TUGAS AKHIR – TF 141581

PERANCANGAN INTEGRASI SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN BERBASIS DATA *AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM* (AIS) UNTUK PEMODELAN IUU *FISHING* DAN *TRANSHIPMENT* MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS)

CHAIRANI FARAHDIBA
NRP 02311645000012

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M. T.
Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng.

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT – TF 141581

DESIGN OF INTEGRATED DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS) IN MODELLING IUU FISHING AND TRANSHIPMENT BY USING ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

CHAIRANI FARAHDIBA
NRP 02311645000012

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M. T.
Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng.

Departement of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2018

This page is left blank

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Chairani Farahdiba
NRP	: 02311645000012
Departemen/Prodi	: Teknik Fisika/ S1 Teknik Fisika
Fakultas	: Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi	: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul "Perancangan Integrasi Sistem Pengambilan Keputusan Berbasis Data *Automatic Identification System* (AIS) untuk Pemodelan IUU *Fishing* dan *Transhipment* Menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS)" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, Juli 2018
Yang membuat pernyataan,

Chairani Farahdiba
NRP. 02311645000012

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN INTEGRASI SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN BERBASIS DATA *AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM* (AIS) UNTUK PEMODELAN IUU *FISHING* DAN *TRANSHIPMENT* MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS)

TUGAS AKHIR
Oleh :

CHAIRANI FARAHDIBA
NRP. 02311645000012

Surabaya, Juli 2018
Mengetahui/Menyetujui

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

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

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng.
NIP. 19580807 198403 1 001

Menyetujui,
Kepala Departemen Teknik Fisika FTI-ITS

Agus Muhammad Hatta, ST, Msi, Ph.D
NIPN. 19780902 200312 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN INTEGRASI SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN BERBASIS DATA *AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM* (AIS) UNTUK PEMODELAN IUU *FISHING* DAN *TRANSHIPMENT* MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS)

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

CHAIRANI FARAHDIBA
NRP. 02311645000012

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. (Pembimbing I)
2. Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng. (Pembimbing II)
3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA (Ketua Tim Penguji)
4. Dr. Ir. Purwadi A. Darwito, M.Sc. (Penguji I)
5. Dr. Ridho Hantoro, S. T., M. T. (Penguji II)

SURABAYA
JULI, 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERANCANGAN INTEGRASI SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN BERBASIS DATA *AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM* (AIS) UNTUK PEMODELAN IUU *FISHING* DAN *TRANSHIPMENT* MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS)

Nama Mahasiswa	**: Chairani Farahdiba**
NRP	**: 02311645000012**
Departemen	**: Teknik Fisika FTI-ITS**
Dosen Pembimbing	**: 1.Prof. Dr. Ir. Aulia S. Aisjah, M.T.**
	2. Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.

Abstrak

Praktik *Illegal, Unreported, and Unregulated* (IUU) *Fishing* dan *Transhipment* kerap terjadi di perairan Indonesia karena pengawasan yang masih bersifat konvensional. Oleh karena itu, perancangan integrasi sistem pengambilan keputusan praktik IUU *Fishing* dan *Transhipment* perlu dilakukan. Sistem pengambilan keputusan dirancang dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang berbasis data *Automatic Identification System* (AIS). Terdapat tiga sub-sistem pada sistem ini yakni sub-sistem *selection*, sub-sistem IUU *fishing decision*, dan sub-sistem IUU *transhipment decision*. Pengujian *illegal fishing* dilakukan terhadap jenis kapal cantrang.

Sub-sistem *selection* terdiri atas 2 variabel masukan yaitu selisih jarak dua awal kapal dan selisih *heading* awal. Sub-sistem IUU *fishing decision* terdiri atas 5 variabel masukan yaitu jenis kapal, kecepatan *casting*, kecepatan *hauling*, perubahan posisi *longitude* dan *latitude*. Sub-sistem IUU *transhipment decision* terdiri atas 6 variabel masukan yaitu selisih kecepatan saat *transhipment*, selisih jarak saat *transhipment*, perubahan jarak, perubahan kecepatan kapal 1, perubahan kecepatan kapal 2, dan selisih *heading* akhir. Fungsi *trimf* atau segitiga dengan metode *hybrid* merupakan fungsi yang paling baik dalam sistem pengambilan keputusan pada tugas akhir ini karena menghasilkan nilai RMSE yang paling kecil pada semua sub-sistem. RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem *selection* adalah 2,92E-07, RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem IUU *fishing decision* adalah 5,63E-08, dan RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem IUU *transhipment decision* adalah 4,36E-07. Akurasi yang dihasilkan pada pengambilan keputusan IUU *fishing* adalah

89,3% sedangkan akurasi pengambilan keputusan IUU *transhipment* adalah 87,4%.

