

**PENENTUAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN DENGAN
METODE *FUZZY INFERENCE SYSTEM* (FIS) SUGENO**

SKRIPSI

LABORATORIUM KOMPUTASI DAN SISTEM CERDAS

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



Disusun Oleh:

ANDREAS YUAN BRAMANTYO

NIM. 105060800111027

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

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

PENENTUAN STATUS KEAMANAN PELAYARAN DENGAN METODE *FUZZY INFERENCE SYSTEM* (FIS) SUGENO

SKRIPSI

KONSENTRASI KOMPUTASI DAN SISTEM CERDAS

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



Disusun Oleh:

ANDREAS YUAN BRAMANTYO

NIM. 105060800111027

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

Pembimbing I

Pembimbing II

Rekyan Regasari M.P., S.T., M.T.
NIK. 770414 06 1 2 0253

Edy Santoso, S.Si., M.Kom
NIP. 19740414 2003 12 1 004

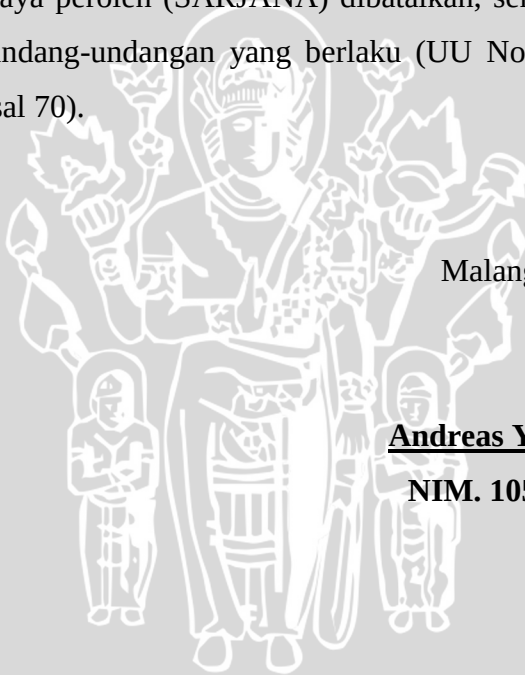
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

Malang, 4 Juli 2015

Andreas Yuan Bramantyo
NIM. 105060800111027



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan limpahan hidayahnya penulisan skripsi yang berjudul **“Penentuan Status Keamanan Pelayaran Dengan Metode Fuzzy Inference System (FIS) Sugeno”** ini dapat diselesaikan. Skripsi ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer program Strata Satu (S-1) pada program studi Informatika/Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.

Pada penyelesaian skripsi ini, penulis telah mendapat banyak bantuan baik moral maupun materiil dari banyak pihak, atas bantuan yang telah diberikan penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Rekyan Regasari Mardi Putri, S.T., M.T., selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Edy Santoso, S.Si., M.Kom., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ayah, Ibu dan kakak atas doa, dukungan dan semangat yang diberikan sehingga penulis termotivasi penuh untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Sutrisno, M.T., selaku Ketua Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya yang juga telah memberikan kemudahan sistem birokrasi.
5. Bapak Drs. Marji, M.T., selaku Ketua Program Studi Informatika/Ilmu Komputer beserta jajarannya yang telah memberikan kemudahan sistem birokrasi.
6. Bapak dan Ibu dosen Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
7. Bapak Eko Prasetyo, S.T., M.T., M.M.T., selaku pakar yang banyak membagi ilmu serta informasi yang dibutuhkan dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Wahyu “Emon” Indra, Wisnu, Ghazali, Galuh, Garisa, Afan, Faridul, Burhan, Fajar, Didan, Fadhil, Arienta, Anya, Rendy, dan teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan bantuan, motivasi, masukan, inspirasi, hiburan dan semangat kepada penulis selama menempuh studi dan menyelesaikan skripsi ini.
9. Keluarga besar PMK Daniel Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas dukungan doa yang selalu diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga penyelesaian tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, Juli 2015

Penulis



Andreas Yuan Bramantyo. 2015. Penentuan Status Keamanan Pelayaran Dengan Metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Sugeno. Program Studi Teknik Informatika, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

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

ABSTRAK

Pelayaran merupakan bagian dari sarana transportasi laut yang merupakan bagian dari sistem transportasi nasional dan harus dikembangkan potensi dan peranannya untuk mewujudkan sistem transportasi yang efektif dan efisien. Namun demikian, sistem keselamatan dan keamanan menjadi faktor penting yang harus diperhatikan sebagai dasar dan tolak ukur bagi pengambilan keputusan dalam menentukan kelayakan berlayar. Dalam hal ini, faktor cuaca maritim merupakan salah satu faktor penting yang dibutuhkan dalam menentukan keamanan pelayaran karena kondisi cuaca yang tidak mengenal batas dan dapat berubah sewaktu-waktu. Dari permasalahan inilah muncul gagasan untuk membuat suatu aplikasi menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno untuk menentukan status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim yang meliputi angin, gelombang, arus dan jarak pandang. Tingkat akurasi yang dihasilkan dari implementasi metode *Fuzzy Inference System* Sugeno ini adalah sebesar 93,65% untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan 96,82% untuk kategori kapal diatas 2000 GT.

Kata Kunci: Kelayakan Pelayaran, Cuaca Maritim, *Fuzzy* Sugeno

Andreas Yuan Bramantyo. 2015. *Determination Of The Cruise Safety Status With Fuzzy Inference System (FIS) Sugeno Method.* Information Technology and Computer Science Program, Brawijaya University.

Advisors: Rekyan Regasari Mardi Putri, S.T., M.T. dan Edy Santoso, S.Si., M.Kom.

ABSTRACT

The cruise is part of the sea transportation which is part of the national transportation system and must be developed to realize the role and the potential so it can work effectively and efficiently. However, the safety and security systems is an important factor that must be considered as the basic for decision making in determining the eligibility of cruising. In this case, maritime weather factor is one of the most important factor which is needed in determining the safety of cruising due to weather conditions that knows no boundaries and can change at any time. From this problem came the idea to create an application using Sugeno Fuzzy Inference System to determine the safety status of the cruise based on maritime weather including wind, waves, currents and visibility. The accuracy result from the implementation of method Sugeno Fuzzy Inference System is 93.65% for the category of ships under 2000 GT and 96.82% for the category of ships above 2000 GT.

Keywords: Eligibility of Cruising, Maritime Weather, Fuzzy Sugeno.

DAFTAR ISI

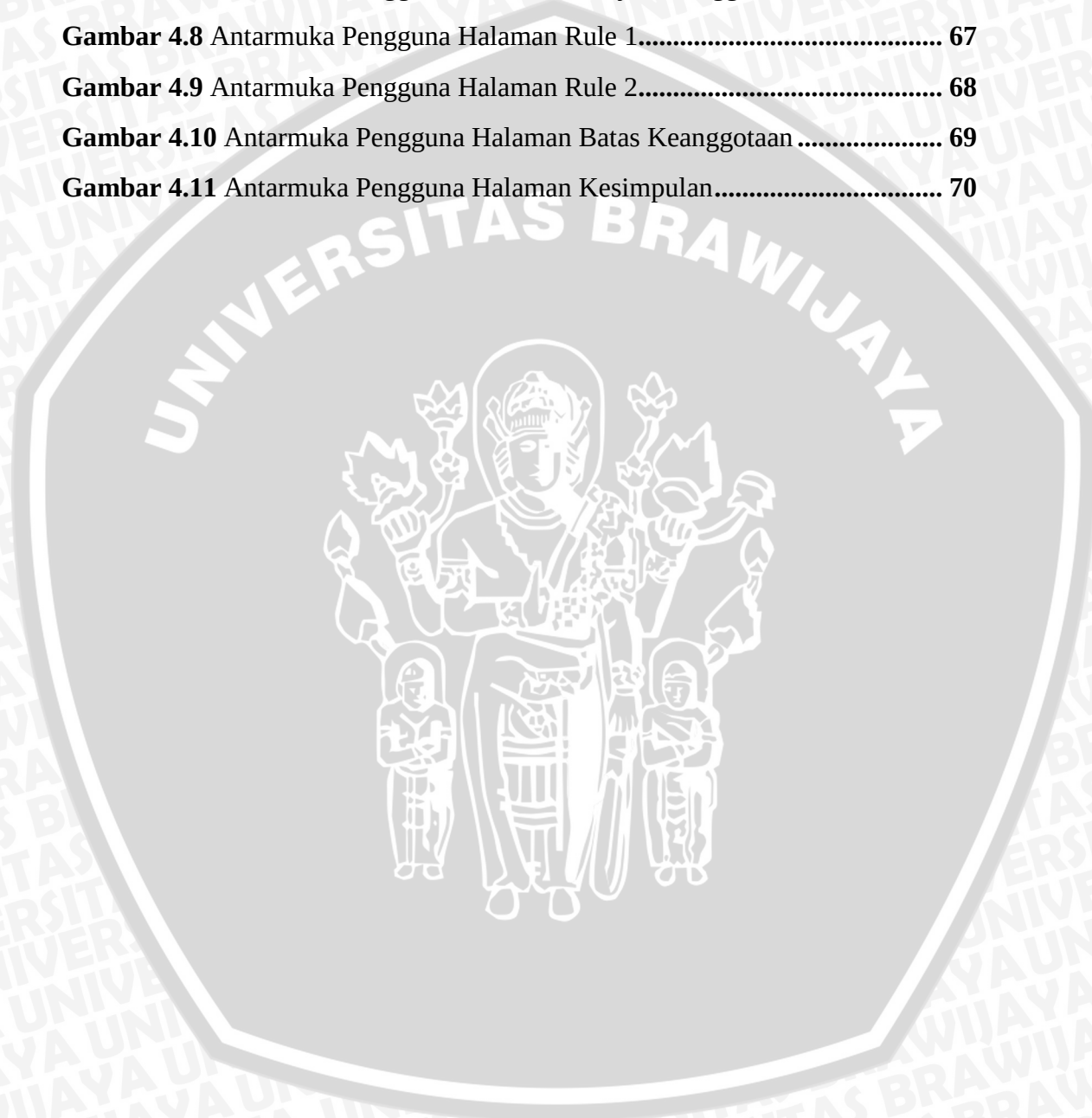
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Pelayaran	7
2.3 Cuaca Maritim.....	8
2.3.1 Angin	8
2.3.2 Gelombang.....	9
2.3.3 Arus.....	10
2.3.4 Jarak Pandang (Visibility)	11
2.4 Logika Fuzzy.....	12
2.4.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy	13
2.4.2 Fungsi Keanggotaan	14
2.5 Metode Sugeno.....	18
2.6 Korelasi	19
2.6.1 Koefisien Korelasi	19
2.7 Pengujian Akurasi	21
BAB III.....	23
METODOLOGI PENELITIAN & PERANCANGAN	23

3.1	Metode Penelitian.....	23
3.1.1	Studi Pustaka.....	24
3.1.2	Pengumpulan Data.....	24
3.1.3	Perancangan.....	25
3.1.4	Implementasi.....	26
3.1.5	Pengujian dan Analisis.....	26
3.1.6	Kesimpulan.....	27
3.2	Perancangan.....	27
3.2.1	Rancangan Alur Kinerja Aplikasi.....	27
3.2.2	Rancangan Metode Fuzzy Inference System Sugeno.....	28
3.2.3	Mesin Inferensi Fuzzy Sugeno.....	32
3.2.4	Perhitungan Manual.....	41
3.2.5	Antarmuka Pengguna.....	47
BAB IV		55
IMPLEMENTASI		55
4.1	Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	55
4.2	Batasan Aplikasi.....	55
4.3	Implementasi Algoritma.....	56
4.3.1	Algoritma Fuzzifikasi.....	56
4.3.2	Algoritma Inferensi.....	58
4.3.3	Algoritma Defuzzifikasi.....	61
4.4	Implementasi Antarmuka Pengguna.....	63
BAB V		71
PENGUJIAN DAN ANALISIS		71
5.1	Pengujian Akurasi.....	71
5.2	Pengujian Korelasi Setiap Parameter Cuaca Maritim Terhadap Output Metode Fuzzy Inference System Sugeno.....	74
BAB VI		77
PENUTUP		77
6.1	Kesimpulan.....	77
6.2	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA		79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Dasar Logika <i>Fuzzy</i>	13
Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Linier Naik.....	15
Gambar 2.3 Fungsi Keanggotaan Linier Turun.....	16
Gambar 2.4 Fungsi Keanggotaan Trapezium (<i>Trapezoidal</i>)	17
Gambar 2.5 Representasi Kurva Bahu Pada Variabel Temperatur	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Gambaran Umum Rancangan Aplikasi	25
Gambar 3.3 Blok Diagram Pengujian Akurasi.....	26
Gambar 3.4 Diagram Alir Kinerja Aplikasi	28
Gambar 3.5 Diagram Alir Rancangan metode <i>Fuzzy Inference System</i> Sugeno. 29	
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi.....	30
Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Inferensi	31
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Defuzzifikasi.....	32
Gambar 3.9 Rancangan Mesin Inferensi <i>Fuzzy</i> Sugeno	33
Gambar 3.10 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Angin	34
Gambar 3.11 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Gelombang	35
Gambar 3.12 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Arus	37
Gambar 3.13 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel <i>Visiblity</i>	38
Gambar 3.14 Desain Form <i>Log In</i>	47
Gambar 3.15 Desain Form <i>Admin</i>	48
Gambar 3.16 Desain Halaman Utama	49
Gambar 3.17 Desain Halaman Derajat Keanggotaan.....	50
Gambar 3.18 Desain Halaman <i>Rule 1</i>	51
Gambar 3.19 Desain Halaman <i>Rule 2</i>	52
Gambar 3.20 Desain Halaman Batas Keanggotaan.....	53
Gambar 3.21 Desain Halaman Kesimpulan	54
Gambar 4.1 Implementasi Algoritma Fuzzifikasi	58
Gambar 4.2 Implementasi Algoritma Inferensi.....	61
Gambar 4.3 Implementasi Algoritma Defuzzifikasi	62

Gambar 4.4 Antarmuka Pengguna Form <i>Log In</i>	63
Gambar 4.5 Antarmuka Pengguna Form Admin.....	64
Gambar 4.6 Antarmuka Pengguna Halaman Utama (<i>Home</i>)	65
Gambar 4.7 Antarmuka Pengguna Halaman Derajat Keanggotaan	66
Gambar 4.8 Antarmuka Pengguna Halaman Rule 1.....	67
Gambar 4.9 Antarmuka Pengguna Halaman Rule 2.....	68
Gambar 4.10 Antarmuka Pengguna Halaman Batas Keanggotaan	69
Gambar 4.11 Antarmuka Pengguna Halaman Kesimpulan.....	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kecepatan Angin.....	9
Tabel 2.2 Klasifikasi Ketinggian Gelombang	10
Tabel 2.3 Klasifikasi Kecepatan Arus	11
Tabel 2.4 Klasifikasi Jarak Pandang (visibility).....	12
Tabel 2.5 Interpretasi Angka Korelasi.....	21
Tabel 2.6 <i>The Confusion Matrix</i>	21
Tabel 3.1 Tabel Akurasi Perbandingan Hasil Pengujian.....	27
Tabel 3.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Angin.....	34
Tabel 3.3 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Gelombang	35
Tabel 3.4 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Arus	36
Tabel 3.5 Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel <i>Visibility</i>	38
Tabel 3.6 Variabel <i>Output</i> Keamanan Pelayaran	39
Tabel 3.7 <i>Rule</i> Kategori Kapal Dibawah 2000 GT	40
Tabel 3.8 <i>Rule</i> Kategori Kapal Diatas 2000 GT	40
Tabel 3.9 Status Keamanan Pelayaran	41
Tabel 5.1 Pengujian <i>The Confusion Matrix</i> Terhadap 20 Data.....	72
Tabel 5.2 Pengujian <i>The Confusion Matrix</i> Terhadap 40 Data.....	72
Tabel 5.3 Pengujian <i>The Confusion Matrix</i> Terhadap 63 Data.....	73
Tabel 5.4 Hasil Korelasi Setiap Parameter <i>Input</i> Terhadap Hasil <i>Output</i>	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Wawancara Parameter Cuaca Maritim Beserta Klasifikasinya.....	81
Lampiran 2. Dokumentasi Wawancara Penentuan Klasifikasi Parameter Jarak Pandang.....	83
Lampiran 3. Aturan Penentuan Status Keamanan Pelayaran Untuk Kategori Kapal Dibawah 2000 GT	84
Lampiran 4. Aturan Penentuan Status Keamanan Pelayaran Untuk Kategori Kapal Diatas 2000 GT.....	89



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dengan 2/3 wilayah Indonesia secara geografis terdiri dari laut dan sisanya adalah pulau. Hal ini bisa terlihat dengan adanya garis pantai di hampir setiap pulau di Indonesia (± 81.000 km) yang menjadikan Indonesia menempati urutan kedua setelah Kanada sebagai negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia. Indonesia menyandang predikat negara maritim atau negara kepulauan, dengan konsekuensi sifat maritim itu sendiri lebih mengarah pada terwujudnya aktivitas maritim di wilayah Indonesia, khususnya pelayaran. Pelayaran merupakan bagian dari sarana transportasi laut yang merupakan bagian dari sistem transportasi nasional dan harus dikembangkan potensi dan peranannya untuk mewujudkan sistem transportasi yang efektif dan efisien. Namun demikian, sistem keselamatan dan keamanan menjadi faktor penting yang harus diperhatikan sebagai dasar dan tolak ukur bagi pengambilan keputusan dalam menentukan kelayakan berlayar.

Keselamatan pelayaran sebenarnya telah diatur oleh lembaga internasional yang mengurus atau menangani hal-hal yang terkait dengan keselamatan jiwa, harta laut, serta kelestarian lingkungan yang dinamakan sebagai *International Maritime Organization* (IMO) yang bernaung di bawah PBB. Meskipun telah ada dasar hukum, berbagai kecelakaan di laut tetap tak bisa dihindari dan semakin marak terjadi, dengan faktor yang sering menyebabkan terjadinya kecelakaan di laut diantaranya adalah: faktor teknis / struktur kapal (*hull structure*), cuaca buruk (*force majeure*) dan faktor kesalahan manusia itu sendiri (*human error*).

Dari faktor kesalahan manusia yang biasanya dihadapi adalah kecerobohan dalam menjalankan kapal, serta ketidakmampuan awak kapal dalam menguasai berbagai permasalahan yang mungkin timbul dalam operasional kapal. Pada faktor teknis biasanya terkait dengan ketidakcermatan di dalam desain kapal, penelantaran perawatan kapal sehingga mengakibatkan kerusakan badan kapal

atau bagian-bagian kapal yang menyebabkan kapal mengalami kecelakaan. Sedangkan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah faktor alam / cuaca buruk yang merupakan faktor terbesar penyebab utama kecelakaan laut [TRA-09]. Faktor cuaca buruk merupakan faktor yang sulit diprediksi sehingga membutuhkan ketepatan informasi prediksi serta pengetahuan tentang kondisi cuaca maritim. Permasalahan yang biasanya dialami saat menghadapi cuaca buruk ini adalah gelombang yang tinggi, arus yang besar, angin yang kencang dan jarak pandang yang terbatas.

Oleh karena itu, perlu dibuat sebuah aplikasi guna mencapai keamanan dan keselamatan pelayaran yang merupakan faktor penting untuk menunjang kelancaran transportasi laut dan mencegah terjadinya kecelakaan. Dengan mengadopsi pengetahuan pakar sehingga mampu bertindak sebagaimana seorang pakar pada bidang ilmu tertentu, serta membantu dalam pengambilan keputusan, peneliti berfikir untuk memudahkan masyarakat (khususnya para pelaku aktivitas pelayaran) agar dapat menentukan status keamanan pelayaran dengan parameter cuaca maritim.

Pada penelitian sebelumnya dengan judul “*Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*” [MEI-10] telah menghasilkan sebuah aplikasi sistem cerdas dengan menggunakan metode *Fuzzy Takagi-Sugeno* dengan akurasi 76,16%. Metode *Fuzzy Takagi-Sugeno* pada penelitian tersebut digunakan untuk menentukan prediksi tinggi gelombang dan kecepatan arus. Setelah itu, nilai tinggi gelombang dan kecepatan arus yang dihasilkan dari metode *Fuzzy Takagi-Sugeno* dibandingkan secara langsung dengan ketentuan cuaca untuk kelayakan pelayaran berdasarkan kategori masing-masing *Gross Tonnage* (GT) kapal yang didapatkan dari Syahbandar.

