446500.379) - (1926385.767)}{\sqrt{\{112608.2124\} \{4436615.502\}}}$$

$$r_{xy} = \frac{520114.6118}{706823.4156}$$

$$r_{xy} = 0.735848021$$

Jadi nilai koefisien korelasi antara parameter angin dengan hasil *output* FIS Tsukamoto untuk kategori kapal dibawah 2000 GT adalah 0.735848021. Berdasarkan pada Tabel 2.5, nilai koefisien tersebut termasuk dalam hubungan korelasi yang kuat, sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter angin memiliki korelasi atau hubungan yang kuat terhadap hasil *output* FIS Tsukamoto. Berikut adalah hasil korelasi dari tiap-tiap parameter *input* terhadap nilai *output* metode FIS Tsukamoto untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Tingkat Korelasi Nilai Tiap Parameter Terhadap Hasil *Output* FIS Tsukamoto

No.	Parameter	Koefisien Korelasi Kapal ≤ 2000 GT	Kesimpulan	Koefisien Korelasi Kapal > 2000 GT	Kesimpulan	Korelasi
1.	Angin	0.73547107	Kuat	0.706717336	Kuat	Positif
2.	Gelombang	0.792854582	Kuat	0.764333097	Kuat	Positif
3.	Arus	0.653329128	Kuat	0.734085566	Kuat	Positif
4.	Visibility	-0.260871379	Lemah	-0.357125954	Lemah	Negatif

Berdasarkan pada Tabel 5.8, nilai koefisien menunjukkan bahwa parameter angin, gelombang dan arus memiliki pola korelasi linier positif karena koefisien korelasi yang dihasilkan adalah bertanda positif serta memiliki tingkat hubungan yang kuat terhadap hasil *output* metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran. Sedangkan untuk parameter *visibility* memiliki pola korelasi linier negatif karena koefisien korelasi yang dihasilkan adalah bertanda negatif serta memiliki tingkat hubungan yang lemah. Nilai koefisien korelasi tertinggi dimiliki oleh parameter gelombang yaitu dengan nilai 0.792854582 untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan 0.764333097 untuk kategori kapal diatas 2000 GT. Sedangkan parameter *visibility* memiliki tingkat korelasi terendah yaitu dengan nilai -0.260871379 untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan dengan nilai -0.357125954 untuk kategori kapal diatas 2000 GT.

### 5.1.6 Analisis Hasil Korelasi Nilai Tiap Parameter Terhadap Output Metode FIS Tsukamoto

Berdasarkan dari hasil pengujian korelasi tiap parameter terhadap *output* metode FIS Tsukamoto didapatkan bahwa parameter angin, gelombang dan arus memiliki pola korelasi linier positif serta memiliki tingkat hubungan yang kuat terhadap hasil *output* metode FIS Tsukamoto. Hal tersebut mengindikasikan bahwa jika nilai dari parameter angin, gelombang atau arus tersebut mengalami kenaikan maka hasil *output* metode FIS Tsukamoto yang berupa tingkat presentase bahaya kondisi cuaca untuk pelayaran juga memiliki kecenderungan untuk naik juga. Sedangkan untuk parameter *visibility* memiliki pola korelasi linier negatif menunjukkan bahwa jika nilai dari parameter *visibility* mengalami penurunan maka sebaliknya hasil *output* metode FIS Tsukamoto cenderung untuk mengalami kenaikan namun tingkat hubungan yang dimiliki termasuk dalam kategori lemah.

Tingkat hubungan korelasi yang kuat dari angin, gelombang dan arus terhadap hasil *output* metode FIS Tsukamoto disebabkan karena pada saat nilai *output* FIS Tsukamoto mengalami kenaikan hal yang sama terjadi pada nilai data angin, gelombang dan arus yang juga cenderung mengalami kenaikan. Sedangkan karakter data *visibility* cenderung memiliki nilai tidak menentu dimana ketika nilai *visibility* semakin rendah, hasil *output* metode FIS Tsukamoto bisa mengalami kenaikan atau mengalami penurunan.

Namun meskipun parameter angin, gelombang dan arus memiliki tingkat hubungan yang kuat dengan hasil *output* metode FIS Tsukamoto, masih memungkinkan untuk terjadi kasus dimana nilai dari salah satu parameter tersebut menurun tetapi hasil *output* metode FIS Tsukamoto mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan nilai koefisien korelasi tidak mencapai angka 1.

