

**TUGAS AKHIR - TF181801**

**PENGEMBANGAN SISTEM IDENTIFIKASI AKTIVITAS  
IUU TRANSSHIPMENT DENGAN SISTEM LOGIKA  
FUZZY TIPE 2 BERBASIS DATA AIS SAAT TERJADI  
ANOMALI DATA TRAYEKTORI**

**FARAH FEBA FORTUNA**

**NRP 02311840000109**

Dosen Pembimbing

**Dr. Suyanto, S.T., M.T.**

**NIP 19711113 199512 1 002**

**Prof.Dr.Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.**

**NIP 19660116 198903 2 001**

**Program Studi S1 Teknik Fisika**

Departemen Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

Surabaya

2022



**TUGAS AKHIR - TF181801**

**PENGEMBANGAN SISTEM IDENTIFIKASI AKTIVITAS  
IUU TRANSSHIPMENT DENGAN SISTEM LOGIKA  
FUZZY TIPE 2 BERBASIS DATA AIS SAAT TERJADI  
ANOMALI DATA TRAYEKTORI**

**FARAH FEBA FORTUNA**

**NRP 02311840000109**

Dosen Pembimbing

**Dr. Suyanto, S.T., M.T.**

**NIP 19711113 199512 1 002**

**Prof.Dr.Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.**

**NIP 19660116 198903 2 001**

**Program Studi S1 Teknik Fisika**

Departemen Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



**FINAL PROJECT - TF181801**

***DEVELOPMENT OF IUU TRANSSHIPMENT ACTIVITY IDENTIFICATION SYSTEM WITH A FUZZY LOGIC SYSTEM TYPE 2 BASED ON AIS DATA WHEN A TRAJECTORY DATA ANOMALY***

**FARAH FEBA FORTUNA**

**NRP 02311840000109**

*Advisor*

**Dr. Suyanto, S.T., M.T.**

**NIP 19711113 199512 1 002**

**Prof.Dr.Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.**

**NIP 19660116 198903 2 001**

***Study Program S1 Engineering Physics***

***Department of Engineering Physics***

***Faculty of Industrial Technology and System Engineering***

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2022**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Farah Feba Fortuna  
NRP : 02311840000109  
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul **“PENGEMBANGAN SISTEM IDENTIFIKASI AKTIVITAS *IUU TRANSSHIPMENT* DENGAN SISTEM LOGIKA FUZZY TIPE 2 BERBASIS DATA AIS SAAT TERJADI ANOMALI DATA TRAYEKTORI”** adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 4 Juni 2022

Yang membuat pernyataan,



Farah Feba Fortuna  
NRP. 02311840000109

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PENGEMBANGAN SISTEM IDENTIFIKASI AKTIVITAS *IUU*  
*TRANSSHIPMENT* DENGAN SISTEM LOGIKA *FUZZY* TIPE 2  
BERBASIS DATA AIS SAAT TERJADI ANOMALI DATA  
TRAYEKTORI**

Oleh:

**Farah Feba Fortuna  
NRP. 02311840000109**

Surabaya,

Menyetujui,  
Pembimbing I



**Dr. Suyanto, S.T., M.T  
NIP. 19711113 199512 1 002**

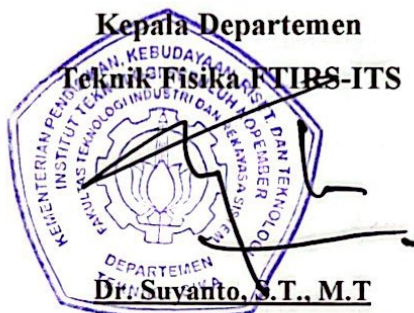
Menyetujui,  
Pembimbing II



**Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T  
NIP. 19660116 198903 2 001**

Mengetahui,

**Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTIPS-ITS**



**Dr. Suyanto, S.T., M.T  
NIP. 19711113 199512 1 002**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## LEMBAR PENGESAHAN

**PENGEMBANGAN SISTEM IDENTIFIKASI AKTIVITAS *IUU*  
TRANSSHIPMENT DENGAN SISTEM LOGIKA *FUZZY* TIPE 2  
BERBASIS DATA AIS SAAT TERJADI ANOMALI DATA  
TRAYEKTORI**

### TUGAS AKHIR



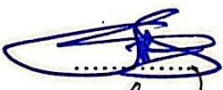
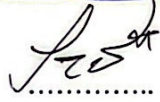

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Progam Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**FARAH FEBA FORTUNA**

**NRP. 02311840000109**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- |  |   |                 |
|--|---|-----------------|
| 1. Dr. Suyanto., S.T., M.T.            |  | (Pembimbing I)  |
| 2. Prof.Dr.Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. |  | (Pembimbing II) |
| 3. Dr.Ir. Syamsul Arifin, M.T.         |  | (Ketua Penguji) |
| 4. Moh. Kamalul Wafi, S.T., M.Sc.DIC   |  | (Penguji I)     |
| 5. Ir. Zulkifli, M.Sc.                 |  | (Penguji II)    |

**SURABAYA**

**2022**

ix

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**PENGEMBANGAN SISTEM IDENTIFIKASI AKTIVITAS *IUU*  
TRANSSHIPMENT DENGAN SISTEM LOGIKA *FUZZY* TIPE 2  
BERBASIS DATA AIS SAAT TERJADI ANOMALI DATA  
TRAYEKTORI**

**Nama** : Farah Feba Fortuna  
**NRP** : 02311840000109  
**Departemen** : Teknik Fisika FTIRS – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Suyanto, S.T., M.T.  
Prof.Dr.Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.

**ABSTRAK**

Kondisi pelayaran saat ini, menunjukkan banyak kejadian yang dikategorikan sebagai IUU. Sistem pengambilan keputusan terjadinya IUU Transshipment diusulkan untuk membantu Kementerian Perikanan dan Kelautan. Sistem ini bekerja berdasarkan masukan dari data AIS, yang terdiri dari data statis dan dinamis. Sistem yang dirancang dengan menggunakan logika fuzzy tipe 2 terdiri dari 3 sub-sistem yaitu sub-sistem anomali, sub-sistem *selection* dan sub-sistem *decision*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pergerakan 2 kapal yang diduga melakukan IUU *Transshipment*. Data AIS pada kapal yang digunakan adalah data di area laut Arafura yang diperoleh dari marinetraffic.com, NASDEC ITS dan *Marine Reliability and Safety Laboratory*. Data yang dikumpulkan berupa variabel posisi, kecepatan, *heading* dan *rate of turn* 2 kapal. Hasil penelitian menunjukkan beberapa pola yang dikategorikan sebagai keluaran sistem adalah nilai koefisien yang berkorelasi dengan besarnya dugaan terjadi IUU. Nilai lebih dari 50 dikategorikan diduga melakukan IUU dengan rata-rata nilai 74,997 dan nilai kurang dari 50 dengan rata-rata nilai 25,002 yang menunjukkan tidak terjadinya IUU *Transshipment*. Beberapa pola gerakan dari 2 kapal yang disimulasi dengan menggunakan sistem rancangan menghasilkan akurasi rata-rata 78,008%.

**Kata Kunci:** IUU *Transshipment*, Sistem Logika Fuzzy Tipe-2, Sub-sistem *Decision*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**DEVELOPMENT OF IUU TRANSSHIPMENT ACTIVITY  
IDENTIFICATION SYSTEM WITH A FUZZY LOGIC SYSTEM TYPE 2  
BASED ON AIS DATA WHEN A TRAYECTORY DATA ANOMALY**

**Name** : Farah Feba Fortuna  
**NRP** : 02311840000109  
**Department** : Engineering Physics FTIRS – ITS  
**Supervisors** : Dr. Suyanto, S.T., M.T.  
Prof.Dr.Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T.

**ABSTRACT**

*Current shipping conditions show that many incidents are categorized as IUU. The IUU Transshipment decision-making system is proposed to assist the Ministry of Fisheries and Marine Affairs. This system works based on input from AIS data, which consists of static and dynamic data. The system designed using fuzzy logic type 2 consists of 3 sub-systems, namely anomaly sub-system, selection sub-system and decision sub-system. The purpose of this study was to identify the movement of 2 vessels suspected of carrying out IUU Transshipment. The AIS data on the ship used is data in the Arafura sea area obtained from marinetraffic.com, NASDEC ITS and the Marine Reliability and Safety Laboratory. The data collected in the form of variable position, speed, heading and rate of turn of 2 ships. The results of the study show that several patterns that are categorized as system outputs are coefficient values that correlate with the magnitude of the alleged occurrence of IUU. A score of more than 50 is categorized as suspected of having IUU with an average value of 74,997 and a score of less than 50 with an average value of 25.002 which indicates the absence of IUU Transshipment. Several movement patterns of 2 ships that were simulated using the design system resulted in an average accuracy of 78.008%.*

**Keywords:** *Decision Sub-system, Fuzzy Logic Type2, IUU Transshipment.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta pembuatan laporan dengan baik yang berjudul “Pengembangan Sistem Identifikasi Aktivitas IUU *Transshipment* Dengan Sistem Logika Fuzzy Tipe 2 Berbasis Data AIS Saat Terjadi Anomali Data Trayektori”. Selama proses penyusunan tugas tidak sedikit hambatan dan kendala yang penulis hadapi, tetapi penulis menyadari bahwa dalam proses penelitian tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Suyanto, S.T, M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika serta selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah sabar banyak membantu, memberikan ilmu yang luas, saran dan masukan dalam penelitian ini.
3. Prof.Dr.Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu dalam penelitian ini.
4. Keluarga, terutama kedua orang tua, kakak dan juga adik penulis yang senantiasa selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
5. Dr.Ir. A.A. Masroeri, M.Eng. selaku dosen Sistem Perkapalan yang senantiasa membantu mendapatkan data dan memberikan ilmu terkait kapal dan trayektori.
6. Rekan Satu topik IUU, Maidatul Khasanah, Hanifah Rasbini, Norisa Nurfadila, Putri Nurfiana, dan Brillianti R, yang selalu memberikan dukungan dan membantu penulis dalam melakukan penelitian hingga penyusunan laporan.
7. Rekan-rekan angkatan 2018 dan warga HMTF yang telah membantu penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Fisika ITS.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan pada laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran pembaca untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dikemudian hari.

Surabaya, 4 Juni 2022

Farah Feba Fortuna



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
BAB I HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	v
LEMBAR PENGESAHAN .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
KATA PENGANTAR .....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Lingkup Kajian.....	3
1.5 Sistematika Laporan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEOR .....	5
2.1 Kajian Hasil Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 <i>Automatic Identification System (AIS)</i> .....	5
2.3 <i>Illegal, Unregulated, and Unreported (IUU)</i> .....	7
2.4 Sistem Logika <i>Fuzzy</i> Tipe 2 .....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	13

3.1	Studi Literatur .....	14
3.2	Perumusan Masalah .....	14
3.3	Pengumpulan Data .....	14
3.4	Pengolahan Data .....	14
3.5	Perancangan Sistem Identifikasi Aktivitas IUU <i>Transshipment</i> .....	15
3.5.1	Perancangan Sub-sistem Anomali .....	17
3.5.2	Perancangan Sub-sistem <i>Selection</i> .....	18
3.5.3	Perancangan Sub-sistem <i>Decision</i> .....	22
3.6.	Simulasi Rancangan Sistem.....	27
3.6.1	Simulasi Pola Pergerakan 1 IUU <i>Transshipment</i> .....	27
3.6.2	Simulasi Pola Pergerakan IUU <i>Transshipment 2</i> .....	28
3.7	Analisa Data dan Pembahasan .....	31
3.8	Validasi Sistem .....	32
3.9	Penarikan Kesimpulan dan Saran .....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Analisa Sub-sistem Anomali.....	33
4.2	Analisa Sub-sistem <i>Selection</i> .....	38
4.3	Analisa Sub-sistem <i>Decision</i> .....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		57
5.1	Kesimpulan .....	57
5.2	Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN A .....		61
BIODATA PENULIS.....		79

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja AIS (marinegyaan.com).....	6
Gambar 2. 2 Ilustrasi pelaku <i>Illegal Transshipment</i> .....	9
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Logika Fuzzy Tipe 2 (Ayman Al-Khazraji,2012).....	10
Gambar 2. 4 <i>Membership Function Fuzzy</i> Tipe-2 (Omer Faruk Bay,2014).....	11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3. 2 Diagram Blok Konsep Sistem Identifikasi Aktivitas IUU <i>Transshipment</i>	16
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem Identifikasi IUU <i>Transshipment</i> saat Terjadi Anomali Data.	16
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sub-sistem Anomali	17
Gambar 3. 5 Diagram Blok Sub-sistem <i>Selection</i>	19
Gambar 3. 6 Fungsi Keanggotaan Selisih posisi jarak 2 Kapal	21
Gambar 3. 7 Fungsi Keanggotaan Selisih <i>Heading</i> 2 Kapal	21
Gambar 3. 8 Fungsi Keanggotaan Selisih <i>Rate of Turn</i> 2 kapal	22
Gambar 3. 9 Diagram Blok Sub-sistem <i>Decision</i>	23
Gambar 3. 10 Fungsi Keanggotaan Selisih posisi jarak 2 kapal	24
Gambar 3. 11 Fungsi Keanggotaan Selisih <i>Heading</i> 2 Kapal	25
Gambar 3. 12 Fungsi Keanggotaan Selisih Kecepatan 2 kapal	25
Gambar 3. 13 Fungsi Keanggotaan <i>Output</i> sub-sistem <i>Decision</i>	26
Gambar 4. 1 Data Trayektori Jalur referensi kapal dan jalur real kapal pola 1.	33
Gambar 4. 2 Hasil Plot Domain Hasil Identifikasi Anomali Pola1 IUU <i>Transshipment</i>	34
Gambar 4. 3 Data Trayektori Jalur referensi kapal dan jalur real kapal pola 2.	34
Gambar 4. 4 Hasil Plot Domain Hasil Identifikasi Anomali 2 IUU <i>Transshipment</i>	35
Gambar 4. 5 Data Trayektori Jalur referensi kapal dan jalur real kapal pola 3.	35
Gambar 4. 6 Keluaran sub-sistem Anomali 3 IUU <i>Transshipment</i>	36
Gambar 4. 7 Keluaran sub-sistem Anomali 1 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	36
Gambar 4. 8 Keluaran sub-sistem Anomali 2 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	37
Gambar 4. 9 Keluaran sub-sistem Anomali 3 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	38
Gambar 4. 10 Keluaran sub-sistem <i>selection</i> pola 1 IUU <i>Transshipment</i>	39
Gambar 4. 11 Keluaran sub-sistem <i>selection</i> pola 2 IUU <i>Transshipment</i>	40

Gambar 4. 12 Keluaran sub-sistem <i>selection</i> pola 3 IUU <i>Transshipment</i>	41
Gambar 4. 13 Keluaran sub-sistem <i>selection</i> pola 1 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	42
Gambar 4. 14 Keluaran sub-sistem <i>selection</i> pola 2 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	43
Gambar 4. 15 Keluaran sub-sistem <i>selection</i> pola 3 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	44
Gambar 4. 16 Keluaran sub-sistem <i>decision</i> pola 1 IUU <i>Transshipment</i>	45
Gambar 4. 17 Keluaran sub-sistem <i>decision</i> pola 2 IUU <i>Transshipment</i>	46
Gambar 4. 18 Keluaran sub-sistem <i>decision</i> pola 3 IUU <i>Transshipment</i>	47
Gambar 4. 19 Keluaran sub-sistem <i>decision</i> pola 1 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	48
Gambar 4. 20 Keluaran sub-sistem <i>decision</i> pola 2 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	49
Gambar 4. 21 Keluaran sub-sistem <i>decision</i> pola 3 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	50
Gambar 4. 22 Data Trayektori Validasi Sistem	50
Gambar 4. 23 Keluaran hasil validasi sistem Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>	51
Gambar 4. 24 Keluaran hasil validasi sistem IUU <i>Transshipment</i>	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel Input Sistem Identifikasi Aktivitas IUU <i>Transshipment</i> .....	15
Tabel 3. 2 Variabel Masukan Sub-Sistem <i>Selection</i> .....	19
Tabel 3. 3 Variabel Masukan Sub-sistem <i>Decision</i> .....	23
Tabel 3. 4 Hasil Identifikasi sub-sistem <i>Decision</i> .....	25
Tabel 3. 5 Data Jalur Referensi Kapal .....	27
Tabel 3. 6 Data Kapal 1 Pola Pertama .....	28
Tabel 3. 7 Data Kapal 2 Pola Pertama .....	28
Tabel 3. 8 Data Kapal 1 Pola Kedua .....	29
Tabel 3. 9 Data Kapal 2 Pola Kedua .....	29
Tabel 3. 10 Data Kapal 1 Pola Ketiga.....	30
Tabel 3. 11 Data Kapal 2 Pola Ketiga.....	31
Tabel 4. 1 Data Masukan sub-sistem <i>Selection</i> Pola 1 IUU <i>Transshipment</i> 38	
Tabel 4. 2 Data Masukan sub-sistem <i>Selection</i> Pola 2 IUU <i>Transshipment</i> .....	39
Tabel 4. 3 Data Masukan sub-sistem <i>Selection</i> Pola 3 IUU <i>Transshipment</i> .....	40
Tabel 4. 4 Data Masukan sub-sistem <i>Selection</i> Pola 1 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	41
Tabel 4. 5 Data Masukan sub-sistem <i>Selection</i> Pola 2 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	42
Tabel 4. 6 Data Masukan sub-sistem <i>Selection</i> Pola 3 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	43
Tabel 4. 7 Data Masukan sub-sistem <i>Decision</i> Pola 1 IUU <i>Transshipment</i> .....	44
Tabel 4. 8 Data Masukan sub-sistem <i>Decision</i> Pola 2 IUU <i>Transshipment</i> .....	45
Tabel 4. 9 Data Masukan sub-sistem <i>Decision</i> Pola 3 IUU <i>Transshipment</i> .....	46
Tabel 4. 10 Data Masukan sub-sistem <i>Decision</i> Pola pola 1 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	47
Tabel 4. 11 Data Masukan sub-sistem <i>Decision</i> Pola pola 2 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	48
Tabel 4. 12 Data Masukan sub-sistem <i>Decision</i> Pola 3 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	49
Tabel 4. 13 Data Masukan Validasi Sistem Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	51
Tabel 4. 14 Data Masukan Validasi Sistem Melakukan IUU <i>Transshipment</i> .....	52
Tabel 4. 15 Nilai keluaran sub-sistem anomali dengan beberapa pola .....	53
Tabel 4. 16 Hasil keluaran Sub-sistem <i>Selection</i> .....	54
Tabel 4. 17 Hasil Keluaran Sub-sistem <i>Decision</i> .....	55



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dijuluki sebagai negara maritim, mengingat negara Indonesia dikelilingi oleh ribuan kepulauan terbesar di dunia. Indonesia merupakan negara pantai yang memiliki komponen wilayah yang terdiri dari daratan, lautan dan ruang udara. Dua pertiga dari wilayah tersebut adalah kelautan. Terbentang dari Sabang hingga Merauke, Indonesia memiliki 17.499 pulau dengan luas total wilayah Indonesia sekitar 7,81 juta km<sup>2</sup>. Dari total luas wilayah tersebut, 3,25 juta km<sup>2</sup> adalah lautan dan 2,55 juta km<sup>2</sup> adalah Zona Ekonomi Eksklusif (Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2020).

Wilayah perairan di Indonesia yang luas menyebabkan rawan terjadinya *Illegal Fishing* maupun *Transshipment*. *Transshipment* adalah kegiatan pemindahan hasil pembongkaran tangkapan dari kapal penangkap ke kapal yang berletak jauh dari pelabuhan. Kegiatan *transshipment* sering terjadi di wilayah yurisdiksi atau wilayah yang berada di luar dan berdampingan dengan laut teritorial Indonesia dengan batas terluar adalah 200 mil laut dari garis pangkal ke lebar laut teritorial yang diukur (Kroodsma, 2018). Adapun sanksi yang diberikan oleh Menteri Kelautan dan Perikanan, tahun 2018 tentang pelanggaran penangkapan ikan oleh kapal asing di perairan Indonesia dengan cara menenggelamkan dan membakar kapal pelaku aktivitas *illegal*. *Transshipment* merupakan salah satu modus yang digunakan untuk melakukan pencurian ikan.

Modus IUU *Fishing* maupun *Transshipment* dilakukan dengan adanya perluasan area penangkapan dengan menggunakan alat tangkap yang sudah dilarang, kegiatan tersebut tidak dilaporkan secara akurat atau melakukan pemalsuan data hasil tangkapan, dan hasil tangkapan langsung dipindah ke kapal lain untuk dibawa ke negara asal. Hal tersebut membuat dampak kerugian ekonomi dan ancaman kelestarian sumber daya hasil laut karena adanya eksploitasi di laut perairan Indonesia. Sesuai dengan perkembangan globalisasi di dunia, teknologi

berkembang semakin pesat dan cepat. Adanya kemajuan manfaat dari teknologi bisa dirasakan oleh pengawas maritim untuk mencegah terjadinya *Illegal Fishing dan Transshipment* berbasis data *Automatic Identification System (AIS)* dan *Vessel Monitoring System (VMS)*. Pada tahun 2000, *International Maritime Organization (IMO)* mengeluarkan peraturan bahwa setiap kapal penangkapan ikan wajib memasang AIS yang digunakan oleh pelabuhan untuk mendeteksi keberadaan kapal di sekitar lokasi pelabuhan.