Hal yang berbeda pada penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah akan membuat aplikasi penentuan status keamanan pelayaran dimana metode *Fuzzy Inference System (FIS)* Sugeno dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran, bukan untuk menentukan prediksi tinggi gelombang dan kecepatan arus. Selain itu juga terdapat tambahan parameter cuaca maritim yaitu jarak pandang (*visibility*). Dalam pelayaran, jarak pandang

diperlukan untuk mempertahankan arah kapal. Jarak pandang yang sempit bisa berbahaya bagi kapal karena mengakibatkan nahkoda tidak bisa melihat keadaan di sekitarnya.

Dengan aplikasi ini diharapkan dapat mempercepat dalam menentukan keamanan pelayaran, sehingga dapat dengan mudah mengetahui aman atau tidaknya untuk berlayar. Dari uraian di atas, maka penulis tertarik untuk membangun sebuah aplikasi “**Penentuan Status Kemanan Pelayaran Dengan Metode Fuzzy Inference System (FIS) Sugeno**” sebagai suatu alternatif solusi untuk mempermudah penentuan berlayar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sebuah aplikasi penentuan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno?
2. Bagaimana hasil akurasi dari penerapan *Fuzzy Inference System* Sugeno dalam menentukan keamanan pelayaran menggunakan *F-Measure*?
3. Bagaimana tingkat korelasi antara nilai *input* setiap parameter dengan hasil *output* menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Aplikasi ini menghasilkan penentuan keamanan berlayar pada masing-masing *Gross Tonnage* (GT) kapal.
2. Data cuaca maritim yang digunakan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Perak Surabaya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno ke dalam aplikasi penentuan status kemanan pelayaran yang hasilnya dapat menunjukkan status kemanan berlayar berdasarkan setiap *Gross Tonnage* (GT) kapal.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulisan skripsi ini diharapkan mempunyai manfaat yang baik dan berguna bagi pembaca dan penulis. Adapun manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan wawasan akan penerapan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno pada aplikasi ini.
2. Membantu masyarakat khususnya para pelaku aktivitas pelayaran dalam menentukan keamanan pelayaran.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar dalam penulisan skripsi ini dapat lebih terarah, maka penulis berusaha sedapat mungkin menyusun secara sistematis sehingga diharapkan tahap-tahap pembahasan akan tampak lebih jelas kaitannya antara bab yang satu dengan bab yang lainnya. Adapun isi dari masing-masing bab tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang permasalahan, merumuskan inti permasalahan yang dihadapi, pembatasan masalah, menentukan tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas berbagai konsep dasar dan teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan dan hal-hal yang berguna dalam proses analisis permasalahan serta tinjauan terhadap penelitian.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN & PERANCANGAN

Membahas metode yang digunakan dalam penelitian yang terdiri dari studi literatur, perancangan sistem perangkat lunak, implementasi sistem perangkat lunak, pengujian dan analisis, serta penulisan laporan.

BAB IV : IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tentang implementasi dari metode *Fuzzy Inference System* Sugeno untuk menentukan keamanan pelayaran yang sesuai dengan perancangan aplikasi yang telah dibuat.

BAB V : PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini memuat proses dan hasil pengujian terhadap aplikasi yang telah direalisasikan.

BAB VI : PENUTUP

Bab ini merupakan bab penutup yang berisi tentang kesimpulan dari rangkuman hasil penelitian dan saran-saran yang perlu diperhatikan bagi pengembangan aplikasi kedepannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang tinjauan pustaka yang berisi ulasan-ulasan penelitian terkait terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan penulis serta dasar teori yang menjadi pendukung penelitian ini seperti keamanan pelayaran menggunakan parameter cuaca maritim dan *Fuzzy Inference System* Sugeno.

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka pada penelitian ini melihat dari penelitian sebelumnya yang berjudul “*Prediksi Cuaca Menggunakan Logika Fuzzy Untuk Kelayakan Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*” dengan metode *fuzzy* Takagi-Sugeno. Pada penelitian tersebut dijelaskan tentang merancang metode peramalan menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan kelayakan pelayaran, khususnya di sekitar pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Kelayakan pelayaran ini mengambil unsur cuaca di perairan yang mempengaruhi keselamatan pelayaran, diantaranya adalah ketinggian gelombang, kecepatan arus dan kecepatan angin. Faktor cuaca yang diperoleh untuk kelayakan pelayaran didasarkan dari pengalaman pakar sehingga didapatkan kondisi laut yang paling berpengaruh untuk masing-masing *Gross Tonnage* (GT) kapal. Hasil keluaran program kemudian digunakan sebagai masukan untuk penentuan kelayakan pelayaran dengan menghasilkan akurasi sebesar 76,16% [MEI-10]. Terdapat pula perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan penulis, yaitu metode *Fuzzy Inference System* Sugeno akan digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran, dan juga terdapat tambahan parameter cuaca maritim yaitu jarak pandang (*visibility*).

Penelitian terkait lainnya yang berjudul “*Prediksi Curah Hujan dengan Fuzzy Logic*” menjelaskan tentang proses perancangan prediksi hujan dilakukan menggunakan metode *fuzzy* Takagi-Sugeno karena *fuzzy* Takagi-Sugeno bersifat konstan dan fleksibel sehingga cocok untuk peramalan. Pada tahap awal dilakukan proses fuzzifikasi data masukan berupa himpunan *crisp* (himpunan

non-fuzzy) yang akan diubah menjadi himpunan *fuzzy* berdasarkan range untuk setiap variabel masukannya. Langkah berikutnya yaitu membuat aturan (*rule base*) yang terdiri dari kumpulan aturan peramalan cuaca yang berbasis *fuzzy logic* untuk menyatakan kondisi cuaca yang terjadi. Setelah itu proses inferensi *fuzzy* digunakan untuk proses pengambilan keputusan berdasarkan rancangan *rule base*. Setiap hasil dari *inference system* akan dikonversikan melalui tahap defuzzifikasi, dan hasil konversi akan diekspresikan dalam bentuk *fuzzy sets* ke satu bilangan *real* dengan tingkat keakuratan mencapai 82,19% [IND-12]. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan penulis adalah objek yang digunakan adalah parameter cuaca maritim.

Penelitian terkait lainnya yang berjudul “*Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Tipe Mamdani dan Sugeno*” menerangkan bahwa dengan menggunakan model prediksi cuaca secara tepat, akan memiliki skenario dalam penentuan yang diharapkan, sehingga apabila terjadi ketidakakuratan hasil prediksi akan segera dievaluasi untuk mencari parameter-parameter yang sesuai. Setelah data-data yang dibutuhkan menurut bulan-bulan yang telah ditentukan dimasukkan dalam program prakiraan cuaca, hasilnya dilanjutkan dalam tahap pengujian selanjutnya dimana ada 5 parameter *input* dan setiap parameter mempunyai 3 kategori yang masing-masing menjadi sebuah *Membership Function* (MF) dan mempunyai tipe berbeda-beda. Nilai akurasi yang diperoleh dari *fuzzy logic* Sugeno ini sebesar 32% pada musim hujan, 42% pada musim kemarau dan 63% pada musim pancaroba [HAR-12]. Untuk perbedaan yang mendasari penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan penulis adalah hasil keluaran (*output*) digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran dan juga objek yang digunakan adalah parameter cuaca maritim.

2.2 Pelayaran

Pelayaran merupakan bagian dari sarana transportasi laut sebagaimana amanat dalam Undang-Undang No. 17 Tahun 2008 yang tidak dapat dipisahkan dari sarana transportasi laut lainnya dengan kemampuan untuk menghadapi perubahan ke depan, mempunyai karakteristik karena mampu melakukan

pengangkutan secara massal. Dapat menghubungkan dan menjangkau wilayah satu dengan yang lainnya melalui perairan, sehingga mempunyai potensi kuat untuk dikembangkan dan peranannya baik nasional maupun internasional sehingga mampu mendorong dan menunjang pembangunan nasional demi meningkatkan kesejahteraan masyarakat sesuai dengan mandat Pancasila serta Undang-Undang Dasar 1945.

Oleh karena itu, penting untuk mengutamakan keselamatan dan keamanan pelayaran karena syarat keamanan dan keselamatan pelayaran yang diabaikan atau tidak dipenuhi akan mengakibatkan resiko terjadinya kecelakaan pelayaran. Upaya untuk menjamin keselamatan dan keamanan pelayaran juga harus menjadi perhatian yang serius, mengingat terdapat 3 faktor penyebab yang secara langsung menyebabkan terjadinya kecelakaan laut yaitu faktor manusia, faktor teknis dan faktor alam.

2.3 Cuaca Maritim

Cuaca maritim merupakan faktor yang sangat berpengaruh bagi setiap kegiatan di wilayah perairan seperti pelayaran, yang dalam hal ini meliputi kecepatan angin, tinggi gelombang, kecepatan arus dan jarak pandang (*visibility*) akan diolah untuk nantinya digunakan sebagai rekomendasi kelayakan pelayaran.

2.3.1 Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah yang bertekanan udara lebih rendah. Pergerakan udara ini disebabkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Semakin besar perbedaan tekanan udaranya, semakin besar pula angin yang bertiup. Angin mempunyai peranan penting dalam interaksi antara laut dan atmosfer sehingga angin merupakan sumber energi utama bagi dinamika perairan laut. Transfer energi dari angin permukaan ke laut akan menyebabkan terjadinya gelombang laut dan arus permukaan laut.

Berdasarkan hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar, maka didapatkanlah tabel klasifikasi kecepatan angin untuk kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kecepatan Angin

Kecepatan Angin	Klasifikasi
0 – 5 Knot	Lemah
5 – 15 Knot	Sedang
15 – 25 Knot	Kencang
> 25 Knot	Sangat Kencang

2.3.2 Gelombang

Gelombang merupakan pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan laut yang membentuk kurva atau grafik *Sinusoidal* (Faiqun, 2008). Proses ini terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut, seperti tekanan atau tekanan dari atmosfer (khusus melalui angin), gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan benda-benda angkasa (bulan dan matahari), gaya *Coriolis* (akibat rotasi bumi), dan tegangan permukaan.

Gelombang dapat dibangkitkan oleh banyak hal, seperti angin. Angin yang berhembus diatas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Karena sifat air yang tidak dapat menyerap energi, maka energi ini diubah ke dalam bentuk gelombang. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan jika angin berhembus secara terus menerus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar gelombang yang terbentuk.

Berdasarkan hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar, maka didapatkanlah tabel klasifikasi ketinggian gelombang untuk kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Ketinggian Gelombang

Tinggi Gelombang	Klasifikasi
0 – 1.3 meter	Rendah
1.3 – 2 meter	Sedang
2 – 2.5 meter	Tinggi
> 2.5 meter	Sangat Tinggi

2.3.3 Arus

Arus laut (*sea current*) adalah gerakan massa air laut dari satu tempat ke tempat lain, baik secara vertikal maupun horizontal. Contoh-contoh gerakan itu seperti gaya *Coriolis*, yaitu gaya yang membelok arah arus dari tenaga rotasi bumi. Pembelokan itu akan mengarah ke kanan di belahan bumi utara dan mengarah ke kiri di belahan bumi selatan. Gaya ini yang mengakibatkan adanya aliran *Gyre* yang searah jarum jam (ke kanan) pada belahan bumi utara dan berlawanan dengan arah jarum jam di belahan bumi selatan. Perubahan arah arus dari pengaruh angin ke pengaruh gaya *Coriolis* ini dikenal dengan spiral Ekman.

Arus di permukaan laut terutama disebabkan oleh tiupan angin, sedangkan arus di kedalaman laut disebabkan oleh perbedaan densitas massa air laut. Selain itu, arus di permukaan laut dapat juga disebabkan oleh gerakan pasang surut air laut atau gelombang. Arus laut dapat terjadi di samudera luas yang bergerak melintasi samudera (*ocean currents*), maupun terjadi di perairan pesisir (*coastal currents*).

Jenis-jenis arus seperti yang dijelaskan oleh Brown et al. (1989) dalam Kurniawan (2004) membagi arus berdasarkan pada gaya-gaya yang menimbulkannya menjadi 4 macam, yaitu:

1. Arus Bentukan Angin (*Wind Driven Current*), disebabkan oleh gesekan angin.
2. Arus Geostrofik (*Geostrophic Current*), disebabkan oleh gradien tekanan mendatar dan gaya *coriolis*.
3. Arus Thermohalin (*Thermohaline Current*), disebabkan oleh adanya perbedaan densitas air laut.

4. Arus Pasang Surut (*Tidal Current*), disebabkan karena adanya gaya pembangkit pasang surut.

Berdasarkan hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar, maka didapatkanlah tabel klasifikasi kecepatan arus untuk kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Kecepatan Arus

Kecepatan Arus	Klasifikasi
0 – 25 cm/s	Lambat
25 – 50 cm/s	Sedang
50 – 100 cm/s	Cepat
> 100 cm/s	Sangat Cepat

2.3.4 Jarak Pandang (*Visibility*)

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.

- *Visibility* pada siang hari

Definisi *visibility* pada siang hari adalah jarak terjauh, dimana sebuah benda hitam dengan ukuran yang sesuai, dapat dilihat dan dikenal terhadap kaki langit sebagai latar belakangnya. Yang dimaksud adalah ukuran benda yang sesuai yaitu harus membentuk sudut pada mata pengamat baik vertikal maupun horizontal paling kecil $0,5^\circ$ dan tidak lebih besar dari 5° .

- *Visibility* pada malam hari

Definisi *visibility* pada malam hari yaitu jarak terjauh dimana benda hitam dengan ukuran yang sesuai dapat dilihat dan dikenal, jika penerangan ditingkatkan hingga mencapai tingkat terang seperti siang hari. Benda yang sesuai untuk menentukan *visibility* pada malam hari ialah sinar biasa (tidak difokuskan), dengan intensitas sedang dan terletak pada jarak yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar, maka didapatkanlah tabel klasifikasi jarak pandang (*visibility*) untuk kegiatan pelayaran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Jarak Pandang (*visibility*)

Jarak Pandang	Klasifikasi
0 – 500 meter	Rendah
500 – 1000 meter	Sedang
> 1000 meter	Tinggi

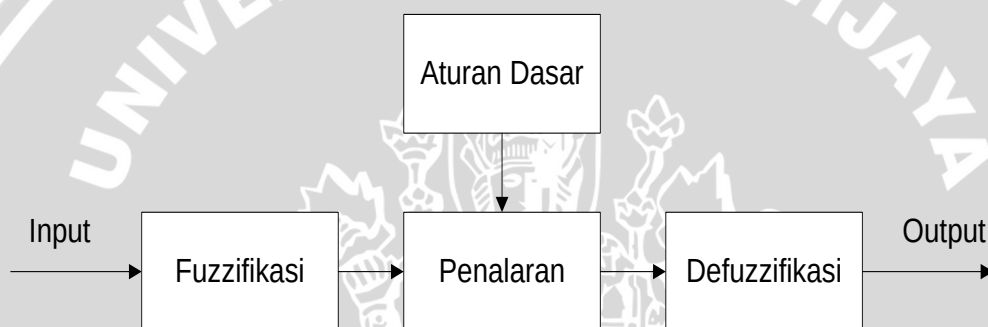
2.4 Logika Fuzzy

Menurut Agus Naba, logika *fuzzy* adalah : ”Sebuah teknologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*) sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Kata-kata yang digunakan dalam *fuzzy logic* memang tidak sepresisi bilangan, namun kata-kata jauh lebih dekat dengan intuisi manusia” [NAB-09]. Mengenai logika *fuzzy* pada dasarnya tidak semua keputusan dijelaskan dengan 0 atau 1, namun ada kondisi diantara keduanya, daerah diantara keduanya inilah yang disebut dengan *fuzzy* atau tersamar. Secara umum ada beberapa konsep sistem logika *fuzzy*, sebagai berikut dibawah ini:

- Himpunan tegas yang merupakan nilai keanggotaan suatu *item* dalam suatu himpunan tertentu.
- Himpunan *fuzzy* yang merupakan suatu himpunan yang digunakan untuk mengatasi kekakuan dari himpunan tegas.
- Fungsi keanggotaan yang memiliki interval 0 sampai 1.
- Variabel *linguistic* yang merupakan suatu variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata yang dinyatakan dalam bahasa alamiah dan bukan angka.
- Operasi dasar himpunan *fuzzy* merupakan operasi untuk menggabungkan dan atau memodifikasi himpunan *fuzzy*.
- Aturan (*rule*) *IF-THEN fuzzy* merupakan suatu pernyataan *IF-THEN*, dimana beberapa kata-kata dalam pernyataan tersebut ditentukan oleh fungsi keanggotaan.

Dalam proses pemanfaatan logika *fuzzy*, ada beberapa hal yang harus diperhatikan salah satunya adalah cara mengolah *input* menjadi *output* melalui sistem inferensi *fuzzy*. Metode inferensi *fuzzy* atau cara merumuskan pemetaan dari masukan yang diberikan kepada sebuah keluaran. Proses ini melibatkan fungsi keanggotaan, operasi logika, serta aturan *IF-THEN*. Hasil dari proses ini akan menghasilkan sebuah sistem yang disebut dengan FIS (*Fuzzy Inference System*). Dalam logika *fuzzy* tersedia beberapa jenis FIS diantaranya adalah Sugeno, Mamdani dan Tsukamoto.

2.4.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy



Gambar 2.1 Struktur Dasar Logika Fuzzy

Berdasarkan Gambar 2.1, dalam sistem logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan operasional yang meliputi [NUG-10:5]:

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah suatu proses pengubahan nilai tegas yang ada ke dalam fungsi keanggotaan.

2. Penalaran (*Inference Machine*)

Mesin penalaran adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluaran sebagai bentuk pengambilan keputusan. Salah satu model penalaran yang banyak dipakai adalah penalaran *max-min*. Dalam penalaran ini, proses pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi *min* sinyal keluaran lapisan fuzzifikasi, dan kemudian diteruskan dengan mencari nilai keluaran yang selanjutnya akan didefuzzifikasikan sebagai bentuk keluaran.

3. Aturan Dasar (*Rule Base*)

Aturan dasar (*rule base*) pada kontrol logika *fuzzy* merupakan suatu bentuk aturan relasi “Jika-Maka” atau *IF-THEN* seperti berikut ini:

if x is A then y is B dimana A dan B adalah *linguistic values* yang didefinisikan dalam rentang variabel X dan Y. Pernyataan “*x is A*” disebut *antecedent* atau premis, sedangkan pernyataan “*y is B*” disebut *consequent* atau kesimpulan.

4. Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu.