Kata kunci: IUU *Fishing*, IUU *Transhipment*, AIS, ANFIS, sistem pengambilan keputusan.

DESIGN OF INTEGRATED DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS) IN MODELLING IUU FISHING AND TRANSHIPMENT BY USING ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

Name	**: Chairani Farahdiba**
NRP	**: 02311645000012**
Departement	**: Engineering Physics FTI-ITS**
Supervisor	**: 1.Prof. Dr. Ir. Aulia S. Aisjah, M.T.**
	2. Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng.

Abstract

Illegal, Unreported, and Unregulated (IUU) Fishing and Transhipment Practices often occur in Indonesian waters due to conventional supervision. Therefore, the design of integration of IUU Fishing and Transhipment decision support system needs to be done. The decision-support system is designed by using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) based on Automatic Identification System (AIS) data. There are three sub-systems in this system namely sub-system selection, IUU fishing decision sub-system, and IUU transhipment decision sub-system. Illegal fishing test conducted on "cantrang" vessel.

The selection sub-system consists of two input variables, namely the difference between the initial two vessels and the initial heading difference. IUU fishing decision sub-system consists of 5 input variables: ship type, casting speed, hauling speed, change of longitude and latitude position. The IUU transhipment decision sub-system consists of 6 input variables, namely difference of speed during transhipment, distance of transhipment distance, change of velocity of vessel 1, velocity change of vessel 2, and final heading difference. Trimf or triangle function with hybrid method is the best function in the decision support system in this final project because it produces the smallest RMSE value on all sub-systems. The RMSE generated in the sub-system selection is 2.92E-07, the RMSE produced in the IUU fishing decision sub-system is 5.63E-08, and the RMSE generated in the IUU transhipment decision sub-system is 4.36E-07. The accuracy resulted in IUU fishing decision is 89,3% while the accuracy of decision of IUU transhipment is 87,4%.

Keyword: IUU Fishing, IUU Transhipment, AIS, ANFIS, Decision Support System.

This page is left blank

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan Tugas Akhir yang berjudul:

"PERANCANGAN INTEGRASI SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN BERBASIS DATA *AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM* (AIS) UNTUK PEMODELAN IUU *FISHING* DAN *TRANSHIPMENT* MENGGUNAKAN *ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM* (ANFIS)"

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. dan Bapak Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan ilmu dan bimbingan yang sangat bermanfaat.
2. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika yang telah memberikan bimbingan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
3. Bapak Totok Ruki Biyanto S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumentasi yang telah memberikan ilmu serta kemudahan perizinan.
4. Bapak Hendra Cordova, S. T., M. T. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan dukungan selama perkuliahan.
5. Bapak A. A. Bgs Dinariyana DP, S. T., MES, Ph. D. selaku Kepala Laboratorium Keandalan dan Keselamatan (RAMS) Departemen Sistem Teknik Perkapalan, FTK ITS.
6. Bapak Dwi Suasti Antara, S.T., M. T., dan Subhan Nooriansyah, S. Kom selaku tim AIS ITS di *National Ship Design and Engineering Center* (NASDEC) ITS.

7. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di Departemen Teknik Fisika – ITS yang telah mengajar dengan baik.
8. Semua staf dan karyawan Teknik Fisika ITS atas bantuannya selama ini.
9. Orang tua dan saudara penulis yang selalu memberikan motivasi, kebahagiaan dan tak henti-hentinya memberikan doa untuk penulis.
10. Teman-teman Teknik Fisika program Lintas Jalur 2016 yang memberikan motivasi selama berkuliah di ITS.
11. Semua orang yang telah memberikan inspirasi bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi bara pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI v
LEMBAR PENGESAHAN I vii
LEMBAR PENGESAHAN II ix
Abstrak xi
Abstract xiii
KATA PENGANTAR xv
DAFTAR ISI xvii
DAFTAR TABEL xxv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Masalah 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB II DASAR TEORI 7
2.1 *Illegal, Unreported, and Unregulated (IUU) Fishing* dan *Transhipment* 7
2.1.1 IUU *Fishing* 7
2.1.2 IUU *Transhipment* 8
2.2 Teknologi *Automatic Identification System* (AIS) 9
2.3 Kapal Cantrang 10
2.4 *Collision Regulation* 12
2.5 *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* 13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 17
3.1 Analisis Hasil Penelitian Terdahulu 18
3.2 Identifikasi Masalah 23
3.3 Studi Literatur 23
3.4 Pengumpulan Data 23
3.5 Perancangan ANFIS IUU Fishing dan Transhipment . 24
3.5.1 Perancangan Sub-sistem *Selection* 30
3.5.2 Perancangan Sub-Sistem IUU *Fishing Decision* 39