## BAB VI

### PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil pengujian dan analisis dari implementasi metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim. Terdapat juga saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tentang implementasi metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim adalah sebagai berikut:

1. Implementasi metode *Fuzzy Inference System* Tsukamoto untuk menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan faktor cuaca maritim dimulai dengan menentukan himpunan *fuzzy* dari parameter *input* yang terdiri dari angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*) serta himpunan *fuzzy* untuk variabel *output* yaitu status keamanan pelayaran. Langkah selanjutnya adalah melakukan proses fuzzifikasi untuk mencari derajat keanggotaan dari tiap-tiap variabel cuaca maritim. Selanjutnya dilakukan proses inferensi untuk mendapatkan *output* nilai *crisp* berdasarkan nilai  *$\alpha$ -predikat* yang diperoleh dari hasil fungsi implikasi MIN. Hasil akhir metode FIS Tsukamoto diperoleh dengan menggunakan defuzzifikasi *weighted average*. Hasil akhir dari metode FIS Tsukamoto kemudian diklasifikasikan kedalam kategori berbahaya atau tidak berbahaya.
2. Berdasarkan hasil pengujian akurasi, tingkat akurasi yang dihasilkan dari implementasi metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan kategori kapal diatas 2000 GT berdasarkan dari pengujian 63 data uji adalah sebesar 96.82%. Hasil akurasi yang baik tersebut menunjukkan bahwa aturan yang digunakan dalam penentuan status keamanan memiliki kesesuaian dengan

pengetahuan pakar. Sedangkan beberapa ketidaksesuaian antara keputusan sistem dengan keputusan pakar disebabkan karena masih kurang optimalnya fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk variabel *input*.

3. Pada pengujian pengaruh jumlah parameter terhadap akurasi bertujuan untuk mengetahui hasil akurasi sistem ketika jumlah parameter yang digunakan berbeda serta untuk mencari nilai akurasi terbaik dari keseluruhan pengujian berdasarkan dari jumlah parameter yang digunakan. Dari hasil pengujian untuk kategori kapal dibawah 2000 GT, tingkat akurasi mengalami penurunan menjadi 95.23% ketika menggunakan 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan arus. Tingkat akurasi kembali mengalami penurunan menjadi 93.65% ketika menggunakan 3 parameter yang terdiri dari angin, gelombang, dan jarak pandang serta ketika menggunakan 2 parameter yang terdiri dari angin dan gelombang. Penurunan tingkat akurasi juga terjadi untuk kategori kapal diatas 2000 GT. Tingkat akurasi menurun menjadi 92.06%, baik ketika sistem menggunakan kombinasi 3 parameter ataupun 2 parameter. Penurunan tingkat akurasi ketika menggunakan jumlah parameter yang berbeda disebabkan karena dalam menentukan status keamanan pelayaran, kombinasi aturan yang digunakan menjadi berkurang sehingga terjadi perbedaan keputusan ketika tidak memperhatikan salah satu parameter cuaca. Dari penurunan tingkat akurasi saat menggunakan jumlah parameter yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa implementasi metode FIS Tsukamoto dalam menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim memiliki tingkat akurasi yang lebih baik ketika menggunakan 4 parameter yaitu angin, gelombang, arus dan jarak pandang.

4. Berdasarkan dari hasil pengujian korelasi nilai tiap parameter *input* terhadap *output* metode FIS Tsukamoto didapatkan bahwa parameter angin, gelombang dan arus memiliki pola korelasi linier positif serta memiliki tingkat hubungan yang kuat terhadap hasil *output* metode FIS Tsukamoto. Sedangkan untuk parameter *visibility* memiliki pola korelasi linier negatif serta memiliki tingkat hubungan lemah terhadap hasil *output*

metode FIS Tsukamoto. Namun meskipun parameter angin, gelombang dan arus memiliki tingkat hubungan yang kuat dengan hasil *output* metode FIS Tsukamoto, masih memungkinkan untuk terjadi kasus dimana nilai dari salah satu parameter tersebut menurun tetapi hasil *output* metode FIS Tsukamoto mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan nilai koefisien korelasi tidak mencapai angka 1 serta. Selain itu lemahnya korelasi antara nilai jarak pandang terhadap nilai *output* FIS Tsukamoto juga tidak berarti bahwa jarak pandang tidak memiliki pengaruh dalam penentuan pelayaran, namun pengaruh parameter jarak pandang pada penelitian ini cenderung lebih kuat ketika kecepatan arus berada dalam kondisi cepat atau sangat cepat.

## 6.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut dari hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut saran-saran yang dapat diberikan:

1. Dapat menambahkan parameter diluar cuaca maritim yang memiliki pengaruh penting dalam keamanan pelayaran seperti struktur dan bentuk fisik kapal sehingga dasar penentuan status keamanan pelayaran lebih detail dan kompleks.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menggunakan algoritma *clustering* seperti metode *Fuzzy C-Means* dan *subtractive clustering*.
3. Dapat menambahkan metode optimasi untuk menentukan fungsi keanggotaan *input fuzzy* agar bisa mendapatkan hasil akurasi lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AZI-06] Aziz, Furqon. 2006. Gerak Air Dilaut. Jakarta. Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.
- [BMK-10] BMKG. 2010. Rencana Strategis BMKG Tahun 2010 – 2014. Jakarta.
- [DEK-14] DEKIN. 2014. Naskah Akademik *National Ocean Summit*. Jakarta. Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia.
- [DEP-07] Departemen Pendidikan Nasional. 2007. Cuaca dan Pelayaran. Tangerang. Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Pendidikan
- [EKA-15] Eka, Muhammad Alfian. Sistem Pakar Penentuan Resiko Mengalami *Sudden Cardiac Death* Menggunakan Metode *Fuzzy* Tsukamoto. Malang. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- [HAK-10] Hakim, Jabar Al. 2010. Perancangan Prediktor Cuaca Maritim dengan Metode Logika *Fuzzy* untuk Meningkatkan Jangkauan Ramalan : Studi Kasus Pelayaran Surabaya – Banjarmasin. Surabaya. Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh November.
- [HID-14] Hidayat, Lukman. 2014. Pengukuran Kapal. Jakarta. Jurusan Teknologi Penangkapan Ikan, Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta.
- [IST-12] Istiarini, Risma dan Sukanti. 2012. Pengaruh Sertifikasi Guru dan Motivasi Kerja Guru Terhadap Kinerja Guru Sma Negeri 1 Sentolo Kabupaten Kulon Progo Tahun 2012. Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia. Vol. X, No. 1. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [ISW-05] Iswari, Lizda dan Fathul Wahid. Alat Bantu Sistem Inferensi *Fuzzy* Metode Sugeno Orde Satu. Yogyakarta. Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia.
- [KUR-12] Kurniawan, Luthfi Prasetya. 2012. Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe *Salter Duck*.

- Surabaya. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh November.
- [KUS-04] Kusumadewi, Sri, dan Hari Purnomo. 2004. Aplikasi Logika *Fuzzy* untuk Pendukung Keputusan – Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [LAS-13] Lasabuda, Ridwan. 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. Jurnal Ilmiah Platax. Vol. I-2. Manado. Universitas Sam Ratulangi.
- [MAR-14] Marinus, Yoakim. 2014. Pengendalian Kecepatan Kendaraan Roda Empat dengan Menggunakan *Fuzzy Inference System* Metode Mamdani. Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya. Pontianak. Jurusan MIPA Universitas Tanjungpura.
- [MAZ-15] Mazenda, Galuh. 2015. Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai. Malang. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- [MEI-10] Meilanitasari, Prita. 2010. Prediksi Cuaca Menggunakan Logika *Fuzzy* untuk Kelayakan Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Surabaya. Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh November.
- [SIS-14] Siswoko. 2014. Pengukur Kecepatan Angin Berbasis *Raspberry PI*. Tanjung Pinang. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- [SUG-10] Sugiyono. 2010. Statistika untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta.
- [SUR-14] Suryantoro, Arief. 2014. Analisis Klimatologis Ekstremitas Hujan di Banyuwangi, Cilacap dan Ciamis dalam Rentang Pengamatan Sentenial. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY. Yogyakarta
- [TAM-13] Tambunan, Jimmy Margomgom. 2013. Kajian Kualitas Lingkungan dan Kesesuaian Wisata Pantai Tanjung Pesona Kabupaten Bangka. Semarang. Universitas Diponegoro.

[TRA-09] Trans Asia Consultants. 2009. Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 - 2008. Jakarta.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Wawancara Penentuan dan Klasifikasi Parameter

#### Tujuan Wawancara:

Untuk mengetahui parameter cuaca maritim yang digunakan sebagai acuan BMKG dalam penentuan status keamanan pelayaran serta untuk mengetahui klasifikasi dari masing-masing parameter tersebut.

#### Narasumber:

Bapak Eko Prasetyo, S.T., M.T., M.M.T

#### Pertanyaan Wawancara:

1. **Apa saja faktor cuaca maritim yang selama ini dijadikan acuan BMKG dalam menentukan status keamanan pelayaran?**

Dalam penentuan status keamanan pelayaran, selama ini BMKG menggunakan acuan berdasarkan kondisi kecepatan angin dan ketinggian gelombang. Selain itu, *Gross tonnage* serta karakter jenis kapal juga menjadi salah satu acuan kami dalam menentukan status keamanan pelayaran. BMKG membagi dua jenis kategori kapal yaitu kapal dibawah 2000 GT dan kapal diatas 2000 GT. Jadi BMKG akan memberikan peringatan bahaya cuaca berdasarkan kondisi angin dan gelombang serta memberikan informasi mengenai jenis kategori kapal yang dilarang berlayar dalam kondisi tersebut.

2. **Apakah BMKG mempunyai klasifikasi kecepatan angin dan tinggi gelombang yang selama ini dijadikan acuan dalam penentuan status keamanan pelayaran?**

Ya, untuk kecepatan angin terdiri dari empat klasifikasi kategori. Kategori pertama adalah angin lemah dengan kecepatan 0-5 knot. Kategori kedua adalah angin sedang dengan kecepatan 5-15 knot. Kategori ketiga adalah angin kencang dengan kecepatan 15-25 knot dan kategori keempat adalah

angin sangat kencang dengan kecepatan diatas 25 knot. Angin dengan kategori kencang berbahaya bagi kapal dibawah 2000 GT. Sedangkan angin sangat kencang berbahaya untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT.