*Automatic Identification System (AIS)* adalah suatu teknologi yang memiliki fungsi untuk membantu pelacakan kapal secara otomatis dalam menjalankan navigasi, menyediakan informasi pelayaran, identifikasi gerakan kapal, identifikasi tujuan dan posisi kapal. (Mundu, Raya A., 2005). Beberapa penelitian mengenai identifikasi IUU telah dilakukan sebelumnya dan terdapat beberapa macam pengembangan rancangan sistem yang digunakan. Tahun 2016, Novia Nurul melakukan perancangan integrasi sistem pengambilan keputusan untuk identifikasi terjadinya IUU *Fishing* dan *Transshipment* berbasis data AIS menggunakan logika fuzzy tipe 1. Hasil rancangan dengan performansi akurasi adalah 75% untuk hasil *illegal fishing* adalah 81,2% dan *illegal transshipment* adalah 83,6%. Penelitian lain dilakukan oleh Chairani Farahdiba, melakukan perancangan integrasi sistem pengambilan keputusan untuk identifikasi terjadinya IUU *Fishing* dan *Transshipment* berbasis data AIS *Adaptive Neuro-Fuzzy Interference System* atau ANFIS. Akurasi untuk *illegal fishing* adalah 89,3% dan *illegal transshipment* adalah 87,4%. Tahun 2017, Aulia Siti Aisjah dkk melakukan perancangan sistem pendukung keputusan IUU *Transshipment* dengan menggunakan metode logika fuzzy dengan akurasi lebih dari 75%. Penelitian lanjutan dilakukan oleh Vedanta Agam, melakukan perancangan pada sistem identifikasi IUU *fishing* dan *transshipment* dengan pengembangan menggunakan logika fuzzy tipe 2 dengan akurasi untuk IUU *fishing* adalah 85,0377% dan IUU *Transshipment* adalah 75,5%.

Pengembangan rancangan sistem diusulkan dalam penelitian ini yaitu penggunaan metode logika fuzzy tipe 2, yang akan digunakan untuk mengembangkan rancangan sistem identifikasi aktivitas *Illegal Transshipment* menggunakan metode Logika Fuzzy tipe 2 saat terjadi anomali data trayektori. Rancangan tersebut dibuat dengan menggunakan bantuan *software* Python untuk



menentukan adanya aktivitas *illegal transshipment* menggunakan variabel posisi 2 kapal (*latitude* dan *longitude*), kecepatan 2 kapal, *heading* 2 kapal, dan perputaran kapal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah pada penelitian sebagai berikut:

- a. Bagaimana logika fuzzy tipe 2 dapat memiliki performansi terbaik untuk sistem identifikasi aktivitas *Illegal, Unregulated, and Unreported* dalam *Transshipment* saat terjadi anomali data trayektori?
- b. Bagaimana pengembangan sistem identifikasi aktivitas *Illegal, Unregulated, and Unreported* dalam *Transshipment* saat terjadi anomali data trayektori dirancang?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisis performansi terbaik sistem identifikasi *Illegal, Unregulated, and Unreported* dalam *Transshipment* saat terjadi anomali data trayektori menggunakan metode logika fuzzy tipe 2.
- b. Untuk merancang dalam pengembangan sistem identifikasi yang digunakan untuk mendeteksi adanya aktivitas *Illegal, Unregulated, and Unreported* dalam *Transshipment* saat terjadi anomali data trayektori menggunakan metode logika fuzzy tipe 2.

## 1.4 Lingkup Kajian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data yang diperoleh dalam identifikasi IUU *Transshipment* berasal dari [marinetraffic.com](http://marinetraffic.com), NASDEC ITS, dan Marine Reliability and Safety Laboratory.
- b. Data yang digunakan diinput secara manual saat simulasi.
- c. Simulasi yang digunakan menggunakan *software Python by google colab*.
- d. Sistem pengembangan rancangan identifikasi menggunakan metode logika *fuzzy* tipe 2.

## 1.5 Sistematika Laporan

Sistematika laporan berisi Gambaran singkat bagaimana struktur penulisan laporan tugas akhir untuk memudahkan pembaca dalam memahami alur laporan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari bab 5, sebagai berikut:

- a. BAB I Pendahuluan: Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika laporan.
- b. BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori: Bab ini menjelaskan mengenai hasil dari penelitian sebelumnya dan teori-teori penunjang yang dibutuhkan dalam penelitian yang akan dilakukan.
- c. BAB III Metodologi Penelitian: Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam pengembangan sistem identifikasi IUU *Transshipment* saat terjadi anomali data trayektori.
- d. BAB IV Hasil dan Pembahasan: Bab ini menjelaskan mengenai hasil pengujian sistem dan hasil validasi dari sistem yang sudah dirancang, serta pembahasan mengenai hasil tersebut.
- e. BAB V Kesimpulan dan Saran: Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dan saran penelitian di kemudian hari.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEOR**

#### **2.1 Kajian Hasil Penelitian Sebelumnya**

Penelitian sebelumnya mengenai identifikasi terjadi IUU Transshipment dilakukan oleh Aulia Siti Aisjah dkk dengan mengembangkan sistem identifikasi menggunakan logika fuzzy. Sistem yang digunakan dirancang dengan 2 sub-sistem secara seri, yaitu sub-sistem *selection* dan *decision*. Hasil simulasi di sistem tersebut mampu menghasilkan akurasi 75% dan sistem yang mampu mengidentifikasi pola pergerakan kapal yang melakukan IUU *Transshipment*. (Aisjah et al., 2017)

Sistem usulan pengembangan sistem pengambilan keputusan berbasis data AIS dilakukan dengan menambahkan data dari radar menggunakan sistem logika fuzzy tipe 2. Identifikasi yang dilakukan adalah dengan adanya penambahan beberapa variabel dari sistem yang dirancang dan dilakukan perubahan fungsi keanggotaan. Hasil nilai akurasi sebesar 83,075% (Situmorang, 2017)

Vedanta Agam melakukan pengembangan sistem logika *fuzzy* tipe 2 untuk identifikasi IUU *Fishing* dan *Transshipment* berbasis data AIS dengan 3 sub-sistem, yaitu selektor, pengambilan keputusan *fishing* dan pengambilan keputusan *transshipment*. Hasil dari sistem identifikasi IUU *Fishing* dan *Transshipment* dengan keluaran akurasi minimal sebesar 75,5% dan maksimal adalah 85,0377% (Agam, 2021).

Beberapa kajian yang telah dituliskan diatas menjadi dasar untuk pengembangan sistem dalam penelitian ini.

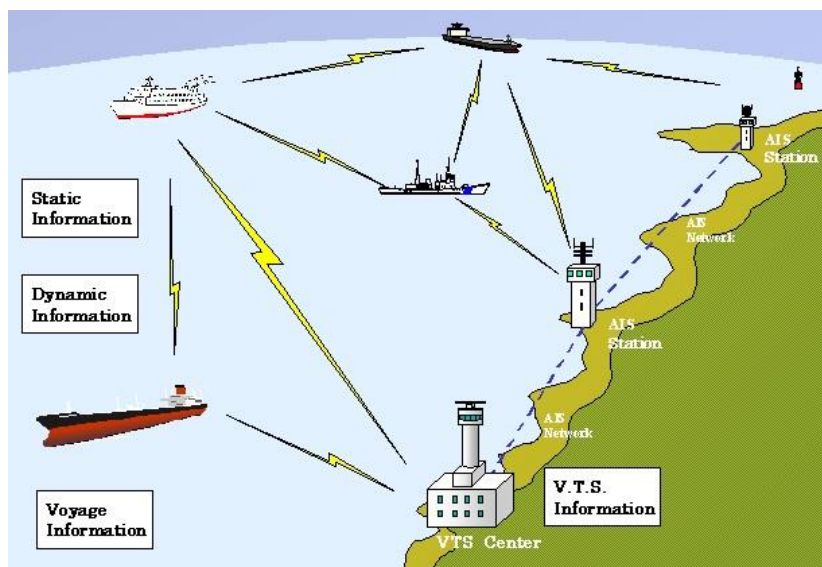
#### **2.2 Automatic Identification System (AIS)**

AIS (*Automatic Identification System*) merupakan sebuah sistem pelacakan otomatis digunakan pada kapal. AIS digunakan untuk pelayanan lalu lintas kapal. *Vessel Traffic Service* (VTS) untuk mengidentifikasi dan menemukan kapal secara elektronik pertukaran data dengan kapal lain di dekatnya. AIS adalah perangkat

*transceiver* yang mampu secara otomatis memancarkan dan menerima data navigasi (ID kapal dan posisi) melalui sinyal radio VHF.

IMO atau *International Maritime Organization* mewajibkan penggunaan AIS pada pelayaran kapal internasional dengan *Gross Tonnage* (GT) mulai 300 GT dan semua alat kapal penumpang tanpa memperhatikan segala ukuran dengan tiap-tiap kapal mengirimkan data AIS dalam jangkauan VHF. (Longépé et al., 2017)

AIS bekerja dengan menggunakan frekuensi sangat tinggi (*Very High Frequency* atau VHF), yaitu antara 156 – 162 MHz. Terdapat 2 jenis, yaitu AIS *Class A* dan AIS *Class B*. AIS yang sesuai dengan standard IMO adalah AIS *Class A* (*IMO Resolution A.917(22)*), yaitu AIS yg menggunakan skema akses komunikasinya menggunakan sistem SO-TDMA (*Self-organized Time Division Multiple Access*). AIS *Class B* menggunakan sistem CS-TDMA (*Carrier-sense Time Division Multiple Access*). Daya pancaran AIS *Class A* sampai dengan 12,5 watt sedangkan AIS *Class B* hanya 2 watt, dan fasilitas lainnya yang dimiliki oleh AIS *Class A* lebih lengkap dibanding dengan AIS *Class B* (IMO,1998).



**Gambar 2.1** Prinsip Kerja AIS (marinegyaan.com)

Jenis AIS *Class A*, menyediakan beberapa informasi terkait dengan perjalanan kapal, yaitu informasi dinamis dan statis. Sebagian besar contoh informasi dinamis yang diberikan adalah berupa data posisi kapal saat kondisi akurasi, posisi *time stamp* saat, *Course Over Ground* (COG), *Speed Over Ground* (SOG), *Heading*, *Navigation Status*, dan *Rate of Turn* (ROT). AIS *class B* hanya

mengirimkan informasi statis setiap 6 menit, yaitu MMSI atau *Maritime Mobile Service Identity*, *Call Sign and Name of Vessel*, *Length and Beam*, and *type of ships*.

Setiap kapal yang berada di wilayah perairan Indonesia diwajibkan memasang dan mengaktifkan *Automatic Identification System* (AIS) sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 77 Tahun 2019 tentang pemasangan dan pengaktifan *Automatic Identification System* (AIS) bagi kapal yang berlayar di wilayah perairan Indonesia. Nahkoda pemegang kapal yang sedang di wilayah perairan Indonesia wajib mengaktifkan dan memberikan informasi AIS yang sesuai. Jika AIS tidak berfungsi, maka nahkoda wajib menyampaikan kepada *Stasiun Vessel Traffic Services* (VTS). AIS mengintegrasikan VHF *transceiver* standar dengan *positioning system* yaitu GPS dengan sensor navigasi elektronik lainnya.

Anomali adalah keadaan kapal yang berlayar keluar dari jalur yang sudah ditentukan. Kapal yang ditentukan adalah kapal yang memiliki jalur paling referensi dan jalur yang sebenarnya dan jalur terpendek dari titik asal ke titik yang akan dituju. Apabila kapal tersebut keluar dari jalur yang sudah ditentukan, maka kapal tersebut diduga terjadi anomali data dan melakukan pelanggaran. Deteksi anomali gerakan kapal dapat digunakan sebagai acuan pada masalah menemukan pola dalam data yang tidak sesuai dengan hal yang ditentukan. Deteksi anomali trayektori dibedakan dengan prosedur pengelompokkan tanpa diekstraksi dengan kombinasi linear dimensi dari fitur geomteris. Data trayektori yang terlihat hanya dapat digunakan untuk mengukur kombinasi linier dari beberapa fitur geometris tertentu dan tidak untuk mencerminkan secara komprehensif pergerakan trayektori kapal. Pengolahan data GPS, trayektori digambarkan secara komprehensif dengan karakteristik yang sesuai. Data yang diolah oleh GPS adalah berupa data tiga dimensi (3D) yang terdiri dari posisi *latitude*, posisi *longitude* dan waktu.

### **2.3 *Illegal, Unregulated, and Unreported* (IUU)**

*Illegal transshipment* adalah pemindahan muatan dari satu kapal ke kapal yang lain terjadi di tengah lautan lepas yang dilakukan secara tidak sah. Peraturan menteri tentang larangan *transshipment* tujuannya mencegah kapal untuk mengirim hasil tangkapan keluar negeri. Larangan kepada kapal dimaksudkan agar kapal-kapal harus bersandar dahulu di pelabuhan Indonesia sebelum melakukan ekspor.

*Illegal transshipment* yang terjadi di perairan Indonesia dilakukan oleh kapal asing dan terjadi di wilayah perairan yang jauh dari pelabuhan tanpa izin negara yang bersangkutan. *Unregulated transshipment* yang terjadi saat ini disebabkan oleh masih kurangnya mekanisme dalam pencatatan data hasil tangkapan yang dilakukan. *Unregulated transshipment* tidak diatur wilayah-wilayah perairan mana saja yang diperbolehkan maupun dilarang, dan kegiatan transshipment tidak diatur secara tertulis. *Unreported transshipment* adalah kegiatan yang tidak melaporkan hasil penangkapan yang sesungguhnya atau adanya pemalsuan data pada hasil tangkapan dan pada umumnya hasil tangkapan tersebut dibawa ke negara lain.

Besarnya potensi kerugian negara yang diakibatkan oleh IUU fishing di wilayah perairan Indonesia membuat pemerintah terus menghentikan aktivitas tersebut. Indonesia sebagai negara yang secara aktif memperjuangkan pengembangan hukum internasional dalam UNCLOS 1982. Beberapa ketentuan pelaksanaannya secara yuridis memiliki konsekuensi untuk meratifikasi UNIA 1995 sebagai salah satu pelaksanaan UNCLOS 1982. Regulasi tersebut yang telah diratifikasi Indonesia melalui Undang-Undang Nomor 17 Tahun 1985 tentang Pengesahan Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut Tahun 1982 (*Regional Fisheries Management Organization/ RFMOs*).

*Transshipment* memungkinkan kapal penangkap ikan untuk berspesialisasi pada produksi, meningkatkan efisiensinya dan mengurangi biaya bahan bakar yang terkait dengan pemindahan produk ikan ke pasar. Ekspansi asing ini diperkirakan mencapai 4,6 juta ton per tahun, dengan 3,1 di antaranya berasal dari perairan negara-negara Afrika. Upaya signifikan telah dilakukan oleh pemerintah Indonesia untuk mengurangi IUU fishing di perairan nasional. *Indian Ocean Tuna Commission (IOTC)* dan *Western and Central Pacific Fisheries Commission (WCPFC)* telah mengembangkan program Regional Observer untuk mencegah pencucian ikan, dan untuk meminimalkan pelaporan hasil tangkapan yang menyimpang melalui *transshipment* di laut, serta mendukung upaya pencegahan dan penghapusan kegiatan IUU *transshipment* di wilayah pengelolaannya.

Informasi tentang perbedaan jarak antara dua kapal adalah 500 - 800 m dikategorikan sebagai jarak waspada. Kondisi tersebut kemungkinan besar diduga akan melakukan *illegal transshipment*. Perbedaan *heading* digunakan untuk

menghasilkan keputusan apakah kemungkinan kedua kapal akan saling berdekatan atau tidak. Deteksi pola gerak kapal dalam kegiatan *illegal transshipment* didasarkan pada pola gerak peraturan COLREGS untuk anti tubrukan. Kapal yang berlayar secara berdekatan akan memiliki pola gerak yang sesuai dengan COLREGS, kecuali kapal tersebut akan melakukan kegiatan *illegal transshipment*. Ketentuan COLREGS menjadi dasar untuk mengidentifikasi kerugian terjadinya *transshipment*. Gerakan yang diduga melakukan *transshipment* dibagi dalam 3 pola sesuai dengan COLREGS.



**Gambar 2. 2** Ilustrasi pelaku *Illegal Transshipment*  
(Sumber: <https://www.drycargomag.com/floating-cranes-and-transshipment-easing-the-logistics-bottleneck>).

Cara yang digunakan untuk mengurangi dampak dari *Illegal Transshipment* yang dilakukan oleh oknum-oknum tertentu adalah dengan mengamati perangkat yang dapat memantau pergerakan kapal, yaitu *Automatic Identification System* (AIS) dan *Vessel Monitoring System* (VMS).

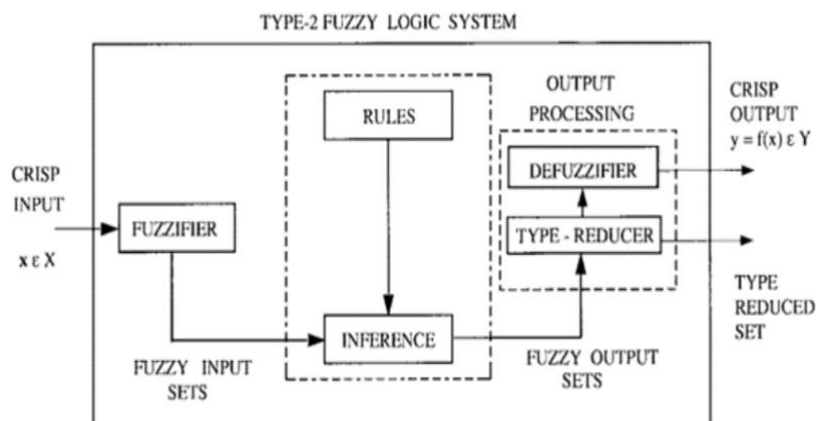
#### 2.4 Sistem Logika Fuzzy Tipe 2

Sistem Logika *Fuzzy* adalah logika yang memiliki beberapa nilai yang memungkinkan untuk mendefinisikan dua logika yang berbeda. Untuk melakukan metode fuzzy dibagi menjadi 4 tahapan yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*, penentuan rules, *fuzzifikasi* dan *defuzzifikasi*. Langkah awal yang dilakukan adalah

menentukan variabel *fuzzy* dan himpunan *fuzzy* serta derajat keanggotaan. Kemudian, menentukan aturan atau *rules* yang terdiri dari beberapa aturan basis. *Defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy*.

Teori himpunan *fuzzy* adalah peluasan dari teori logika Boolean yang menyatakan tingkat angka 1 atau 0 atau pernyataan benar atau salah, kemudian untuk teori logika *fuzzy* memiliki tingkatan nilai 1 (satu) dan 0 (nol), dimana 1 (satu) merupakan suatu item untuk menjadi anggota dalam suatu himpunan dan 0 (nol) merupakan suatu item yang tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan. Pada teori himpunan *crisp* suatu variabel dikatakan memiliki dua kemungkinan. Anggota himpunan *crisp* memiliki dua atribut yaitu Linguistik dan Numeris. Untuk *Linguistik* adalah penamaan suatu grup yang memiliki suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami dan *Numeris* adalah suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

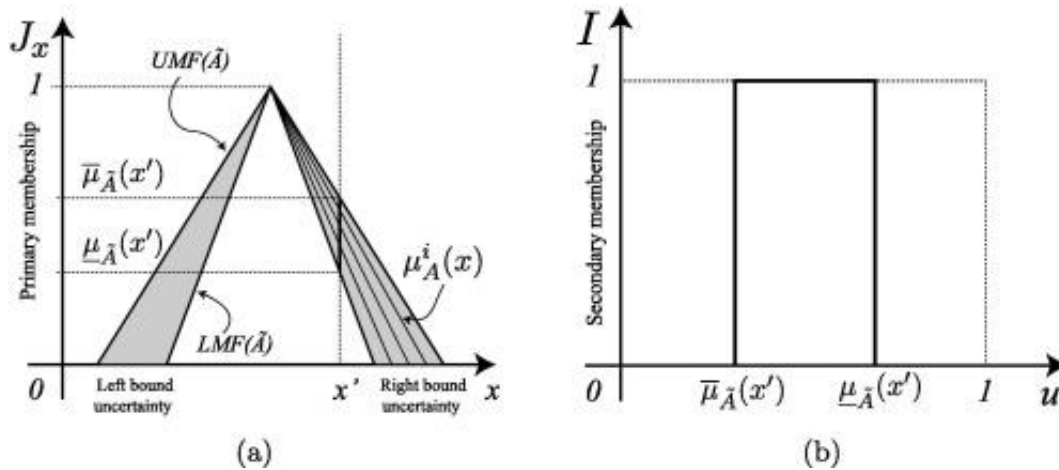
Pada tugas akhir ini, penelitian akan dilakukan dengan menggunakan sistem logika *fuzzy* tipe 2 yang merupakan pengembangan oleh sistem logika fuzzy tipe 1. *Fuzzy* tipe 2 tidak berbeda dengan tipe 1, dimana sistem logika *fuzzy* tipe 2 terdiri dari *fuzzifikasi* dan inferensi *fuzzy*, dan *defuzzifikasi*. Sistem logika *fuzzy* tipe 2 menghasilkan nilai tegas yang disifati oleh aturan *IF-THEN*, tetapi himpunan keanggotaan *antecedent* dan atau *consequency* adalah bertipe 2 (Karnik, 1999).