3.5.3 Perancangan Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision* 48
3.6 Perancangan *Graphic User Interface* (GUI)..... 58
3.7 Pengujian Sistem..... 60
3.7.1 Pembangkitan Data Sub-sistem *Selection*..... 60
3.7.2 Pembangkitan Data Sub-sistem IUU *Fishing Decision* 61
3.7.2.1 Pembangkitan Kapal A 62
3.7.2.2 Pembangkitan Data Kapal B 63
3.7.2.3 Pembangkitan Data Kapal I 65
3.7.2.4 Pembangkitan Data Kapal J 66
3.7.2.5 Pembangkitan Data Kapal K..... 68
3.7.2.6 Pembangkitan Data Kapal L 69
3.7.2.7 Pembangkitan Data Kapal M 70
3.7.2.8 Pembangkitan Data Kapal N..... 72
3.7.3 Pembangkitan Data Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*..... 73
3.7.3.1 Pembangkitan Data Kapal C dan D..... 73
3.7.3.2 Pembangkitan Data Kapal E dan F 75
3.7.3.3 Pembangkitan Data Kapal G dan H 77
3.7.3.4 Pembangkitan Data Kapal O dan P 79
3.7.3.5 Pembangkitan Data Kapal Q dan R..... 81
3.8 Validasi Sistem 83
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN..... 85
4.1 Hasil Pengujian Data Sub-sistem *Selection*..... 85
4.2 Hasil Pengujian Data Sub-sistem IUU *Fishing Decision*.....87
4.2.1 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal A 87
4.2.2 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal B..... 89
4.2.3 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal I..... 91
4.2.4 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal J..... 93
4.2.5 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal K 95
4.2.6 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal L..... 97
4.2.7 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal M..... 99
4.2.8 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal N 100

4.3 Hasil Pengujian Data Sub-Sistem IUU Transhipment 102
4.3.1 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal C dan D 103
4.3.2 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal E dan F 104
4.3.3 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal G dan H 106
4.3.4 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal O dan P 108
4.3.5 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal Q dan R 110
4.4 Analisis Akurasi Sistem 112
4.5 Validasi Sistem 114
4.5.1 Validasi Sub-sistem IUU *Fishing Decision* .. 114
4.5.1.1 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Cipta Banten 114
4.5.1.2 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal KHF 268 117
4.5.1.3 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Cantrang X 120
4.5.2 Validasi Sub-sistem IUU *Transhipment* 123
4.5.2.1 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten 123
4.5.2.2 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Lurongyuanyu 105 dan Eagle Seville. 127
4.6 Hasil Nilai Keputusan Sistem 131
BAB V PENUTUP 135
5.1 Kesimpulan 135
5.2 Saran 135
DAFTAR PUSTAKA 137
LAMPIRAN A
LAMPIRAN B
LAMPIRAN C
LAMPIRAN D
LAMPIRAN E
LAMPIRAN F

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alat Tangkap Cantrang (KKP, 2015)..... 11
Gambar 2. 2 (a) *Head On* (b) *Crossing* (c) *Overtake* (Perera *et al*, 2011)..... 12
Gambar 2. 3 Sistem Arsitektur ANFIS (Jang, 1993) 14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....17
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem IUU *Fishing* pada Penelitian Ikko Fransisko (Fransisko, 2016) 19
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem IUU *Fishing* pada Muhammad Dany (Dany, 2017)..... 20
Gambar 3. 4 Blok Diagram Sistem IUU *Transhipment* pada Penelitian Achmad Nidzar Alif (Alif, 2016) 21
Gambar 3. 5 Diagram Blok Sistem IUU *Transhipment* pada Penelitian Krisandi Putra Situmorang (Situmorang, 2017) 22
Gambar 3. 6 Diagram Blok Sistem Pengambilan Keputusan. 25
Gambar 3. 7 Diagram Blok Sub-sistem *Selection*..... 27
Gambar 3. 8 Diagram Blok Sub-sistem IUU *Fishing Decision*..... 27
Gambar 3. 9 Blok Diagram Sub-sistem IUU *Transhipment Decision*..... 28
Gambar 3. 10 Tampilan *Workspace* Matlab 30
Gambar 3. 11 Data Sebelum *Training* Sub-Sistem *Selection*... 33
Gambar 3. 12 Data Setelah *Training* Sub-Sistem *Selection*..... 34
Gambar 3. 13 Struktur ANFIS Sub-sistem *Selection*..... 34
Gambar 3. 14 Struktur FIS Sub-Sistem *Selection*..... 35
Gambar 3. 15 Fungsi Keanggotaan Jarak 35
Gambar 3. 16 Fungsi Keanggotaan Selisih *Heading* 36
Gambar 3. 17 Kaidah Sub-Sistem *Selection*..... 37
Gambar 3. 18 *Rule Viewer* Sub-Sistem *Selection*..... 38
Gambar 3. 19 *Surface* Sub-Sistem *Selection* 38
Gambar 3. 20 Data Sebelum *Training* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*..... 42
Gambar 3. 21 Data Setelah *Training* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*..... 42