2.4.2 Fungsi Keanggotaan

Dalam teori logika *fuzzy* dikenal himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) yang merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*variable linguistic*) yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan. Di dalam *fuzzy systems*, fungsi keanggotaan memainkan peranan yang sangat penting untuk mempresentasikan masalah dan menghasilkan keputusan yang akurat. Menurut Jang et al. (1997), *Membership Function* (MF) adalah kurva yang memetakan setiap titik pada masukan (*Universe Of Discourse*) ke sebuah nilai keanggotaan (derajat keanggotaan) yang memiliki nilai antara 0 dan 1 yang didefinisikan secara sistematis oleh persamaan:

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0, 1] \dots \dots \dots (2-1)$$

Setiap elemen *x* dipetakan pada sebuah nilai keanggotaan MF. Nilai ini merupakan derajat keanggotaan dari *x* pada himpunan *fuzzy* A.

$$\mu_A = \text{Degree} (x \in A) \dots \dots \dots (2-2)$$

Dimana nilai keanggotaan dari *x* dibatasi oleh:

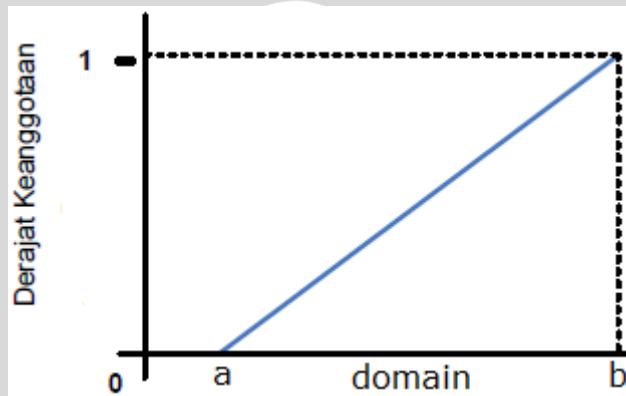
$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1 \dots \dots \dots (2-3)$$

Untuk fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi fungsi linier, fungsi trapesium dan fungsi bahu. Bentuk dari masing-masing fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:

1. Fungsi Linier

Fungsi representasi linier, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* linier, yaitu:

- a. 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, seperti pada Gambar 2.2:



Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Linier Naik

Sumber: Jang et al. (1997)

Dari persamaan kurva linier naik yang terletak pada titik (a,0) dan (b,1) didapatkan rumus persamaan sebagai berikut:

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

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

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

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

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

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

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

Sehingga didapatkan fungsi keanggotaan seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2-4):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots\dots\dots(2-4)$$

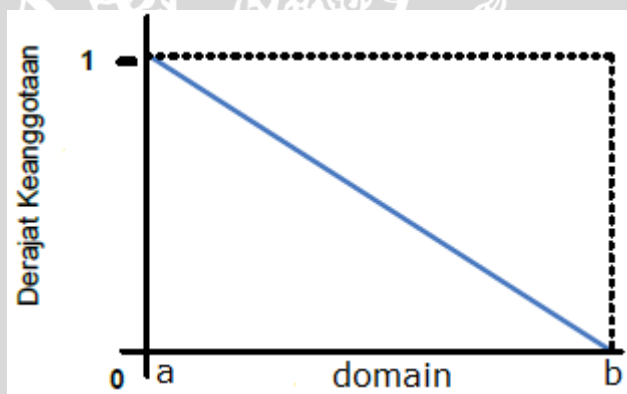
Keterangan:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol (0)

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

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

- b. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak turun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah, seperti pada Gambar 2.3:



Gambar 2.3 Fungsi Keanggotaan Linier Turun

Sumber : Jang et al. (1997)

Dari persamaan kurva linier turun yang terletak pada titik (a,1) dan (b,0) didapatkan rumus persamaan sebagai berikut:

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

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

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

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

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

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

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

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

Sehingga didapatkan fungsi keanggotaan seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2-5):

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

Keterangan:

a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol (0)

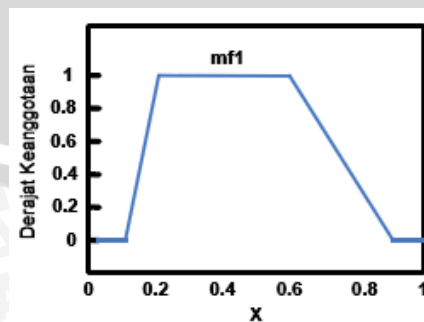
x = nilai *input* yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2. Fungsi Trapesium

Fungsi keanggotaan berbentuk trapesium didefinisikan oleh 4 parameter *a*, *b*, *c*, *d* dengan persamaan (2-6):

$$trapesium(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \dots\dots(2-6)$$

Fungsi trapesium dengan parameter: trapesium (x;0.1,0.2,0.6,0.95) ditunjukkan dalam Gambar 2.4.

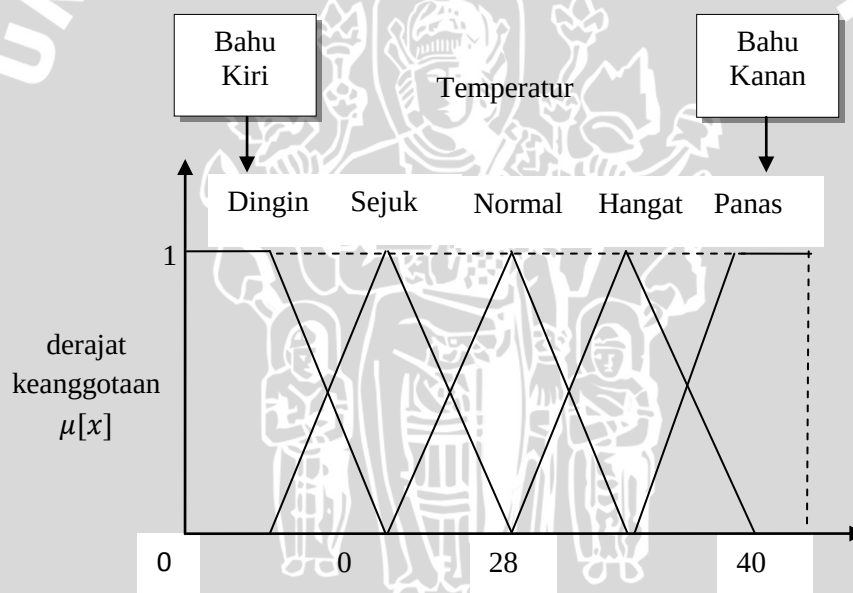


Gambar 2.4 Fungsi Keanggotaan Trapesium (*Trapezoidal*)

Sumber: Yan et al. (1994)

3. Fungsi Bahu

Daerah yang terletak ditengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan temperatur akan tetap berada pada kondisi PANAS. 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. Gambar 2.5 menunjukkan variabel TEMPERATUR dengan daerah bahunya.



Gambar 2.5 Representasi Kurva Bahu Pada Variabel Temperatur

Sumber: [KUS-04]

2.5 Metode Sugeno

Fuzzy metode Sugeno merupakan metode inferensi *fuzzy* untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk *IF – THEN*, dimana *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear [KUS-02:98]. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Model Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan *Singleton* yaitu

fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai *crisp* tunggal dan 0 pada nilai *crisp* yang lain. Untuk *Orde 0* dengan rumus:

$$\begin{aligned} &IF (x_1 \text{ is } A_1)^\circ (x_2 \text{ is } A_2)^\circ \dots^\circ (x_n \text{ is } A_n) \\ &THEN z = k \end{aligned}$$

dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke i sebagai *antaseden* (alasan), $^\circ$ adalah operator *fuzzy* (AND atau OR) dan k merupakan konstanta tegas sebagai *konsekuen* (kesimpulan).

Sedangkan rumus *Orde 1* adalah:

$$\begin{aligned} &IF (x_1 \text{ is } A_1)^\circ (x_2 \text{ is } A_2)^\circ \dots^\circ (x_n \text{ is } A_n) \\ &THEN z = p_1 * x_1 + \dots + p_n * x_n + q \end{aligned}$$

dengan A_i adalah himpunan *fuzzy* ke i sebagai *antaseden*, $^\circ$ adalah operator *fuzzy* (AND atau OR), p_i adalah konstanta ke i dan q juga merupakan *konstanta* dalam *konsekuen*.

2.6 Korelasi

Korelasi merupakan istilah statistik yang digunakan untuk menyatakan derajat hubungan linier antara suatu variabel dengan variabel lainnya. Sehingga apabila terdapat hubungan antar variabel maka perubahan-perubahan yang terjadi pada suatu variabel akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada variabel lain.

2.6.1 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi pertama kali diperkenalkan oleh Karl Pearson sekitar tahun 1990. Koefisien korelasi menggambarkan keeratan hubungan antara dua variabel berskala selang atau rasio. Dilambangkan dengan r , koefisien korelasi sering juga disebut dengan r person atau korelasi produk-momen pearson.

Menurut Hasan (1999) koefisien korelasi yang terjadi dapat berupa:

1. Korelasi positif, adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila variabel yang satu (X) meningkat maka variabel yang lainnya (Y) cenderung meningkat pula.

2. Korelasi negatif, adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila variabel yang satu (X) meningkat maka variabel yang lainnya (Y) cenderung menurun.
3. Tidak adanya terjadi korelasi apabila kedua variabel (X dan Y) tidak menunjukkan adanya hubungan.
4. Korelasi sempurna, adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila kenaikan atau penurunan variabel yang satu (X) berbanding lurus dengan kenaikan atau penurunan variabel yang lainnya (Y).

Untuk perhitungan koefisien korelasi r berdasarkan sekumpulan data (X_i , Y_i) berukuran n ditunjukkan menggunakan persamaan (2-7):

$$r = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \dots \dots \dots (2-7)$$

Koefisien antara variabel dibedakan atas tiga jenis, yaitu:

1. Korelasi Positif
Perubahan antara variabel berbanding lurus, artinya apabila variabel yang satu meningkat, maka variabel yang lain juga mengalami peningkatan.
2. Korelasi Negatif
Perubahan antara variabel berlawanan, artinya apabila variabel yang satu meningkat, maka variabel yang lain mengalami penurunan.
3. Korelasi Nihil
Terjadi apabila perubahan pada variabel yang satu diikuti pada perubahan yang lain dengan arah yang tidak teratur.

Tabel 2.5 menunjukkan klasifikasi interpretasi angka korelasi yang dihasilkan dari perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data.

Tabel 2.5 Interpretasi Angka Korelasi

Interpretasi Koefisien	Tingkat Hubungan
0	Tidak Ada Korelasi
0,01 – 0,19	Sangat Rendah
0,20 – 0,39	Rendah
0,40 – 0,59	Agak Rendah
0,60 – 0,79	Cukup
0,80 – 0,99	Tinggi
1	Sangat Tinggi (Korelasi Sempurna)

2.7 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi pada penelitian ini menggunakan *F-Measure* karena *output class* (Tidak Berbahaya / Berbahaya) pada data yang diperoleh lebih banyak menghasilkan keputusan pada *class* 1 (Tidak Berbahaya) dibandingkan dengan *class* 2 (Berbahaya). Ketidakseimbangan *output class* terjadi dimana terdapat 88 keputusan pada *class* 1 (Tidak Berbahaya) dari total jumlah keseluruhan data sebanyak 126 keputusan.

Untuk menguji akurasi dari hasil *F-Measure*, digunakan suatu standar yang disebut *The Confusion Matrix*. *The Confusion Matrix* berisi informasi mengenai pengelompokkan yang sebenarnya dan prediksi pengelompokkan yang dilakukan oleh sistem [HAM-03]. Tabel 2.6 menunjukkan standar *The Confusion Matrix*.

Tabel 2.6 *The Confusion Matrix*

	Actual Positive	Actual Negative
Predicted Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN)
Predicted Negative	False Positive (FP)	True Negative (TN)

Pada *The Confusion Matrix*, *True Positive* menunjukkan bahwa keputusan yang termasuk dalam hasil pengelompokkan oleh sistem memang merupakan keputusan yang sebenarnya. *False Positive* menunjukkan bahwa keputusan yang termasuk dalam hasil pengelompokkan oleh sistem seharusnya bukan merupakan keputusan yang sebenarnya. *False Negative* menunjukkan bahwa keputusan yang

tidak termasuk dalam hasil pengelompokkan sistem seharusnya merupakan keputusan yang sebenarnya. *True Negative* menunjukkan bahwa keputusan yang tidak termasuk dalam hasil pengelompokkan oleh sistem seharusnya bukan keputusan yang sebenarnya.

Standar pengukuran yang digunakan dalam pengelompokkan keputusan ini melibatkan *Recall*, *Precision*, dan *F-Measure*. *Recall* adalah tingkat keberhasilan mengenali suatu *event* dari seluruh *event* yang seharusnya dikenali. Dari pengertian tersebut, *recall* berarti ukuran dari jumlah keputusan benar yang berhasil dikelompokkan oleh sistem dari keseluruhan keputusan yang seharusnya benar [TAL-03]. Cara mencari nilai *recall* ini adalah dengan membagi jumlah keputusan hasil keputusan sistem yang benar dengan jumlah keputusan yang sebenarnya.

$$recall = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots(2-8)$$

Sedangkan *Precision* adalah tingkat ketepatan hasil pengelompokkan terhadap suatu *event*. Artinya, dari seluruh keputusan hasil pengelompokkan, akan dicari berapa persenkah yang dinyatakan benar.

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots(2-9)$$

F-Measure merupakan gabungan antara *Recall* dan *Precision* yang didefinisikan pada persamaan (2-10) [YAN-99].

$$F = \frac{2*recall*precision}{recall+precision} \dots\dots\dots(2-10)$$

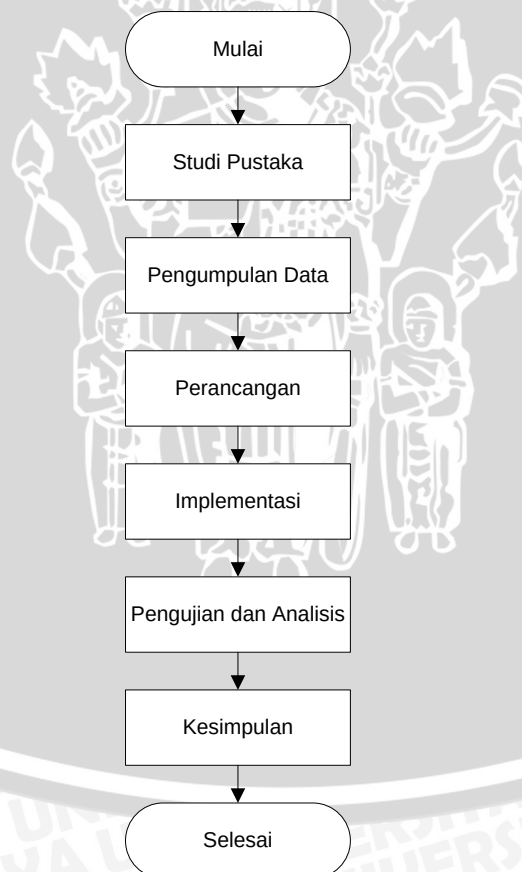
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN & PERANCANGAN

Bab ini membahas tentang metode yang digunakan dalam penelitian ini dan menjelaskan rancangan aplikasi yang akan dikembangkan.

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari studi pustaka, metode pengumpulan data, metode perancangan, metode implementasi, metode pengujian dan analisis serta pengambilan kesimpulan. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir dari metodologi penelitian yang dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

3.1.1 Studi Pustaka

Referensi yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari buku, jurnal, skripsi, tesis dan informasi dari internet. Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan informasi / pengetahuan tentang beberapa hal yang menjadi dasar dalam penelitian yaitu mengenai:

1. Bidang pelayaran.
2. Cuaca maritim.
3. Logika *fuzzy* yang meliputi teori logika *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, fungsi keanggotaan dan operasi *fuzzy*.
4. *Fuzzy Inference System* Sugeno.

3.1.2 Pengumpulan Data

Data dan pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Observasi

Metode pengumpulan data ini digunakan untuk mendapatkan data yang berkaitan dengan cuaca maritim untuk pelayaran yang didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim Perak II Surabaya pada wilayah jalur pelayaran Surabaya menuju Banjarmasin pada titik 112.9178° BT, 6.571118° LS untuk bulan Januari hingga bulan Februari tahun 2014.

2. Wawancara

Akuisisi pengetahuan pakar dilakukan dengan wawancara. Data yang dikumpulkan dengan metode ini meliputi klasifikasi parameter cuaca maritim dari aspek angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*) untuk mendapatkan status keamanan pelayaran masing-masing kategori kapal yaitu dibawah 2000 *Gross Tonnage* (GT) dan kapal diatas 2000 *Gross Tonnage* (GT). Metode pengumpulan data melalui wawancara dilakukan dengan seorang pakar yang bekerja di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim Perak (II) Surabaya.

3.1.3 Perancangan

Gambar 3.2 memberikan gambaran umum rancangan aplikasi yang dikembangkan:



Gambar 3.2 Gambaran Umum Rancangan Aplikasi

Rancangan umum aplikasi terdiri dari tiga komponen, yaitu:

1. Pengguna

Pengguna merupakan seseorang yang berinteraksi dengan sistem secara langsung. Pada blok diagram diatas pengguna yang dimaksud adalah para pelaku aktivitas pelayaran yang akan menggunakan aplikasi.

2. Aplikasi Penentuan Status Keamanan Pelayaran

Aplikasi dibuat sebagai media referensi dalam menentukan status keamanan pelayaran. Terdapat tiga interaksi yang terjadi antara pengguna dengan sistem, yaitu *input* data cuaca maritim, proses pengolahan masukkan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno dan *output* yang berupa keputusan keamanan pelayaran apakah “Berbahaya” atau “Tidak Berbahaya”.

3. Database

Database merupakan bagian penting dalam pemrosesan *input* data sehingga dihasilkan keluaran yang diharapkan. *Database* akan menyimpan hasil fuzzifikasi yang dilakukan oleh *input* sehingga didapatkan aturan-aturan yang sesuai dengan masukkan yang telah

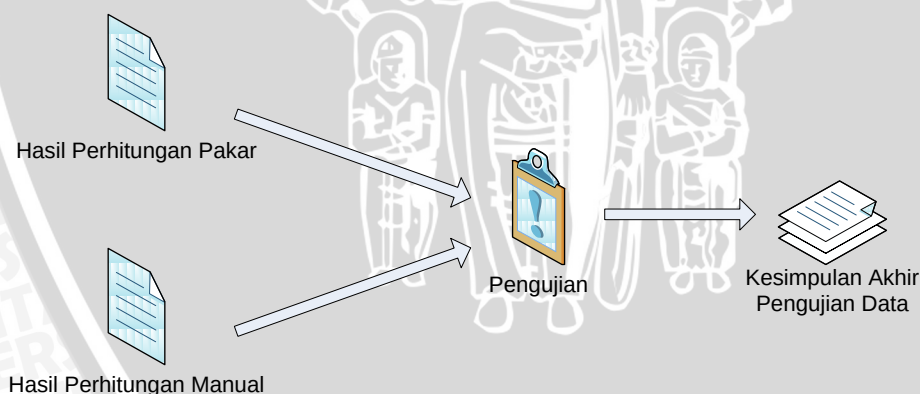
tersimpan dalam *database* dimana aturan tersebut diperlukan dalam proses berikutnya.

3.1.4 Implementasi

Implementasi dilakukan berdasarkan rancangan aplikasi yang telah dibuat. Implementasi akan dilakukan menggunakan bahasa pemrograman berbasis Java. Implementasi basis data dilakukan menggunakan *Database Management System* (DBMS) MySQL dengan *software* XAMPP.

3.1.5 Pengujian dan Analisis

Pengujian aplikasi penentuan status keamanan pelayaran dengan parameter cuaca maritim dilakukan dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno yang telah diimplementasikan. Pengujian dilakukan dengan menguji akurasi untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibangun layak digunakan untuk menentukan tingkat keamanan pelayaran dengan cara membandingkan hasil keluaran aplikasi dengan hasil keputusan pakar. Blok pengujian aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Diagram Pengujian Akurasi

Tabel 3.1 menunjukkan contoh tabel pengujian akurasi perbandingan antara hasil akhir aplikasi dengan keputusan dari pakar.

Tabel 3.1 Tabel Akurasi Perbandingan Hasil Pengujian

No	Hasil Uji Aplikasi	Hasil Pakar	Kesimpulan

Dari hasil pengujian akan dihasilkan keputusan yang akan dibandingkan dengan hasil keputusan pakar dan akan dibuat seperti Tabel 3.1 dimana terdapat hasil keputusan aplikasi, hasil keputusan pakar dan akurasi dari kedua hasil tersebut. Data uji yang digunakan berjumlah 63 data cuaca maritim, termasuk dengan 4 data *dummy* yang ditambahkan berdasarkan hasil konsultasi dengan pakar sebagai kombinasi karakteristik data.

3.1.6 Kesimpulan

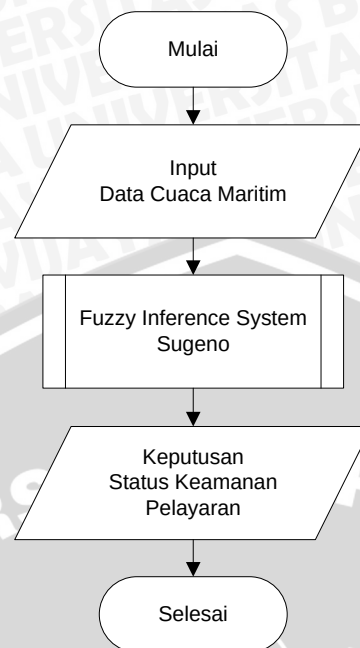
Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian dan analisis aplikasi telah selesai dilakukan. Kesimpulan diambil untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahap terakhir dari penelitian ini adalah penulisan saran untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi serta pertimbangan dan pengembangan aplikasi untuk menentukan status keamanan pelayaran lebih lanjut.

3.2 Perancangan

Penentuan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno merupakan sebuah perangkat lunak yang dibangun untuk membantu para pelaku aktivitas pelayaran guna mengetahui kondisi keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim. Pada tahap ini akan dilakukan perancangan perangkat lunak yang akan digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno.

3.2.1 Rancangan Alur Kinerja Aplikasi

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai alur proses kinerja aplikasi dalam menentukan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.