**Gambar 2. 3** Prinsip Kerja Logika Fuzzy Tipe 2 (Al-Khazraji, 2011)



Himpunan keanggotaan fuzzy tipe 2 memiliki daerah yang disebut sebagai "*Foot of Uncertainty*" atau FOU. FOU merupakan bentukkan di antara *membership function* tipe 1. Bagian dari *membership* yang dipisahkan oleh FOU dibagi menjadi 2, yaitu *Upper Membership Function* (UMF) yang membatasi *membership function* tipe 1 dengan bagian atas dari *membership function* tipe 2 dan *Lower Membership Function* (LMF) yang membatasi bagian bawah.

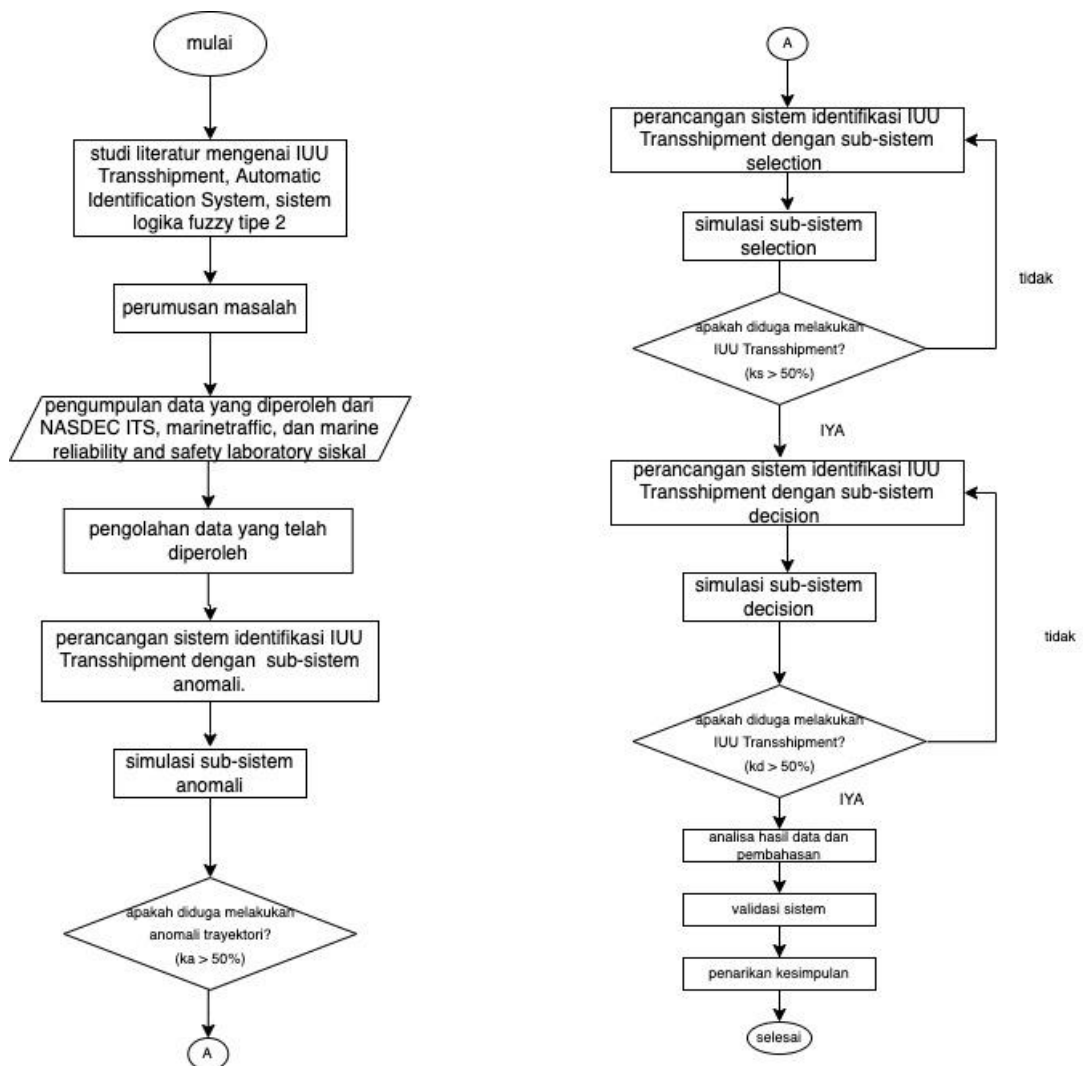


**Gambar 2. 4** *Membership Function Fuzzy Tipe-2* (Bay, 2014)

*Halaman sengaja dikosongkan*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III Metodologi penelitian berisi tahapan-tahapan dalam pengerjaan tugas akhir, yaitu studi literatur, perumusan masalah, pengumpulan data, pengolahan data, perancangan sistem identifikasi, simulasi perancangan sistem identifikasi, analisa hasil data dan pembahasan, kesimpulan dan penyusunan laporan tugas akhir. Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian yang digunakan untuk mempermudah dalam memahami alur penelitian.



**Gambar 3. 1** Diagram Alir Penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggali informasi mengenai *Illegal, Unregulated, and Unreported* (IUU), *Automatic Identification System* (AIS), dan sistem logika *fuzzy* yang digunakan dalam perancangan pengembangan sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* untuk menjadi awal dari pemahaman mengenai topik yang dibahas. Studi literatur merupakan acuan teori dasar yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dan menunjang penelitian yang akan dilakukan. Adapun sumber studi literatur yang dapat diakses melalui artikel resmi, penelitian-penelitian sebelumnya, buku, dan penunjang lainnya.

### 3.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan diangkat dilakukan dengan membaca penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik *Illegal, Unregulated and Unreported Transshipment* melalui website resmi dan penelitian-penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan dengan melihat adanya pergerakan pada 2 kapal yang menjadi tersangka pelaku IUU *Transshipment* dengan melakukan perancangan sistem untuk mendeteksi dengan menggunakan sistem logika *Fuzzy* tipe 2.

### 3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada laut Arafura. Data AIS yang digunakan diperoleh dari [marinetraffic.com](http://marinetraffic.com), NASDEC ITS, dan *Marine Reliability and Safety Laboratory* sebagai untuk menentukan trayektori kapal. Data yang diperoleh untuk mengidentifikasi adanya aktivitas IUU *Transshipment* adalah variabel posisi 2 kapal (*latitude* dan *longitude*), kecepatan 2 kapal, heading 2 kapal, dan perputaran kapal.

### 3.4 Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang dilakukan untuk mengetahui apakah data yang digunakan merupakan data yang sesuai dengan hasil data setelah validasi untuk mendeteksi adanya aktivitas IUU *Transshipment* dengan menggunakan 7 variabel, yaitu variabel posisi 2 kapal (*latitude* dan *longitude*), kecepatan 2 kapal, heading 2 kapal, dan perputaran kapal.

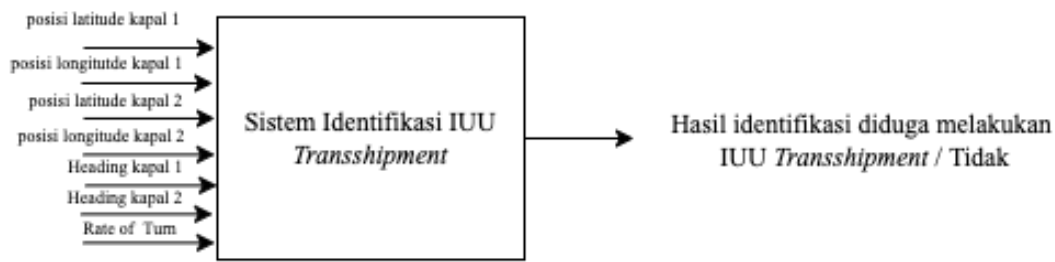
### 3.5 Perancangan Sistem Identifikasi Aktivitas IUU *Transshipment*

Pada tahap ini sistem akan dirancangan dengan menggunakan *software* Python dengan metode *Fuzzy Logic* tipe 2 melalui pembagian menjadi 3 sub-sistem yaitu anomali, *fuzzy selection* dan *fuzzy decision*. *Fuzzy selection* terdiri dari masukan data AIS yang diperoleh dari 2 kapal berupa jarak 2 kapal, *heading* 2 kapal dan *rate of turn* 2 kapal yang berisi *rules* untuk mengidentifikasi kapal yang melakukan aktivitas IUU *Transshipment*. Keluaran yang dihasilkan oleh *fuzzy selection*, digunakan untuk masukan pada *fuzzy decision* untuk menentukan 2 kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak. Sesuai dengan pengambilan data untuk sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* terdapat beberapa masukan variable, yaitu berupa variabel posisi 2 kapal (*latitude* dan *longitude*), kecepatan 2 kapal, *heading* 2 kapal, dan perputaran kapal. Variable input untuk sistem identifikasi dibagi menjadi 7 variabel sesuai dengan variabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1** Variabel Input Sistem Identifikasi Aktivitas IUU *Transshipment*

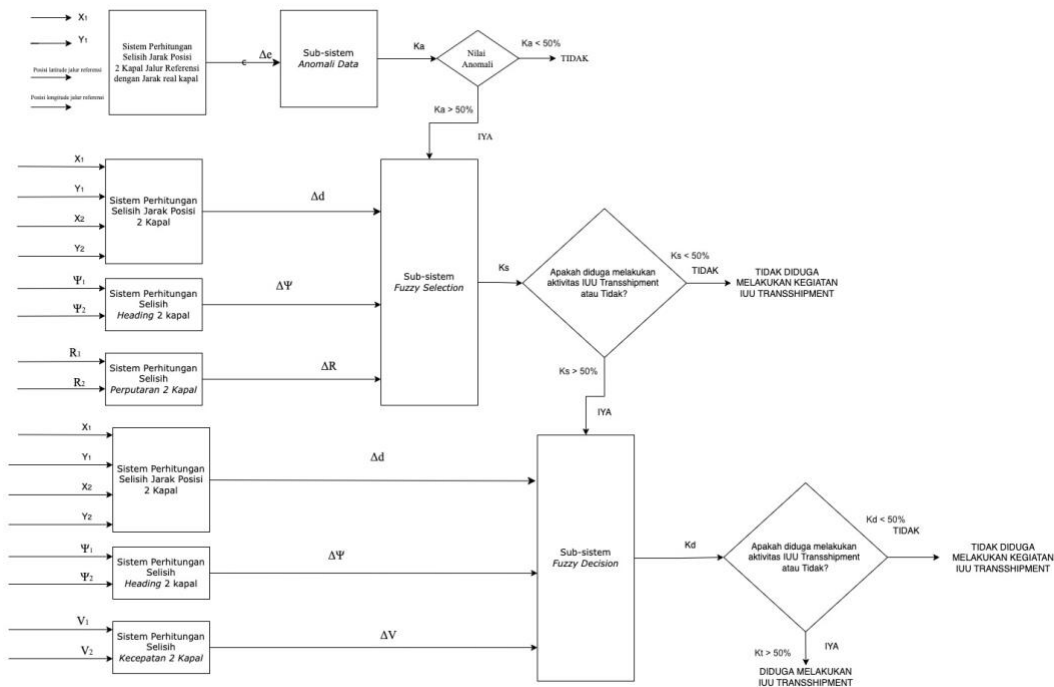
Variabel	Notasi	Satuan
Posisi <i>latitude</i> kapal 1	x1	<i>Degree</i>
Posisi <i>longitude</i> kapal 1	y1	<i>Degree</i>
Posisi <i>latitude</i> kapal 2	x2	<i>Degree</i>
Posisi <i>longitude</i> kapal 2	y2	<i>Degree</i>
<i>Heading</i> kapal 1	$\Psi_1$	<i>Degree</i>
<i>Heading</i> kapal 2	$\Psi_2$	<i>Degree</i>
Kecepatan kapal 1	v1	knot
Kecepatan kapal 2	v2	knot
<i>Rate of Turn</i>	r	deg/min

Sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* yang dilakukan menggunakan Logika Fuzzy tipe 2. Diagram blok konsep sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3. 2** Diagram Blok Konsep Sistem Identifikasi Aktivitas IUU *Transshipment*

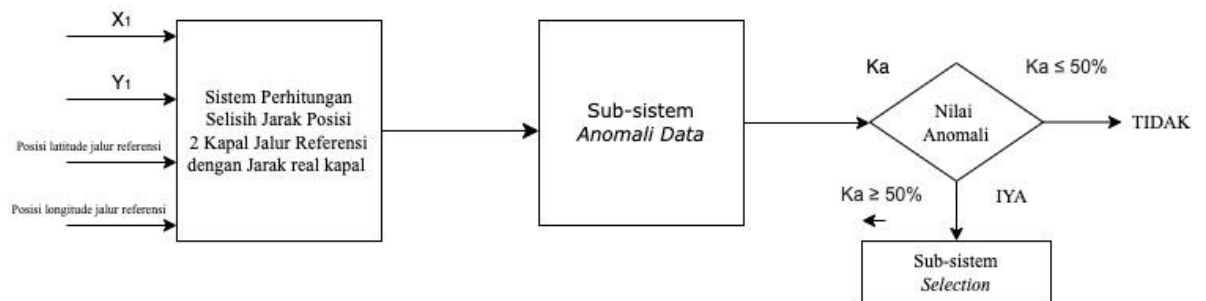
Berdasarkan Gambar 3.2 dapat diketahui bahwa sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* dirancang dengan adanya pengembangan sistem identifikasi. Sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* ditinjau dengan 7 masukan, yaitu posisi 2 kapal (*latitude* dan *longitude*), kecepatan 2 kapal, dan *heading* 2 kapal dan perputaran kapal. Sedangkan data AIS yang digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan kapal melakukan aktivitas IUU *Transshipment* dengan variable perubahan jarak kapal, perputaran kapal, selisih *heading*, selisih kecepatan kapal. Diagram blok detail rancangan sistem identifikasi IUU *Transshipment* saat terjadi anomali data ditunjukkan pada Gambar 3.3.



**Gambar 3. 3** Diagram Blok Sistem Identifikasi IUU *Transshipment* saat Terjadi Anomali Data.

### 3.5.1 Perancangan Sub-sistem Anomali

Perancangan sub-sistem anomali data digunakan untuk mengidentifikasi kapal mana saja berada di jalur yang sudah ditentukan. Anomali adalah keadaan kapal yang berlayar keluar dari jalur yang sudah ditentukan. Kapal yang ditentukan adalah kapal yang memiliki jalur paling referensi dan jalur yang sebenarnya dan jalur terpendek dari titik asal ke titik yang akan dituju. Apabila kapal tersebut keluar dari jalur yang sudah ditentukan, maka kapal tersebut diduga terjadi anomali data dan melakukan pelanggaran. Sub-sistem anomali data ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Blok Sub-sistem Anomali

Berdasarkan Gambar 3.4, selisih posisi jarak kapal dengan posisi saat kapal berada di jalur sebenarnya merupakan data masukan untuk sub-sistem anomali. Kemudian, data yang telah diperoleh dihitung terlebih dahulu sebelum menjadi masukan sub-sistem *selection*. Data yang digunakan untuk sub-sistem anomali merupakan sebuah dataset yang berisi data masukan dan data target yang digunakan untuk sub-sistem anomali adalah berupa selisih posisi jarak real kapal dengan posisi jalur referensi ( $x$ ). Untuk sub-sistem anomali dibagi menjadi dua kategori, yaitu kecil dan besar dari variabel selisih posisi jarak real kapal dengan posisi jalur referensi. Untuk kategori kecil memiliki rentang nilai 90 s/d 200 dan kategori besar memiliki rentang nilai 500 s/d 1000.

Variabel masukan sub-sistem anomali didapatkan berdasarkan perhitungan dari nilai *latitude* dan *longitude* kapal pada jalur real dan jalur referensi seperti Gambar 3.4 dengan satuan meter, maka digunakan rumus Haversine dengan persamaan (3.1)

$$\begin{aligned}
& a \\
& = \sin^2\left(\frac{X1\left(\frac{\pi}{180}\right) - Xreff\left(\frac{\pi}{180}\right)}{2}\right) \\
& + \cos\left(Xreff\left(\frac{\pi}{180}\right)\right) \cdot \cos\left(X1\left(\frac{\pi}{180}\right)\right) \sin^2\left(\frac{Y1\left(\frac{\pi}{180}\right) - Yreff\left(\frac{\pi}{180}\right)}{2}\right)
\end{aligned} \tag{3.1}$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$x = R \cdot c$$

Dengan:

Xreff : Posisi *latitude* jalur referensi ( $^{\circ}$ )

Yreff : Posisi *longitude* jalur referensi ( $^{\circ}$ )

X1 : Posisi *latitude* kapal ( $^{\circ}$ )

Y1 : Posisi *longitude* kapal ( $^{\circ}$ )

R : Rata-rata radius bumi (6.731.000 meter)

x : Selisih posisi jarak *real* kapal dengan posisi jalur referensi (meter)

Data target untuk sub-sistem ini merupakan keputusan kapal mana saja yang berlayar keluar dari garis jalur yang sudah ditentukan. Bernilai kurang dari 50% dengan nilai keputusan anomali adalah NoAnomaly jika kapal tidak berlayar pada jalur yang sudah ditentukan dan bernilai lebih dari 50% dengan nilai keputusan anomali adalah YesAnomaly jika kapal berlayar keluar dari garis jalur yang sudah ditentukan. Berikut merupakan *rule-base* yang dijadikan acuan untuk menentukan target sub-sistem anomali:

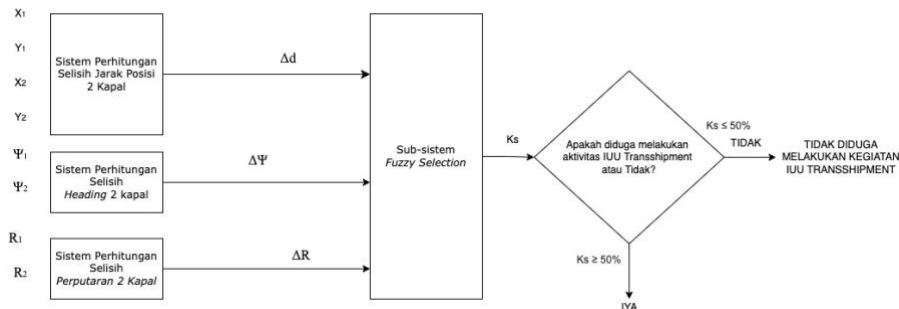
1. IF (x is kecil) THEN (keluaran is NoAnomaly)
2. IF (x is besar) THEN (keluaran is YesAnomaly)

### 3.5.2 Perancangan Sub-sistem *Selection*

Data yang digunakan untuk training sub-sistem *selection* adalah dataset masukan dan target yang digunakan untuk sub-sistem *selection*. Sub-sistem ini akan mensortir dua buah kapal berdasarkan data masukannya yaitu selisih jarak posisi, selisih *heading* dan selisih perputaran. Kemudian, masukan tersebut masuk ke dalam sub-sistem *selection* dan menghasilkan nilai dugaan apakah melakukan IUU



*Transshipment* atau tidak dengan nilai kurang dari 50% maka diduga tidak melakukan IUU *Transshipment*, jika lebih dari 50% maka diduga melakukan IUU *Transshipment* dengan Gambar diagram blok sub-sistem *selection* dapat dilihat pada Gambar. 3.5.



Gambar 3. 5 Diagram Blok Sub-sistem *Selection*

Pada sub-bab sebelumnya, sub-sistem anomali memiliki beberapa variabel masukan berupa selisih jarak kapal pada jalur referensi dan jalur real kapal. Data masukan sub-sistem *selection* dibagi menjadi beberapa kategori seperti pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2** Variabel Masukan Sub-Sistem *Selection*

no.	Variabel	Satuan	Kategori	Rentang Nilai
1	Jarak Dua Kapal (d)	Meter	Near	[0, 5, 13, 22, 1.]
				[5, 5,5, 10,5, 17, 1.]
			Far	[34, 43, 53, 55, 1.]
				[39, 42, 49, 50, 1.]
2	Selisih Heading ( $\Delta\Psi$ )	Degree	Overtake	[-6, -5, 5, 6,1.]
				[-3, 0, 3, 4, 0,8]
			Crossing	[6, 7, 173, 174, 1.]
				[9, 10, 170, 171, 0,8]
			Head On	[174, 175, 185, 186, 1.]
				[175, 177, 180, 183, 0,8]
3	Selisih Rate of turn ( $\Delta r$ )	deg/min	Kecil	[0, 3, 4,5, 5,5, 1.]
				[0, 0,2, 0,6, 0,8, 1.]
			Besar	[5.5, 6,5, 18, 20, 1.]
				[2,5, 3, 12, 15, 1.]