Gambar 3. 22 Struktur ANFIS Sub-sistem IUU *Fishing Decision* 43
Gambar 3. 23 Struktur FIS Sub-Sistem IUU *Fishing Decision* 43
Gambar 3. 24 Fungsi Keanggotaan Jenis Kapal 44
Gambar 3. 25 Fungsi Keanggotaan Kecepatan *Casting* 44
Gambar 3. 26 Fungsi Keanggotaan Kecepatan *Hauling* 45
Gambar 3. 27 Fungsi Keanggotaan Perubahan *Longitude* 45
Gambar 3. 28 Fungsi Keanggotaan Perubahan *Latitude* 45
Gambar 3. 29 *Rule Viewer* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision* 47
Gambar 3. 30 *Surface Viewer* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision* 47
Gambar 3. 31 Data Sebelum *Training* Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision* 51
Gambar 3. 32 Plot Data *Training* dengan Keluaran FIS 52
Gambar 3. 33 Struktur ANFIS Sub-sistem IUU *Transhipment* 52
Gambar 3. 34 Struktur FIS Sub-sistem IUU *Transhipment Decision* 53
Gambar 3. 35 Fungsi Keanggotaan Selisih Kecepatan 54
Gambar 3. 36 Fungsi Keanggotaan Selisih Jarak *Transhipment* 54
Gambar 3. 37 Fungsi Keanggotaan Perubahan Jarak 54
Gambar 3. 38 Fungsi Keanggotaan Perubahan Kecepatan Kapal 1 55
Gambar 3. 39 Fungsi Keanggotaan Perubahan Kecepatan Kapal 2 55
Gambar 3. 40 Fungsi Keanggotaan Selisih *Heading* Akhir 56
Gambar 3. 41 *Rule Viewer* Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision* 57
Gambar 3. 42 *Surface Viewer* Sub Sistem IUU *Transhipment Decision* 58
Gambar 3. 43 Tampilan GUI Sistem Pengambilan Keputusan 59
Gambar 3. 44 Perairan Selat Malaka (*http://maps.google.com*) 60

Gambar 4. 1 Plot Data *Training* dan Keluaran FIS Sub-Sistem *Selection*.....85
Gambar 4. 2 Tampilan GUI Hasil Pengujian *Selection* Kapal A dan B.....86
Gambar 4. 3 Tampilan GUI Hasil Pengujian *Selection* Kapal C dan D.....87
Gambar 4. 4 Plot Data *Training* dan Keluaran FIS Sub-Sistem IUU *Fishing Decision* 87
Gambar 4. 5 Pola Trayektori Kapal A 88
Gambar 4. 6 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal A.....89
Gambar 4. 7 Pola Trayektori Kapal B 90
Gambar 4. 8 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal B.....91
Gambar 4. 9 Pola Trayektori Kapal I.....92
Gambar 4. 10 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal I 93
Gambar 4. 11 Pola Trayektori Kapal B 94
Gambar 4. 12 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal J 95
Gambar 4. 13 Pola Trayektori Kapal K 96
Gambar 4. 14 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal K.....97
Gambar 4. 15 Pola Trayektori Kapal L.....98
Gambar 4. 16 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal L 99
Gambar 4. 17 Pola Trayektori Kapal M 99
Gambar 4. 18 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal M 100
Gambar 4. 19 Pola Trayektori Kapal N 101
Gambar 4. 20 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal N.....102
Gambar 4. 21 Plot Data *Training* dan Keluaran FIS Sub-Sistem IUU *Fishing Transhipment*.....102
Gambar 4. 22 Pola Trayektori Kapal C dan D.....103
Gambar 4. 23 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal C dan D 104
Gambar 4. 24 Pola Trayektori Kapal E dan F.....105
Gambar 4. 25 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal E dan F 106
Gambar 4. 26 Pola Trayektori Kapal G dan H.....107
Gambar 4. 27 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal G dan H 108
Gambar 4. 28 Pola Trayektori Kapal O dan P 109