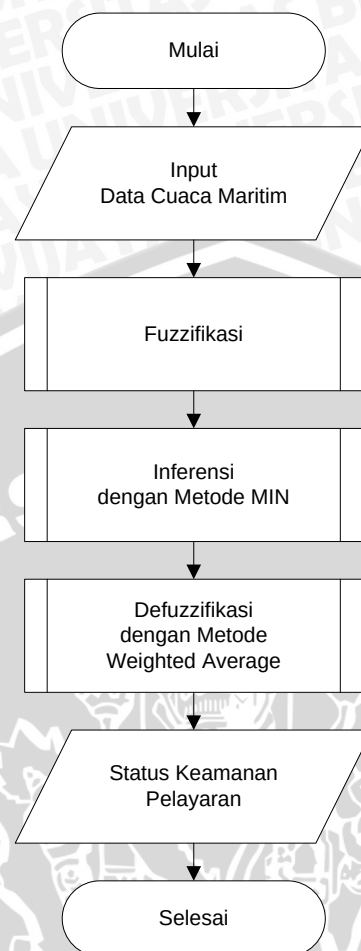


Gambar 3.4 Diagram Alir Kinerja Aplikasi

Berdasarkan Gambar 3.4, proses penentuan status keamanan pelayaran dimulai dengan *user* memasukkan data cuaca maritim yang meliputi angin, gelombang, arus dan *visibility*. Selanjutnya data cuaca maritim akan diproses menggunakan metode *Fuzzy Inference System Sugeno* dan akan menghasilkan *output* berupa keputusan status keamanan pelayaran apakah “Berbahaya” atau “Tidak Berbahaya”.

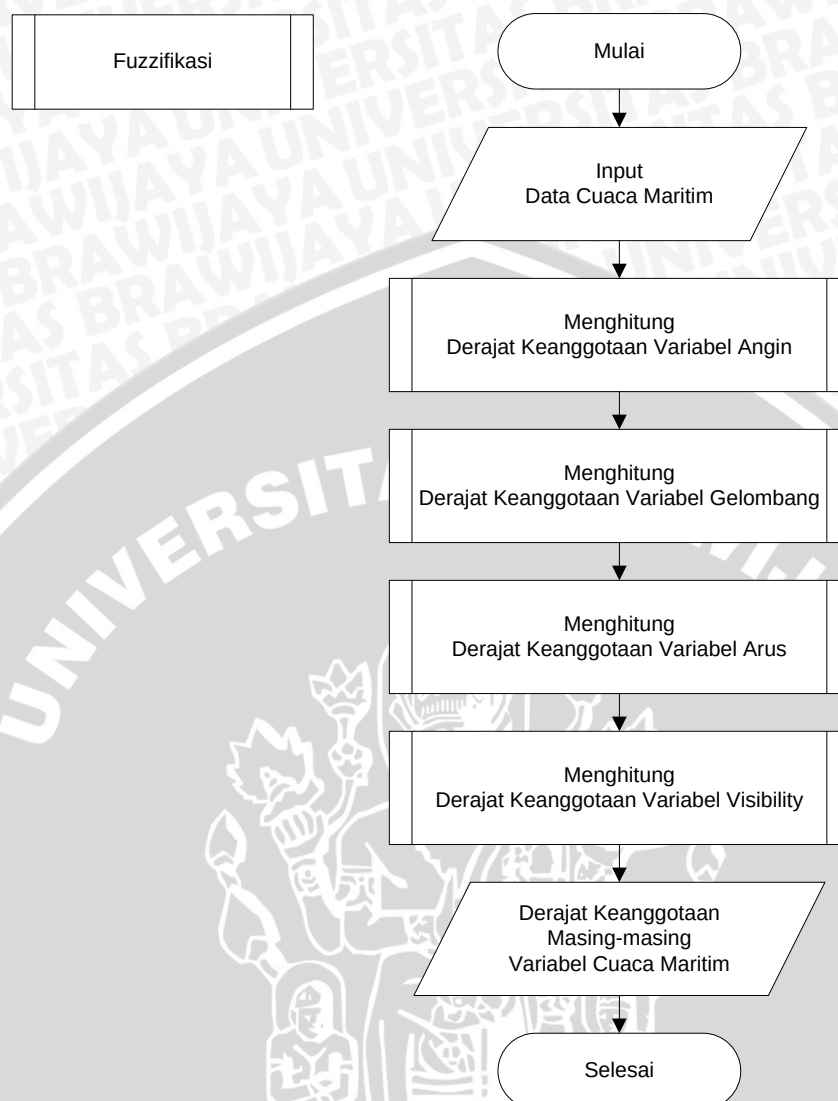
3.2.2 Rancangan Metode *Fuzzy Inference System Sugeno*

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai proses perhitungan dengan metode *Fuzzy Inference System Sugeno*. Diagram alir rancangan metode *Fuzzy Inference System Sugeno* dalam penentuan status keamanan pelayaran ditunjukkan pada Gambar 3.5.



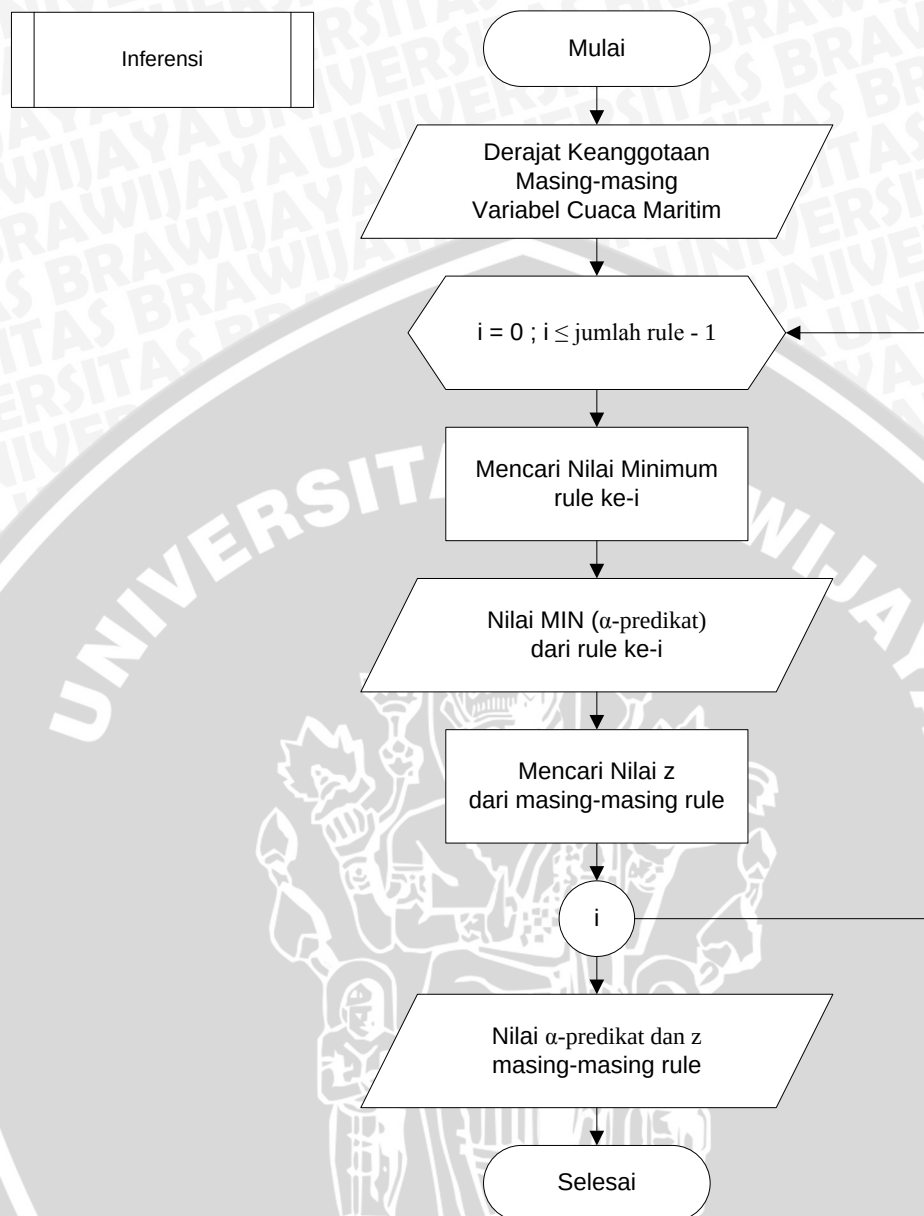
Gambar 3.5 Diagram Alir Rancangan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno

Berdasarkan Gambar 3.5, proses perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno terbagi atas tiga tahapan utama, yaitu fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Pada proses fuzzifikasi dilakukan proses perhitungan derajat keanggotaan terhadap masing-masing variabel cuaca maritim yang telah dimasukkan sebelumnya. Diagram alir proses fuzzifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.6.



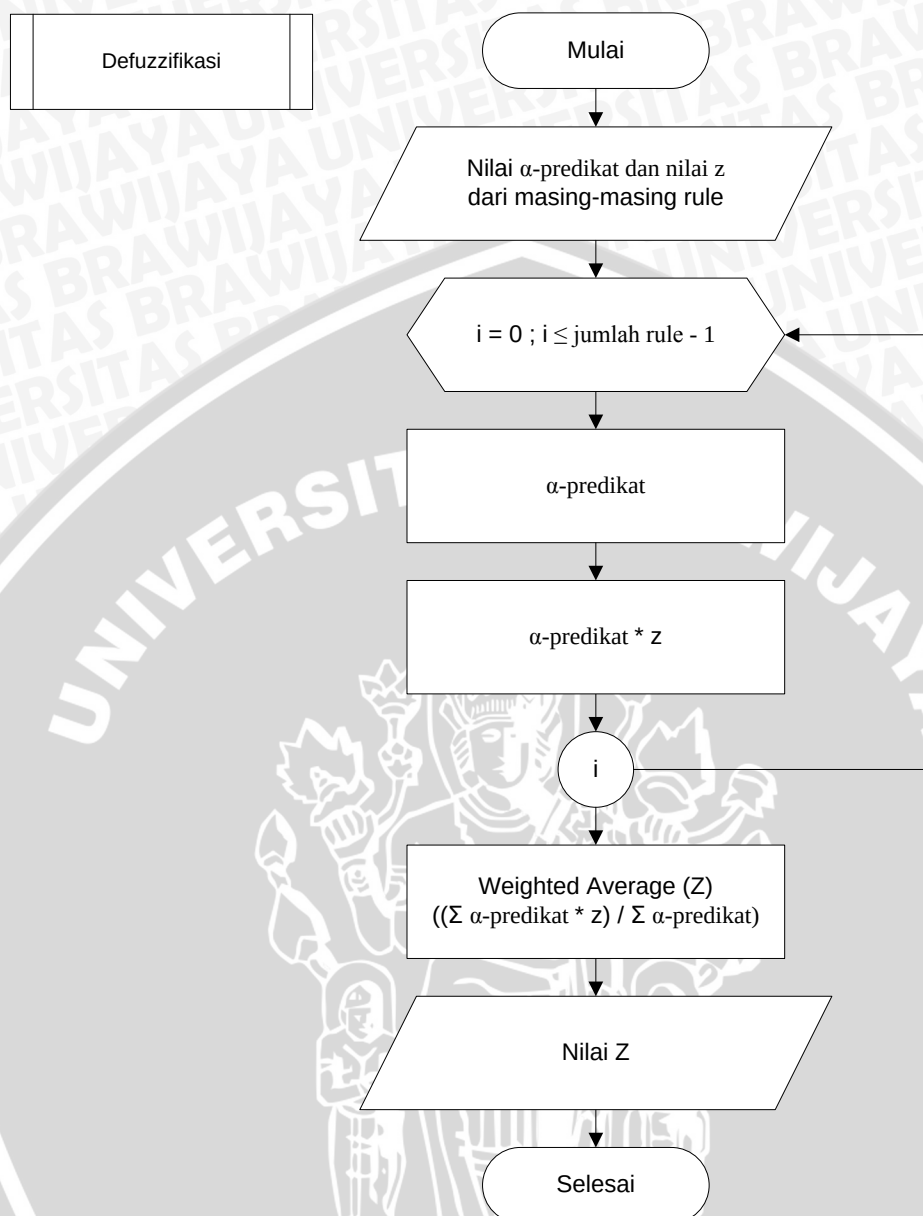
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Fuzzifikasi

Setelah didapatkan derajat keanggotaan pada masing-masing variabel cuaca maritim, tahap selanjutnya adalah melakukan proses inferensi (mencari nilai α -predikat dan nilai z) dengan fungsi implikasi MIN. Fungsi implikasi MIN akan mencari nilai minimum dari derajat keanggotaan masing-masing *rule* yang sudah didapatkan sebelumnya pada proses fuzzifikasi. Sedangkan nilai z diperoleh dari konsekuen masing-masing *rule* dan terdiri dari empat macam konsekuen yang berasal dari keputusan pakar sesuai dengan Tabel 3.6. Diagram alir proses inferensi ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Inferensi

Setelah mendapatkan nilai α -predikat dan nilai z dari masing-masing *rule*, tahap terakhir dilakukanlah proses defuzzifikasi. Proses defuzzifikasi bertujuan untuk mendapatkan nilai Z dengan menggunakan metode *Weighted Average* dimana hasil penjumlahan dari perkalian antara nilai α -predikat dan nilai z pada masing-masing *rule* dibagi dengan penjumlahan nilai α -predikat masing-masing *rule*. Nilai Z yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk menentukan status keamanan pelayaran pada aplikasi ini. Diagram alir proses defuzzifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Defuzzifikasi

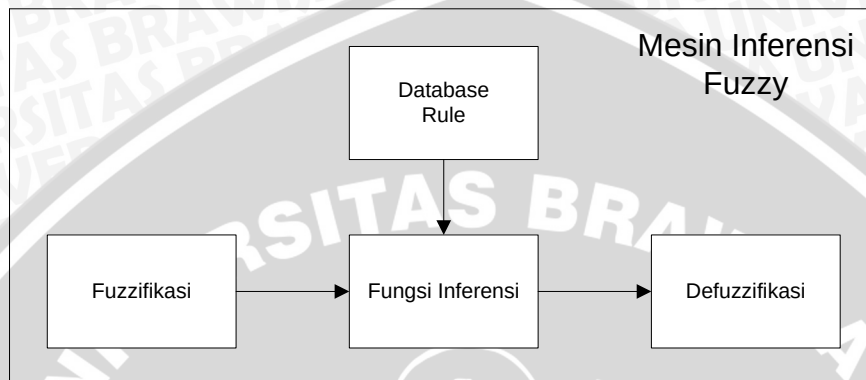
3.2.3 Mesin Inferensi Fuzzy Sugeno

Rancangan mesin inferensi *fuzzy* Sugeno dalam penentuan status keamanan pelayaran ditunjukkan pada Gambar 3.9.

Input



Data Cuaca
Maritim (crisp)



Status Keamanan
Pelayaran (crisp)



Output

Gambar 3.9 Rancangan Mesin Inferensi *Fuzzy* Sugeno

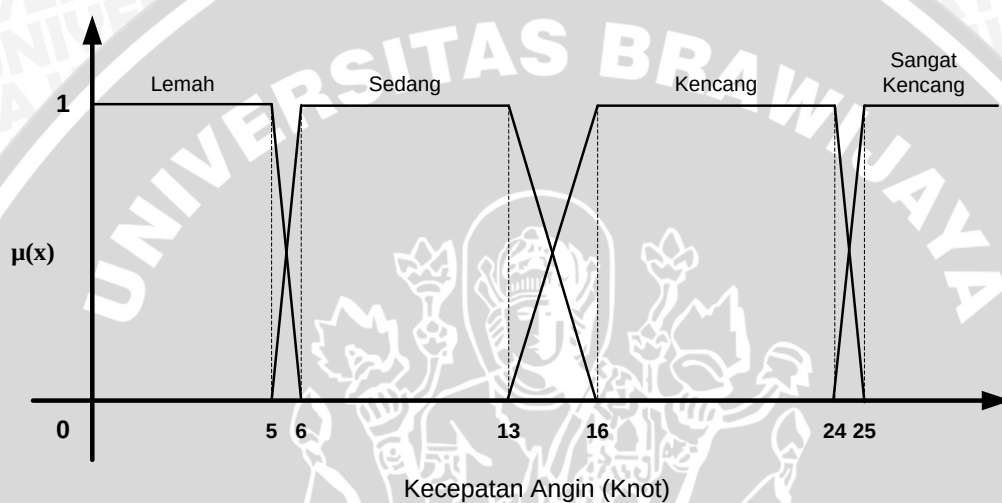
Langkah pertama dari perancangan mesin inferensi *fuzzy* adalah menentukan himpunan *fuzzy* dari tiap-tiap variabel *fuzzy*. Adapun variabel *fuzzy* yang digunakan disini meliputi kondisi kecepatan angin, ketinggian gelombang, kecepatan arus dan jarak pandang (*visibility*). Keempat aspek tersebut nantinya akan difungsikan sebagai variabel *input* dari mesin inferensi *fuzzy*. Berikut merupakan grafik *fuzzy* dan fungsi keanggotaan tiap-tiap variabel *input* dalam aplikasi ini:

1. Angin

Sesuai dengan hasil wawancara dengan pakar, kecepatan angin diklasifikasikan ke dalam empat kategori yaitu lemah, sedang, kencang dan sangat kencang. Tabel himpunan *fuzzy* dan grafik *fuzzy* dari variabel angin ditunjukkan pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.10.

Tabel 3.2 Himpunan Fuzzy Variabel Angin

No.	Himpunan Fuzzy Angin	Range
1	Lemah	0-6
2	Sedang	5-16
3	Kencang	13-25
4	Sangat Kencang	≥ 24



Gambar 3.10 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Angin

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

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

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

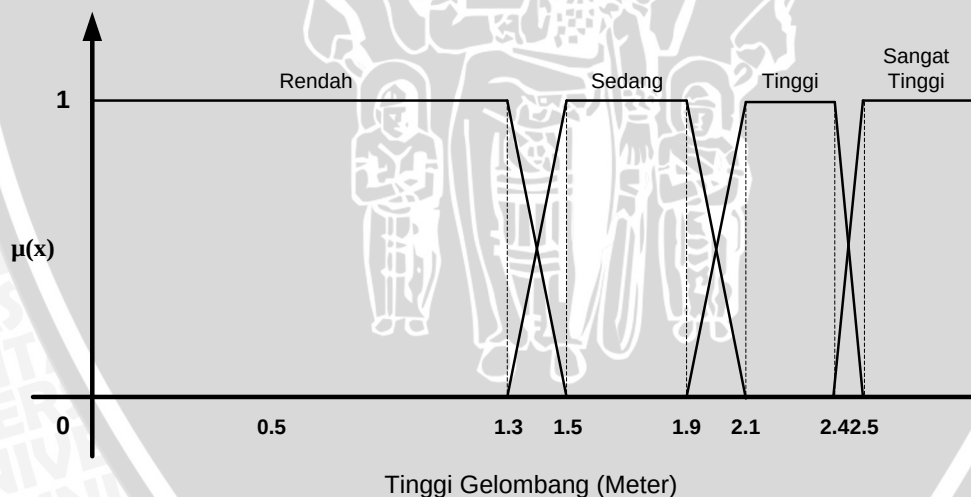
$$\mu_{\text{sangat kencang}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 24 \\ \frac{x-24}{1}, & 24 \leq x \leq 25 \dots\dots\dots (3-4) \\ 1, & x \geq 25 \end{cases}$$

2. Gelombang

Sesuai dengan hasil wawancara dengan pakar, ketinggian gelombang diklasifikasikan ke dalam empat kategori yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Tabel himpunan *fuzzy* dan grafik *fuzzy* dari variabel gelombang ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.11.