Data masukan jarak dua kapal dibagi menjadi 2 kategori, yaitu: *Near* (0 s/d 22) dan *Far* (34 s/d 55) dengan satuan meter. Variabel selisih *heading* 2 kapal dibagi menjadi 3 kategori, yaitu *overtake* (-6 s/d 6), *crossing* (6 s/d 174), dan *head*

on (174 s/d 186) dalam satuan *degree*, dan variabel selisih *rate of turn* dibagi menjadi 2 kategori, yaitu kecil (0 s/d 5,5) dan besar (5,5 s/d 20). Gambar 3.6 menunjukkan variabel jarak dua kapal didapatkan berdasarkan perhitungan dari posisi *latitude* dan *longitude* kapal dalam satuan *degree*. Variabel tersebut dihitung dengan menggunakan rumus Haversine untuk mendapatkan variabel jarak dua kapal dalam satuan meter, ditunjukkan persamaan (3.2)

$$a = \sin^2\left(\frac{X2\left(\frac{\pi}{180}\right) - X1\left(\frac{\pi}{180}\right)}{2}\right) + \cos\left(X2\left(\frac{\pi}{180}\right)\right) \cdot \cos\left(X1\left(\frac{\pi}{180}\right)\right) \sin^2\left(\frac{Y2\left(\frac{\pi}{180}\right) - Y1\left(\frac{\pi}{180}\right)}{2}\right) \quad (3.2)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$x = R \cdot c$$

Dengan:

- X1 : Posisi *latitude* kapal 1 (°)
- X2 : Posisi *latitude* kapal 2 (°)
- Y1 : Posisi *longitude* kapal 1 (°)
- Y2 : Posisi *longitude* kapal 2 (°)
- d : Jarak antara 2 kapal (meter)
- R : Rata-rata radius bumi (6.731.000 meter)

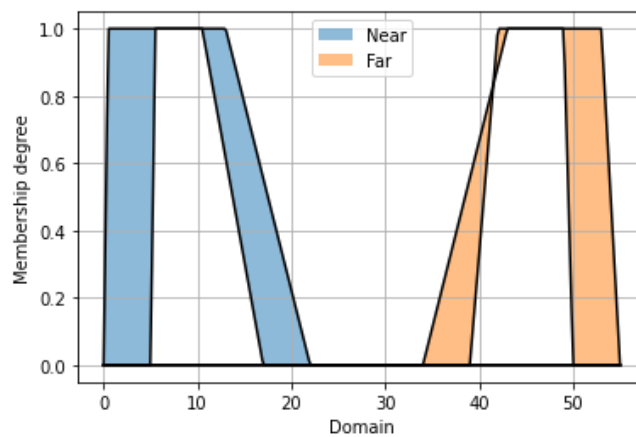
Variabel masukan selisih heading digunakan untuk mengetahui arah dari dua kapal, sehingga dapat diketahui jika kedua kapal tersebut melakukan IJU *transshipment* atau tidak. Variabel masukan ini dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: *Overtake*, *Crossing*, dan *Head On*. Variabel masukan selisih heading antara dua kapal dihitung menggunakan persamaan (3.3)

$$\Delta\Psi = \Psi_2 - \Psi_1 \quad (3.3)$$

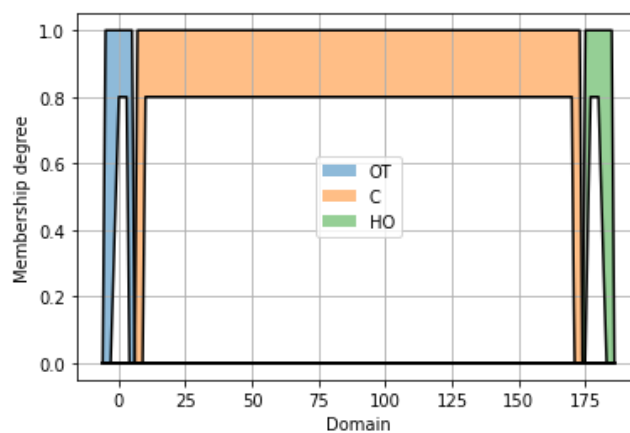
Dengan:

- $\Delta\Psi$  : Selisih *heading* kapal (°)
- $\Psi_1$  : *Heading* kapal 1 (°)
- $\Psi_2$  : *Heading* kapal 2 (°)

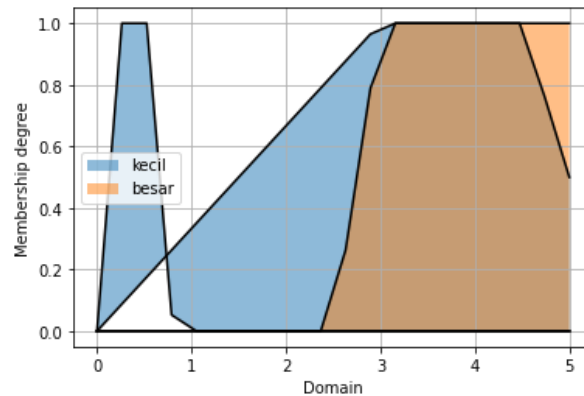
Sub-sistem *selection* dirancang menggunakan logika *fuzzy* tipe-2. Tipe ini digunakan karena *fuzzy* type-2 memiliki kemampuan yang lebih baik untuk pemodelan saat mengambil keputusan. Model *fuzzy* ini digunakan untuk merancang masukan dan keluaran numerik dan menentukan fungsi keanggotaan logika *fuzzy* tipe 2, menentukan rule-base fuzzifikasi, interferensi *fuzzy*, serta defuzzifikasi antar input dan output logika *fuzzy*. Fungsi keanggotaan dari *fuzzy* type-2 memiliki daerah yang disebut LMF atau *Lower Membership Function* dan UMF atau *Upper Membership Function*. Fungsi keanggotaan variabel masukan dari sub-sistem *selection* dapat dilihat pada Gambar 3.6 untuk fungsi keanggotaan selisih posisi jarak 2 kapal. Gambar 3.7 menunjukkan fungsi keanggotaan selisih *heading* 2 kapal, dan Gambar 3.8 menunjukkan fungsi keanggotaan selisih *rate of turn* 2 kapal.



**Gambar 3. 6** Fungsi Keanggotaan Selisih posisi jarak 2 Kapal



**Gambar 3. 7** Fungsi Keanggotaan Selisih *Heading* 2 Kapal



**Gambar 3.8** Fungsi Keanggotaan Selisih *Rate of Turn 2* kapal

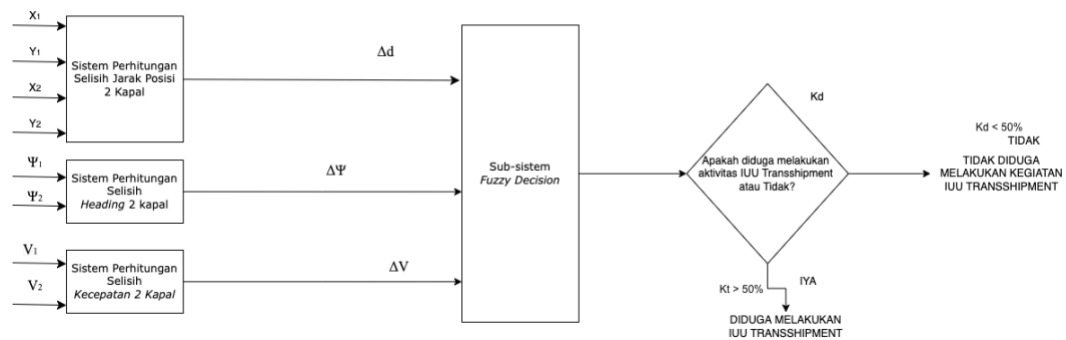
Data target untuk sub-sistem *selection* merupakan sebuah keputusan kapal yang melakukan IUU *Transshipment*. Keluaran bernilai kurang dari 50% dan lebih dari 50%. Nilai kurang dari 50% jika kapal menunjukkan tidak melakukan IUU *Transshipment*, jika bernilai lebih dari 50%, maka kapal terindikasi melakukan IUU *Transshipment*. Berikut merupakan *rule-base* yang dijadikan acuan untuk menentukan target sub-sistem *selection*:

1. IF (d is *near*) , (head is OT) AND ( r is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
2. IF (d is *near*) , (head is OT) AND ( r is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
3. IF (d is *near*) , (head is C) AND ( r is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
4. IF (d is *near*) , (head is C) AND ( r is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
5. IF (d is *near*) , (head is HO) AND ( r is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
6. IF (d is *near*) , (head is HO) AND ( r is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
7. IF (d is *far*) , (head is OT) AND ( r is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
8. IF (d is *far*) , (head is OT) AND ( r is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
9. IF (d is *far*) , (head is C) AND ( r is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
10. IF (d is *far*) , (head is C) AND ( r is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
11. IF (d is *far*) , (head is HO) AND ( r is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
12. IF (d is *far*) , (head is HO) AND ( r is besar) THEN (keluaran is NoTrans)

### 3.5.3 Perancangan Sub-sistem *Decision*

Sub-sistem *decision* berfungsi untuk mengidentifikasi kapal mana saja yang diduga melakukan IUU *Transshipment*. Sub-sistem ini akan mengidentifikasi lebih lanjut hasil dari keluaran sub-sistem *selection* dengan masukan selisih jarak posisi

dua kapal, selisih heading dua kapal dan selisih kecepatan dua kapal. Beberapa masukan tersebut menjadi masukan untuk sub-sistem *decision*, keluaran sistem adalah keputusan apakah kapal tersebut diduga melakukan IUU *Transshipment* atau tidak seperti pada diagram blok sub-sistem *decision* terlihat pada Gambar 3.9.



**Gambar 3. 9** Diagram Blok Sub-sistem *Decision*

Gambar 3.9 menunjukkan variabel masukan untuk sub-sistem *decision* berupa selisih posisi jarak dua kapal ( $d$ ), selisih *heading* ( $\Delta\Psi$ ), dan selisih kecepatan 2 dua kapal ( $\Delta V$ ). Data masukan sub-sistem ini dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu *near* dan *far* dengan satuan meter, *overtake*, *crossing* dan *head on* dengan satuan *degree*, dan kecil dan besar dengan satuan knot. Variabel masukan sub-sistem *decision* dapat dilihat pada Tabel 3.3

**Tabel 3. 3** Variabel Masukan Sub-sistem *Decision*

no.	Variabel	Satuan	Kategori	Rentang Nilai
1	Selisih posisi jarak dua Kapal ( $d$ )	<i>Meter</i>	<i>Near</i>	[0, 0.5, 13, 22, 1]
				[5, 5.5, 10.5, 17, 1]
			<i>Far</i>	[34, 43, 53, 55, 1]
				[39, 40, 49, 50, 1]
2	Selisih <i>Heading</i> ( $\Delta\Psi$ )	<i>Degree</i>	<i>Overtake</i>	[-6, -5, 5, 6, 1]
				[-3, 0, 3, 4, 1]
			<i>Crossing</i>	[6, 7, 173, 174, 1]
				[9, 10, 170, 171, 1]
			<i>Head On</i>	[174, 175, 185, 186,1]
				[150, 155, 160, 165, 1]
3	Selisih Kecepatan ( $\Delta V$ )	<i>knot</i>	Kecil	[0, 0.01, 0.3, 0.5, 1]
				[0.2, 0.21, 0.3, 1]
			Besar	[0.35, 4.5, 4.99, 5, 1]
				[0.55, 4.7, 4.71, 1]

Pada langkah sub-sistem *decision* masukan yang digunakan akan diolah melalui standarisasi. Berdasarkan Gambar diagram alir sub-sistem *decision*, dapat dilihat bahwa selisih kecepatan 2 kapal diperoleh dari nilai kecepatan 2 kapal, yaitu kapal 1 dan kapal 2 dengan menggunakan rumus:

$$\Delta V = V2 - V1 \quad (3.4)$$

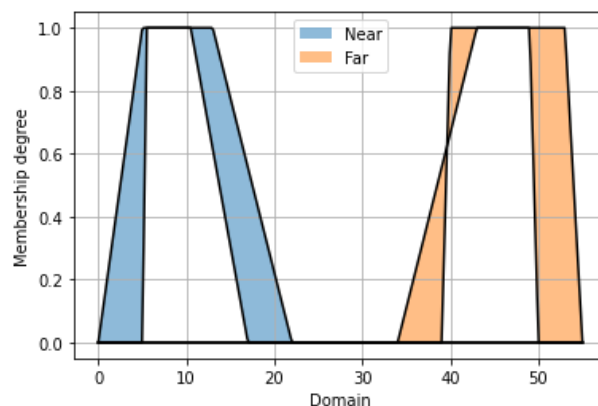
Dengan:

$\Delta V$  : Selisih kecepatan kapal (knot)

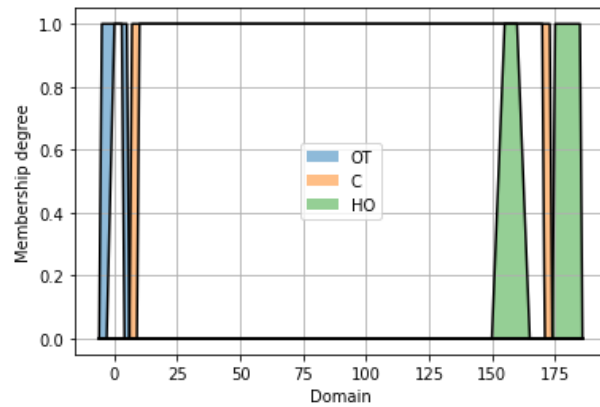
$V1$  : Kecepatan kapal 1 (knot)

$V2$  : Kecepatan kapal 2 (knot)

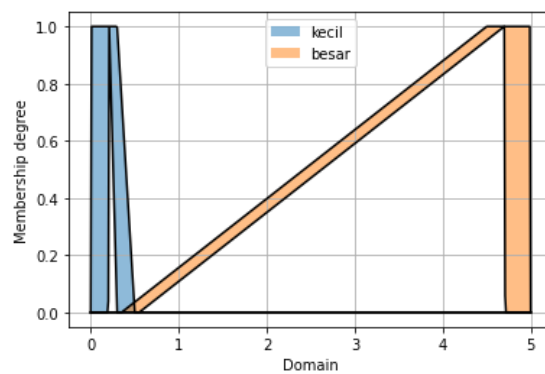
Sub-sistem *selection* dirancang menggunakan logika *fuzzy* tipe-2. Tipe ini digunakan karena *fuzzy* type-2 memiliki kemampuan yang lebih baik untuk pemodelan saat mengambil keputusan. Model *fuzzy* ini digunakan untuk merancang masukan dan keluaran numerik dan menentukan fungsi keanggotaan logika *fuzzy*, menentukan rule-basem fuzzifikasi, interferensi *fuzzy*, serta defuzzifikasi antar input dan output logika *fuzzy*. Fungsi keanggotaan dari *fuzzy* type-2 memiliki daerah yang disebut LMF atau *Lower Membership Function* dan UMF atau *Upper Membership Function*. Fungsi keanggotaan selisih posisi jarak 2 kapal dapat dilihat pada Gambar 3.10, fungsi keanggotaan selisih *heading* 2 kapal dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan fungsi keanggotaan selisih *rate of turn* 2 kapal dapat dilihat pada Gambar 3.12.



**Gambar 3. 10** Fungsi Keanggotaan Selisih posisi jarak 2 kapal



**Gambar 3. 11** Fungsi Keanggotaan Selisih *Heading* 2 Kapal



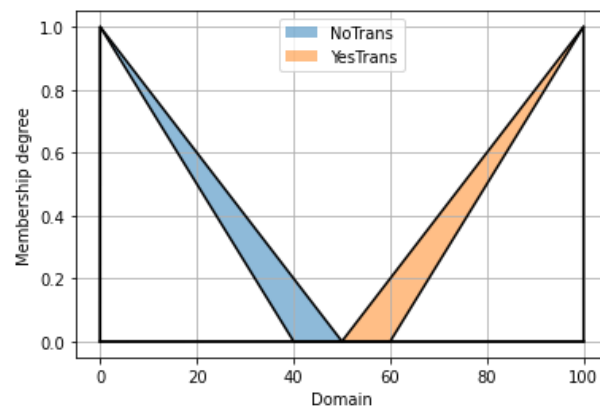
**Gambar 3. 12** Fungsi Keanggotaan Selisih Kecepatan 2 kapal

Keluaran untuk sub-sistem *decision* merupakan sebuah hasil keputusan kapal yang tergolong melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Nilai keputusan jika kurang dari 50%, maka menunjukkan kapal tidak diduga melakukan IUU *Transshipment*. Sedangkan, nilai keputusan lebih dari 50% menunjukkan bahwa kapal diduga melakukan IUU *Transshipment*. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah dibahas bahwa sistem identifikasi IUU *Transshipment* memiliki rentang dan dinyatakan bahwa jika 2 kapal memiliki selisih kecepatan yang kecil, maka 2 kapal diduga melakukan tindakan IUU *Transshipment*. (Masroeri & Fatmawati, 2018). Hasil keluaran identifikasi sub-sistem *decision* dapat dilihat pada Tabel 3.4

**Tabel 3. 4** Hasil Identifikasi sub-sistem *Decision*

Variabel	Himpunan Keanggotaan	Fungsi Keanggotaan	Domain
Hasil identifikasi	NoTrans	<i>Triangular UMF</i>	[0, 0.01, 50, 1]
		<i>Triangular LMF</i>	[0, 0.01, 40, 1]
	YesTrans	<i>Triangular UMF</i>	[50, 99.99, 100, 1]
		<i>Triangular LMF</i>	[60, 99.99, 99, 1]

Fungsi keanggotaan variabel keluaran sub-sistem *decision* dibagi menjadi 2, yaitu YesTrans yang mengatakan kapal melakukan tindakan IUU *Transshipment* dan NoTrans yang mengatakan bahwa kapal tidak melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Berdasarkan Gambar 3.9 Diagram blok sub-sistem *decision*, jika nilai keluaran  $< 50\%$ , maka kapal tidak melakukan IUU *Transshipment*, jika nilai keluaran  $> 50\%$ , maka kapal diduga melakukan IUU *Transshipment*. Fungsi keanggotaan hasil keluaran sub-sistem *decision* dapat dilihat pada Gambar 3.13.



**Gambar 3. 13** Fungsi Keanggotaan *Output* sub-sistem *Decision*

Penentuan nilai output dibawah ini oleh rule-base sistem logika fuzzy tipe 2 yang telah dirancang dipenelitian sebelumnya (Fatmawati, 2018). Berikut ini adalah rule-base sistem yang digunakan:

1. IF (d is *near*) , (head is OT) AND ( V is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
2. IF (d is *near*) , (head is OT) AND (V is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
3. IF (d is *near*) , (head is C) AND ( V is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
4. IF (d is *near*) , (head is C) AND (V is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
5. IF (d is *near*) , (head is HO) AND ( V is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
6. IF (d is *near*) , (head is HO) AND (V is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
7. IF (d is *far*) , (head is OT) AND ( V is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
8. IF (d is *far*) , (head is OT) AND (V is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
9. IF (d is *far*) , (head is C) AND ( V is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
10. IF (d is *far*) , (head is C) AND (V is besar) THEN (keluaran is NoTrans)
11. IF (d is *far*) , (head is HO) AND ( V is kecil) THEN (keluaran is YesTrans)
12. IF (d is *far*) , (head is HO) AND (V is besar) THEN (keluaran is NoTrans)



Proses interferensi *fuzzy* untuk proses komputasi dilakukan dengan menggunakan *rules* IF-THEN. Algoritma reduksi tipe yang digunakan pada sub-sistem adalah KM atau Karnik-Mendel. Tahapan terakhir yaitu defuzzifikasi yaitu proses mengubah nilai *fuzzy* menjadi bentuk data *crisp* atau nilai tegas. Metode yang digunakan untuk menentukan proses defuzzifikasi adalah proses *centroid* yang menghasilkan keluaran *fuzzy* dalam bentuk numerik.

### 3.6. Simulasi Rancangan Sistem

Simulasi rancangan sistem dilakukan dengan menggunakan seleksi data AIS dan sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* apakah sudah mencapai dari tujuan permasalahan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan rancangan program *software* Python. Sistem perancangan identifikasi dibagi menjadi tiga sub-sistem, yaitu anomali, *selection* dan *decision*. Sub-sistem *selection* terdiri dari masukan data AIS yang diperoleh dari 2 kapal berupa jarak yang berisi *rules* untuk mengidentifikasi melakukan aktivitas IUU *Transshipment*. Keluaran yang dihasilkan oleh *selection*, digunakan sebagai masukan sub-sistem *decision* untuk menentukan 2 kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak.

#### 3.6.1 Simulasi Pola Pergerakan 1 IUU *Transshipment*

Simulasi pola pergerakan kapal yang pertama dilakukan dengan pembangkitan data menggunakan posisi *latitude* dan *longitude*, *heading* dan kecepatan kapal. Skenario pola pergerakan kapal yang pertama dibuat kapal berlayar keluar dari jalur referensinya. Data jalur referensi kapal ditunjukkan pada Tabel 3.5

**Tabel 3. 5** Data Jalur Referensi Kapal

Posisi titik	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
1	11,1732	121,335
2	11,171	121,335
3	11,1718	121,3312
...	...	...
43	11,1988	121,3517
44	11,1997	121,3545
45	11,1982	121,3561

**Tabel 3. 6** Data Kapal 1 Pola Pertama

<i>Time</i>	<i>Latitude</i> (°)	<i>Longitude</i> (°)	<i>Heading</i> (°)	<i>Speed</i> (Knot)
7.54	12,7801	120,2833	323	13
7.59	12,7818	120,2895	331	13
8.04	12,7856	120,2998	344	13
8.09	12,7916	120,3041	352	13
9.39	12,7762	120,2339	292	13
...	...	...	...	...
9.44	12,7748	120,2339	291	13
9.49	12,7748	120,2339	289	13
9.54	12,7748	120,2339	288	13

**Tabel 3. 7** Data Kapal 2 Pola Pertama

<i>Time</i>	<i>Latitude</i> (°)	<i>Longitude</i> (°)	<i>Heading</i> (°)	<i>Speed</i> (Knot)
7.54	12,7801	120,2833	323	13
7.59	12,7818	120,2895	331	13
8.04	12,7856	120,2998	344	13
8.09	12,7916	120,3041	352	13
8.14	12,7791	120,3098	357	13
...	...	...	...	...
11.24	12,7574	120,3012	325	13
11.29	12,7542	120,3007	332	13
11.34	12,746	120,3079	327	13
11.39	12,7449	120,3112	327	13

### 3.6.2 Simulasi Pola Pergerakan IUU *Transshipment 2*

Simulasi pola pergerakan kapal yang kedua dilakukan dengan pembangkitan data menggunakan posisi *latitude* dan *longitude*, *heading* dan kecepatan kapal. Skenario pola pergerakan kapal yang kedua dibuat kapal berlayar keluar dari jalur referensinya.