Sedangkan untuk gelombang juga diklasifikasikan menjadi empat kategori. Kategori pertama adalah gelombang rendah dengan ketinggian 0-1.3 meter. Kategori kedua adalah gelombang sedang dengan ketinggian 1.3-2 meter. Kategori ketiga adalah gelombang tinggi dengan ketinggian 2-2.5 meter dan kategori keempat adalah gelombang sangat tinggi dengan ketinggian diatas 2.5 meter. Gelombang dengan kategori tinggi berbahaya bagi kapal dibawah 2000 GT. Sedangkan gelombang dengan kategori sangat tinggi berbahaya untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT.

**3. Bagaimanakah mekanisme BMKG dalam menentukan status keamanan pelayaran?**

Peringatan bahaya dikeluarkan BMKG ketika kondisi angin atau gelombang melebihi batas aman untuk melakukan aktivitas pelayaran. Untuk kategori kapal dibawah 2000 GT, kondisi berbahaya untuk berlayar adalah ketika kondisi angin berada pada kecepatan diatas 15 knot (angin kencang) dan kondisi gelombang berada pada ketinggian diatas 2 meter (gelombang tinggi). Sedangkan untuk kategori kapal diatas 2000 GT, kondisi berbahaya untuk berlayar adalah ketika kondisi angin berada pada kecepatan diatas 25 knot (angin sangat kencang) dan kondisi gelombang berada pada ketinggian diatas 2.5 meter (gelombang sangat tinggi).

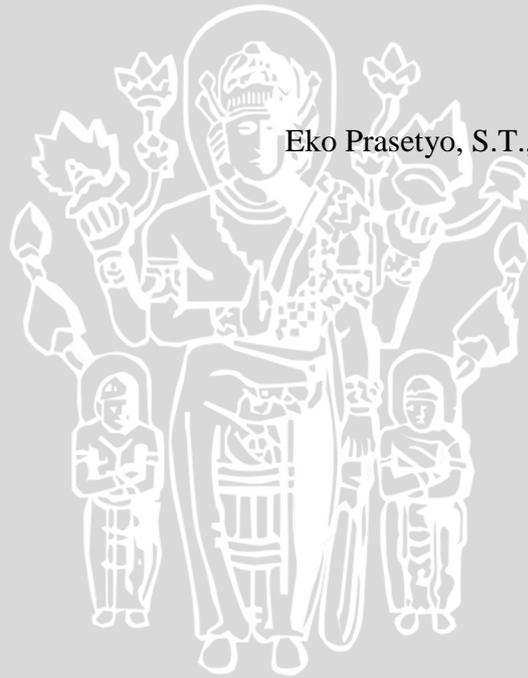
**4. Apakah faktor cuaca maritim lain seperti kondisi kecepatan arus atau kondisi jarak pandang bisa dijadikan sebagai acuan tambahan dalam penentuan status keamanan pelayaran?**

Ya, bisa saja. Karena kondisi kecepatan arus yang cepat dan jarak pandang yang terbatas, kemungkinan bisa menyebabkan terjadinya kecelakaan pelayaran seperti kapal terseret arus atau saling bertubrukan dengan kapal

yang lain. Tetapi saat ini BMKG belum menggunakan kondisi kecepatan arus serta kondisi jarak pandang untuk dijadikan sebagai acuan dalam pelayaran walaupun BMKG selama ini selalu memantau kedua kondisi tersebut. Selain itu BMKG juga masih belum memiliki acuan pasti dalam menentukan klasifikasi arus dan jarak pandang yang berbahaya untuk pelayaran. Mungkin mengenai informasi serta klasifikasi tentang kecepatan arus dan jarak pandang bisa ditanyakan pada nahkoda atau kapten kapal yang lebih berpengalaman mengenai kondisi tersebut atau bisa mencari dari sumber lain seperti jurnal penelitian.

Mengetahui

Eko Prasetyo, S.T., M.T., M.M.T



## Lampiran 2. Dokumentasi Wawancara Penentuan Klasifikasi Parameter

### Jarak Pandang

#### Tujuan Wawancara:

Untuk mengetahui klasifikasi dari parameter jarak pandang untuk dijadikan acuan kegiatan pelayaran

#### Narasumber:

Kapten Ruswanto

#### Pertanyaan Wawancara:

1. **Apakah kondisi kecepatan arus dan jarak pandang mempunyai pengaruh dalam kegiatan pelayaran?**

Ya, kondisi arus yang cepat bisa menyebabkan kapal terseret arus atau bisa juga membuat kapal terdampar. Bila kondisi jarak pandang juga rendah, maka resiko terjadinya tubrukan antar kapal juga lebih besar.