Tabel 3.3 Himpunan *Fuzzy* Variabel Gelombang

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



Gambar 3.11 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Gelombang

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

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

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

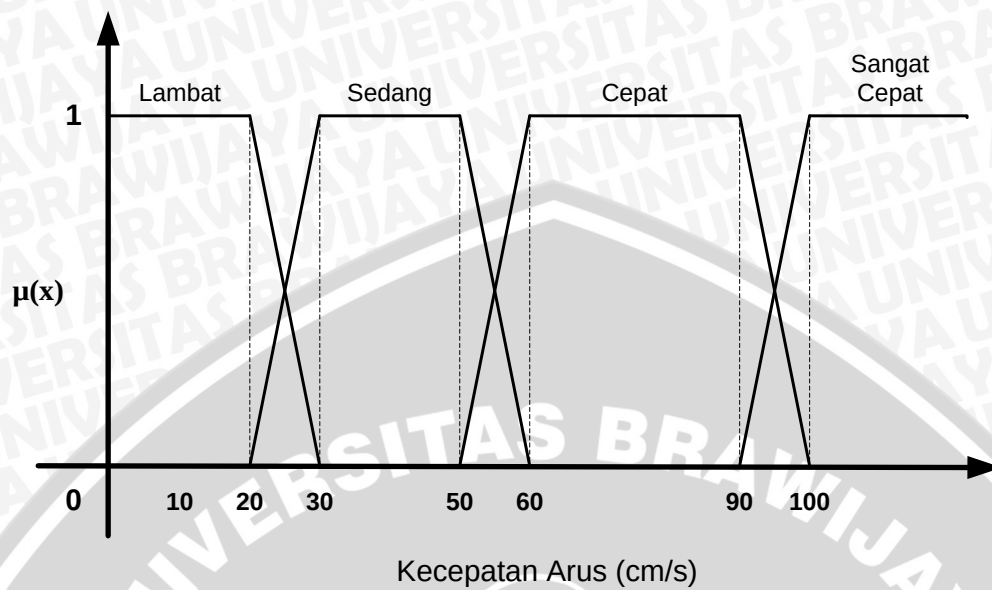
$$\mu_{sangat\ tinggi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 2.4 \\ \frac{x-2.4}{0.1}, & 2.4 \leq x \leq 2.5 \\ 1, & x \geq 2.5 \end{cases} \dots\dots\dots(3-8)$$

3. Arus

Sesuai dengan hasil wawancara dengan pakar, kecepatan arus diklasifikasikan ke dalam empat kategori yaitu lambat, sedang, cepat dan sangat cepat. Tabel himpunan *fuzzy* dan grafik *fuzzy* dari variabel arus ditunjukkan pada Tabel 3.4 dan Gambar 3.12.

Tabel 3.4 Himpunan *Fuzzy* Variabel Arus

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



Gambar 3.12 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Arus

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

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

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

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

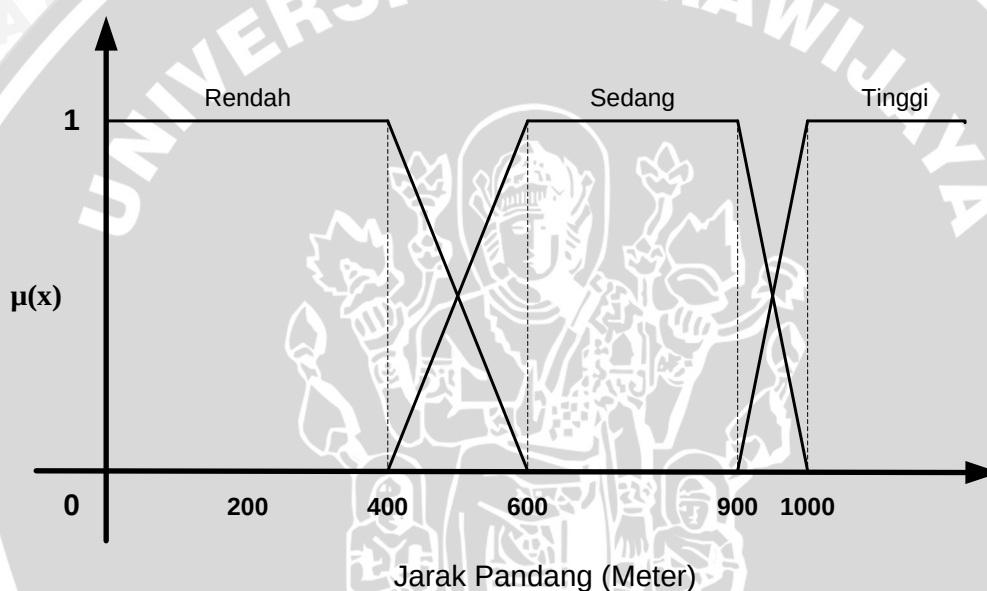
4. Jarak Pandang (*Visibility*)

Sesuai dengan hasil wawancara dengan pakar, jarak pandang (*visibility*) diklasifikasikan ke dalam tiga kategori yaitu rendah, sedang dan tinggi.

Tabel himpunan *fuzzy* dan grafik *fuzzy* dari variabel *visibility* ditunjukkan pada Tabel 3.5 dan Gambar 3.13.

Tabel 3.5 Himpunan *Fuzzy* Variabel *Visibility*

No.	Himpunan <i>Fuzzy</i> <i>Visibility</i>	Range
1	Rendah	0-600
2	Sedang	400-1000
3	Tinggi	≥ 900



Gambar 3.13 Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel *Visibility*

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

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

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

Setelah didapatkan derajat keanggotaan dari masing-masing data *input* (angin, gelombang, arus dan *visibility*) pada tiap himpunan *fuzzy*, selanjutnya dilakukan penentuan variabel *output* dari *Fuzzy Inference System* (FIS) Sugeno yang berupa konstanta. Berdasarkan hasil wawancara dengan pakar, didapatkan klasifikasi status keamanan pelayaran beserta nilai tingkat bahaya dari masing-masing status tersebut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Variabel *Output* Keamanan Pelayaran

Status	Nilai Tingkat Bahaya
Sangat Tidak Berbahaya	10
Tidak Berbahaya	55
Berbahaya	65
Sangat Berbahaya	90

Penggunaan empat klasifikasi status keamanan pelayaran yang meliputi Sangat Tidak Berbahaya, Tidak Berbahaya, Berbahaya dan Sangat Berbahaya berdasarkan hasil wawancara dengan pakar pada hasil *output* inferensi *Fuzzy Inference System* Sugeno bertujuan untuk mengkondisikan tingkat keamanan pelayaran berdasarkan *rule* secara lebih detail. Sehingga dengan adanya empat klasifikasi tersebut, hasil tingkat presentase keamanan pelayaran yang didapatkan dari metode *Fuzzy Inference System* Sugeno dapat lebih merepresentasikan atau membedakan kondisi cuaca yang berbahaya dengan kondisi cuaca yang sangat berbahaya atau kondisi cuaca yang tidak berbahaya dengan kondisi cuaca yang sangat tidak berbahaya bagi kegiatan pelayaran.

Langkah selanjutnya pada mesin inferensi *fuzzy* ini adalah proses inferensi untuk menentukan nilai α -predikat tiap-tiap aturan dengan menggunakan fungsi implikasi metode MIN. Fungsi implikasi metode MIN akan mencari nilai minimum dari derajat keanggotaan pada setiap aturan. Aturan yang digunakan didapatkan dari hasil wawancara dan konsultasi dengan pakar. Aturan diperoleh melalui kombinasi dari masing-masing himpunan *fuzzy* dari masing-masing variabel sehingga terdapat 192 *rule* hasil dari kombinasi himpunan *fuzzy* dari masing-masing variabel.

Terdapat dua macam *rule* yang akan dibuat yaitu *rule* untuk aktegori kapal dibawah 2000 GT dan *rule* untuk kapal diatas 2000 GT. Perbedaan dari dua macam *rule* tersebut terletak pada hasil keputusan status keamanan pelayarannya. Tabel 3.7 menunjukkan *rule* untuk kategori kapal dibawah 2000 GT.

Tabel 3.7 *Rule* Kategori Kapal Dibawah 2000 GT

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

Tabel 3.8 akan menunjukkan *rule* untuk kategori kapal diatas 2000 GT.

Tabel 3.8 *Rule* Kategori Kapal Diatas 2000 GT

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

Setelah mendapatkan nilai α -predikat hasil pencarian dengan metode MIN pada masing-masing *rule*, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *output* inferensi setiap aturan yang didapatkan dari nilai konsekuen sesuai dengan Tabel 3.6.

Langkah terakhir dalam mesin inferensi *fuzzy* Sugeno adalah defuzzifikasi atau penegasan. Metode yang digunakan pada defuzzifikasi dalam aplikasi ini adalah *Weighted Average* dimana hasil penjumlahan dari perkalian antara nilai z dengan α -predikat tiap-tiap aturan dibagi dengan penjumlahan nilai α -predikat dari tiap-tiap aturan. Nilai dari hasil defuzzifikasi kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori status keamanan pelayaran yang didapatkan dari hasil wawancara dengan pakar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9 Status Keamanan Pelayaran

Status	Presentase
Tidak Berbahaya	$\leq 60\%$
Berbahaya	$> 60\%$

3.2.4 Perhitungan Manual

Contoh kasus:

User memasukkan data cuaca maritim sebagai berikut:

- Kecepatan angin = 14.86 Knot
- Tinggi Gelombang = 2.03 meter
- Kecepatan Arus = 10.01 cm/s
- Jarak Pandang = 8000 meter

Dan berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan status keamanan pelayaran dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno berdasarkan cuaca maritim yang telah dimasukkan oleh *user* tersebut:

1. Langkah pertama dilakukan dengan menghitung derajat keanggotaan masing-masing variabel cuaca maritim. Pada kasus ini terdapat empat variabel, yaitu:
 - a) Angin, terdiri atas empat himpunan *fuzzy* yaitu lemah, sedang, kencang dan sangat kencang. Untuk himpunan *fuzzy* lemah maka nilai

derajat keanggotaannya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-1), himpunan *fuzzy* sedang menggunakan persamaan (3-2), himpunan *fuzzy* kencang menggunakan persamaan (3-3) dan himpunan *fuzzy* sangat kencang menggunakan persamaan (3-4). Jika diketahui nilai kecepatan angin sebesar 14,9 Knot, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy* adalah:

$$\mu_{lemah}(14,86) = 0$$

$$\mu_{sedang}(14,86) = \frac{16 - 14.86}{16 - 13} = \frac{1.14}{3} = 0.38$$

$$\mu_{kencang}(14,86) = \frac{14.86 - 13}{16 - 13} = \frac{1.86}{3} = 0.62$$

$$\mu_{sangat\ kencang}(14,86) = 0$$

- b) Gelombang, terdiri atas empat himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Untuk himpunan *fuzzy* rendah maka nilai derajat keanggotaannya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-5), himpunan *fuzzy* sedang menggunakan persamaan (3-6), himpunan *fuzzy* tinggi menggunakan persamaan (3-7) dan himpunan *fuzzy* sangat tinggi menggunakan persamaan (3-8). Jika diketahui nilai ketinggian gelombang sebesar 2.0 meter, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy* adalah:

$$\mu_{rendah}(2.03) = 0$$

$$\mu_{sedang}(2.03) = \frac{2.1 - 2.03}{2.1 - 1.9} = \frac{0.07}{0.2} = 0.35$$

$$\mu_{tinggi}(2.03) = \frac{2.03 - 1.9}{2.1 - 1.9} = \frac{0.13}{0.2} = 0.65$$

$$\mu_{sangat\ tinggi}(2.03) = 0$$

- c) Arus, terdiri atas empat himpunan *fuzzy* yaitu lambat, sedang, cepat dan sangat cepat. Untuk himpunan *fuzzy* lambat maka nilai derajat keanggotaannya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-9), himpunan *fuzzy* sedang menggunakan persamaan (3-10), himpunan *fuzzy* cepat menggunakan persamaan (3-11) dan himpunan *fuzzy* sangat cepat menggunakan persamaan (3-12). Jika diketahui nilai

kecepatan arus sebesar 10.0 cm/s, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy* adalah:

$$\mu_{lambat}(10.01) = 1$$

$$\mu_{sedang}(10.01) = 0$$

$$\mu_{cepat}(10.01) = 0$$

$$\mu_{sangat\ cepat}(10.01) = 0$$

- d) Jarak pandang (*Visibility*), terdiri atas tiga himpunan *fuzzy* yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk himpunan *fuzzy* rendah maka nilai derajat keanggotaannya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-13), himpunan *fuzzy* sedang menggunakan persamaan (3-14) dan himpunan *fuzzy* tinggi menggunakan persamaan (3-15). Jika diketahui nilai jarak pandang sebesar 8000 meter, maka derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan *fuzzy* adalah:

$$\mu_{rendah}(8000) = 0$$

$$\mu_{sedang}(8000) = 0$$

$$\mu_{tinggi}(8000) = 1$$

2. Langkah kedua adalah mencari nilai α -predikat dari setiap aturan dengan menggunakan fungsi implikasi MIN sehingga didapatkan nilai minimum dari setiap kombinasi aturan yang ada. Selanjutnya adalah mencari nilai z atau nilai hasil inferensi dari setiap aturan. Nilai z didapatkan dari konsekuen setiap aturan yang terdiri dari empat macam konsekuen sesuai dengan hasil wawancara dengan pakar yaitu: Sangat Tidak Berbahaya dengan konstanta 10, Tidak Berbahaya dengan konstanta 55, Berbahaya dengan konstanta 65 dan Sangat Berbahaya dengan konstanta 90. Berikut adalah proses inferensi / pencarian nilai α -predikat dan z dari setiap aturan untuk masing-masing kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT:

- a) Nilai α -predikat dan nilai z untuk kategori kapal dibawah 2000 GT

Berikut adalah pencarian nilai α -predikat dan nilai z dari beberapa aturan yang terkait dengan contoh kasus diatas:

- **Rule 63:** IF Angin Sedang AND Gelombang Sedang AND Arus Lambat AND *Visibility* Tinggi THEN Tidak Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{63} &= \min(\mu_{\text{AnginSEDANG}}(0.38), \mu_{\text{GelombangSEDANG}}(0.35), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1)) \\ &= \min(0.38, 0.35, 1, 1) \\ &= 0.35\end{aligned}$$

Nilai z untuk **Rule 63**

$$z_{63} = 55$$

- **Rule 75:** IF Angin Sedang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND *Visibility* Tinggi THEN Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{75} &= \min(\mu_{\text{AnginSEDANG}}(0.38), \mu_{\text{GelombangTINGGI}}(0.65), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1)) \\ &= \min(0.38, 0.65, 1, 1) \\ &= 0.38\end{aligned}$$

Nilai z untuk **Rule 75**

$$z_{75} = 65$$

- **Rule 111:** IF Angin Kencang AND Gelombang Sedang AND Arus Lambat AND *Visibility* Tinggi THEN Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{111} &= \min(\mu_{\text{AnginKENCANG}}(0.62), \mu_{\text{GelombangSEDANG}}(0.35), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1)) \\ &= \min(0.62, 0.35, 1, 1) \\ &= 0.35\end{aligned}$$

Nilai z untuk **Rule 111**

$$z_{111} = 65$$

- **Rule 123:** IF Angin Kencang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND *Visibility* Tinggi THEN Sangat Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{123} &= \min(\mu_{\text{AnginKENCANG}}(0.62), \mu_{\text{GelombangTinggi}}(0.65), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1))\end{aligned}$$

$$= \min(0.62, 0.65, 1, 1)$$

$$= 0.62$$

Nilai z untuk *Rule 123*

$$z_{123} = 90$$

b) Nilai α -predikat dan nilai z untuk kategori kapal diatas 2000 GT

Berikut adalah pencarian nilai α -predikat dan nilai z dari beberapa aturan yang terkait dengan contoh kasus diatas:

- *Rule 63*: IF Angin Sedang AND Gelombang Sedang AND Arus Lambat AND *Visibility* Tinggi THEN Sangat Tidak Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{63} &= \min(\mu_{\text{AnginSEDANG}}(0.38), \mu_{\text{GelombangSEDANG}}(0.35), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1)) \\ &= \min(0.38, 0.35, 1, 1) \\ &= 0.35\end{aligned}$$

Nilai z untuk *Rule 63*

$$z_{63} = 10$$

- *Rule 75*: IF Angin Sedang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND *Visibility* Tinggi THEN Sangat Tidak Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{75} &= \min(\mu_{\text{AnginSEDANG}}(0.38), \mu_{\text{GelombangTINGGI}}(0.65), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1)) \\ &= \min(0.38, 0.65, 1, 1) \\ &= 0.38\end{aligned}$$

Nilai z untuk *Rule 75*

$$z_{75} = 10$$

- *Rule 111*: IF Angin Kencang AND Gelombang Sedang AND Arus Lambat AND *Visibility* Tinggi THEN Sangat Tidak Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{111} &= \min(\mu_{\text{AnginKENCANG}}(0.62), \mu_{\text{GelombangSEDANG}}(0.35), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1)) \\ &= \min(0.62, 0.35, 1, 1) \\ &= 0.35\end{aligned}$$

Nilai z untuk Rule 111

$$z_{111} = 10$$

- Rule 123: IF Angin Kencang AND Gelombang Tinggi AND Arus Lambat AND Visibility Tinggi THEN Tidak Berbahaya

$$\begin{aligned}\alpha\text{-predikat}_{123} &= \min(\mu_{\text{AnginKENCANG}}(0.62), \mu_{\text{GelombangTinggi}}(0.65), \\ &\mu_{\text{ArusLAMBAT}}(1), \mu_{\text{VisibilityTINGGI}}(1)) \\ &= \min(0.62, 0.65, 1, 1) \\ &= 0.62\end{aligned}$$

Nilai z untuk Rule 123

$$z_{123} = 55$$

3. Langkah terakhir yaitu proses defuzzifikasi atau mencari nilai Z dengan menggunakan metode *Weighted Average*. Hasil proses defuzzifikasi dijadikan sebagai acuan penarikan kesimpulan apakah kondisi cuaca maritim seperti pada contoh kasus diatas termasuk berbahaya atau tidak bagi kegiatan pelayaran. Nilai *crisp output* dihitung pada masing-masing kategori kapal dengan cara:

- a) Proses defuzzifikasi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT

$$\begin{aligned}Z &= \frac{\alpha \text{ predikat1} * z1 + \alpha \text{ predikat2} * z2 + \dots + \alpha \text{ predikat192} * z192}{\alpha \text{ predikat1} + \alpha \text{ predikat2} + \dots + \alpha \text{ predikat192}} \\ Z &= \frac{122.5}{1.7} = 72.05882\end{aligned}$$

- b) Proses defuzzifikasi untuk kategori kapal diatas 2000 GT

$$\begin{aligned}Z &= \frac{\alpha \text{ predikat1} * z1 + \alpha \text{ predikat2} * z2 + \dots + \alpha \text{ predikat192} * z192}{\alpha \text{ predikat1} + \alpha \text{ predikat2} + \dots + \alpha \text{ predikat192}} \\ Z &= \frac{44.9}{1.7} = 26.41176\end{aligned}$$

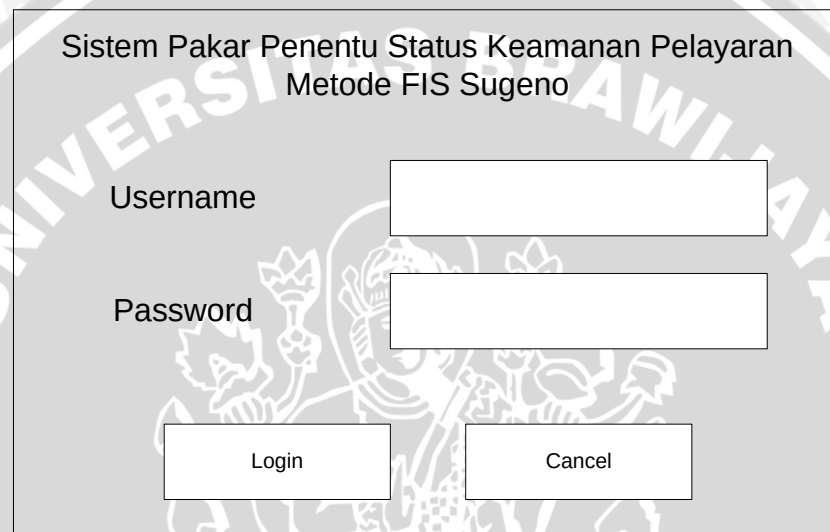
Hasil diatas menunjukkan bahwa defuzzifikasi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT adalah 72.05882 dan untuk kategori kapal diatas 2000 GT adalah 26.41176. Berdasarkan Tabel 3.9 maka hasil defuzzifikasi untuk kategori kapal dibawah 2000 GT termasuk dalam kondisi cuaca maritim yang berbahaya, sedangkan untuk kategori kapal diatas 2000 GT termasuk dalam kondisi cuaca maritim yang tidak berbahaya.