**Tabel 3. 8** Data Kapal 1 Pola Kedua

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
7.54	14,3086	119,9015	267	9,7
7.59	14,3085	119,9003	273	9,7
8.04	14,3086	119,8986	277	9,7
8.09	14,3083	119,8971	270	9,7
	...	...	...	...
11.24	14,3004	119,8932	109	9,7
11.29	14,3005	119,8953	108	9,7
11.34	14,3004	119,8973	107	9,7
11.39	14,3003	119,8974	106	9,7

**Tabel 3. 9** Data Kapal 2 Pola Kedua

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
7.54	14,3055	119,8953	240	0,6
7.59	14,3057	119,8942	240	0,6
8.04	14,3065	119,8923	240	0,6
8.09	14,3064	119,8901	240	0,6
...	...	...	...	...
11.24	14,2983	119,8814	240	0,6
11.29	14,2983	119,8814	240	0,6
11.34	14,2983	119,883	240	0,6
11.39	14,2983	119,8844	240	0,6

### 3.6.3 Simulasi Pola Pergerakan IUU *Transshipment* 3

Simulasi pola pergerakan kapal yang ketiga dilakukan dengan pembangkitan data menggunakan posisi *latitude* dan *longitude*, *heading* dan kecepatan kapal. Skenario pola pergerakan kapal yang kedua dibuat kapal berlayar keluar dari jalur referensinya.

**Tabel 3. 10** Data Kapal 1 Pola Ketiga

<i>Time</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Heading</i>	<i>Speed</i>
7.54	14,6305	119,7636	73	13,7
7.59	14,6271	119,7627	70	13,7
8.04	14,6255	119,7618	70	13,7
8.09	14,624	119,7602	70	13,7
8.14	14,6234	119,7593	70	13,7
8.19	14,6223	119,757	44	13,7
8.24	14,6223	119,7585	36	13,7
...	...	...	...	...
10.54	14,6263	119,7343	70	13,7
10.59	14,6264	119,7363	70	13,7
11.04	14,6268	119,7405	70	13,7
11.09	14,6279	119,7419	70	13,7
11.14	14,6281	119,744	44	13,7
11.19	14,6286	119,7452	44	13,7
11.24	14,6289	119,749	41	13,7
11.29	14,6585	119,749	42	13,7
11.34	14,6296	119,7502	36	13,7
11.39	14,6308	119,7544	35	13,7

**Tabel 3. 11** Data Kapal 2 Pola Ketiga

<i>Time</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Heading</i>	<i>Speed</i>
7.54	14,6306	119,7635	181	10,8
7.59	14,6278	119,7634	183	10,8
8.04	14,625	119,7622	192	10,8
8.09	14,6232	119,7603	194	10,8
8.14	14,6224	119,7584	190	10,8
8.19	14,6213	119,7565	191	10,8
8.24	14,6191	119,7538	211	10,8
8.29	14,617	119,7519	211	10,8
8.34	14,6139	119,7482	211	10,8
...	...	...	...	...
11.14	14,6343	119,7701	222	10,8
11.19	14,6348	119,7711	220	10,8
11.24	14,6352	119,7718	218	10,8
11.29	14,6353	119,7731	217	10,8
11.34	14,6354	119,7745	212	10,8
11.39	14,6354	119,7749	211	10,8

### 3.7 Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data dilakukan dengan menguji sistem pengambilan yang telah dirancang menggunakan metode *Fuzzy Logic* tipe 2 dengan 3 sub-sistem, yaitu anomali, *selection* dan *decision* dengan berbagai parameter, yaitu posisi 2 kapal (*latitude* dan *longitude*), kecepatan 2 kapal, heading 2 kapal, dan perputaran kapal. Analisa yang dilakukan adalah melakukan identifikasi setelah simulasi dan pengujian sub-sistem yang digunakan. Identifikasi dibagi menjadi 2, yaitu melakukan IUU *Transshipment* dan tidak melakukan IUU *Transshipment* dengan nilai keputusan <50% untuk nilai tidak melakukan IUU *Transshipment* dan nilai keputusan >50% untuk nilai melakukan IUU *Transshipment*.

Pembahasan hasil identifikasi terhadap sub-sistem *decision* yang telah dilakukan dengan memberikan beberapa pola pergerakan kapal dan variasi kategori yang dirancang. Sub-sistem dikatakan sudah baik jika output sub-sistem tersebut dapat mengidentifikasi bahwa kapal melakukan IUU *Transshipment* adalah yang memiliki nilai keputusan lebih dari 50%. Jika sub-sistem tidak berhasil, maka nilai output untuk kapal yang tidak teridentifikasi melakukan IUU *Transshipment* adalah kurang dari 50%.

### **3.8 Validasi Sistem**

Validasi sistem data yang dilakukan untuk menguji sistem penelitian yang telah dirancang apakah sudah sesuai dengan kejadian yang sebenarnya atau harus dilakukan percobaan ulang. Pada hasil keputusan defuzzifikasi menunjukkan output sub-sistem tersebut dapat mengidentifikasi kapal melakukan IUU *Transshipment* dengan nilai keputusan lebih dari 50%. Jika sub-sistem tidak berhasil, maka nilai output untuk kapal yang tidak teridentifikasi melakukan IUU *Transshipment* adalah kurang dari 50%. Validasi sistem yang dilakukan menggunakan data AIS yang diperoleh dari *Marine Reliability and Safety Laboratory* milik AIS ITS oleh Departemen Sistem Perkapalan ITS.

### **3.9 Penarikan Kesimpulan dan Saran**

Setelah dilakukan perancangan dan simulasi sistem, maka dilakukan penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan digunakan untuk menjawab tujuan permasalahan oleh penelitian yang sudah dilaksanakan.

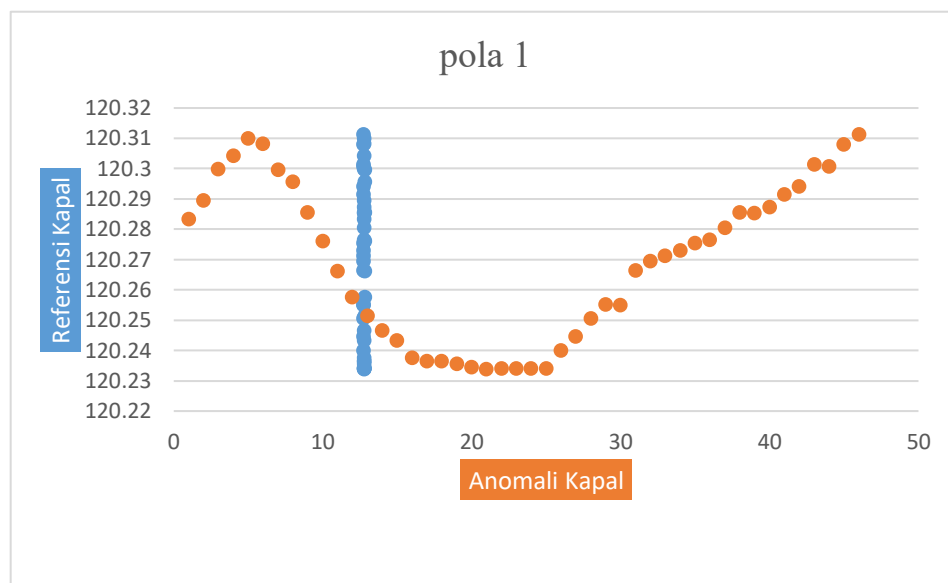
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Bab IV membahas secara detail hasil perancangan sistem yang dilakukan berdasarkan sub-sistem anomali, sub-sistem *selection* dan sub-sistem *decision* dengan beberapa variasi parameter.

#### 4.1 Analisa Sub-sistem Anomali

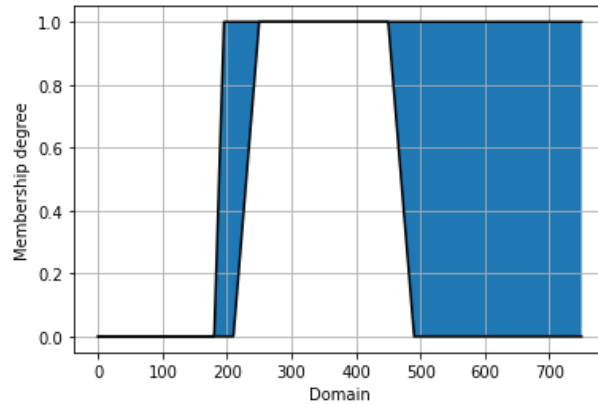
Pengujian pertama, dilakukan dengan merancang sub-sistem anomali, sistem diuji dengan kasus IUU *Transshipment* dengan menunjukkan bahwa dua kapal diduga melakukan IUU *Transshipment* di Laut Arafura. Nilai masukan sistem anomali adalah data saat kapal berada pada posisi jalur real dan posisi jalur referensi yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Data Trayektori Jalur referensi kapal dan jalur real kapal pola 1.

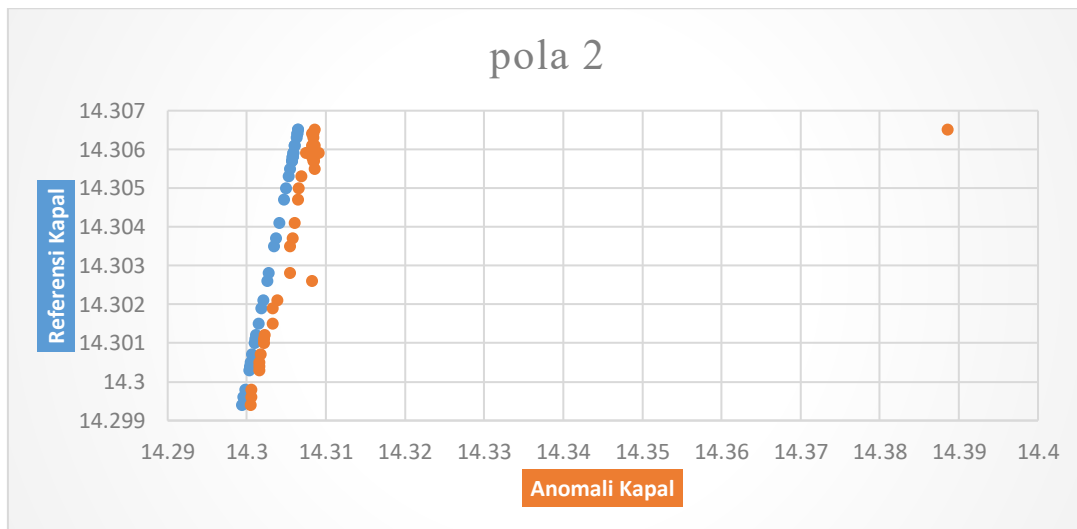
Adapun nilai masukan sistem anomali untuk pola 1 IUU *Transshipment*, yaitu berupa jarak selisih 2 kapal pada jalur referensi dan jalur real kapal sebesar 259,955meter dengan keterangan domain adalah besar. Berdasarkan masukan nilai sistem anomali, *rule base* yang digunakan adalah IF (x is besar) THEN (keluaran is YesAnomaly). Keluaran sistem pola 1 bernilai identifikasi sebesar 409,485. Nilai hasil keluaran melebihi nilai 50% dari domain yang sudah ditentukan, maka dapat

dikatakan bahwa kapal melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Plot dari hasil pola 1 IUU *Transshipment* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** Hasil Plot Domain Hasil Identifikasi Anomali Pola1 IUU *Transshipment*

Pada pola 2 sub-sistem anomali, data yang dibangkitkan adalah kapal yang terjadi anomali data trayektori, dimana kapal berlayar keluar dari jalur yang sudah ditentukan. Bentuk trayektori jalur referensi dan anomali ditunjukkan pada Gambar 4.3.

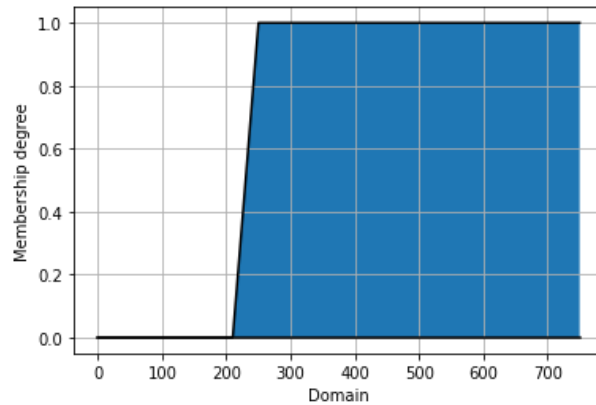


**Gambar 4. 3** Data Trayektori Jalur referensi kapal dan jalur real kapal pola 2.

Nilai masukan sistem anomali untuk pola 2 IUU *Transshipment*, yaitu berupa jarak selisih 2 kapal pada jalur referensi dan jalur real kapal sebesar 649,272meter dengan keterangan domain adalah besar. *Rule base* yang digunakan

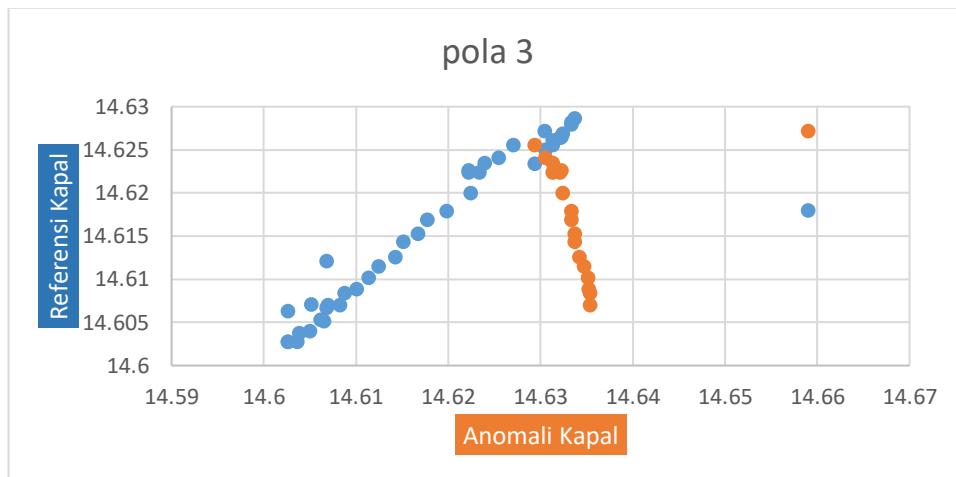


adalah IF (x is besar) THEN (keluaran is YesAnomaly). Keluaran sistem pola 2 bernilai identifikasi sebesar 483,935. Nilai hasil keluaran melebihi nilai 50% dari domain yang sudah ditentukan, maka dapat dikatakan bahwa kapal melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Plot dari hasil pola 2 IUU *Transshipment* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Hasil Plot Domain Hasil Identifikasi Anomali 2 IUU *Transshipment*

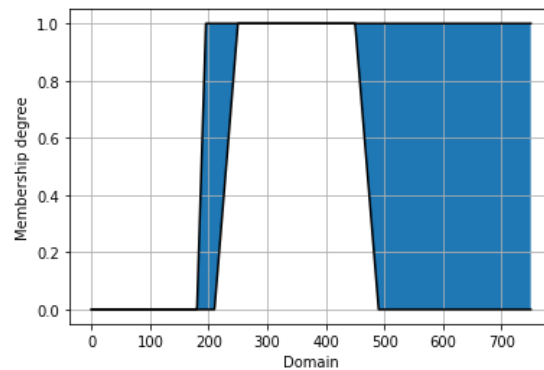
Pada pola 3 sub-sistem anomali, data yang dibangkitkan adalah kapal yang terjadi anomali data trayektori, dimana kapal berlayar keluar dari jalur yang sudah ditentukan. Bentuk trayektori jalur referensi dan anomali ditunjukkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4. 5** Data Trayektori Jalur referensi kapal dan jalur real kapal pola 3.

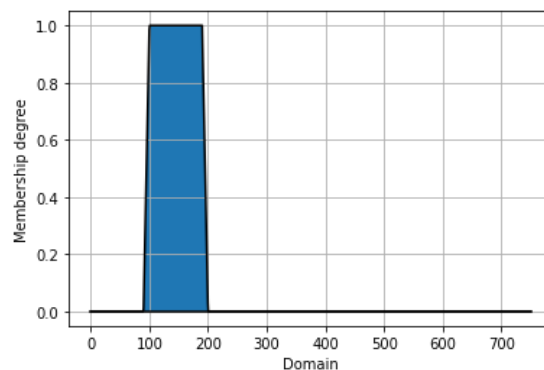
Nilai masukan sistem anomali untuk pola 3 IUU *Transshipment*, yaitu berupa jarak selisih 2 kapal pada jalur referensi dan jalur real kapal sebesar 415,795meter dengan keterangan domain adalah besar. Berdasarkan masukan nilai

sistem anomali, *rule base* yang digunakan adalah IF (x is besar) THEN (keluaran is YesAnomaly). Keluaran sistem pola 3 bernilai identifikasi sebesar 409,485. Nilai hasil keluaran melebihi nilai 50% dari domain yang sudah ditentukan, maka dapat dikatakan bahwa kapal melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Plot dari hasil pola 3 IUU *Transshipment* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



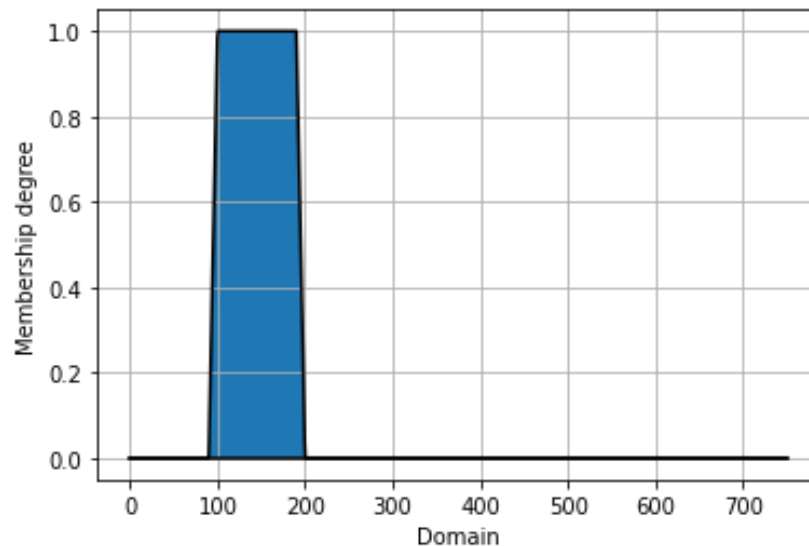
**Gambar 4. 6** Keluaran sub-sistem Anomali 3 IUU *Transshipment*

Nilai masukan sistem anomali untuk pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*, yaitu berupa jarak selisih 2 kapal pada jalur referensi dan jalur real kapal sebesar 190.871meter dengan keterangan domain adalah kecil. *Rule base* yang digunakan adalah IF (x is kecil) THEN (keluaran is NoAnomaly). Keluaran sistem pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* bernilai identifikasi sebesar 25,002. Nilai hasil keluaran kurang nilai 50% dari domain yang sudah ditentukan, dikategorikan dapat dinyatakan bahwa kapal tidak melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Plot dari hasil pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* dapat dilihat pada Gambar 4.7



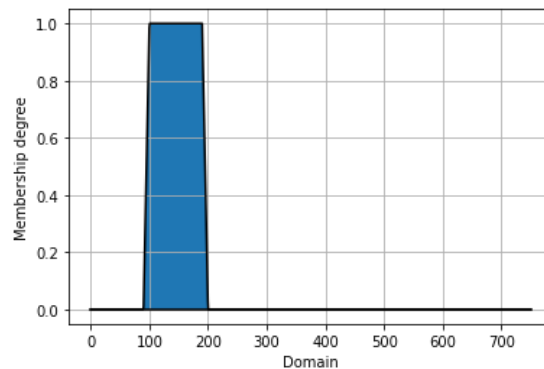
**Gambar 4. 7** Keluaran sub-sistem Anomali 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

Adapun nilai masukan sistem anomali untuk pola 2 tidak melakukan IUU *Transshipment*, yaitu berupa jarak selisih 2 kapal pada jalur referensi dan jalur real kapal sebesar 115,795meter dengan keterangan domain adalah kecil. Masukan nilai sistem anomali, *rule base* yang digunakan adalah IF (x is kecil) THEN (keluaran is NoAnomaly). Keluaran sistem pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* bernilai identifikasi sebesar 25,002. Nilai hasil keluaran kurang nilai 50% dari domain yang sudah ditentukan, dikategorikan bahwa kapal tidak melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Plot dari hasil pola 2 tidak melakukan IUU *Transshipment* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



**Gambar 4. 8** Keluaran sub-sistem Anomali 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

Nilai masukan sistem anomali untuk pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*, yaitu berupa jarak selisih 2 kapal pada jalur referensi dan jalur real kapal sebesar 115,245meter dengan keterangan domain adalah kecil. *Rule base* yang digunakan adalah IF (x is kecil) THEN (keluaran is NoAnomaly). Keluaran sistem pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* bernilai identifikasi sebesar 25,002. Nilai hasil keluaran kurang nilai 50% dari domain yang sudah ditentukan, dikategorikan bahwa kapal tidak melakukan tindakan IUU *Transshipment*. Plot dari hasil pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



**Gambar 4. 9** Keluaran sub-sistem Anomali 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

#### 4.2 Analisa Sub-sistem *Selection*

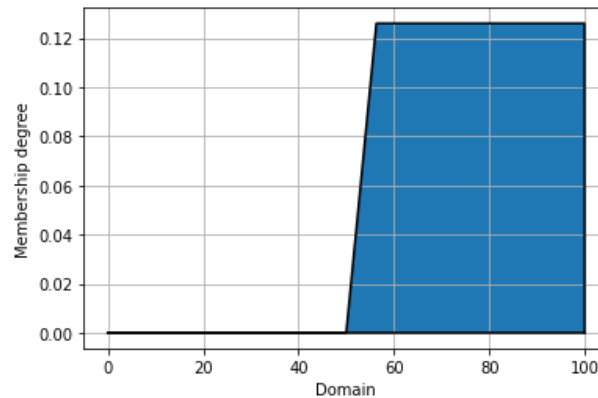
Pengujian sub-sistem *selection* data yang digunakan meliputi selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 1 IUU *Transshipment* memiliki kecepatan rata-rata sama dan memiliki selisih *heading* yaitu sebesar  $9,126^\circ$  menunjukkan *crossing*. Beberapa data masukkan *selection* dengan masing-masing nilai dan keterangan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Data Masukan sub-sistem *Selection* Pola 1 IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Selection</i> Pola 1 IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	7,129	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	9,126	<i>crossing</i>
3.	selisih <i>rate of turn</i> (deg/min)	1,823	kecil

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 74,997. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.2 Perancangan sub-sistem *selection*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 1 IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delr is kecil)

THEN (keluaran is YesTrans) dan plot keluaran sub-sistem *selection* pola 1 IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.10.