2. **Menurut pengalaman anda, bagaimanakah klasifikasi kondisi jarak pandang untuk dijadikan sebagai acuan dalam kegiatan pelayaran?**

Kondisi jarak pandang yang rendah berkisar antara 0 hingga 500 meter. Sedangkan untuk jarak pandang sedang berkisar antara 500 hingga 1000 meter. Dan kondisi jarak pandang yang sudah cukup aman untuk berlayar adalah diatas 1000 meter. Kondisi jarak pandang yang rendah merupakan salah satu kondisi yang bisa membahayakan untuk kegiatan pelayaran, apalagi ketika kondisi arus laut cukup kencang. Sedangkan untuk jarak pandang sedang, sebaiknya juga berhati-hati ketika kondisi arus laut cukup kencang, karena masih memungkinkan terjadinya tubrukan antar kapal ketika kapal melaju terlalu cepat.

Mengetahui

Kapten Ruswanto

**Lampiran 3. Aturan Penentuan Status Keamanan Pelayaran Kategori Kapal  
Dibawah 2000 GT**

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan <2000 GT
1	Lemah	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
2	Lemah	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
3	Lemah	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
4	Lemah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
5	Lemah	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
6	Lemah	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
7	Lemah	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
8	Lemah	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
9	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
10	Lemah	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
11	Lemah	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
12	Lemah	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
13	Lemah	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
14	Lemah	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
15	Lemah	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
16	Lemah	Sedang	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
17	Lemah	Sedang	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
18	Sedang	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
19	Sedang	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
20	Sedang	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
21	Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
22	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
23	Sedang	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
24	Sedang	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
25	Sedang	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
26	Sedang	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
27	Sedang	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
28	Sedang	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
29	Sedang	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
30	Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
31	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
32	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
33	Sedang	Sedang	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
34	Kencang	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
35	Kencang	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
36	Kencang	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
37	Kencang	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan <2000 GT
38	Kencang	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
39	Kencang	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
40	Lemah	Rendah	Cepat	Rendah	Berbahaya
41	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
42	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
43	Lemah	Sedang	Cepat	Rendah	Berbahaya
44	Lemah	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
45	Lemah	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
46	Lemah	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
47	Lemah	Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
48	Lemah	Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
49	Lemah	Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
50	Lemah	Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
51	Lemah	Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
52	Lemah	Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
53	Lemah	Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
54	Lemah	Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
55	Lemah	Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
56	Lemah	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
57	Lemah	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
58	Lemah	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
59	Lemah	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
60	Lemah	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
61	Lemah	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
62	Lemah	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
63	Lemah	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
64	Lemah	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
65	Lemah	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
66	Lemah	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
67	Lemah	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
68	Lemah	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
69	Lemah	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
70	Lemah	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
71	Sedang	Rendah	Cepat	Rendah	Berbahaya
72	Sedang	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
73	Sedang	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
74	Sedang	Sedang	Cepat	Sedang	Berbahaya
75	Sedang	Sedang	Cepat	Rendah	Berbahaya
76	Sedang	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
77	Sedang	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
78	Sedang	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan <2000 GT
79	Sedang	Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
80	Sedang	Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
81	Sedang	Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
82	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
83	Sedang	Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
84	Sedang	Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
85	Sedang	Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
86	Sedang	Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
87	Sedang	Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
88	Sedang	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
89	Sedang	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
90	Sedang	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
91	Sedang	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
92	Sedang	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
93	Sedang	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
94	Sedang	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
95	Sedang	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
96	Sedang	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
97	Sedang	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
98	Sedang	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
99	Sedang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
100	Sedang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
101	Sedang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
102	Sedang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
103	Kencang	Rendah	Lambat	Rendah	Berbahaya
104	Kencang	Rendah	Sedang	Rendah	Berbahaya
105	Kencang	Rendah	Cepat	Rendah	Berbahaya
106	Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
107	Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
108	Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
109	Kencang	Sedang	Lambat	Tinggi	Berbahaya
110	Kencang	Sedang	Lambat	Sedang	Berbahaya
111	Kencang	Sedang	Lambat	Rendah	Berbahaya
112	Kencang	Sedang	Sedang	Tinggi	Berbahaya
113	Kencang	Sedang	Sedang	Sedang	Berbahaya
114	Kencang	Sedang	Sedang	Rendah	Berbahaya
115	Kencang	Sedang	Cepat	Tinggi	Berbahaya
116	Kencang	Sedang	Cepat	Sedang	Berbahaya
117	Kencang	Sedang	Cepat	Rendah	Berbahaya
118	Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
119	Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan <2000 GT
120	Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
121	Kencang	Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
122	Kencang	Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
123	Kencang	Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
124	Kencang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
125	Kencang	Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
126	Kencang	Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
127	Kencang	Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
128	Kencang	Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
129	Kencang	Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
130	Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
131	Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
132	Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
133	Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
134	Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
135	Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
136	Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
137	Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
138	Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
139	Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
140	Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
141	Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
142	Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
143	Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
144	Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
145	Sangat Kencang	Rendah	Lambat	Tinggi	Berbahaya
146	Sangat Kencang	Rendah	Lambat	Sedang	Berbahaya
147	Sangat Kencang	Rendah	Lambat	Rendah	Berbahaya
148	Sangat Kencang	Rendah	Sedang	Tinggi	Berbahaya
149	Sangat Kencang	Rendah	Sedang	Sedang	Berbahaya
150	Sangat Kencang	Rendah	Sedang	Rendah	Berbahaya
151	Sangat Kencang	Rendah	Cepat	Tinggi	Berbahaya
152	Sangat Kencang	Rendah	Cepat	Sedang	Berbahaya
153	Sangat Kencang	Rendah	Cepat	Rendah	Berbahaya
154	Sangat Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
155	Sangat Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
156	Sangat Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
157	Sangat Kencang	Sedang	Lambat	Tinggi	Berbahaya
158	Sangat Kencang	Sedang	Lambat	Sedang	Berbahaya
159	Sangat Kencang	Sedang	Lambat	Rendah	Berbahaya
160	Sangat Kencang	Sedang	Sedang	Tinggi	Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan <2000 GT
161	Sangat Kencang	Sedang	Sedang	Sedang	Berbahaya
162	Sangat Kencang	Sedang	Sedang	Rendah	Berbahaya
163	Sangat Kencang	Sedang	Cepat	Tinggi	Berbahaya
164	Sangat Kencang	Sedang	Cepat	Sedang	Berbahaya
165	Sangat Kencang	Sedang	Cepat	Rendah	Berbahaya
166	Sangat Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
167	Sangat Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
168	Sangat Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
169	Sangat Kencang	Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
170	Sangat Kencang	Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
171	Sangat Kencang	Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
172	Sangat Kencang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
173	Sangat Kencang	Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
174	Sangat Kencang	Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
175	Sangat Kencang	Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
176	Sangat Kencang	Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
177	Sangat Kencang	Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
178	Sangat Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
179	Sangat Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
180	Sangat Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
181	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
182	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
183	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
184	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
185	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
186	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
187	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
188	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
189	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
190	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
191	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
192	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya

**Lampiran 4. Aturan Penentuan Status Keamanan Pelayaran Kategori Kapal  
Diatas 2000 GT**

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan >2000 GT
1	Lemah	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
2	Lemah	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
3	Lemah	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
4	Lemah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
5	Lemah	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
6	Lemah	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
7	Lemah	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
8	Lemah	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
9	Lemah	Rendah	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
10	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
11	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
12	Lemah	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
13	Lemah	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
14	Lemah	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
15	Lemah	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
16	Lemah	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
17	Lemah	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
18	Lemah	Sedang	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
19	Lemah	Sedang	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
20	Lemah	Sedang	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
21	Lemah	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
22	Lemah	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
23	Lemah	Tinggi	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
24	Lemah	Tinggi	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
25	Lemah	Tinggi	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
26	Lemah	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
27	Lemah	Tinggi	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
28	Lemah	Tinggi	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
29	Lemah	Tinggi	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
30	Lemah	Tinggi	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
31	Lemah	Tinggi	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
32	Lemah	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
33	Lemah	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
34	Sedang	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
35	Sedang	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
36	Sedang	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
37	Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan >2000 GT
38	Sedang	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
39	Sedang	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
40	Sedang	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
41	Sedang	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
42	Sedang	Rendah	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
43	Sedang	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
44	Sedang	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
45	Sedang	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
46	Sedang	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
47	Sedang	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
48	Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
49	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
50	Sedang	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
51	Sedang	Sedang	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
52	Sedang	Sedang	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
53	Sedang	Sedang	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
54	Sedang	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
55	Sedang	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
56	Sedang	Tinggi	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
57	Sedang	Tinggi	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
58	Sedang	Tinggi	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
59	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
60	Sedang	Tinggi	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
61	Sedang	Tinggi	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
62	Sedang	Tinggi	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
63	Sedang	Tinggi	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
64	Sedang	Tinggi	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
65	Sedang	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
66	Sedang	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
67	Kencang	Rendah	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
68	Kencang	Rendah	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
69	Kencang	Rendah	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
70	Kencang	Rendah	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
71	Kencang	Rendah	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
72	Kencang	Rendah	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
73	Kencang	Rendah	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
74	Kencang	Rendah	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
75	Kencang	Rendah	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
76	Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
77	Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
78	Kencang	Sedang	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan >2000 GT
79	Kencang	Sedang	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
80	Kencang	Sedang	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
81	Kencang	Sedang	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
82	Kencang	Sedang	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
83	Kencang	Sedang	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
84	Kencang	Sedang	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
85	Kencang	Sedang	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
86	Kencang	Sedang	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
87	Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
88	Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
89	Kencang	Tinggi	Lambat	Tinggi	Tidak Berbahaya
90	Kencang	Tinggi	Lambat	Sedang	Tidak Berbahaya
91	Kencang	Tinggi	Lambat	Rendah	Tidak Berbahaya
92	Kencang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tidak Berbahaya
93	Kencang	Tinggi	Sedang	Sedang	Tidak Berbahaya
94	Kencang	Tinggi	Sedang	Rendah	Tidak Berbahaya
95	Kencang	Tinggi	Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
96	Kencang	Tinggi	Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
97	Kencang	Tinggi	Cepat	Rendah	Tidak Berbahaya
98	Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Tidak Berbahaya
99	Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Tidak Berbahaya
100	Lemah	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
101	Lemah	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
102	Lemah	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
103	Lemah	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
104	Lemah	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
105	Lemah	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
106	Lemah	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
107	Lemah	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
108	Lemah	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
109	Lemah	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
110	Lemah	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
111	Lemah	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
112	Lemah	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
113	Lemah	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
114	Lemah	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
115	Sedang	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
116	Sedang	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
117	Sedang	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
118	Sedang	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
119	Sedang	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan >2000 GT
120	Sedang	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
121	Sedang	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
122	Sedang	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
123	Sedang	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
124	Sedang	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
125	Sedang	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
126	Sedang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
127	Sedang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
128	Sedang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
129	Sedang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
130	Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
131	Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
132	Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
133	Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
134	Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
135	Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
136	Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
137	Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
138	Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
139	Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
140	Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
141	Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
142	Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
143	Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
144	Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
145	Sangat Kencang	Rendah	Lambat	Tinggi	Berbahaya
146	Sangat Kencang	Rendah	Lambat	Sedang	Berbahaya
147	Sangat Kencang	Rendah	Lambat	Rendah	Berbahaya
148	Sangat Kencang	Rendah	Sedang	Tinggi	Berbahaya
149	Sangat Kencang	Rendah	Sedang	Sedang	Berbahaya
150	Sangat Kencang	Rendah	Sedang	Rendah	Berbahaya
151	Sangat Kencang	Rendah	Cepat	Tinggi	Berbahaya
152	Sangat Kencang	Rendah	Cepat	Sedang	Berbahaya
153	Sangat Kencang	Rendah	Cepat	Rendah	Berbahaya
154	Sangat Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
155	Sangat Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
156	Sangat Kencang	Rendah	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
157	Sangat Kencang	Sedang	Lambat	Tinggi	Berbahaya
158	Sangat Kencang	Sedang	Lambat	Sedang	Berbahaya
159	Sangat Kencang	Sedang	Lambat	Rendah	Berbahaya
160	Sangat Kencang	Sedang	Sedang	Tinggi	Berbahaya