3.2.5 Antarmuka Pengguna

Perancangan antarmuka pengguna dalam aplikasi terdiri dari beberapa halaman, antara lain:

1. Form *Log In*

Form *log in* digunakan oleh admin, pakar dan user untuk masuk ke dalam sistem agar dapat menggunakan fitur-fitur yang disediakan oleh sistem. Antarmuka form *log in* ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Sistem Pakar Penentu Status Keamanan Pelayaran
Metode FIS Sugeno

Username

Password

Gambar 3.14 Desain Form *Log In*

2. Form Admin

Form admin digunakan untuk menambahkan *user* baru beserta dengan hak aksesnya. Antarmuka form admin ditunjukkan pada Gambar 3.15.

Form Admin

Logout

ID Pengguna

Username

Password

Hak Akses

Admin ▾

Add

Update

Delete

Cancel

Gambar 3.15 Desain Form Admin

3. Halaman Utama (*Home*)

Saat *user* dan pakar melakukan *log in*, maka mereka akan diarahkan ke halaman utama aplikasi. Antarmuka halaman utama aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.16.

setiap variabel cuaca maritim. Namun, hanya pakar yang bisa mengubah perhitungan pada setiap variabel cuaca maritim tersebut. Antarmuka halaman derajat keanggotaan ditunjukkan pada Gambar 3.17.

[Logout](#)

**SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM
MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO**

Home	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batas Keanggotaan	Kesimpulan
------	---------------------	--------	--------	-------------------	------------

Angin	Lambat 	Sedang 	Kencang 	Sangat Kencang
Gelombang	Rendah 	Sedang 	Tinggi 	Sangat Tinggi
Arus	Lambat 	Sedang 	Cepat 	Sangat Cepat
Visibility	Rendah 	Sedang 	Tinggi 	

Gambar 3.17 Desain Halaman Derajat Keanggotaan

5. Halaman Rule 1

Halaman rule 1 akan ditampilkan ketika *user* maupun pakar menekan menu 'Rule 1' yang telah disediakan aplikasi. Informasi yang ditampilkan pada halaman ini adalah tabel aturan yang digunakan dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT. Antarmuka halaman rule 1 ditunjukkan pada Gambar 3.18.

[Logout](#)

**SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM
MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO**

Main	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batas Keanggotaan	Kesimpulan
------	---------------------	--------	--------	-------------------	------------

Tabel Rule
 Kapal Dibawah 2000 GT

No. Rule	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan

No. Rule	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan
	Lemah ▾	Rendah ▾	Lambat ▾	Rendah ▾	Tidak B.. ▾

Search
Add
Update
Delete
Cancel

Gambar 3.18 Desain Halaman *Rule 1*

6. Halaman Rule 2

Halaman rule 2 akan ditampilkan ketika *user* maupun pakar menekan menu ‘Rule 2’ yang telah disediakan aplikasi. Informasi yang ditampilkan pada halaman ini adalah tabel aturan yang digunakan dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal diatas 2000 GT. Antarmuka halaman rule 2 ditunjukkan pada Gambar 3.19.

[Logout](#)

**SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM
MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO**

Main	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batas Keanggotaan	Kesimpulan
------	---------------------	--------	--------	-------------------	------------

Tabel Rule
 Kapal Diatas 2000 GT

No. Rule	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan

No. Rule	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Keputusan
	Lemah ▾	Rendah ▾	Lambat ▾	Rendah ▾	Tidak B.. ▾

Search
Add
Update
Delete
Cancel

Gambar 3.19 Desain Halaman *Rule 2*

7. Halaman Batas Keanggotaan

Halaman batas keanggotaan akan menampilkan batas-batas keanggotaan himpunan *fuzzy* pada setiap variabel *input* dan variabel *output*. Akan tetapi, *user* hanya dapat melihat dan tidak bisa mengubah nilai batas keanggotaan melainkan hanya pakar yang dapat melakukannya. Antarmuka halaman batasan ditunjukkan pada Gambar 3.20.

[Logout](#)

**SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM
MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO**

Main	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batas Keanggotaan	Kesimpulan
Angin Lemah 	Angin Sedang 	Angin Kencang 	Angin Sangat Kencang 		
Gelombang Rendah 	Gelombang Sedang 	Gelombang Tinggi 	Gelombang Sangat Tinggi 		
Arus Lambat 	Arus Sedang 	Arus Cepat 	Arus Sangat Cepat 		
Visibility Rendah 	Visibility Sedang 	Visibility Tinggi 			
Presentase Bahaya GT < 2000 	Presentase Bahaya GT > 2000 				
Simpan Batasan	Default	Clear	Cancel		

Gambar 3.20 Desain Halaman Batas Keanggotaan

8. Halaman Kesimpulan

Pada halaman ini akan ditampilkan tabel kesimpulan yang berisi data cuaca maritim yang telah dimasukkan sebelumnya pada halaman utama beserta dengan hasil perhitungannya dengan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Sugeno begitu pula dengan keputusan status keamanan pelayaran untuk masing-masing kategori kapal. Antarmuka halaman kesimpulan ditunjukkan pada Gambar 3.21.

Gambar 3.21 Desain Halaman Kesimpulan

SISTEM PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO

[Logout](#)

Main	Derajat Keanggotaan	Rule 1	Rule 2	Batas Keanggotaan	Kesimpulan

No.	Tanggal	Bulan	Tahun	Asal	Tujuan	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Nilai Z 1	Keputusan 1	Nilai Z 2	Keputusan 2

No. Rule

Hapus

BAB IV

IMPLEMENTASI

Bab ini membahas tentang implementasi dari perancangan penentuan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno. Pembahasan implementasi meliputi beberapa bagian antara lain spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak, batasan aplikasi, implementasi algoritma *Fuzzy Inference System* Sugeno dan implementasi antarmuka pengguna.

4.1 Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam implementasi penentuan status keamanan pelayaran ini adalah sebagai berikut:

Perangkat Keras Sony Vaio E Series:

- Processor Intel® Core™ i5-2410M CPU @ 2.30 GHz
- RAM 4096 GB
- NVIDIA GeForce 410M GPU
- Disk Storage 500 GB

Perangkat Lunak:

- Sistem Operasi Windows 7 Home Premium with Service Pack 1 64-bit
- NetBeans IDE 8.0.2 dengan Java versi 1.8.0_45
- DBMS MySQL dengan XAMPP 1.8.3

4.2 Batasan Aplikasi

Batasan-batasan yang digunakan dalam mengimplementasikan penentuan status keamanan pelayaran ini antara lain:

- a. *Input* yang diterima oleh aplikasi ini adalah data cuaca maritim yang meliputi variabel angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*).
- b. *Output* hasil proses dalam aplikasi ini berupa nilai hasil perhitungan data cuaca maritim yang ingin diproses dengan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) Sugeno beserta dengan status keamanan pelayarannya.
- c. DBMS yang digunakan adalah MySQL.

- d. Versi XAMPP yang digunakan adalah versi 1.8.3.
- e. Aturan/*rule* dan fungsi keanggotaan *input* yang digunakan dalam proses inferensi *fuzzy* ditentukan berdasarkan pengetahuan pakar.
- f. Akun pakar dan akun *user* hanya dapat dibuat oleh admin.

4.3 Implementasi Algoritma

Algoritma *Fuzzy Inference System* Sugeno meliputi tiga langkah yaitu algoritma fuzzifikasi, algoritma inferensi dan algoritma defuzzifikasi. Berikut adalah implementasi dalam algoritma *Fuzzy Inference System* Sugeno.

4.3.1 Algoritma Fuzzifikasi

Implementasi algoritma fuzzifikasi bertujuan untuk mencari derajat keanggotaan dari setiap variabel cuaca maritim yang meliputi variabel angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*). Gambar 4.1 menunjukkan implementasi dari algoritma fuzzifikasi.

```

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    public double anginLemah(){
20        if(dataAngin<=batasAtasAnginLemah){
21            return 1;
22        }
23        else if (dataAngin>=batasAtasAnginLemah &&
24        dataAngin<=batasBawahAnginLemah){
25            return ((batasBawahAnginLemah-dataAngin)/(batasBawahAnginLemah-
26            batasAtasAnginLemah));
27        }
28        else{
29            return 0;
30        }

```

```
31     }
32
33     //derajat keanggotaan
34     public double anginSedang(){
35         if(dataAngin>=batasAtas1AnginSedang && dataAngin<=batasAtas2AnginSedang){
36             return 1;
37         }
38         else if(dataAngin>=batasBawah1AnginSedang &&
39 dataAngin<=batasAtas1AnginSedang){
40             return ((dataAngin-batasBawah1AnginSedang)/(batasAtas1AnginSedang-
41 batasBawah1AnginSedang));
42         }
43         else if(dataAngin>=batasAtas2AnginSedang &&
44 dataAngin<=batasBawah2AnginSedang){
45             return ((batasBawah2AnginSedang-dataAngin)/(batasBawah2AnginSedang-
46 batasAtas2AnginSedang));
47         }
48         else {
49             return 0;
50         }
51     }
52
53     public double anginKencang(){
54         if(dataAngin>=batasAtas1AnginKencang && dataAngin<=batasAtas2AnginKencang){
55             return 1;
56         }
57         else if(dataAngin>=batasBawah1AnginKencang &&
58 dataAngin<=batasAtas1AnginKencang){
59             return ((dataAngin-batasBawah1AnginKencang)/(batasAtas1AnginKencang-
60 batasBawah1AnginKencang));
61         }
62         else if(dataAngin>=batasAtas2AnginKencang &&
63 dataAngin<=batasBawah2AnginKencang){
64             return ((batasBawah2AnginKencang-dataAngin)/(batasBawah2AnginKencang-
65 batasAtas2AnginKencang));
66         }
67         else {
68             return 0;
69         }
70     }
71
72     public double anginSKencang(){
73         if(dataAngin>=batasAtasAnginSKencang){
74             return 1;
75         }
76         else if (dataAngin>=batasBawahAnginSKencang &&
77 dataAngin<=batasAtasAnginSKencang){
78             return ((dataAngin-batasBawahAnginSKencang)/(batasAtasAnginSKencang-
79 batasBawahAnginSKencang));
80         }
81         else{
82             return 0;
83         }
84     }
```



```

84     }
85 }
86
87 //Proses penampilan pada halaman tab derajat keanggotaan
88     uAnginLemah.setText("" + format.format(dkAnginLemah));
89     uAnginSedang.setText("" + format.format(dkAnginSedang));
90     uAnginKencang.setText("" + format.format(dkAnginKencang));
91     uAnginSKencang.setText("" + format.format(dkAnginSKencang));
92     uGelombangRendah.setText("" + format.format(dkGelombangRendah));
93     uGelombangSedang.setText("" + format.format(dkGelombangSedang));
94     uGelombangTinggi.setText("" + format.format(dkGelombangTinggi));
95     uGelombangSTinggi.setText("" + format.format(dkGelombangSTinggi));
96     uArusLambat.setText("" + format.format(dkArusLambat));
97     uArusSedang.setText("" + format.format(dkArusSedang));
98     uArusCepat.setText("" + format.format(dkArusCepat));
99     uArusSCepat.setText("" + format.format(dkArusSCepat));
100    uVisRendah.setText("" + format.format(dkVisRendah));
101    uVisSedang.setText("" + format.format(dkVisSedang));
102    uVisTinggi.setText("" + format.format(dkVisTinggi));

```

Gambar 4.1 Implementasi Algoritma Fuzzifikasi

Pada Gambar 4.1 dijelaskan tentang proses fuzzifikasi untuk mencari derajat keanggotaan dari setiap himpunan *fuzzy* pada masing-masing variabel cuaca maritim yaitu angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*).

4.3.2 Algoritma Inferensi

Algoritma inferensi berfungsi untuk mencari nilai α -predikat dari keseluruhan *rule* pada masing-masing kategori kapal dengan menggunakan fungsi implikasi MIN. Fungsi implikasi MIN digunakan untuk mencari nilai derajat keanggotaan yang paling kecil dari setiap *rule*. Nilai α -predikat dari setiap aturan kemudian digunakan untuk mencari nilai *z* atau *output* inferensi. Gambar 4.2 menunjukkan implementasi dari algoritma inferensi.

```

1    double[] z = new double[192];
2    double[] k = new double[192];
3    double[] z2 = new double[192];
4    double[] k2 = new double[192];
5    double jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya1 = 0, jmlAlfaZTidakBerbahaya1 = 0;
6    double jmlAlfaZBerbahaya1 = 0, jmlAlfaZSangatBerbahaya1 = 0;
7    double jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya2 = 0, jmlAlfaZTidakBerbahaya2 = 0;
8    double jmlAlfaZBerbahaya2 = 0, jmlAlfaZSangatBerbahaya2 = 0;
9    double jmlMinSangatTdkBerbahaya1 = 0, jmlMinTidakBerbahaya1 = 0;
10   double jmlMinBerbahaya1 = 0, jmlMinSangatBerbahaya1 = 0;
11   double jmlMinSangatTdkBerbahaya2 = 0, jmlMinTidakBerbahaya2 = 0;
12   double jmlMinBerbahaya2 = 0, jmlMinSangatBerbahaya2 = 0;
13   double[] rule = new double[jmlkriteria];

```



```
14
15 // tidak berbahaya
16 int jmlTdkBerbahaya = 0;
17 try{
18     res = stat.executeQuery("select count(keputusan) from rule_dibawah_2000_gt
19 where keputusan='Tidak Berbahaya'");
20     while (res.next()) {
21         jmlTdkBerbahaya = Integer.parseInt(res.getString("count(keputusan)"));
22     }
23 }catch (Exception e) {
24 }
25 System.out.println("jmlTdkBerbahaya =" + jmlTdkBerbahaya);
26
27 double[] alfaTdkBerbahaya = new double[jmlTdkBerbahaya];
28 int a = 0;
29 int j = 0;
30 int total = jmlTdkBerbahaya;
31 System.out.println("total = "+total);
32 for(int i=0; i<jmlTdkBerbahaya; i++){
33     rule = rule(i);
34     j++; // jumlah rule tdk berbahaya
35     Arrays.sort(rule);
36
37     alfaTdkBerbahaya[a] = rule[0];
38
39     System.out.println("z = "+z[i]);
40     //nilai z*min
41     k[i] = TidakBerbahaya*alfaTdkBerbahaya[a];
42     System.out.println("k = "+k[i]);
43     jmlAlfaZTidakBerbahaya1 = jmlAlfaZTidakBerbahaya1 + k[i];
44     jmlMinTidakBerbahaya1 = jmlMinTidakBerbahaya1 + alfaTdkBerbahaya[a];
45     a++; // index rule bertambah
46 }
47
48 //hitung alfa Sangat tidak berbahaya
49 int jmlSangatTdkBerbahaya = 0;
50 try{
51     res = stat.executeQuery("select count(keputusan) from rule_dibawah_2000_gt
52 where keputusan='Sangat Tidak Berbahaya'");
53     while (res.next()) {
54         jmlSangatTdkBerbahaya = Integer.parseInt(res.getString("count(keputusan)"));
55     }
56 }catch (Exception e) {
57 }
58 System.out.println("jmlSangatTdkBerbahaya =" + jmlSangatTdkBerbahaya);
59
60 double[] alfaSangatTdkBerbahaya = new double[jmlSangatTdkBerbahaya];
61 int b = 0;
62 total += jmlSangatTdkBerbahaya;
63 System.out.println("total = "+total);
64 for(int i=j; i<total; i++){
65     rule = rule(i);
66     j++; // jumlah rule tdk berbahaya
```

```

67     Arrays.sort(rule);
68
69     alfaSangatTdkBerbahaya[b] = rule[0];
70
71     System.out.println("z = "+z[i]);
72     //nilai z*min
73     k[i] = SangatTidakBerbahaya*alfaSangatTdkBerbahaya[b];
74     System.out.println("k = "+k[i]);
75     jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya1 = jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya1 + k[i];
76     jmlMinSangatTdkBerbahaya1 = jmlMinSangatTdkBerbahaya1 +
77     alfaSangatTdkBerbahaya[b];
78     b++; // index rule bertambah
79 }
80 int jmlSangatBerbahaya = 0;
81 try{
82     res = stat.executeQuery("select count(keputusan) from rule_dibawah_2000_gt
83     where keputusan='Sangat Berbahaya'");
84     while (res.next()) {
85         jmlSangatBerbahaya = Integer.parseInt(res.getString("count(keputusan)"));
86     }
87 }catch (Exception e) {
88 }
89 System.out.println("jmlSangatBerbahaya =" +jmlSangatBerbahaya);
90
91 double[] alfaSangatBerbahaya = new double[jmlSangatBerbahaya];
92 int c = 0;
93 total += jmlSangatBerbahaya;
94 System.out.println("total = "+total);
95 for(int i=j; i<(total); i++){
96     rule = rule(i);
97     j++; // jumlah rule tdk berbahaya
98     Arrays.sort(rule);
99
100     alfaSangatBerbahaya[c] = rule[0];
101
102     k[i] = SangatBerbahaya*alfaSangatBerbahaya[c];
103     System.out.println("Rule ke "+j);
104     System.out.println("Min = "+alfaSangatBerbahaya[c]);
105     System.out.println("SangatBerbahaya = "+SangatBerbahaya);
106     System.out.println("k = "+k[i]);
107
108     jmlAlfaZSangatBerbahaya1 = jmlAlfaZSangatBerbahaya1 + k[i];
109     jmlMinSangatBerbahaya1 = jmlMinSangatBerbahaya1 + alfaSangatBerbahaya[c];
110     c++; // index rule bertambah
111 }
112
113 //hitung alfa B -----
114 int jmlBerbahaya = 0;
115 // Menghitung jumlah rule bebahaya
116 try{
117     res = stat.executeQuery("select count(keputusan) from rule_dibawah_2000_gt
118     where keputusan='Berbahaya'");
119     while (res.next()) {

```



```

120         jmlBerbahaya = Integer.parseInt(res.getString("count(keputusan)"));
121     }
122     }catch (Exception e) {
123     }
124     System.out.println("jmlBerbahaya =" +jmlBerbahaya);
125     double[] alfaBerbahaya = new double[jmlBerbahaya];
126     int d = 0;
127     total += jmlBerbahaya;
128     System.out.println("total = "+total);
129     for(int i=j; i<(total); i++){
130         rule = rule(i);
131         j++;
132         Arrays.sort(rule);
133         alfaBerbahaya[d] = rule[0];
134         System.out.println("z = "+z[i]);
135         k[i] = Berbahaya*alfaBerbahaya[d];
136         System.out.println("k = "+k[i]);
137         jmlAlfaZBerbahaya1 = jmlAlfaZBerbahaya1 + k[i];
138         jmlMinBerbahaya1 = jmlMinBerbahaya1 + alfaBerbahaya[d];
139         d++;
140     }

```

Gambar 4.2 Implementasi Algoritma Inferensi

Gambar 4.2 menjelaskan tentang proses inferensi yang dilakukan, dan memiliki dua macam proses inferensi yaitu untuk kategori kapal dibawah 2000 GT dan diatas 2000 GT. Proses inferensi yang dilakukan pada masing-masing kategori kapal memiliki konsep algoritma yang sama, namun memiliki perbedaan dalam keputusan disetiap *rule* yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan *output* inferensi.