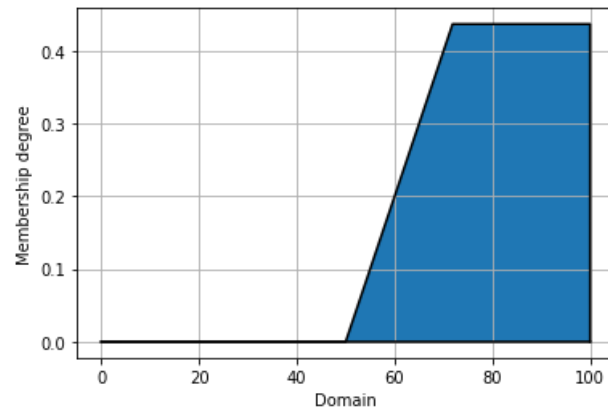
**Gambar 4. 10** Keluaran sub-sistem *selection* pola 1 IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 2 IUU *Transshipment* memiliki kecepatan rata-rata sama dan memiliki selisih *heading* yaitu sebesar  $13,082^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Data Masukan sub-sistem *Selection* Pola 2 IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Selection</i> Pola 2 IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	8,571	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	13,082	<i>crossing</i>
3.	selisih <i>rate of turn</i> (deg/min)	1,310	kecil

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 74,997. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.2 Perancangan sub-sistem *selection*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 2 IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delr is kecil) THEN (keluaran is YesTrans) dan plot keluaran sub-sistem *selection* pola 2 IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.11.



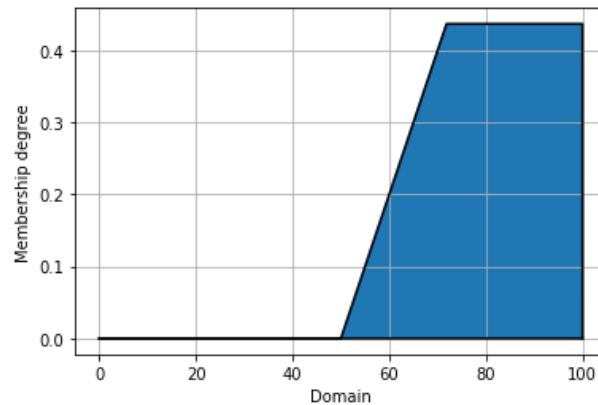
**Gambar 4. 11** Keluaran sub-sistem *selection* pola 2 IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 3 IUU *Transshipment* memiliki kecepatan rata-rata sama dan memiliki selisih *heading* yaitu sebesar  $14,878^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 74,997. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.2 Perancangan sub-sistem *selection*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 3 IUU *Transshipment* adalah IF (*dealD is near*), (*delHead is crossing*), (*delr is kecil*) THEN (*keluaran is YesTrans*) dan plot keluaran sub-sistem *selection* pola 3 IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.12.

**Tabel 4. 3** Data Masukan sub-sistem *Selection* Pola 3 IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Selection</i> Pola 3 IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	8,872	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	14,878	<i>crossing</i>
3.	selisih <i>rate of turn</i> (deg/min)	1,291	kecil



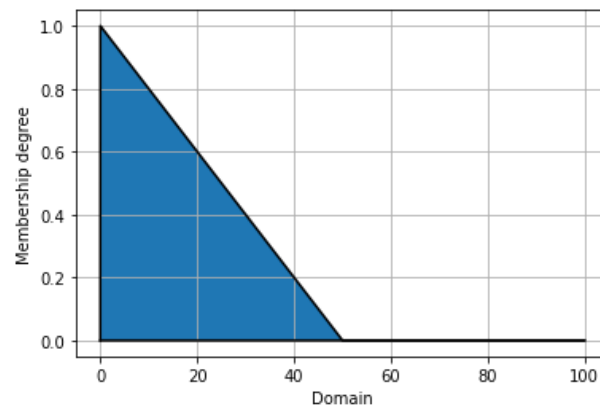
**Gambar 4. 12** Keluaran sub-sistem *selection* pola 3 IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 1 tidak melakukan IUU *Transshipment* dengan kecepatan rata-rata sama dan memiliki selisih *heading* yaitu sebesar  $12,496^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 25,002. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.2 Perancangan sub-sistem *selection*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 1 tidak melakukan IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delr is besar) THEN (keluaran is NoTrans) dan plot keluaran sub-sistem *selection* pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.13.

**Tabel 4. 4** Data Masukan sub-sistem *Selection* Pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Selection</i> Pola 1 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	5,452	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	12,496	<i>crossing</i>
3.	selisih <i>rate of turn</i> (deg/min)	15,220	besar



**Gambar 4.13** Keluaran sub-sistem *selection* pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

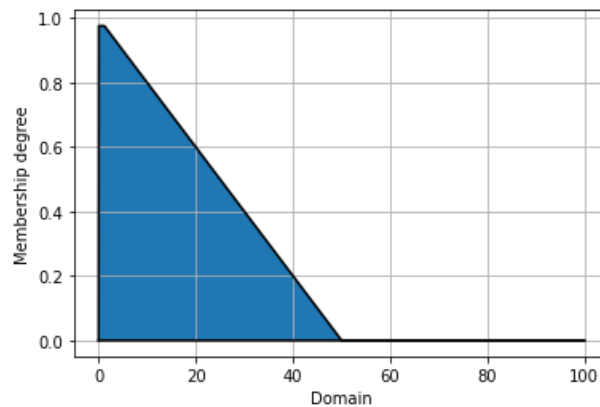
Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 2 tidak melakukan IUU *Transshipment* dengan kecepatan rata-rata sama dan memiliki selisih *heading* yaitu sebesar  $16,691^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 25,002. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.2 Perancangan sub-sistem *selection*. *Rule-base* yang berlaku untuk pola 2 tidak melakukan IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delr is besar) THEN (keluaran is NoTrans) dan plot keluaran sub-sistem *selection* pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.14.

**Tabel 4.5** Data Masukan sub-sistem *Selection* Pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Selection</i> Pola 2 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	13,211	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	16,691	<i>crossing</i>
3.	selisih <i>rate of turn</i> (deg/min)	16,723	besar





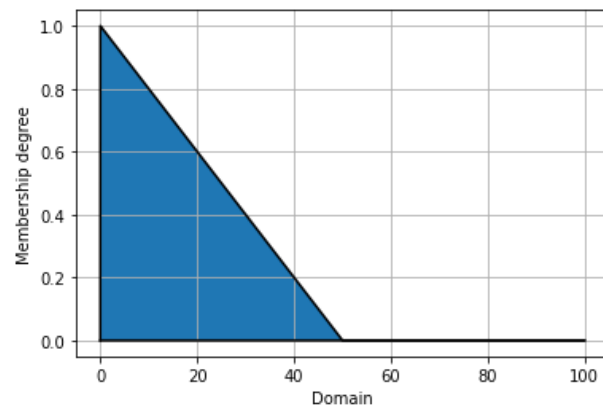
**Gambar 4. 14** Keluaran sub-sistem *selection* pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 3 tidak melakukan IUU *Transshipment* dengan kecepatan rata-rata sama dan memiliki selisih *heading* yaitu sebesar  $14,542^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6** Data Masukan sub-sistem *Selection* Pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Selection</i> Pola 3 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	12,999	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	14,542	<i>crossing</i>
3.	selisih <i>rate of turn</i> (deg/min)	15,731	besar

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 25,002. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.2 perancangan sub-sistem *selection*. *Rule-base* yang berlaku untuk pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delr is besar) THEN (keluaran is NoTrans) dan plot keluaran sub-sistem *selection* pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.15.



**Gambar 4. 15** Keluaran sub-sistem *selection* pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

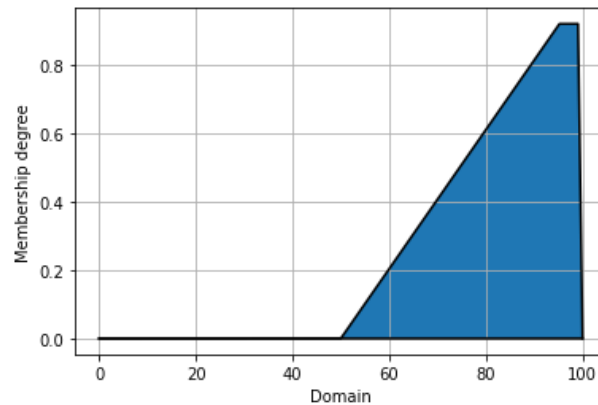
#### 4.3 Analisa Sub-sistem *Decision*

Pada pengujian sub-sistem *decision*, masukan yang digunakan adalah meliputi data selisih posisi jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Beberapa data masukan *selection* dengan masing-masing nilai dan keterangan ditunjukkan pada Tabel 4.7.

**Tabel 4. 7** Data Masukan sub-sistem *Decision* Pola 1 IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Decision</i> Pola 1 Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	13,791	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> (°)	145,521	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	0,057	kecil

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 74,997. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 1 IUU *Transshipment* adalah IF (delD is near), (delHead is crossing), (delV is kecil) THEN (keluaran is YesTrans) dan plot keluaran sub-sistem *decision* pola 1 IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.16.



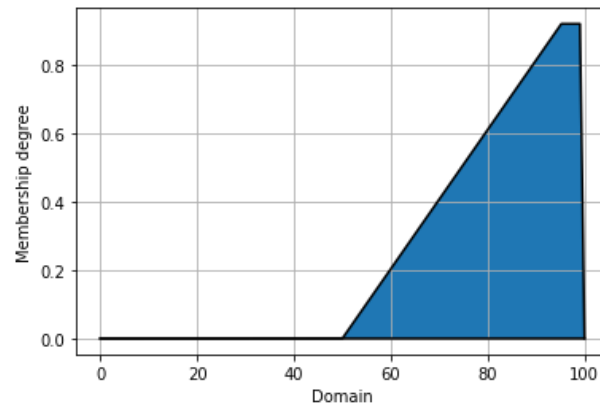
**Gambar 4. 16** Keluaran sub-sistem *decision* pola 1 IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 2 IUU *Transshipment* pada sub-sistem *decision* memiliki kecepatan rata-rata sama dan selisih *heading* yaitu sebesar  $145,521^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4. 8** Data Masukan sub-sistem *Decision* Pola 2 IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Decision</i> Pola 2 Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	14,223	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	145,521	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	0,505	kecil

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 74,997. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 2 IUU *Transshipment* adalah IF (delD is near), (delHead is crossing), (delV is kecil) THEN (keluaran is YesTrans) dan plot keluaran sub-sistem *decision* pola 2 IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.17.



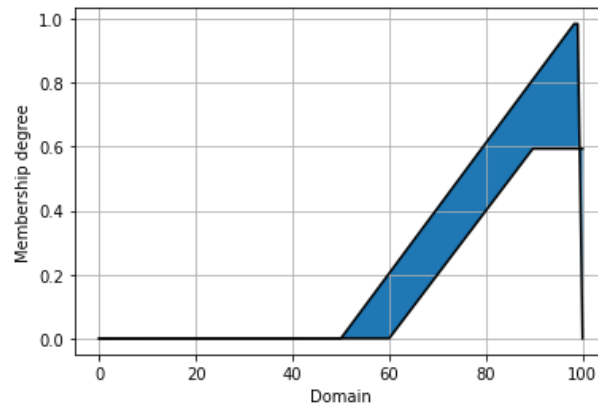
**Gambar 4. 17** Keluaran sub-sistem *decision* pola 2 IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 3 IUU *Transshipment* pada sub-sistem *decision* memiliki kecepatan rata-rata sama dan selisih *heading* yaitu sebesar  $145,521^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

**Tabel 4. 9** Data Masukan sub-sistem *Decision* Pola 3 IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Decision</i> Pola 3 Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	13,141	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	145,521	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	0,245	kecil

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 84,271. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 3 IUU *Transshipment* adalah IF (*dealD* is *near*), (*delHead* is *crossing*), (*delV* is kecil) THEN (*keluaran* is *YesTrans*) dan plot keluaran sub-sistem *decision* pola 3 IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.18.



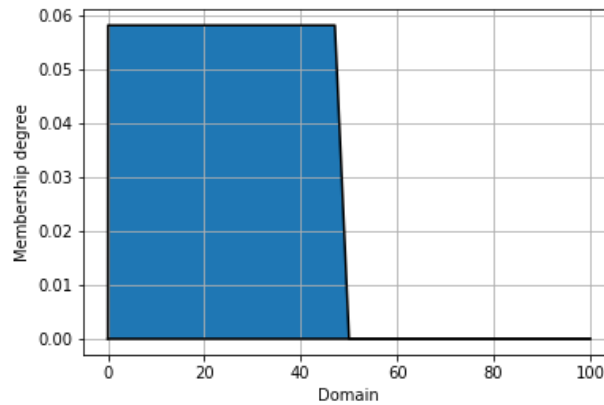
**Gambar 4. 18** Keluaran sub-sistem *decision* pola 3 IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* pada sub-sistem *decision* memiliki kecepatan rata-rata sama dan selisih *heading* yaitu sebesar  $145,521^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

**Tabel 4. 10** Data Masukan sub-sistem *Decision* Pola pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Decision</i> Pola pola 1 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	0,290	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	145,521	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	1,569	besar

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 25,002. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* adalah IF (delID is near), (delHead is crossing), (delV is besar) THEN (keluaran is NoTrans) dan plot keluaran sub-sistem *decision* pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.19.



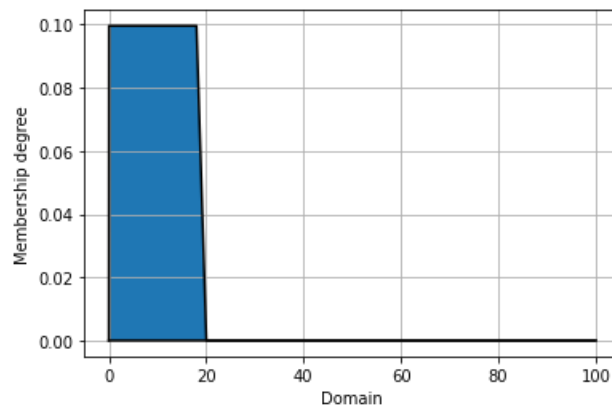
**Gambar 4.19** Keluaran sub-sistem *decision* pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 1 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* pada sub-sistem *decision* memiliki kecepatan rata-rata sama dan selisih *heading* yaitu sebesar  $145,521^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Data Masukan sub-sistem *Decision* Pola pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Decision</i> Pola pola 2 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	0,498	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	145,521	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	2,689	besar

Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 25,002. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* adalah IF (delD is near), (delHead is crossing), (delV is besar) THEN (keluaran is NoTrans) dan plot keluaran sub-sistem *decision* pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.20.



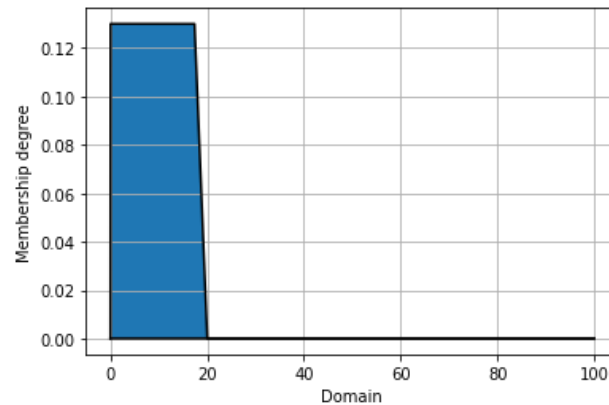
**Gambar 4. 20** Keluaran sub-sistem *decision* pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

Trayektori kapal di Laut Arafura dengan pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* pada sub-sistem *decision* memiliki kecepatan rata-rata sama dan selisih *heading* yaitu sebesar  $145,521^\circ$  menunjukkan *crossing* dengan beberapa data masukan lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

**Tabel 4. 12** Data Masukan sub-sistem *Decision* Pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Sub-sistem <i>Decision</i> Pola pola 3 Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	0,659	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> ( $^\circ$ )	145,521	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	3,562	besar

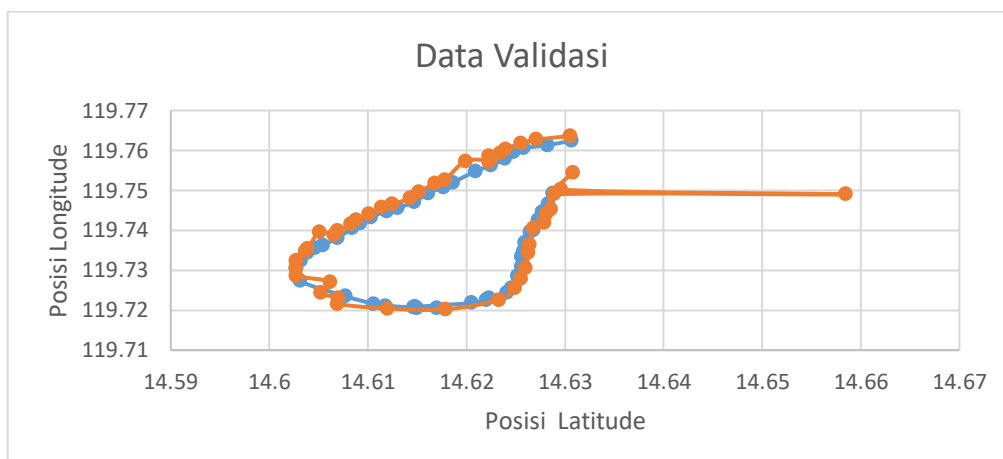
Perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 25,002. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delV is besar) THEN (keluaran is NoTrans) dan plot keluaran sub-sistem *decision* pola 2 Tidak Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.20.



**Gambar 4. 21** Keluaran sub-sistem *decision* pola 3 Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

#### 4.4 Validasi Sub-sistem Decision dengan Data AIS *Marine Reliability and Safety Laboratory*

Validasi sistem data yang dilakukan untuk menguji sistem penelitian yang telah dirancang apakah sudah sesuai dengan kejadian yang sebenarnya atau harus dilakukan percobaan ulang dengan menggunakan metode logika fuzzy tipe 2 dan data AIS milik *Marine Reliability and Safety Laboratory*. Pada validasi sub-sistem *decision* anomali, data yang dibangkitkan adalah kapal yang terjadi anomali data trayektori, dimana kapal berlayar keluar dari jalur yang sudah ditentukan. Bentuk trayektori jalur referensi dan anomali ditunjukkan pada Gambar 4.22 dengan beberapa data masukan data validasi tidak melakukan IUU *Transshipment* yang ditunjukkan pada Tabel 4.13.