Nomor	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan >2000 GT
161	Sangat Kencang	Sedang	Sedang	Sedang	Berbahaya
162	Sangat Kencang	Sedang	Sedang	Rendah	Berbahaya
163	Sangat Kencang	Sedang	Cepat	Tinggi	Berbahaya
164	Sangat Kencang	Sedang	Cepat	Sedang	Berbahaya
165	Sangat Kencang	Sedang	Cepat	Rendah	Berbahaya
166	Sangat Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
167	Sangat Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
168	Sangat Kencang	Sedang	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
169	Sangat Kencang	Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
170	Sangat Kencang	Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
171	Sangat Kencang	Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
172	Sangat Kencang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
173	Sangat Kencang	Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
174	Sangat Kencang	Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
175	Sangat Kencang	Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
176	Sangat Kencang	Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
177	Sangat Kencang	Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
178	Sangat Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
179	Sangat Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
180	Sangat Kencang	Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya
181	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Tinggi	Berbahaya
182	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Sedang	Berbahaya
183	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Lambat	Rendah	Berbahaya
184	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Berbahaya
185	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Berbahaya
186	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Berbahaya
187	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Tinggi	Berbahaya
188	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Sedang	Berbahaya
189	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Cepat	Rendah	Berbahaya
190	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Tinggi	Berbahaya
191	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Sedang	Berbahaya
192	Sangat Kencang	Sangat Tinggi	Sangat Cepat	Rendah	Berbahaya

**Lampiran 5. Hasil Perhitungan Metode FIS Tsukamoto dalam menentukan Status Keamanan Pelayaran dengan Menggunakan 4 Parameter.**