4.3.3 Algoritma Defuzzifikasi

Penerapan algoritma fuzzifikasi bertujuan untuk mencari hasil akhir (nilai Z) dari metode *Fuzzy Inference System* Sugeno. Defuzzifikasi pada metode ini menggunakan metode *Weighted Average* atau rata-rata terbobot dimana hasil penjumlahan dari perkalian antara nilai z dengan α -predikat setiap rule dibagi dengan penjumlahan nilai α -predikat tiap rule. Gambar 4.3 menunjukkan implementasi dari algoritma defuzzifikasi.

```

1     double[] z = new double[192];
2     double[] k = new double[192];
3     double[] z2 = new double[192];
4     double[] k2 = new double[192];
5     double jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya1 = 0, jmlAlfaZTidakBerbahaya1 = 0;
6     double jmlAlfaZBerbahaya1 = 0, jmlAlfaZSangatBerbahaya1 = 0;
7     double jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya2 = 0, jmlAlfaZTidakBerbahaya2 = 0;

```



```

8      double jmlAlfaZBerbahaya2 = 0, jmlAlfaZSangatBerbahaya2 = 0;
9      double jmlMinSangatTdkBerbahaya1 = 0, jmlMinTidakBerbahaya1 = 0;
10     double jmlMinBerbahaya1 = 0, jmlMinSangatBerbahaya1 = 0;
11     double jmlMinSangatTdkBerbahaya2 = 0, jmlMinTidakBerbahaya2 = 0;
12     double jmlMinBerbahaya2 = 0, jmlMinSangatBerbahaya2 = 0;
13
14     double defuzzyZ1 = 0;
15     double defuzzyZ2 = 0;
16
17     defuzzyZ1 = (jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya1 + jmlAlfaZTidakBerbahaya1 +
18     jmlAlfaZSangatBerbahaya1 + jmlAlfaZBerbahaya1)
19     /(jmlMinSangatTdkBerbahaya1 + jmlMinTidakBerbahaya1 + jmlMinBerbahaya1 +
20     jmlMinSangatBerbahaya1);
21     System.out.println("Z = "+defuzzyZ1);
22
23     defuzzyZ2 = (jmlAlfaZSangatTdkBerbahaya2 + jmlAlfaZTidakBerbahaya2 +
24     jmlAlfaZSangatBerbahaya2 + jmlAlfaZBerbahaya2)
25     /(jmlMinSangatTdkBerbahaya2 + jmlMinTidakBerbahaya2 + jmlMinBerbahaya2 +
26     jmlMinSangatBerbahaya2);
27     System.out.println("Z = "+defuzzyZ2);
28
29     jNilaiZ.setText(" "+format2.format (defuzzyZ1));
30
31     if (defuzzyZ1 >= 0 && defuzzyZ1 <= batasKeputusan1){
32         jKeputusan.setText("Tidak Berbahaya");
33     }
34     else if (defuzzyZ1 > batasKeputusan1){
35         jKeputusan.setText("Berbahaya");
36     }
37
38     jNilaiZ2.setText(" "+format2.format (defuzzyZ2));
39
40     if (defuzzyZ2 >= 0 && defuzzyZ2 <= batasKeputusan2){
41         jKeputusan2.setText("Tidak Berbahaya");
42     }
43     else if (defuzzyZ2 > batasKeputusan2){
44         jKeputusan2.setText("Berbahaya");
45     }
46 }

```

Gambar 4.3 Implementasi Algoritma Defuzzifikasi

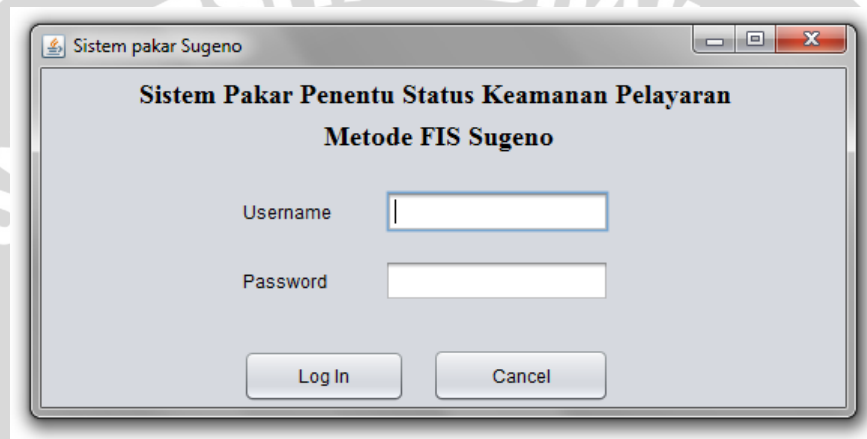
Pada Gambar 4.3 dijelaskan tentang proses algoritma defuzzifikasi bagi masing-masing kategori kapal yang akan menghasilkan sebuah nilai untuk kemudian diklasifikasikan berdasarkan tingkat bahaya yang telah ditentukan sesuai dengan hasil wawancara dengan pakar. Apabila hasil defuzzifikasi bernilai dibawah 60%, maka kondisi cuaca maritim tersebut tidak berbahaya untuk kegiatan pelayaran, sedangkan kondisi cuaca maritim yang berbahaya akan bernilai diatas 60%.

4.4 Implementasi Antarmuka Pengguna

Implementasi antarmuka pengguna menunjukkan tampilan dari rancangan antarmuka pengguna yang telah dikodekan dalam bahasa pemrograman Java. Berikut merupakan antarmuka pengguna penentuan status keamanan pelayaran:

a. Form *Log In*

Antarmuka form *log in* merupakan antarmuka yang pertama kali muncul pada saat aplikasi mulai dijalankan. Form *log in* digunakan oleh admin, pakar dan *user* untuk masuk ke dalam sistem agar dapat menggunakan fitur-fitur yang telah disediakan sistem.



Gambar 4.4 Antarmuka Pengguna Form *Log In*

Implementasi form *log in* sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.14. Pada halaman ini terdapat kolom *Username* dan *Password* beserta dengan tombol *Login*. Tombol *Login* digunakan untuk memvalidasi akun yang akan menggunakan aplikasi tersebut apakah Admin, *user*, atau pakar.

b. Form Admin

Form admin hanya dapat diakses oleh admin dan digunakan untuk mengubah, menghapus atau menambahkan *user* baru beserta dengan hak aksesnya.

id User	Username	Password	Hak Akses
1	admin	admin	admin
2	andreas	andreas	pakar
3	yuan	yuan	user

Gambar 4.5 Antarmuka Pengguna Form Admin

Implementasi form admin sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.15. Admin dapat menghapus akun yang telah ada maupun membuat akun baru bagi *user* ataupun pakar untuk dapat masuk ke dalam sistem. Pada form ini disediakan tiga *field* yang wajib diisi dan apabila form telah diisi dengan lengkap, maka admin dapat menekan tombol *Add* untuk menambah akun baru.

c. Halaman Utama (*Home*)

Saat *user* dan pakar melakukan *log in*, maka mereka akan diarahkan ke halaman utama aplikasi ini.

SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM
MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO

Home Derajat Keanggotaan Rule 1 Rule 2 Batas Keanggotaan Kesimpulan Logout

No. 25
Tanggal 25
Bulan Januari
Tahun 2014
Asal Pelayaran Surabaya
Tujuan Banjarmasin
Angin (knot) 12.08
Gelombang (m) 1.74
Arus (cm/s) 21.22
Visibility (m) 8000

Add Update Delete Cancel

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	14.2	2.01	56.92	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	1.02	14.81	6000

Proses Reset

Nilai Z Dibawah 2000 GT 55
Keputusan Dibawah 2000 GT Tidak Berbahaya

Nilai Z Diatas 2000 GT 10
Keputusan Diatas 2000 GT Tidak Berbahaya

Simpan

Gambar 4.6 Antarmuka Pengguna Halaman Utama (Home)

Implementasi halaman utama sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.16. Halaman utama ini dilengkapi dengan beberapa fitur diantaranya fitur *input* data, fitur pengolahan data, dan fitur pemrosesan data. Fitur *input* data berfungsi untuk memasukkan data cuaca maritim yang ingin diolah sistem guna menentukan status keamanannya. Terdapat pula tabel data *input* yang akan menampilkan data cuaca maritim yang telah disimpan ke dalam sistem. Pada fitur pengolahan data terdapat tombol 'Add' yang digunakan untuk menyimpan data cuaca maritim ke dalam tabel data *input*, tombol 'Update' untuk memperbaharui data yang terdapat di dalam tabel data *input*, tombol 'Delete' untuk menghapus salah satu data yang terdapat di dalam tabel data *input*, dan tombol 'Cancel' untuk mengosongkan kembali fitur *input* data. Dalam fitur pemrosesan data terdapat tombol 'Proses' yang digunakan untuk melakukan perhitungan penentuan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System Sugeno*, tombol 'Reset' untuk mengosongkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, dan tombol 'Simpan' untuk menyimpan hasil perhitungan ke dalam halaman kesimpulan.

d. Halaman Derajat Keanggotaan

Pada saat *user* maupun pakar menekan menu ‘Derajat Keanggotaan’, maka mereka akan diarahkan ke halaman derajat keanggotaan. Halaman ini disediakan ketika *user* maupun pakar ingin melihat perhitungan derajat keanggotaan untuk setiap variabel cuaca maritim. Namun, hanya akun pakar yang dapat mengubah perhitungan pada setiap variabel cuaca maritim tersebut.

Gambar 4.7 Antarmuka Pengguna Halaman Derajat Keanggotaan

Implementasi halaman derajat keanggotaan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.17. Halaman derajat keanggotaan menampilkan semua nilai derajat keanggotaan masing-masing variabel cuaca maritim yang meliputi variabel angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*).

e. Halaman Rule 1

Halaman rule 1 akan ditampilkan ketika *user* maupun pakar menekan menu ‘Rule 1’ yang telah disediakan aplikasi. Informasi yang ditampilkan pada halaman ini adalah tabel aturan yang digunakan dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT.

Sistem Pakar Penentuan Status Keamanan Pelayaran Metode FIS Sugeno

SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM Logout

MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO

Home Derajat Keanggotaan Rule 1 Rule 2 Batas Keanggotaan Kesimpulan

TABEL RULE
KAPAL DIBAWAH 2000 GT

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

No. Rule Angin Gelombang Arus Visibility Keputusan

Lemah Rendah Lambat Rendah Tidak Berbahaya

Search Add Update Delete Cancel

Gambar 4.8 Antarmuka Pengguna Halaman Rule 1

Implementasi halaman *rule 1* sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.18. Halaman *rule 1* akan menampilkan tabel *rule* yang terdiri dari seluruh aturan penentu status keamanan pelayaran untuk kategori kapal dibawah 2000 GT sesuai dengan keputusan pakar. Terdapat tombol '*Search*' yang digunakan untuk melakukan pencarian *rule* dengan mengisi *field* yang telah disediakan, tombol '*Update*' (bagi pakar) untuk memperbaharui *rule* yang akan disimpan dalam tabel, tombol '*Delete*' (bagi pakar) untuk menghapus *rule* yang sudah berada di dalam tabel, dan tombol '*Cancel*' (bagi pakar) untuk mengosongkan *field*.

f. Halaman Rule 2

Halaman *rule 2* akan ditampilkan ketika *user* maupun pakar menekan menu '*Rule 2*' yang telah disediakan aplikasi. Informasi yang ditampilkan pada halaman ini adalah tabel aturan yang digunakan dalam menentukan status keamanan pelayaran untuk kategori kapal diatas 2000 GT.

Sistem Pakar Penentuan Status Keamanan Pelayaran Metode FIS Sugeno

SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM Logout

MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO

Home Derajat Keanggotaan Rule 1 Rule 2 Batas Keanggotaan Kesimpulan

TABEL RULE
KAPAL DIATAS 2000 GT

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

No. Rule Angin Gelombang Arus Visibility Keputusan

Lemah Rendah Lambat Rendah Tidak Berbahaya

Search Add Update Delete Cancel

Gambar 4.9 Antarmuka Pengguna Halaman Rule 2

Implementasi halaman *rule 2* sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.19. Halaman *rule 2* akan menampilkan tabel *rule* yang terdiri dari seluruh aturan penentu status keamanan pelayaran untuk kategori kapal diatas 2000 GT sesuai dengan keputusan pakar. Terdapat tombol '*Search*' yang digunakan untuk melakukan pencarian *rule* dengan mengisi *field* yang telah disediakan, tombol '*Update*' (bagi pakar) untuk memperbaharui *rule* yang akan disimpan dalam tabel, tombol '*Delete*' (bagi pakar) untuk menghapus *rule* yang sudah berada di dalam tabel, dan tombol '*Cancel*' (bagi pakar) untuk mengosongkan *field*.

g. Halaman Batas Keanggotaan

Halaman batas keanggotaan akan menampilkan batas-batas keanggotaan himpunan *fuzzy* pada setiap variabel *input* dan variabel *output*. Akan tetapi, *user* hanya dapat melihat dan tidak bisa mengubah nilai batas keanggotaan melainkan hanya pakar yang dapat melakukannya.

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 4.10 Antarmuka Pengguna Halaman Batas Keanggotaan

Implementasi halaman batas keanggotaan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.20. Halaman batas keanggotaan berfungsi untuk menampilkan batas keanggotaan himpunan *fuzzy* dari setiap variabel *input* cuaca maritim yang meliputi angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*). Selain itu terdapat pula nilai konsekuen keamanan pelayaran beserta dengan nilai presentase klasifikasi status keamanan pelayaran untuk masing-masing kategori kapal. Tetapi hanya akun pakar yang dapat mengubah nilai-nilai yang terdapat dalam halaman batas keanggotaan ini dan menyimpannya dengan menggunakan tombol ‘*Simpan Batasan*’.

h. Halaman Kesimpulan

Halaman kesimpulan akan ditampilkan ketika *user* maupun pakar menekan menu ‘Kesimpulan’ yang telah disediakan aplikasi ini.

Sistem Pakar Penentuan Status Keamanan Pelayaran Metode FIS Sugeno

SISTEM PAKAR PENENTU STATUS KEAMANAN PELAYARAN BERDASARKAN CUACA MARITIM Logout

MENGUNAKAN METODE FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO

Home Derajat Keanggotaan Rule 1 Rule 2 Batas Keanggotaan **Kesimpulan**

TABEL KESIMPULAN

No	Tanggal	Bulan	Tahun	Asal	Tujuan	Angin	Gelombang	Arus	Visibility	Nilai Z < 2000GT	Keputusan	Nilai Z > 20
1	1	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	9.8	1.1	29.4	6000	10	Tidak Berbahaya	10
2	2	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	10.1	1.3	26.5	6000	10	Tidak Berbahaya	10
3	3	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	11.5	1.36	27.29	300	47,09	Tidak Berbahaya	10
4	4	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	14.2	2.01	56.92	6000	71,64	Berbahaya	26,44
5	5	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	13.04	2.55	36.65	500	90	Berbahaya	65,65
6	6	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	13.83	2.51	31.44	3000	90	Berbahaya	71,92
7	7	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	14.33	2.3	48.03	8000	76,08	Berbahaya	29,95
8	8	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	15.07	2.3	90.06	9000	82,34	Berbahaya	41,22
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	90	Berbahaya	90
13	13	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	14.48	2.7	23.04	8000	90	Berbahaya	77,4
14	14	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	13.82	2.86	30.06	8000	90	Berbahaya	71,83
15	15	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.97	2.26	9.27	8000	65	Berbahaya	10
16	16	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	10.37	1.73	7.2	300	55	Tidak Berbahaya	10
17	17	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.04	1.58	16.75	8000	55	Tidak Berbahaya	10
18	18	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.21	1.57	8.58	9000	55	Tidak Berbahaya	10
19	19	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	14.86	2.03	10.01	8000	72,06	Berbahaya	26,41
20	20	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	15.1	2.1	9.9	6000	82,5	Berbahaya	41,5
21	21	Januari	2014	Surabaya	Banjarmas...	12.45	1.72	14.6	6000	55	Tidak Berbahaya	10

hapus

Gambar 4.11 Antarmuka Pengguna Halaman Kesimpulan

Implementasi halaman kesimpulan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat pada Gambar 3.21. Pada halaman kesimpulan ditampilkan tabel yang berisi data cuaca maritim beserta dengan nilai hasil perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Inference System Sugeno* dan juga status keamanan pelayarannya untuk masing-masing kategori kapal.

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas tentang pengujian atas hasil implementasi pada penentuan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian akurasi yang bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi antara perhitungan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno yang telah diimplementasikan ke dalam aplikasi penentuan status keamanan pelayaran dengan hasil keputusan pakar.

5.1 Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian aplikasi dalam memberikan keluaran yang berupa status keamanan pelayaran berdasarkan cuaca maritim. Data uji yang digunakan berjumlah 63 data cuaca maritim, termasuk dengan 4 data *dummy* yang ditambahkan berdasarkan hasil konsultasi dengan pakar sebagai kombinasi karakteristik data. Dari 59 data uji yang diperoleh dari hasil pengamatan BMKG, tidak terdapat data dimana kondisi cuaca maritim pada variabel arus dan jarak pandang (*visibility*) berada pada kondisi yang cukup ekstrim. Maka dari itu, penambahan data *dummy* disini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil implementasi dari metode *Fuzzy Inference System* Sugeno dengan menggunakan 4 parameter cuaca maritim yang meliputi angin, gelombang, arus dan jarak pandang (*visibility*) memiliki pengaruh yang sama terhadap kombinasi data dan parameter cuaca maritim yang bervariasi.

Prosedur pengujian akurasi dilakukan dengan memasukkan data cuaca maritim ke dalam aplikasi yang dibuat, kemudian sistem akan menghitung dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno untuk mendapatkan status keamanan berlayar. Setelah didapatkan hasil inferensi dari sistem kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan hasil keputusan pakar.

Tabel 5.1 menunjukkan *The Confusion Matrix* dari pengujian akurasi menggunakan *F-Measure* terhadap 20 data.

Tabel 5.1 Pengujian *The Confusion Matrix* Terhadap 20 Data

	Actual Positive	Actual Negative
Predicted Positive	True Positive (TP) = 168	False Negative (FN) = 72
Predicted Negative	False Positive (FP) = 112	True Negative (TN) = 48

Berdasarkan pada Tabel 5.1, *True Positive* berjumlah 168, *False Negative* berjumlah 72, *False Positive* berjumlah 112 dan *True Negative* berjumlah 48. Dari hasil tersebut, untuk mengetahui nilai *Recall* dan *Precision* dapat menggunakan persamaan (2-8) dan (2-9). Untuk nilai akurasi *F-Measure* dapat menggunakan persamaan (2-10) setelah nilai *Recall* dan *Precision* diperoleh.

$$recall = \frac{TP}{TP+FN} = 0,7$$

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} = 0,6$$

$$F = \frac{2*recall*precision}{recall+precision} = 0,64$$

Pada Tabel 5.2 akan menunjukkan *The Confusion Matrix* dari pengujian akurasi menggunakan *F-Measure* terhadap 40 data.

Tabel 5.2 Pengujian *The Confusion Matrix* Terhadap 40 Data

	Actual Positive	Actual Negative
Predicted Positive	True Positive (TP) = 1088	False Negative (FN) = 192
Predicted Negative	False Positive (FP) = 272	True Negative (TN) = 48

Berdasarkan pada Tabel 5.2, *True Positive* berjumlah 1088, *False Negative* berjumlah 192, *False Positive* berjumlah 272 dan *True Negative* berjumlah 48. Dari hasil tersebut, untuk mengetahui nilai *Recall* dan *Precision* dapat menggunakan persamaan (2-8) dan (2-9). Untuk nilai akurasi *F-Measure* dapat menggunakan persamaan (2-10) setelah nilai *Recall* dan *Precision* diperoleh.

$$recall = \frac{TP}{TP+FN} = 0,85$$

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} = 0,8$$

$$F = \frac{2*recall*precision}{recall+precision} = 0,82$$

Untuk Tabel 5.3 akan menunjukkan *The Confusion Matrix* dari pengujian akurasi menggunakan *F-Measure* terhadap keseluruhan data.

Tabel 5.3 Pengujian *The Confusion Matrix* Terhadap 63 Data

	<i>Actual Positive</i>	<i>Actual Negative</i>
<i>Predicted Positive</i>	True Positive (TP) = 2303	False Negative (FN) = 658
<i>Predicted Negative</i>	False Positive (FP) = 784	True Negative (TN) = 224

Berdasarkan pada Tabel 5.3, *True Positive* berjumlah 2303, *False Negative* berjumlah 658, *False Positive* berjumlah 784 dan *True Negative* berjumlah 224. Dari hasil tersebut, untuk mengetahui nilai *Recall* dan *Precision* dapat menggunakan persamaan (2-8) dan (2-9). Untuk nilai akurasi *F-Measure* dapat menggunakan persamaan (2-10) setelah nilai *Recall* dan *Precision* diperoleh.

$$recall = \frac{TP}{TP+FN} = 0,77$$

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} = 0,74$$

$$F = \frac{2*recall*precision}{recall+precision} = 0,76$$

Pada Tabel 5.3 menunjukkan bahwa pada pengujian terhadap keseluruhan data akan menghasilkan nilai *F-Measure* yang lebih sedikit apabila dibandingkan dengan pengujian terhadap 40 data. Hal ini dikarenakan semakin banyak data yang digunakan, maka penyebaran nilai dari *True Positive*, *False Positive*, dan *False Negative* akan semakin besar pula. Dari 3 penyebaran nilai itulah yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai *F-Measure*. *False Positive* dan *False Negative* digunakan sebagai pembanding untuk mencari nilai *Recall* dan *Precision*. Apabila nilai dari *False Positive* dan *False Negative* sebagai pembanding makin besar, maka akan didapatkan nilai *Recall* dan *Precision* yang semakin kecil pada jumlah data yang lebih sedikit.

Pada pengujian sebanyak 40 data *record*, nilai dari *True Positive* cenderung naik melebihi kenaikan dari nilai *False Positive* dan *False Negative* sehingga mempengaruhi naiknya nilai *F-Measure* pada jumlah 40 data *record*.