Gambar 4. 29 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal O dan P 110
Gambar 4. 30 Pola Trayektori Kapal Q dan R 111
Gambar 4. 31 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal Q dan R 112
Gambar 4. 32 Plot Trayektori Kapal Cipta Banten 116
Gambar 4. 33 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Cipta Banten 117
Gambar 4. 34 Pola Trayektori Kapal KHF 268 119
Gambar 4. 35 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal KHF 268..... 120
Gambar 4. 36 Pola Trayektori Kapal X 121
Gambar 4. 37 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Cantrang 122
Gambar 4. 38 Pola Trayektori Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten 125
Gambar 4. 39 Tampilan GUI Hasil *Selection* Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten..... 126
Gambar 4. 40 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten..... 126
Gambar 4. 41 Pola Pergerakan Kapal Lurongyuanyu 105 129
Gambar 4. 42 Pola Trayektori Kapal Lurongyuanyo 105 & Eagle Seville 129
Gambar 4. 43 Tampilan GUI Hasil *Selection* Kapal Lurongyuanyo 105 dan Eagle Seville..... 130
Gambar 4. 44 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Lurongyuanyu 105 dan Eagle Seville..... 131

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Jenis Informasi AIS (Yudistira, 2009)	10
Tabel 3. 1	Hasil RMSE Data *Training* Sub-Sistem *Selection*	32
Tabel 3. 2	Parameter Fungsi Keanggotaan Sub-Sistem *Selection*	36
Tabel 3. 3	Hasil RMSE Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*	41
Tabel 3. 4	Parameter Fungsi Keanggotaan Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*	46
Tabel 3. 5	Hasil RMSE Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*	51
Tabel 3. 6	Parameter Fungsi Keanggotaan Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*	56
Tabel 3. 7	Pembangkitan Data 18 Kapal	60
Tabel 3. 8	Data Kapal A	62
Tabel 3. 9	Data Kapal B	64
Tabel 3. 10	Data Kapal I	65
Tabel 3. 11	Data Kapal J	67
Tabel 3. 12	Data Kapal K	68
Tabel 3. 13	Data Kapal L	69
Tabel 3. 14	Data Kapal M	71
Tabel 3. 15	Data Kapal N	72
Tabel 3. 16	Data Kapal C	74
Tabel 3. 17	Data Kapal D	74
Tabel 3. 18	Data Kapal E	75
Tabel 3. 19	Data Kapal F	76
Tabel 3. 20	Data Kapal G	77
Tabel 3. 21	Data Kapal H	78
Tabel 3. 22	Data Kapal O	79
Tabel 3. 23	Data Kapal P	80
Tabel 3. 24	Data Kapal Q	81
Tabel 3. 25	Data Kapal R	82
Tabel 4. 1	Hasil Pengujian Data Sub-sistem *Selection*	85
Tabel 4. 2	Data Kapal Cipta Banten	115
Tabel 4. 3	Data Kapal KHF 268	117

Tabel 4. 4 Data Kapal Cantrang X 120
Tabel 4. 5 Data Kapal Joyoboyo 1 123
Tabel 4. 6 Data Kapal Cipta Banten 124
Tabel 4. 7 Data Kapal Lurongyuanyo 105 127
Tabel 4. 8 Data Kapal Eagle Seville 128
Tabel 4. 9 Nilai Keputusan IUU *Fishing* 132
Tabel 4. 10 Nilai Keputusan IUU *Transhipment* 132

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara maritim dimana 70% wilayahnya adalah lautan. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia No. KEP. 18/MEN/2011, luas wilayah laut Indonesia adalah 5.8 juta km^2. Dengan potensi kekayaan sumber daya laut yang sangat besar, perairan Indonesia sangat rentan dengan pencurian dan tindak kecurangan. Hal ini berdampak pada Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP) yang tidak mencapai target dan cenderung stagnan. Total target PNBP perikanan yang ditetapkan dalam APBN 2005 – 2013 tidak pernah melebihi 300 milyar dan hanya mencapai 150 milyar sejak tahun 2009 (KKP, 2015). Kasus pencurian ikan atau yang dikenal pula dengan *illegal fishing* kerap terjadi wilayah perairan Indonesia dan kerugian yang diakibatkan dapat mencapai 300 trilyun per tahun. Pemberantasan *illegal fishing* adalah salah satu upaya penyelamatan Sumber Daya Ikan (SDI).