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
1.	1-Jan-14	9.8	1.1	29.4	6000	16.204	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	16.204	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
2.	2-Jan-14	10.1	1.3	26.5	6000	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
3.	3-Jan-14	11.5	1.36	27.29	300	39.07359922	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	39.07359922	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
4.	4-Jan-14	15.3	2.01	54.92	6000	67.05942431	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	43.20241725	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
5.	5-Jan-14	13.04	2.5	36.65	3000	89.07911111	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	89.07911111	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
6.	6-Jan-14	13.83	2.5	31.44	3000	75.99144444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	75.99144444	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai
7.	7-Jan-14	14.33	2.3	48.03	8000	72.72477778	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	37.14677778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
8.	8-Jan-14	15.07	2.3	90.06	9000	74.79201581	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.89826087	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
9.	9-Jan-14	23.4	4.3	128.87	3000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
10.	10-Jan-14	23.03	4.99	128.63	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
11.	11-Jan-14	19.49	4.18	108.74	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
12.	12-Jan-14	17.53	3.59	50.78	3000	84.96588	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	84.96588	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
13.	13-Jan-14	14.48	2.7	23.04	8000	69.90810392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	69.90810392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
14.	14-Jan-14	13.82	2.86	30.06	8000	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	76.09644444	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
15.	15-Jan-14	12.97	2.26	9.27	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
16.	16-Jan-14	10.37	1.73	7.2	3000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
17.	17-Jan-14	12.04	1.58	16.75	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
18.	18-Jan-14	12.21	1.57	8.58	9000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
19.	19-Jan-14	14.86	2.03	10.01	8000	66.50470588	Berbahaya	Tidak Berbahaya	Tidak Sesuai	39.96529412	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
20.	20-Jan-14	15.1	2.1	9.9	6000	75.3	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	33.1	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
21.	21-Jan-14	12.45	1.72	14.6	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
22.	22-Jan-14	12.39	1.57	12.18	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
23.	23-Jan-14	14.34	1.92	14.81	6000	51.98037037	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	40.90592593	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
24.	24-Jan-14	12.41	2.4	18.32	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
25.	25-Jan-14	12.08	1.74	21.22	8000	21.78276	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	21.78276	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
26.	26-Jan-14	13.39	1.81	35.33	8000	22.662	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.441	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
27.	27-Jan-14	10.75	1.49	12.39	7000	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	15.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
28.	28-Jan-14	10.18	1.39	18.62	8000	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	37.225	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
29.	29-Jan-14	6.49	1.1	20.41	8000	14.32509	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	14.32509	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
30.	30-Jan-14	5.79	0.83	22.24	9000	36.31664789	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	36.31664789	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
31.	31-Jan-14	6.09	0.86	21.73	8000	25.73781	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	25.73781	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
32.	1-Feb-14	3.17	0.7	9.3	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
33.	2-Feb-14	1.39	0.56	1.87	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
34.	3-Feb-14	4.91	0.46	5.37	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
35.	4-Feb-14	4.37	0.41	7.93	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
36.	5-Feb-14	2.19	0.18	1.63	300	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
37.	6-Feb-14	2.58	0.19	0.67	10000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
38.	7-Feb-14	2.97	0.16	1.69	10000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
39.	8-Feb-14	2.31	0.18	1.07	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
40.	9-Feb-14	1.55	0.11	0.98	300	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
41.	10-Feb-14	2.07	0.05	1.18	9000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
42.	11-Feb-14	2.38	0.04	1.38	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
43.	12-Feb-14	3	0.08	2.78	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
44.	13-Feb-14	4.34	0.12	3.27	10000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai

No.	Tanggal	Angin (knot)	Gelombang (meter)	Arus (cm/s)	Visibility (meter)	FIS Tsukamoto Dibawah 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan	FIS Tsukamoto Diatas 2000 GT		Keputusan Pakar	Kesimpulan
						Nilai Z	Kesimpulan			Nilai Z	Kesimpulan		
45	14-Feb-14	5.23	0.22	5.88	3000	29.481	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	29.481	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
46	15-Feb-14	8.37	0.71	21.74	3000	25.80964	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	25.80964	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
47	16-Feb-14	11.37	1.9	31.89	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
48	17-Feb-14	9.81	1.96	26.49	6000	46.47368125	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	40.09868125	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
49.	18-Feb-14	10.82	2.08	11.96	8000	83.8	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	19.9	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
50.	19-Feb-14	16.47	2.84	37.76	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
51.	20-Feb-14	17.45	3.02	49.64	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
52.	21-Feb-14	17.7	3.3	67.91	300	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
53.	22-Feb-14	18.08	3.48	42.81	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
54.	23-Feb-14	16.34	3.3	36.7	6000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
55.	24-Feb-14	12.99	2.36	14.24	8000	90	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
56.	25-Feb-14	11.29	1.75	9.5	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
57.	26-Feb-14	11.57	1.51	9.44	8000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
58.	27-Feb-14	13.41	1.69	9.82	10000	23.29311111	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	22.97877778	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
59.	28-Feb-14	12.77	1.78	12.14	6000	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai	10	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
60.	Data Imitasi 1	8.79	1.37	73.21	400	74.075	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	35.025	Tidak Berbahaya	Tidak Berbahaya	Sesuai
61.	Data Imitasi 2	11.13	1.58	97.02	300	75.35628	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	70.34392	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
62.	Data Imitasi 3	13.02	2.19	98.63	300	81.37527083	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	81.12210307	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai
63.	Data Imitasi 4	15.97	2.09	99.78	300	84.26464945	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai	84.75808118	Berbahaya	Berbahaya	Sesuai