Sedangkan pada pengujian 63 data *record*, nilai dari *True Positive* cenderung naik, namun besar kenaikan nilai *True Positive* masih dibawah naiknya nilai *False Positive* dan *False Negative*, sehingga mempengaruhi turunnya nilai *F-Measure* pada jumlah 63 data bila dibandingkan dengan nilai *F-Measure* pada jumlah 40 data.

5.2 Pengujian Korelasi Setiap Parameter Cuaca Maritim Terhadap Output Metode Fuzzy Inference System Sugeno

Pengujian korelasi bertujuan untuk mengetahui tingkat hubungan linier antara setiap parameter *input* dengan hasil *output* metode *Fuzzy Inference System* Sugeno yang berupa nilai presentase bahaya dari kondisi cuaca maritim untuk pelayaran. Pengujian dilakukan dengan menghitung nilai koefisien korelasi setiap parameter terhadap hasil *output* berdasarkan dari hasil pengujian 63 data uji yang telah dilakukan sebelumnya. Perhitungan koefisien korelasi dilakukan dengan menggunakan rumus korelasi sederhana Pearson Product Moment. Selanjutnya, hasil nilai koefisien korelasi diklasifikasikan berdasarkan interpretasi angka korelasi yang berkisar antara -1 sampai dengan 1. Jika nilai koefisien korelasi semakin mendekati 1 atau -1 maka tingkat korelasi menjadi semakin kuat dan apabila nilai koefisien korelasi lebih dekat dengan 0 maka tingkat korelasi menjadi semakin lemah. Semetara hasil negatif dan positif mengindikasikan arah hubungan korelasi.

Berikut adalah contoh perhitungan nilai koefisien korelasi parameter angin terhadap hasil *output* metode *Fuzzy Inference System* Sugeno untuk kategori kapal dibawah 2000 GT:

Jika diketahui: X = Parameter Kecepatan Angin

Y = Output Sistem

n (Jumlah Data) = 63 data

$$\sum X = 687,34$$

$$\sum Y = 3263,850267$$

$$\sum X^2 = 9277,992$$

$$\sum Y^2 = 232325,8$$

$$\sum XY = 2243374,842$$

Maka nilai koefisien korelasinya adalah:
$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n\sum X^2 - (\sum x)^2\}\{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

$$r = \frac{(63 * 2243374,842) - (687,34)(3263,850267)}{\sqrt{\{63 * 9277,992 - (687,34)^2\}\{63 * 232325,8 - (3263,850267)^2\}}} = 0,892299075$$

Jadi, nilai koefisien korelasi antara parameter angin dengan hasil *output Fuzzy Inference System Sugeno* untuk kategori kapal dibawah 2000 GT sebesar 0,892299075. Berdasarkan pada tabel klasifikasi interpretasi angka korelasi, nilai koefisien tersebut termasuk dalam hubungan korelasi yang kuat, sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter angin memiliki korelasi atau hubungan yang kuat terhadap hasil *output Fuzzy Inference System Sugeno*. Tabel 5.7 menunjukkan hasil korelasi dari setiap parameter *input* terhadap nilai *output* metode *Fuzzy Inference System Sugeno* untuk masing-masing kategori kapal.

Tabel 5.4 Hasil Korelasi Setiap Parameter *Input* Terhadap Hasil *Output*

No.	Parameter	Koefisien Korelasi Kapal < 2000 GT	Kesimpulan	Koefisien Korelasi Kapal > 2000 GT	Kesimpulan	Korelasi
1.	Angin	0,892299075	Tinggi	0,699502119	Cukup	Positif
2.	Gelombang	0,882271554	Tinggi	0,774165201	Cukup	Positif
3.	Arus	0,634207186	Cukup	0,719925749	Cukup	Positif
4.	Visibility	-0,243345045	Rendah	-0,296708514	Rendah	Negatif

Berdasarkan hasil pengujian korelasi setiap parameter terhadap *output* metode *Fuzzy Inference System Sugeno*, didapatkan kesimpulan bahwa parameter angin, gelombang dan arus memiliki pola korelasi linier positif serta memiliki tingkat hubungan yang kuat terhadap hasil *output* metode *Fuzzy Inference System Sugeno*. Hal tersebut mengindikasikan bahwa jika nilai parameter angin, gelombang dan arus mengalami kenaikan maka hasil *output* metode *Fuzzy Inference System Sugeno* memiliki kecenderungan untuk meningkat pula. Namun masih terdapat kemungkinan untuk terjadi kasus dimana nilai dari salah satu parameter angin, gelombang dan arus menurun, tetapi hasil *output* metode *Fuzzy Inference System Sugeno* mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan nilai koefisien korelasi yang tidak mencapai angka sempurna (1). Sedangkan untuk parameter *visibility* memiliki pola korelasi linier negatif yang kemungkinan terjadi

karena terdapat beberapa nilai parameter *visibility* mempunyai *outlier* (sebuah atau lebih data yang menyimpang sangat jauh dari data lainnya di dalam satu kumpulan data) sehingga membuat nilai koefisien korelasi mencapai tanda negatif.



BAB VI

PENUTUP

Bab ini memaparkan tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh berdasarkan hasil perancangan dan pengujian aplikasi.

6.1 Kesimpulan

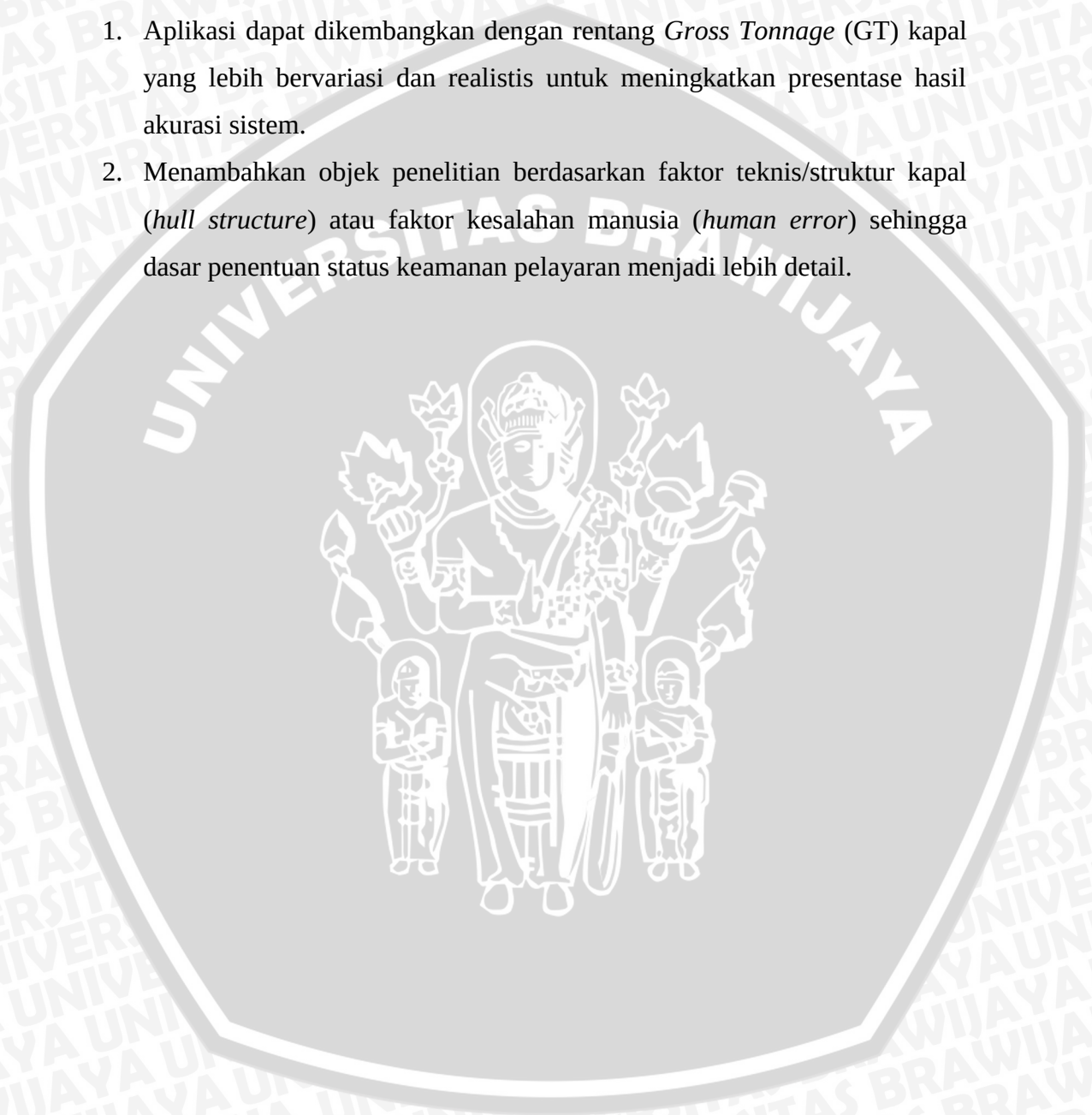
Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap aplikasi penentuan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi penentuan status keamanan pelayaran ini mampu memberikan rekomendasi keadaan cuaca maritim yang aman untuk berlayar. Penentuan rekomendasi status keamanan pelayaran diperoleh melalui proses inferensi *fuzzy* Sugeno dengan aturan dasar (*rule base*) yang berasal dari pakar.
2. Berdasarkan hasil pengujian akurasi sistem didapatkan nilai pengujian *Recall* sebesar 0,7, *Precision* sebesar 0,6 dan *F-Measure* sebesar 0,76 pada pengujian terhadap 20 data. Pada pengujian terhadap 40 data menghasilkan nilai pengujian *Recall* sebesar 0,85, *Precision* sebesar 0,8 dan *F-Measure* sebesar 0,82. Untuk pengujian terhadap 63 data dihasilkan nilai pengujian *Recall* sebesar 0,77, *Precision* sebesar 0,74 dan *F-Measure* sebesar 0,76. Dengan keseluruhan rata-rata nilai *Recall* sebesar 0,77, *Precision* sebesar 0,71 dan *F-Measure* sebesar 0,78.
3. Tingkat korelasi yang dihasilkan menunjukkan bahwa parameter angin, gelombang dan arus memiliki pola korelasi linier positif yang tinggi terhadap hasil *output* metode *Fuzzy Inference System* Sugeno. Sedangkan parameter *visibility* memiliki pola korelasi linier negatif yang rendah terhadap hasil *output* metode *Fuzzy Inference System* Sugeno.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam pengembangan penelitian terhadap penentuan status keamanan pelayaran dengan metode *Fuzzy Inference System* Sugeno ini agar lebih baik dimasa depan adalah:

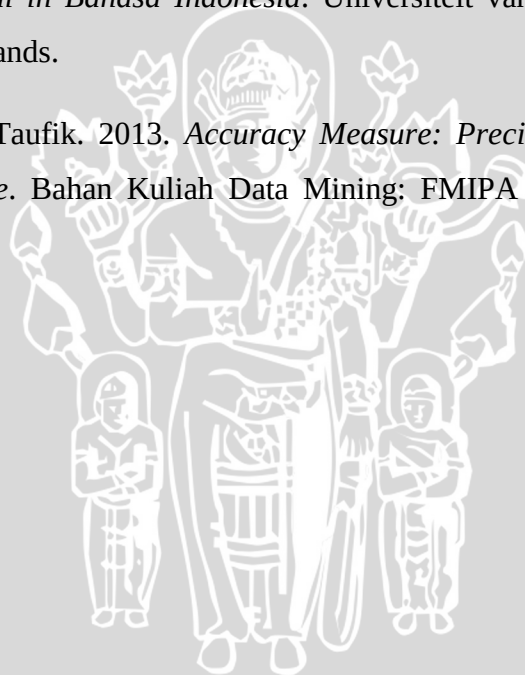
1. Aplikasi dapat dikembangkan dengan rentang *Gross Tonnage* (GT) kapal yang lebih bervariasi dan realistis untuk meningkatkan presentase hasil akurasi sistem.
2. Menambahkan objek penelitian berdasarkan faktor teknis/struktur kapal (*hull structure*) atau faktor kesalahan manusia (*human error*) sehingga dasar penentuan status keamanan pelayaran menjadi lebih detail.



DAFTAR PUSTAKA

- [TRA-09] Trans Asia Consultants. 2009. Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 – 2008. Jakarta.
- [MEI-10] Meilanitasari, Prita. 2010. Prediksi Cuaca Menggunakan Logika *Fuzzy* Untuk Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [KUS-04] Kusumadewi, Sri dan Hari Purnomo. 2004. Aplikasi Logika *Fuzzy* Untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [KUS-02] Kusumadewi, Sri. 2002. Analisis Desain Sistem *Fuzzy* Menggunakan *Tool Box Matlab*. Yogtakarta: Graha Ilmu.
- [IND-12] Indrabayu, Nadjamuddin Harun, M. Saleh Pallu, Andani Achmad, dan Febi Febriyanti. 2012. Prediksi Curah Hujan Dengan *Fuzzy Logic*. Universitas Hasanuddin.
- [HAR-12] Harmoko, Iis Widya dan Nazori AZ. 2012. Prototipe Model Prediksi Peluang Kejadian Hujan Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Tipe Mamdani dan Sugeno. Universtias Budi Luhur.
- [NAB-09] Naba, Agus. 2009. Belajar Cepat *Fuzzy Logic* Menggunakan Matlab. Yogyakarta: Andi Offset.
- [NUG-10] Nugroho, Andi Kurniawan. 2010. “Pengendali Logika *Fuzzy* Suhu Hipertermia Berbasis Visual Basic dan Akuisisi Berbasis USB. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Semarang.
- [IRM-11] Irmawan Decky, Hrusantoso. 2011. Penerapan Logika *Fuzzy* Sebagai Pendukung Keputusan Prakiraan Cuaca. Konferensi Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Indonesia. Bandung.
- [CAN-10] Candra, Ardian. 2010. Tugas Akhir: Perancangan Model *Adaptive Nuro Fuzzy Inference System* Untuk Memprediksi Cuaca Maritim. Teknik Fisika-FTI-ITS Surabaya.

- [GEO-08] Georgios, Frederic Bouchette, Vassilios A. Tsihrintzis dan Clea Denamiel. 2008. *A Fuzzy Inference System For Wind-Wave Modelling*.
- [HAK-09] Hakim, J., A. Aisjah dan S. Arifin. 2009. Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Dengan Metode Logika Fuzzy Untuk Meningkatkan Jangkauan Ramalan: Studi Kasus Pelayaran Surabaya-Banjarmasin. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [HAM-03] Hamilton, H dan Olive, W. 2003. *Confusion Matrix*.
- [TAL-03] Tala, Fadillah Z. 2003. *A Study of Stemming Effects on Information Retrieval in Bahasa Indonesia*. Universiteit van Amsterdam. The Netherlands.
- [FUA-13] Fuadi, Taufik. 2013. *Accuracy Measure: Precision, Recall & F-Measure*. Bahan Kuliah Data Mining: FMIPA Universitas Syiah Kuala.



Lampiran 1. Dokumentasi Wawancara Parameter Cuaca Maritim Beserta Klasifikasinya.

Tujuan Wawancara:

Untuk mengetahui parameter cuaca maritim yang digunakan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dalam penentuan keamanan pelayaran serta untuk mengetahui klasifikasi dari masing-masing parameter yang digunakan.

Narasumber:

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

Pertanyaan Wawancara:

1. Apa saja faktor cuaca maritim yang digunakan BMKG dalam menentukan keamanan pelayaran?

Dalam penentuan keamanan pelayaran, selama ini BMKG menggunakan acuan berdasarkan kondisi kecepatan angin dan ketinggian gelombang. Selain itu, *Gross Tonnage* serta jenis kapal yang digunakan untuk berlayar juga menjadi salah satu acuan BMKG dalam menentukan status keamanan pelayaran. Jadi, BMKG akan memberikan peringatan bahaya (*warning*) cuaca berdasarkan kondisi angin dan gelombang yang berbahaya serta memberikan informasi mengenai jenis kapal yang boleh berlayar maupun tidak.

2. Apakah BMKG mempunyai klasifikasi parameter angin dan gelombang yang selama ini dijadikan acuan dalam penentuan keamanan pelayaran?

Ya, untuk kecepatan angin dibagi menjadi empat klasifikasi. Yang pertama adalah angin lemah dengan kecepatan 0 – 5 Knot, kemudian angin sedang dengan kecepatan 5 – 15 Knot, angin kencang dengan kecepatan 15 – 25 Knot, dan angin sangat kencang dengan kecepatan diatas 25 Knot. Klasifikasi angin kencang sudah dianggap berbahaya bagi kategori kapal dibawah 2000 *Gross Tonnage* (GT), sedangkan angin sangat kencang merupakan klasifikasi yang berbahaya bagi kategori kapal dibawah dan diatas 2000 *Gross Tonnage* (GT).

Untuk parameter gelombang diklasifikasikan menjadi empat kategori juga. Yang pertama adalah gelombang rendah dengan ketinggian 0 – 1,3 meter,

kemudian gelombang sedang dengan ketinggian 1,3 – 2 meter, gelombang tinggi dengan ketinggian 2 – 2,5 meter, dan gelombang sangat tinggi dengan ketinggian diatas 2,5 meter. Klasifikasi gelombang tinggi sudah dianggap berbahaya bagi kategori kapal dibawah 2000 *Gross Tonnage* (GT), sedangkan gelombang sangat tinggi merupakan klasifikasi yang berbahaya bagi kategori kapal dibawah dan diatas 2000 *Gross Tonnage* (GT).

3. Bagaimana selama ini BMKG menentukan status keamanan pelayaran?

Peringatan bahaya (*warning*) diberikan BMKG ketika kondisi angin atau gelombang melebihi batas aman kapal untuk berlayar. Kondisi angin diatas 15 Knot dan kondisi gelombang diatas 2 meter merupakan keadaan cuaca maritim yang berbahaya untuk kategori kapal dibawah 2000 GT. Sedangkan untuk kategori kapal diatas 2000 GT, keadaan cuaca maritim yang berbahaya adalah pada saat kecepatan angin diatas 25 Knot dan ketinggian gelombang diatas 2,5 meter.

4. Apakah faktor cuaca maritim lain seperti kondisi kecepatan arus dan jarak pandang (*visibility*) dapat dijadikan sebagai parameter tambahan dalam penentuan keamanan pelayaran?

Ya, bisa saja. Karena kondisi arus yang cepat dan keterbatasan jarak pandang dapat memungkinkan terjadinya kecelakaan kapal seperti kapal terseret arus atau saling bertubrukan dengan kapal lainnya. Tetapi, BMKG masih belum memiliki acuan pasti dalam menentukan klasifikasi arus dan jarak pandang yang berbahaya bagi kegiatan pelayaran. Mungkin mengenai informasi serta klasifikasi tentang kecepatan arus dan jarak pandang bisa ditanyakan pada nahkoda atau kapten kapal yang sudah berpengalaman atau bisa mencari sumber lain seperti dari jurnal dan penelitian.

Lampiran 2. Dokumentasi Wawancara Penentuan Klasifikasi Parameter Jarak Pandang.

Tujuan Wawancara:

Untuk mengetahui klasifikasi parameter jarak pandang yang dapat digunakan menjadi acuan dalam kegiatan pelayaran.

Narasumber:

Kapten Ruswanto

Pertanyaan Wawancara:

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

Ya, kecepatan arus yang besar dapat menyebabkan kapal terseret arus sehingga kapal bisa saja terdampar. Kondisi jarak pandang yang rendah juga dapat mengakibatkan terjadinya tubrukan antar kapal.

2. Menurut pengalaman anda, bagaimana klasifikasi kondisi jarak pandang yang dapat dijadikan acuan dalam kegiatan pelayaran?

Kondisi jarak pandang yang rendah berkisar antara 0 sampai 500 meter. Sedangkan kondisi jarak pandang sedang berkisar antara 500 hingga 1000 meter. Dan untuk kondisi jarak pandang yang aman untuk berlayar adalah diatas 1000 meter. Keadaan jarak pandang yang rendah termasuk salah satu kondisi yang dapat membahayakan bagi kegiatan pelayaran, apalagi saat arus laut yang cepat. Untuk keadaan jarak pandang sedang, disarankan untuk tetap berhati-hati pada saat arus laut dalam kondisi cepat, karena masih memungkinkan terjadinya tubrukan antar kapal pada saat kapal melaju dengan kecepatan tinggi.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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