Salah satu alat tangkap ikan yang banyak digunakan oleh nelayan di Indonesia adalah cantrang. Penggunaan cantrang di Indonesia diatur dalam Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI Nomor 2/PERMEN-KP/2015, penggunaan alat penangkapan ikat pukat hela (*trawls*) dan pukat tarik (*seine nets*) dilarang di wilayah Indonesia dimana cantrang termasuk ke dalam pukat tarik sehingga kegiatan perikanan tangkap yang menggunakan kedua jenis alat tersebut dilarang dan masih berlaku sampai izin masa berlakunya habis. Cantrang dilarang karena dapat merusak lingkungan seperti terumbu karang dan ekosistem dari *baby fish* (bibit ikan), serta menangkap para *baby fish* tersebut sebelum siap ditangkap (Armawanti, 2017). Oleh karena itu, nelayan perlu beralih ke alat tangkap jenis lain yang lebih ramah lingkungan.

Kasus *illegal transhipment* di perairan Indonesia juga sering terjadi karena ketidakmampuan pemerintah dalam melakukan pemantauan. Hal ini terjadi karena kapal penangkap ikan tidak perlu lagi kembali ke pangkalan dan hanya menunggu kapal

pengumpul untuk mengambil ikan hasil tangkapan. Dilihat dari pola tersebut, pajak yang diterima oleh pemerintah Indonesia menjadi kecil karena sedikitnya kapal penangkap ikan yang berlabuh di pelabuhan Indonesia. Di bawah kepemimpinan Presiden Joko Widodo dan Wakil Presiden Jusuf Kalla, pemerintah mengeluarkan dua kebijakan utama moratorium kapal perikanan tangkap dan kebijakan larangan *transhipment* (Sianturi, 2016). Praktik *illegal fishing* dan *transhipment* dikenal sebagai *Illegal, Unregulated,* dan *Unreported* (IUU) *Fishing* dan *Transhipment.*

Sistem pelacakan kapal dilakukan secara otomatis dengan menggunakan sistem elektronik yang bernama *Automatic Identification System* (AIS). IMO (*International Maritime Organization*) telah mewajibkan kapal-kapal untuk memasang perangkat AIS sejak tahun 2000. AIS berfungsi sebagai sistem komunikasi antarkapal dan dari kapal menuju daratan serta sebaliknya yang menyajikan informasi dan identifikasi mengenai pergerakan kapal. AIS menyediakan informasi statis dan dinamis, informasi dinamis diperbarui setiap 2 sampai 10 detik tergantung pada kecepatan kapal dan infromasi statis terdiri dari MMSI (*Maritime Mobile Service Identify*), IMO *Number, ships name, call sign, length and beam, type of ship, location of position-fixing antenna on the ship* (Aisjah *et al*, 2017).

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sistem pengambilan keputusan masih bekerja secara masing-masing dalam memodelkan IUU *Fishing* dan *Transhipment* dan belum adanya integrasi antar keduanya. Penelitian mengenai pengambilan keputusan IUU *Fishing* dilakukan oleh Ikko Fransisko dan Muhammad Dany sedangkan IUU *Transhipment* dilakukan oleh Achmad Nizar Alif dan Krisandi Putra Situmorang. Metode yang digunakan dalam penelitian sebelumnya adalah masih menggunakan logika *fuzzy*, sehingga belum adanya kemampuan *learning* yang dimiliki oleh sistem Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Penelitian yang dilakukan oleh Ikko Fransisko menghasilkan akurasi 79,5837% (Fransisko, 2016). Penelitian selanjutnya tentang IUU *Fishing* yang dilakukan oleh Muhammad Dany memiliki akurasi sebesar 98,342% (Dany, 2017). Penelitian

tentang IUU *Transhipment* yang telah dilakukan oleh Achmad Nizar Alif menghasilkan akurasi 82% (Alif, 2016). Akurasi dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Krisandi Putra Situmorang adalah 83,075% (Situmorang, 2017).