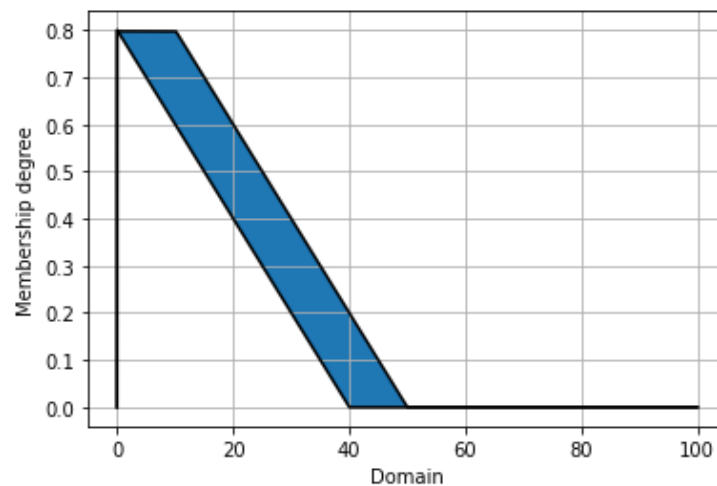
**Gambar 4. 22** Data Trayektori Validasi Sistem



**Tabel 4. 13** Data Masukan Validasi Sistem Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Validasi Sistem Tidak Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	7,181	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> (°)	140,439	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	3,859	besar

Perhitungan validasi yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 15,433. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk data validasi tidak melakukan IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delV is besar) THEN (keluaran is NoTrans) dan plot keluaran sub-sistem validasi sistem Tidak Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.23.

**Gambar 4. 23** Keluaran hasil validasi sistem Tidak Melakukan IUU *Transshipment*

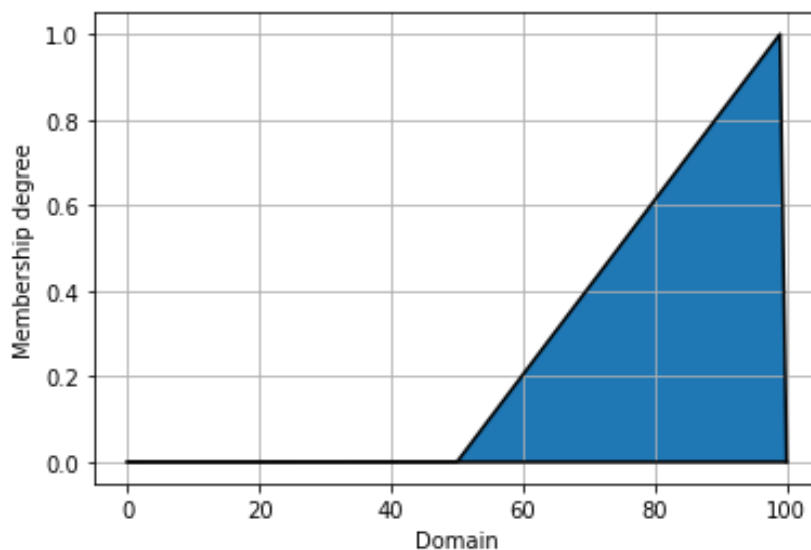
Validasi sub-sistem *decision* anomali, data yang dibangkitkan adalah kapal yang terjadi anomali data trayektori, dimana kapal berlayar keluar dari jalur yang sudah ditentukan. Bentuk trayektori jalur referensi dan anomali dengan beberapa data

masukan data validasi sistem melakukan IUU *Transshipment* yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

**Tabel 4. 14** Data Masukan Validasi Sistem Melakukan IUU *Transshipment*

no.	Data Masukan Validasi Sistem Melakukan IUU <i>Transshipment</i>		Keterangan
1.	selisih posisi jarak 2 kapal (meter)	7,197	<i>near</i>
2.	selisih sudut <i>heading</i> (°)	139,595	<i>crossing</i>
3.	selisih kecepatan 2 kapal (knot)	0,038	kecil

Perhitungan validasi yang sudah dilakukan didapatkan selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* 2 kapal dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keputusan yang didapatkan adalah 15,433. Selanjutnya, identifikasi apakah kapal tersebut melakukan IUU *Transshipment* atau tidak disesuaikan dengan *rule-base* pada bab III sub-bab 3.5.3 Perancangan sub-sistem *decision*. Maka, *rule-base* yang berlaku untuk data validasi IUU *Transshipment* adalah IF (dealD is near), (delHead is crossing), (delV is kecil) THEN (keluaran is YesTrans) dan plot keluaran sub-sistem validasi sistem Melakukan IUU *Transshipment* ditunjukkan pada Gambar 4.25.



**Gambar 4. 24** Keluaran hasil validasi sistem IUU *Transshipment*

#### 4.5 Pembahasan

Sistem identifikasi aktivitas IUU *Transshipment* yang dirancang dalam beberapa sub-sistem, yaitu anomali, *selection* dan *decision*. Keputusan yang dihasilkan dirancang dengan menggunakan beberapa variabel masukan pada sub-sistemnya, yaitu jarak 2 kapal, *heading* 2 kapal, kecepatan 2 kapal dan *rate of turn* 2 kapal dengan beberapa pola yang sudah dibentuk sesuai jalur trayektori kapal, maka output sistem identifikasi menghasilkan nilai keputusan dugaan apakah kapal melakukan IUU *Transshipment* atau tidak dengan nilai kurang dari 50% maka diduga tidak melakukan IUU *Transshipment*, maka jika lebih dari 50% maka diduga melakukan IUU *Transshipment*. Hasil keluaran beberapa pola tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4. 15** Nilai keluaran sub-sistem anomali dengan beberapa pola

No	Jenis Pola	Data Masukan Sistem Anomali	Nilai Anomali	Keterangan
1	Pola 1	259,955	409,485	YesAnomaly
2	Pola 2	649,272	483,935	YesAnomaly
3	Pola 3	415,795	409,285	YesAnomaly
4	Pola 1	190,871	25,002	NoAnomaly
5	Pola 2	115,795	25,002	NoAnomaly
6	Pola 3	115,245	25,002	NoAnomaly

Beberapa kapal diduga terjadi anomali pada data trayektori pada sub-sistem anomali untuk menjadi masukan pada sub-sistem *selection*. Data masukan yang diolah pada sub-sistem *selection* adalah variabel selisih jarak 2 kapal, selisih *heading* dan selisih *rate of turn* 2 kapal. Nilai keluaran dari sub-sistem *selection* berupa angka minimum yaitu 0 dan maksimum yaitu 100, jika hasil keputusan kurang dari 50, maka kapal tidak diduga melakukan IUU *Transshipment*, jika hasil keputusan lebih dari 50, maka kapal diduga melakukan IUU *Transshipment*. Hasil keluaran sub-sistem *selection* dapat dilihat pada Tabel 4.16.

**Tabel 4. 16** Hasil keluaran Sub-sistem *Selection*

No	Jenis Pola	Data Masukan Sistem <i>Selection</i>		Nilai <i>Selection</i>	Keterangan	Hasil Identifikasi
1	Pola 1	selisih posisi 2 kapal	7,129	74,997	<i>near</i>	YesTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	9,126		<i>crossing</i>	
		selisih <i>rate of turn</i>	1,823		kecil	
2	Pola 2	selisih posisi 2 kapal	8,571	74,997	<i>near</i>	YesTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	13,082		<i>crossing</i>	
		selisih <i>rate of turn</i>	1,310		kecil	
3	Pola 3	selisih posisi 2 kapal	8,872	74,997	<i>near</i>	YesTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	14,878		<i>crossing</i>	
		selisih <i>rate of turn</i>	1,291		kecil	
4	Pola 1	selisih posisi 2 kapal	5,452	25,002	<i>near</i>	NoTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	12,496		<i>crossing</i>	
		selisih <i>rate of turn</i>	15,220		besar	
5	Pola 2	selisih posisi 2 kapal	13,211	25,002	<i>near</i>	NoTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	16,691		<i>crossing</i>	
		selisih <i>rate of turn</i>	16,723		besar	
6	Pola 3	selisih posisi 2 kapal	12,999	25,002	<i>near</i>	NoTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	14,542		<i>crossing</i>	
		selisih <i>rate of turn</i>	15,371		besar	

Beberapa kapal diduga terjadi IUU *Transshipment* pada sub-sistem *selection* untuk menjadi masukan pada sub-sistem *decision*. Data masukan yang diolah pada sub-sistem *decision* adalah variabel selisih jarak posisi 2 kapal, selisih *heading* dan selisih kecepatan 2 kapal. Nilai keluaran dari sub-sistem *decision*

berupa angka minimum yaitu 0 dan maksimum yaitu 100, jika hasil keputusan kurang dari 50, maka kapal tidak diduga melakukan IUU *Transshipment*, jika hasil keputusan lebih dari 50, maka kapal diduga melakukan IUU *Transshipment*. Hasil keluaran sub-sistem *decision* dapat dilihat pada Tabel 4.17

**Tabel 4. 17** Hasil Keluaran Sub-sistem *Decision*

N o	Jenis Pola	Data Masukan Sistem <i>Decision</i>		Nilai <i>Decision</i>	Keterangan	Hasil Identifikasi
1	Pola 1	selisih posisi 2 kapal	13,791	74,997	<i>near</i>	YesTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	145,521		<i>crossing</i>	
		selisih kecepatan 2 kapal	0,057		kecil	
2	Pola 2	selisih posisi 2 kapal	14,223	74,997	<i>near</i>	YesTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	145,521		<i>crossing</i>	
		selisih kecepatan 2 kapal	0,505		kecil	
3	Pola 3	selisih posisi 2 kapal	13,141	84,271	<i>near</i>	YesTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	145,521		<i>crossing</i>	
		selisih kecepatan 2 kapal	0,245		kecil	
4	Pola 1	selisih posisi 2 kapal	0,290	25,002	<i>near</i>	NoTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	145,521		<i>crossing</i>	
		selisih kecepatan 2 kapal	1,569		besar	
5	Pola 2	selisih posisi 2 kapal	0,498	25,002	<i>near</i>	NoTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	145,521		<i>crossing</i>	
		selisih kecepatan 2 kapal	2,689		besar	
6	Pola 3	selisih posisi 2 kapal	0,659	25,002	<i>near</i>	NoTrans
		selisih <i>heading</i> 2 kapal	145,521		<i>crossing</i>	
		selisih kecepatan 2 kapal	3,562		besar	

Beberapa pola-pola yang dirancang untuk sistem identifikasi IUU *Transshipment*, nilai rata-rata hasil keluaran sistem *decision* untuk kapal diduga melakukan IUU *Transshipment* adalah sebesar 74,997% dan nilai rata-rata hasil keluaran sub-sistem *decision* untuk kapal tidak diduga melakukan IUU *Transshipment* adalah sebesar 25,002%. Pada *rule-base* yang sudah dibentuk dengan nilai kurang dari 50% menunjukkan kapal tidak diduga melakukan IUU *Transshipment* dan nilai diatas 50% menunjukkan kapal diduga melakukan IUU *Transshipment*. Nilai akurasi sistem mampu mengidentifikasi IUU *Transshipment* menggunakan beberapa variasi pola didapatkan dari perhitungan rata-rata setiap pengujian pola pergerakan kapal. Akurasi total pada sistem identifikasi IUU *Transshipment* dapat dihitung dengan mencari rata-rata akurasi dari 3 pola yang telah dibentuk, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Akurasi Total = \frac{Akurasi\ pola\ 1 + akurasi\ pola\ 2 + akurasi\ pola\ 3}{3}$$

$$Akurasi Total = \frac{74,997 + 74,997 + 84,271}{3}$$

$$= 78,088\%$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh hasil akurasi total sistem identifikasi IUU *Transshipment* adalah 78,088%.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian yang saya lakukan adalah sebagai berikut:

1. Sistem identifikasi IUU *Transshipment* dirancang memiliki performansi yang baik karena nilai akurasi yang didapatkan adalah sebesar 78,088% dapat mengidentifikasi beberapa pola trayektori kapal berdasarkan beberapa variable dan *rule-base fuzzy type 2* yang sudah ditentukan.
2. Perancangan sistem identifikasi IUU *Transshipment* yang dilakukan dengan menggunakan metode logika *fuzzy* tipe 2 saat terjadi anomali data trayektori dapat mengidentifikasi beberapa pola yang dikategorikan sebagai keluaran sistem ada nilai koefisien yang berkorelasi dengan besarnya dugaan terjadi IUU. Nilai lebih dari 50 dikategorikan diduga melakukan IUU *Transshipment* dengan rata-rata hasil keluaran sistem adalah 74,997% dan nilai kurang dari 50 dikategorikan diduga tidak melakukan IUU *Transshipment* dengan rata-rata hasil keluaran sistem adalah 25,002%.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang penulis berikan pada penelitian ini bisa dikembangkan dengan adanya penambahan jumlah kapal dan variabel-variabel yang digunakan. Selain itu, perancangan sistem dapat dirancang menggunakan metode yang berbeda seperti JST atau ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Interference System*).

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## DAFTAR PUSTAKA

- Gao, Y. (2001). Electronic Braking System of EV and HEV--Integration of Regenerative Braking, Automatic Braking Force Control and ABS. *42 Volt Technology and Advanced Vehicle Electrical Systems*.
- Westbrook, M. H. (2005). *Development and future of battery, hybrid, and fuel-cell cars*. London: The Institution of Electrical Engineers.
- Shiosansi, R. (2008). Emissions Impacts and Benefits of Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Vehicle-to-Grid Services. *Environmental Science Technology*, 1199-1204.
- Offer, G. J. (2010). Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell, and hybrid vehicle in a future sustainable road transport system. *energy policy*, 38, 24-29.
- Tur, O. (2007). An Introduction to Regenerative Braking of Electric Vehicles as Anti-Lock Braking System. *Proceedings of 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, (pp. 13-15). Istanbul.
- Murali, T. (2017). Four Quadrant Operation and Control of Three Phase BLDC Motor. *International Conference on Circuits Power and Computing Technology*.
- Tashakori, A. (2011). Modeling of BLDC Motor with Ideal Back-EMF for Automotive Applications. *World Congress on Engineering*. London.
- Singh, C. P. (2012). State-space Based Simulink Modeling of BLDC Motor and its Speed Control Using Fuzzy PID Controller. *International Journal of Advances in Engineering Science and Technology*, 2, 359-369.
- Errabelli, R. (2012). Fault-Tolerant Voltage Source Inverter for Permanent Magnet Drives. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 27.
- Lubbers, K. (2014). Design and Analysis of a Model Based Low Level Slip Controller Based on a Hybrid Braking System. *Science in Systems and Control Delft University*.

Blanke, M. (1999). *Fault Tolerant Control Systems*. London: Adventure Workd Press.

Bai, L. (2011). Electric Drive System with BLDC Motor. *International Conference on Electric Information and Control Engineering* (p. 254). Kuala Lumpur: Universiti Malaya.

## LAMPIRAN A

### - Source Code Sub-sistem Anomali

```

!pip install pyit2fls
from pyit2fls import Mamdani, rtri_mf, ltri_mf, IT2FS, IT2FLS,
trapezoid_mf, tri_mf, IT2FS_plot, min_t_norm, max_s_norm, TR_plot,
crisp
from numpy import linspace, meshgrid, zeros
from mpl_toolkits import mplot3d
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib import cm
from matplotlib.ticker import LinearLocator, FormatStrFormatter
import pandas as pd
import numpy as np

# x Membership function
# x adalah selisih posisi jarak real kapal dan posisi jalur
referensi
domain_x= linspace(0, 750, 1000)
kecil = IT2FS(domain_x,
              trapezoid_mf,[90, 100, 190, 200, 1],
              trapezoid_mf,[45, 55, 70, 85, 1])
besar = IT2FS(domain_x,
              trapezoid_mf,[210, 250, 900, 1000, 1],
              trapezoid_mf,[180, 195, 450, 490,1])
IT2FS_plot(kecil, besar, legends=["kecil", "besar"], filename="sub
anomali")

# An Interval Type 2 Fuzzy Logic System is created. The variables
and output variables are defined. As it can be seen, the system has
6 input and 1 output
myIT2FLS=IT2FLS()
myIT2FLS.add_input_variable("x")
myIT2FLS.add_output_variable("Result")

# IdentificationResult Membership function
domain_IdentificationAnomaly=linspace(0,750,1000)

NoAnomaly = IT2FS(domain_IdentificationAnomaly,
                  trapezoid_mf,[90, 100, 190, 200, 1],
                  trapezoid_mf,[45, 55, 70, 85, 1])

YesAnomaly = IT2FS(domain_IdentificationAnomaly,
                  trapezoid_mf,[210, 250, 900, 1000, 1],
                  trapezoid_mf,[180, 195, 450, 490,1])
IT2FS_plot(NoAnomaly, YesAnomaly,
legends=["NoAnomaly", "YesAnomaly"],
filename="AnomalyResult")

# RULE BASE
myIT2FLS.add_rule([("x",kecil)], [("Result",NoAnomaly)])
myIT2FLS.add_rule([("x",besar)], [("Result",YesAnomaly)])
it2out, tr = myIT2FLS.evaluate({"x":_},

```

```

                                min_t_norm,          max_s_norm,
domain_IdentificationAnomaly,  method= "Centroid",  algorithm=
"EKM")
# Here the output IT2FS and their type reduced versions are plotted.
# The crisp output is also calculated and printed.
it2out["Result"].plot(filename="Anomaly Identification")
TR_plot(domain_IdentificationAnomaly,          tr["Result"],
filename="Anomaly Identification")
print((crisp(tr["Result"])))

```

### - Source Code Sub-sistem Selection

```

!pip install pyit2fls
from pyit2fls import Mamdani, rtri_mf,ltri_mf,IT2FS, IT2FLS,
trapezoid_mf, tri_mf, IT2FS_plot, min_t_norm, max_s_norm, TR_plot,
crisp
from numpy import linspace, meshgrid, zeros
from mpl_toolkits import mplot3d
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib import cm
from matplotlib.ticker import LinearLocator, FormatStrFormatter
import pandas as pd
import numpy as np

#Defining an interval type 2 fuzzy set with trapzeoidal and
tringular mf

# delD membership function
domain_delD = linspace(0., 55., 300)
Near = IT2FS(domain_delD,
             trapezoid_mf, [0, 5, 13, 22, 1.],
             trapezoid_mf, [5,5.5, 10.5, 17, 1])
Far = IT2FS(domain_delD,
            trapezoid_mf, [39, 43, 53, 55, 1.],
            trapezoid_mf, [34, 40,49, 50, 1])
IT2FS_plot(Near, Far, legends=["Near", "Far"], filename="delD")

#domain delHead membership function
domain_delHead = linspace(-6, 186, 19200)

OT = IT2FS(domain_delHead,
           trapezoid_mf, [-6, -5, 5, 6, 1.],
           trapezoid_mf, [-3, 0, 3, 4, 1])
C = IT2FS(domain_delHead,
          trapezoid_mf, [9,10,173,174,1.],
          trapezoid_mf, [6, 7, 170, 171,1])
HO = IT2FS(domain_delHead,
           trapezoid_mf, [174,175,185,186, 1.],
           trapezoid_mf, [150, 155, 160, 165, 1])
IT2FS_plot(OT, C, HO, legends=["OT", "C", "HO"],
filename="delHead")

# delr membership function
domain_delr = linspace(0, 5, 20)

kecil = IT2FS(domain_delr,

```

```

        trapezoid_mf, [0, 3, 4.5, 5.5, 1.],
        trapezoid_mf, [0, 0.2, 0.6, 0.8, 1])
besar = IT2FS(domain_delr,
        trapezoid_mf, [5.5, 6.5, 18, 20, 1.],
        trapezoid_mf, [2.5, 3, 12, 15, 1])
IT2FS_plot(kecil,        besar,        legends=["kecil",        "besar"],
filename="delr")

# membership function
domain_IdentificationResult=linspace(0,100,10000);
NoTrans = IT2FS(domain_IdentificationResult,
        tri_mf,[0,0.01,50,1],
        tri_mf,[0,0.01,40,1])
YesTrans = IT2FS(domain_IdentificationResult,
        tri_mf,[50,99.99,100,1],
        tri_mf,[60,99.99,99,1])
IT2FS_plot(NoTrans,YesTrans,legends=["NoTrans","YesTrans"],filena
me="IdentificationResult")

# An Interval Type 2 Fuzzy Logic System is created. The variables
and output
# variables are defined. As it can be seen, the system has 3 input
and 1 output
myIT2FLS = IT2FLS()
myIT2FLS.add_input_variable("delD")
myIT2FLS.add_input_variable("delHead")
myIT2FLS.add_input_variable("delr")
myIT2FLS.add_output_variable("Result"># the fuzzy IF-THEN rules
# 1
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Near), ("delHead",    OT),    ("delr",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 2
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Near), ("delHead",    OT),    ("delr",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 3
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Near), ("delHead",    C),    ("delr",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 4
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Near), ("delHead",    C),    ("delr",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 5
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Near), ("delHead",    HO),    ("delr",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 6
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Near), ("delHead",    HO),    ("delr",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 7
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Far), ("delHead",    OT),    ("delr",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 8
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Far), ("delHead",    OT),    ("delr",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 9
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Far), ("delHead",    C), ("delr", kecil)],
[("Result", YesTrans)])
# 10
myIT2FLS.add_rule([("delD",    Far), ("delHead",    C), ("delr", besar)],
[("Result", NoTrans)])
# 11