Penelitian tugas akhir ini dilakukan untuk membuat sebuah sistem pengambilan keputusan berbasis data AIS untuk memprediksi kegiatan *illegal fishing* dan *illegal transhipment* bagi kapal yang melintasi perairan Indonesia dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System* (ANFIS). ANFIS merupakan sebuah metode yang menggabungkan logika *fuzzy* dan JST yaitu ANFIS yang memiliki kemampuan penalaran layaknya *fuzzy* dan kemampuan *learning* seperti JST. ANFIS bekerja berdasarkan data pelatihan yang terdiri atas data masukan dan keluaran yang algoritma pengambilan keputusannya menggunakan Fuzzy Sugeno (Takagi-Sugeno-Kang) (Valcic *et al*, 2011). Tugas akhir ini juga akan melakukan integrasi sistem pengambilan keputusan IUU *Fishing* dan *Transhipment* yang berbasis data AIS yang merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan latar belakang diatas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana arsitektur ANFIS untuk sistem pengambilan keputusan?
2. Parameter apa saja yang mendukung model pengambilan keputusan IUU *fishing* dan *transhipment* berbasis ANFIS?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang arsitektur ANFIS untuk integrasi sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* dan *transhipment.*
2. Menentukan paramater yang mendukung model pengambilan keputusan IUU *fishing* dan *transhipment* berbasis data AIS menggunakan ANFIS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dihasilkan dalam penelitian tugas akhir ini adalah suatu integrasi sistem pengambilan keputusan kasus IUU *fishing* dan *transhipment* yang terjadi wilayah perairan Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini adalah:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini didapat dari *National Ship Design & Engineering Center* (NASDEC) – ITS, Laboratorium Teknik Sistem Perkapalan, situs *http://marinetraffic.com*, dan beberapa data dari penelitian sebelumnya.
2. Sistem pengambilan keputusan menggunakan ANFIS.
3. Semua kapal diasumsikan sudah terpasang sistem *Automatic Identification System* (AIS).
4. Variabel yang digunakan sebagai input dalam sistem pengambilan keputusan merupakan data yang diperoleh dari AIS.
5. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB R2013b.
6. Kapal yang menjadi objek pengujian untuk kasus IUU *fishing* adalah kapal dengan alat tangkap cantrang.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bagian ini berisi tentang teori penunjang dalam penelitian tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisi tentang prosedur penelitian dan metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang data hasil pengujian, validasi sistem, serta analisis sistem pengambilan keputusan.

BAB V PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan penelitian tugas akhir dan saran yang dapat membantu penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
DASAR TEORI

2.1 *Illegal, Unreported, and Unregulated* (IUU) *Fishing* dan *Transhipment*

2.1.1 IUU *Fishing*

Secara sederhana, *illegal fishing* berarti penangkapan ikan secara ilegal atau pencurian ikan. IUU *fishing* kerap terjadi di daerah Zona Ekonomi Ekslusif (ZEE). Kerugian yang diakibatkan dari *illegal fishing* bagi Indonesia diperkirakan mencapai USD 20 milyar per tahun. Istilah *illegal fishing* di Indonesia terdapat pada PERMA No. 1 Tahun 2007 tentang Peradilan Perikanan yang merujuk pada pengertian yang dikeluarkan oleh *International Plan of Action* (IPOA) – *Illegal, Unreported, Unregulated (IUU) Fishing* yang diprakarsai oleh FAO, Ndiaye, dan Baird (Agustina, 2014). Dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa kegiatan penangkapan ikan yang dapat dikategorikan *illegal fishing* adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan oleh orang atau kapal asing pada suatu perairan yang menjadi yurisdiksi suatu negara dan tanpa izin dari negara tersebut atau bertentangan dengan peraturan yang berlaku.
2. Bertentangan dengan peraturan nasional yang berlaku atau kewajiban internasional.
3. Dilakukan oleh kapal yang mengibarkan bendera suatu negara yang menjadi anggota organisasi pengelolaan perikanan regional, tetapi beroperasi tidak sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh organisasi tersebut atau ketentuan hukum internasional yang berlaku.

Kedua, *unreported fishing* atau kegiatan perikanan yang tidak dilaporkan adalah suatu penangkapan ikan yang:

1. Tidak pernah dilaporkan atau dilaporkan secara tidak benar kepada instansi yang berwenang dan tidak sesuai dengan peraturan perundang-undangan nasional.

2. Dilakukan di area yang menjadi kompetensi organisasi pengelolaan perikanan regional, namun tidak pernah dilaporkan atau dilaporkan secara tidak benar.
3. Tidak sesuai dengan prosedur pelaporan dari organisasi tersebut.

Ketiga, *unregulated fishing* atau kegiatan perikanan yang tidak diatur adalah kegiatan penangkapan ikan yang:

1. Dilakukan pada suatu area atau stok ikan yang belum diterapkan ketentuan pelestarian dan pengelolaan dan kegiatan penangkapan tersebut dilaksanakan dengan cara yang tidak sesuai dengan tanggung jawab negara untuk pelestarian dan pengelolaan sumber daya ikan sesuai hukum internasional.
2. Dilakukan pada suatu area yang menjadi kewenangan organisasi pengelolaan perikanan regional, yang dilakukan oleh kapal tanpa kewarganegaraan, atau yang mengibarkan bendera suatu negara yang tidak menjadi anggota tersebut, dengan cara tidak sesuai atau bertentangan dengan ketentuan pelestarian dan pengelolaan dari organisasi tersebut.