```

```

myIT2FLS.add_rule([("delD", Far), ("delHead", HO), ("delr", kecil)],
[("Result", YesTrans)])
# 12
myIT2FLS.add_rule([("delD", Far), ("delHead", HO), ("delr",
besar)], [("Result", YesTrans)])

it2out, tr=myIT2FLS.evaluate({"delD":_, "delHead":_, "delr": _},
min_t_norm,max_s_norm, domain_IdentificationResult,
method="Centroid", algorithm="KM")
it2out["Result"].plot(filename="hasil selection")
TR_plot(domain_IdentificationResult, tr["Result"], filename="hasil
selection")
print((crisp(tr["Result"])))

```

### - Source Code Sub-sistem Decision

```

!pip install pyit2fls
from pyit2fls import Mamdani, rtri_mf,ltri_mf,IT2FS, IT2FLS,
trapezoid_mf, tri_mf, IT2FS_plot, min_t_norm, max_s_norm, TR_plot,
crisp
from numpy import linspace, meshgrid, zeros
from mpl_toolkits import mplot3d
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib import cm
from matplotlib.ticker import LinearLocator, FormatStrFormatter

#Defining an interval type 2 fuzzy set with trapzeoidal and
tringular mf

# delD membership function
domain_delD = linspace(0., 55, 300)
Near = IT2FS(domain_delD,
trapezoid_mf, [0, 5, 13, 22, 1.],
trapezoid_mf, [5,5.5, 10.5, 17, 1])
Far = IT2FS(domain_delD,
trapezoid_mf, [39, 43, 53,55 , 1.],
trapezoid_mf, [34, 40,49, 50, 1])
IT2FS_plot(Near, Far, legends=["Near", "Far"], filename="delD")

#domain delHead membership function
domain_delHead = linspace(-6, 186, 19200)

OT = IT2FS(domain_delHead,
trapezoid_mf, [-6, -5, 5, 6, 1.],
trapezoid_mf, [-3, 0, 3, 4, 1])
C = IT2FS(domain_delHead,
trapezoid_mf, [9,10,173,174,1.],
trapezoid_mf, [6, 7, 170, 171,1])
HO = IT2FS(domain_delHead,
trapezoid_mf, [174,175,185,186, 1.],
trapezoid_mf, [150, 155, 160, 165, 1])
IT2FS_plot(OT, C, HO, legends=["OT", "C", "HO"],
filename="delHead")

# delV membership function
domain_delV = linspace(0, 5, 500)

```

```

kecil = IT2FS(domain_delV,
              trapezoid_mf, [0,0.01,0.3,0.5,1],
              tri_mf, [0.2,0.21,0.3, 1])
besar = IT2FS(domain_delV,
              trapezoid_mf, [0.55, 4.7, 4.99, 5, 1],
              tri_mf, [0.35, 4.5, 4.71, 1])
IT2FS_plot(kecil, besar, legends=["kecil", "besar"],
           filename="delV")
# membership function
domain_IdentificationResult=linspace(0,100,10000);
NoTrans = IT2FS(domain_IdentificationResult,
               tri_mf,[0,0.01,50,1],
               tri_mf,[0,0.01,40,0.8])
YesTrans = IT2FS(domain_IdentificationResult,
                tri_mf,[50, 99,100,1],
                tri_mf,[60,99.99,99,0.8])
IT2FS_plot(NoTrans,YesTrans,legends=["NoTrans","YesTrans"],filena
me="IdentificationResult")

# An Interval Type 2 Fuzzy Logic System is created. The variables
and output
# variables are defined. As it can be seen, the system has 3 input
and 1 output
myIT2FLS = IT2FLS()
myIT2FLS.add_input_variable("delD")
myIT2FLS.add_input_variable("delHead")
myIT2FLS.add_input_variable("delV")
myIT2FLS.add_output_variable("Result")

# the fuzzy IF-THEN rules
# 1
myIT2FLS.add_rule([("delD", Near), ("delHead", OT), ("delV",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 2
myIT2FLS.add_rule([("delD", Near), ("delHead", OT), ("delV",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 3
myIT2FLS.add_rule([("delD", Near), ("delHead", C), ("delV",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 4
myIT2FLS.add_rule([("delD", Near), ("delHead", C), ("delV",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 5
myIT2FLS.add_rule([("delD", Near), ("delHead", HO), ("delV",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 6
myIT2FLS.add_rule([("delD", Near), ("delHead", HO), ("delV",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 7
myIT2FLS.add_rule([("delD", Far), ("delHead", OT), ("delV",
kecil)], [("Result", YesTrans)])
# 8
myIT2FLS.add_rule([("delD", Far), ("delHead", OT), ("delV",
besar)], [("Result", NoTrans)])
# 9
myIT2FLS.add_rule([("delD", Far), ("delHead", C), ("delV", kecil)],
[("Result", YesTrans)])
# 10

```

```
myIT2FLS.add_rule(["delD", Far), ("delHead", C), ("delV", besar)],  
["Result", NoTrans])  
# 11 myIT2FLS.add_rule(["delD", Far), ("delHead", HO), ("delV",  
kecil)], ["Result", YesTrans])  
# 12  
myIT2FLS.add_rule(["delD", Far), ("delHead", HO), ("delV",  
besar)], ["Result", YesTrans])  
  
it2out, tr=myIT2FLS.evaluate({"delD":_, "delHead":_, "delV":_},  
min_t_norm,max_s_norm, domain_IdentificationResult,  
method="Centroid", algorithm="KM")  
it2out["Result"].plot(filename="hasil selection")  
TR_plot(domain_IdentificationResult, tr["Result"], filename="hasil  
selection")  
print((crisp(tr["Result"])))
```



## LAMPIRAN B

### Data AIS Validasi Sistem *Marine Reliability and Safety Laboratory*

<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Heading</i>	<i>Speed (knots)</i>
-7,148435	112,669328	331	13
-7,1561117	112,672477	344	13
-7,1677517	112,677663	352	13
-7,1723667	112,680748	357	13
-7,1728533	112,6812	357	13
-7,1744817	112,683037	353	13
-7,1759083	112,684942	348	13
-7,1774267	112,68732	342	13
-7,1780083	112,688253	336	13
-7,1783383	112,688817	328	13
-7,1788683	112,689702	323	13
-7,179125	112,690115	319	13
-7,180405	112,692538	315	13
-7,18138	112,69445	310	13
-7,1816433	112,694922	307	13
-7,1821533	112,695793	304	13
-7,1824867	112,696322	304	13
-7,1830883	112,69721	300	13
-7,1834067	112,697643	298	13
-7,18372	112,69808	294	13
-7,1839933	112,69849	292	13
-7,1849667	112,69986	291	13
-7,1852533	112,700257	289	13
-7,185595	112,700747	288	13
-7,1858733	112,701145	288	13
-7,1862067	112,701638	287	13
-7,1865367	112,702132	284	13
-7,1868067	112,702537	288	13
-7,1870817	112,702935	290	13
-7,1874083	112,703417	292	13
-7,1880067	112,70427	297	13
-7,188335	112,704728	297	13
-7,1886	112,7051	301	13

**Lanjutan Data AIS Validasi Sistem *Marine Reliability and Safety Laboratory***

-7,18886	112,705477	302	13
-7,1891583	112,705937	310	13
-7,189685	112,706732	317	13
-7,1899717	112,70716	320	13
-7,1902083	112,707495	321	13
-7,1904383	112,707827	321	13
-7,1909117	112,708552	321	13
-7,19117	112,708942	323	13
-7,1914267	112,70931	325	13
-7,1916433	112,709603	332	13
-7,191855	112,709903	327	13

**Data Kapal 2 Pola 1**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
7.54	12,7876	120,2953	271	11.2
7.59	12,7935	120,2913	273	11.2
8.04	12,8026	120,2945	286	11.2
8.09	12,8042	120,2957	288	11.2
8.14	12,8083	120,2719	286	11.2
8.19	12,8068	120,2615	281	11.2
8.24	12,7989	120,2523	275	11.2
8.29	12,7961	120,248	273	11.2
8.34	12,7909	120,2467	269	11.2
8.39	12,787	120,2443	266	11.2
8.44	12,7783	120,2439	261	11.2
8.49	12,7742	120,2427	258	11.2
8.54	12,7687	120,2425	255	11.2
8.59	12,7653	120,2429	253	11.2
9.04	12,7581	120,2451	248	11.2
9.09	12,7504	120,2453	244	11.2
9.14	12,7448	120,2492	240	11.2
9.19	12,7397	120,2502	237	11.2
9.24	12,3744	120,254	233	11.2

**Lanjutan Data Kapal 1 Pola 1**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
9.29	12,7284	120,2602	229	11.2
9.34	12,726	120,266	225	11.2
9.39	12,727	120,273	222	11.2
9.44	12,7356	120,2783	222	11.2
9.49	12,741	120,2779	227	11.2
9.54	12,7484	120,2802	230	11.2
9.59	12,7515	120,2804	233	11.2
10.04	12,7591	120,2827	237	11.2
10.09	12,7649	120,2849	241	11.2
10.14	12,7702	120,2865	246	11.2
10.19	12,776	120,2885	251	11.2
10.24	12,7811	120,2887	254	11.2
10.29	12,7878	120,2899	257	11.2
10.34	12,7905	120,2915	260	11.2
10.39	12,7915	120,2944	260	11.2
10.44	12,7916	120,2983	267	11.2
10.49	12,7918	120,2998	269	11.2
10.54	12,7923	120,307	270	11.2
10.59	12,7931	120,3106	271	11.2
11.04	12,7933	120,3128	272	11.2
11.09	12,7929	120,3167	272	11.2
11.14	12,7926	120,3164	273	11.2
11.19	12,7922	120,3185	275	11.2
11.24	12,7927	120,3225	275	11.2
11.29	12,7928	120,3248	276	11.2
11.34	12,7932	120,3291	277	11.2
11.39	12,7934	120,3317	277	11.2

**Data Kapal 2 Pola 1**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (Knot)</i>
7.54	12,7801	120,2833	323	13
7.59	12,7818	120,2895	331	13
8.04	12,7856	120,2998	344	13
8.09	12,7916	120,3041	352	13
8.14	12,7791	120,3098	357	13
8.19	12,8121	120,3081	357	13
8.24	12,819	120,2995	353	13
8.29	12,8342	120,2955	348	13
8.34	12,8277	120,2854	342	13
8.39	12,827	120,276	336	13
8.44	12,8224	120,266	328	13
8.49	12,8185	120,2576	323	13
8.54	12,8155	120,2514	319	13
8.59	12,8103	120,2466	315	13
9.04	12,8068	120,2432	310	13
9.09	12,8011	120,2375	307	13
9.14	12,7942	120,2363	304	13
9.19	12,7942	120,2363	304	13
9.24	12,7901	120,2355	300	13
9.29	12,7842	120,2344	298	13
9.34	12,7757	120,2337	294	13
9.39	12,7762	120,2339	292	13
9.44	12,7748	120,2339	291	13
9.49	12,7748	120,2339	289	13
9.54	12,7748	120,2339	288	13
9.59	12,7668	120,2399	288	13
10.04	12,7648	120,2446	287	13
10.09	12,7623	120,2504	284	13
10.14	12,7626	120,2549	288	13
10.19	12,7626	120,2549	290	13

**Lanjutan Data Kapal 2 Pola 1**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (Knot)</i>
10.24	12,7626	120,2664	292	13
10.29	12,7629	120,2693	297	13
10.34	12,7649	120,2712	297	13
10.39	12,7673	120,2729	301	13
10.44	12,7703	120,2753	302	13
10.49	12,7713	120,2765	310	13
10.54	12,7757	120,2803	317	13
10.59	12,7748	120,2854	320	13
11.04	12,775	120,2852	321	13
11.09	12,7733	120,2873	321	13
11.14	12,7685	120,2914	321	13
11.19	12,7656	120,294	323	13
11.24	12,7574	120,3012	325	13
11.29	12,7542	120,3007	332	13
11.34	12,746	120,3079	327	13
11.39	12,7449	120,3112	327	13

### Data Kapal 1 Pola 2

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
7.54	14,3086	119,9015	267	9,7
7.59	14,3085	119,9003	273	9,7
8.04	14,3086	119,8986	277	9,7
8.09	14,3083	119,8971	270	9,7
8.14	14,3083	119,8971	283	9,7
8.19	14,3085	119,8946	270	9,7
8.24	14,3084	119,8945	270	9,7
8.29	14,3083	119,8945	270	9,7
8.34	14,3084	119,8919	270	9,7
8.39	14,3091	119,8914	270	9,7
8.44	14,3086	119,8889	270	9,7
8.49	14,3083	119,8887	270	9,7
8.54	14,3084	119,8868	266	9,7
8.59	14,3084	119,8857	272	9,7
9.04	14,3886	119,8841	129	9,7
9.09	14,3075	119,8854	122	9,7
9.14	14,3069	119,8865	118	9,7
9.19	14,3066	119,8875	108	9,7
9.24	14,3065	119,8886	105	9,7
9.29	14,3061	119,8896	114	9,7
9.34	14,3058	119,8906	124	9,7
9.39	14,3055	119,8606	124	9,7
9.44	14,3055	119,8906	122	9,7
9.49	14,3039	119,8919	120	9,7
9.54	14,3033	119,8906	119	9,7

### Lanjutan Data Kapal 1 Pola 2

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
9.59	14,3033	119,8906	119	9,7
10.04	14,3023	119,8892	117	9,7
10.09	14,3022	119,889	117	9,7
10.14	14,3022	119,889	117	9,7
10.19	14,3018	119,8869	117	9,7
10.24	14,3016	119,8858	117	9,7
10.29	14,3016	119,8858	117	9,7
10.34	14,3016	119,8858	117	9,7
10.39	14,3006	119,885	116	9,7
10.44	14,3006	119,886	116	9,7
10.49	14,3005	119,8872	115	9,7

### Data Kapal 2 Pola 2

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
7.54	14,3055	119,8953	240	0,6
7.59	14,3057	119,8942	240	0,6
8.04	14,3065	119,8923	240	0,6
8.09	14,3064	119,8901	240	0,6
8.14	14,3026	119,8893	240	0,6
8.19	14,3058	119,886	240	0,6
8.24	14,3058	119,8844	240	0,6
8.29	14,3058	119,8829	240	0,6
8.34	14,3057	119,881	240	0,6
8.39	14,3059	119,8759	240	0,6

**Lanjutan Data Kapal 2 Pola 2**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (Knot)</i>
8.44	14,3061	119,8766	240	0,6
8.49	14,3061	119,8769	240	0,6
8.54	14,3064	119,8748	240	0,6
8.59	14,3063	119,8729	240	0,6
9.04	14,3065	119,8716	240	0,6
9.09	14,3059	119,8726	240	0,6
9.14	14,3053	119,8741	240	0,6
9.19	14,305	119,8749	240	0,6
9.24	14,3047	119,876	240	0,6
9.29	14,3041	119,8771	240	0,6
9.34	14,3037	119,8786	240	0,6
9.39	14,3035	119,8796	240	0,6
9.44	14,3028	119,8809	240	0,6
9.49	14,3021	119,8797	240	0,6
9.54	14,3019	119,8788	240	0,6
9.59	14,3015	119,8775	240	0,6
10.04	14,3012	119,8765	240	0,6
10.09	14,3011	119,8757	240	0,6
10.14	14,301	119,8748	240	0,6
10.19	14,3007	119,8746	240	0,6
10.24	14,3005	119,8733	240	0,6
10.29	14,3004	119,8724	240	0,6
10.34	14,3003	119,8717	240	0,6



**Lanjutan Data Kapal 2 Pola 2**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (Knot)</i>
10.39	14,2998	119,872	240	0,6
10.44	14,2996	119,8731	240	0,6
10.49	14,2994	119,8742	240	0,6
10.54	14,2994	119,875	240	0,6
10.59	14,2993	119,8754	240	0,6
11.04	14,2991	119,8771	240	0,6
11.09	14,2987	119,8781	240	0,6
11.14	14,2987	119,8794	240	0,6
11.19	14,2985	119,8802	240	0,6
11.24	14,2983	119,8814	240	0,6
11.29	14,2983	119,8814	240	0,6
11.34	14,2983	119,883	240	0,6
11.39	14,2983	119,8844	240	0,6

**Data Kapal 1 Pola 3**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (Knot)</i>
7.54	14,6305	119,7636	73	13,7
7.59	14,6271	119,7627	70	13,7
8.04	14,6255	119,7618	70	13,7
8.09	14,624	119,7602	70	13,7
8.14	14,6234	119,7593	70	13,7
8.19	14,6223	119,757	44	13,7
8.24	14,6223	119,7585	36	13,7

**Lanjutan Data Kapal 1 Pola 3**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (Knot)</i>
8.29	14,6225	119,7576	45	13,7
8.34	14,6199	119,7573	45	13,7
8.39	14,6178	119,7526	42	13,7
8.44	14,6168	119,7518	75	13,7
8.49	14,6152	119,7495	70	13,7
8.54	14,6143	119,748	70	13,7
8.59	14,6125	119,7466	45	13,7
9.04	14,6114	119,7458	50	13,7
9.09	14,6101	119,7441	50	13,7
9.14	14,6088	119,7425	50	13,7
9.19	14,6083	119,7415	50	13,7
9.24	14,6069	119,7398	50	13,7
9.29	14,6066	119,7387	25	13,7
9.34	14,6051	119,7396	25	13,7
9.39	14,6039	119,7354	25	13,7
9.44	14,6037	119,7347	22	13,7
9.49	14,6027	119,7324	22	13,7
9.54	14,6027	119,7305	22	13,7
9.59	14,6027	119,7286	21	13,7
10.04	14,6062	119,7271	21	13,7
10.09	14,6052	119,7243	20	13,7
10.14	14,607	119,7231	19	13,7
10.19	14,6069	119,7216	19	13,7

**Data Kapal 2 Pola 3**

<i>Time</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Heading</i>	<i>Speed</i>
7.54	14,6306	119,7635	181	10,8
7.59	14,6278	119,7634	183	10,8
8.04	14,625	119,7622	192	10,8
8.09	14,6232	119,7603	194	10,8
8.14	14,6224	119,7584	190	10,8
8.19	14,6213	119,7565	191	10,8
8.24	14,6191	119,7538	211	10,8
8.29	14,617	119,7519	211	10,8
8.34	14,6139	119,7482	211	10,8
8.39	14,6109	119,7458	211	10,8
8.44	14,6095	119,744	211	10,8
8.49	14,6084	119,742	211	10,8
8.54	14,6062	119,7385	211	10,8
8.59	14,6034	119,7348	211	10,8
9.04	14,6022	119,7301	211	10,8
9.09	14,6025	119,7267	210	10,8
9.14	14,6078	119,7235	212	10,8
9.19	14,6125	119,72	210	10,8
9.24	14,619	119,7203	210	10,8
9.29	14,6233	119,7235	210	10,8
9.34	14,625	119,7253	221	10,8
9.39	14,6254	119,7284	222	10,8
9.44	14,626	119,7302	235	10,8
9.49	14,6262	119,734	235	10,8
9.54	14,6262	119,7362	235	10,8
9.59	14,6271	119,7403	237	10,8
10.04	14,6275	119,7404	252	10,8
10.09	14,6581	119,7429	251	10,8

**Lanjutan Data Kapal 2 Pola 3**

<i>Time</i>	<i>Latitude (°)</i>	<i>Longitude (°)</i>	<i>Heading (°)</i>	<i>Speed (knot)</i>
10.14	14,6591	119,7493	251	10,8
10.19	14,6294	119,7504	251	10,8
10.24	14,6306	119,7523	237	10,8
10.29	14,6314	119,7569	236	10,8
10.34	14,6314	119,7569	235	10,8
10.39	14,6322	119,7585	230	10,8
10.44	14,6323	119,7585	232	10,8
10.49	14,6325	119,7617	232	10,8
10.54	14,6334	119,7652	232	10,8
10.59	14,6334	119,7652	232	10,8
11.04	14,6338	119,7671	231	10,8
11.09	14,6338	119,7679	224	10,8
11.14	14,6343	119,7701	222	10,8
11.19	14,6348	119,7711	220	10,8
11.24	14,6352	119,7718	218	10,8
11.29	14,6353	119,7731	217	10,8
11.34	14,6354	119,7745	212	10,8
11.39	14,6354	119,7749	211	10,8

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Gresik pada 18 Februari 2000. Penulis menempuh Pendidikan Dasar di SD Muhammadiyah 1 Gresik (2006-2012), pendidikan menengah atas di SMP Negeri 1 Gresik (2012-2015), pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Gresik (2015-2018). Penulis melanjutkan ke jenjang pendidikan tinggi di program sarjana Departemen Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember sejak 2018 melalui jalur kemitraan. Pada tahun kedua penulis aktif menjadi staff anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Fotografi di bidang *Internal Affairs* dan staff anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika di bidang Olahraga dan Kesehatan. Untuk kegiatan non-akademik sejak tahun pertama penulis aktif sebagai pemain dan kapten cabang olahraga basket putri untuk Departemen Teknik Fisika dan Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Bahan. Penulis pernah mendapat predikat juara 1 Piala Rektor cabang Bola Basket Putri bersama tim basket putri FTIRS. Penulis mendapat pengalaman kerja melalui program Kerja Praktek di PT Petrokimia Gresik pada tahun 2021. Penulis menerima kritik dan saran yang dapat dikirimkan melalui email: [farahfortuna18@gmail.com](mailto:farahfortuna18@gmail.com)