Akibat praktek IUU *fishing* ini, Kepala Pusat Analisis Kerjasama Internasional dan Antar Lembaga, Sekretaris Jenderal Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Anang Nugroho menyebutkan bahwa dalam satu dekade terakhir negara mengalami kerugian sebesar Rp 30 triliun pertahun dari pencurian oleh negara asing. Jika mengambil standar penjualan ikan dunia, harga satu kilogram ikan adalah 2 dolar, artinya ikan yang dicuri 166 ton pertahun.

2.1.2 IUU *Transhipment*

Transhipment atau alih muat menurut Per.30/MEN/2012 adalah pemindahan ikan hasil tangkapan dari kapal penangkap ikan ke kapal pengangkut ikan atau pemindahan ikan hasil tangkapan dari kapal penangkap ikan ke kapal penangkap ikan (Hudayana *et al*, 2017). Modus *transhipment* artinya pemindahan muatan ikan yang terjadi di tengah lautan lepas. Praktik *transhipment* kerap terjadi sepanjang tahun. Hingga tahun 2011 menurut data Badan

Statistik, sedikitnya terdapat 6.830 kapal ikan Indonesia yang mendapat izin menangkap ikan di ZEE (Zona Ekonomi Eksklusif) (Agustina, 2014).

Illegal Transhipment adalah proses pemindahan muatan dari satu kapal ke kapal lainnya yang dilakukan di tengah laut dan tanpa adanya izin dari pabean. Proses membongkar dan memuat barang di tengah laut termasuk pelanggaran. Barang-barang yang didatangkan dari luar negeri wajib dibongkar di Kantor Pabean atau tempat bongkar muat lainnya dengan izin Kepala Kantor Pabean. Barang-barang yang didatangkan wajib membuat *General Custom Declaration* (bentuk ikatan hukum antara pengangkut dengan negara yang diwakili Otoritas Pabean) dan berlaku Wajib Pajak/Bea Masuk dengan negara yang bersangkutan (Kemenkeu, Peraturan Direktur Jenderal Bea dan Cukai Nomor PER-10/BC/2017, 2017). Namun, tindakan *illegal transhipment* masih sulit dipantau oleh pemerintah. *Illegal transhipment* juga akan memungkinkan tindakan pelanggaran lainnya, seperti *illegal fishing*.

Dari aspek bisnis, *illegal transhipmment* lebih menguntungkan karena kapal penangkap ikan tidak perlu lagi kembali ke pangkalan setelah muatan ikan penuh. Terdapat kapal pengumpul yang bertugas untuk mengambil hasil tangkapan ikan dan menyuplai bahan bakar bagi kapal penangkap (Nurcholis, 2015). Regulasi mengenai *illegal transhipment* telah diatur oleh pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 57/PERMEN-KP/2014 tentang Perubahan Kedua Atas Permen KP Nomor PER.30/MEN/2012 Tentang Usaha Perikanan Tangkap di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia.

2.2 Teknologi *Automatic Identification System* (AIS)

Automatic Identification System (AIS) adalah sebuah sistem komunikasi yang digunakan pada kapal dan *Vessel Traffic Services* (VTS) atau pelayanan lalu lintas kapal yang secara prinsip untuk identifikasi status navigasi kapal. Berdasarkan konvensi internasional, kapal-kapal yang memiliki berat lebih dari 30 GT

wajib untuk memasang perangkat AIS. Data AIS dapat digunakan sebagai acuan untuk memodelkan pola perilaku kapal dan memprediksi kegiatan penangkapan ikan yang mungkin terjadi dalam suatu area (Aisjah, 2011).

Posisi dan data lain disediakan secara otomatis dari sensor kapal ke dalam sistem AIS, dimana data data tersebut diformat dan dipancarkan dalam data pendek yang cepat pada saluran VHF. Ketika kapal lain menerima data, data tersebut diartikan dan ditunjukkan pada pengawas kapal yang bisa melihat laporan AIS dari kapal lain yang sudah dilengkapi grafis dan teks format. Data AIS bisa pula disimpan dalam VDR (*Voyage Data Recorder*) kapal untuk analisis rekaman kembali di masa depan (Prabawaningtyas, 2009). **Tabel 2. 1.** menunjukkan jenis informasi dari AIS.

Tabel 2. 1 Jenis Informasi AIS (Yudistira, 2009)

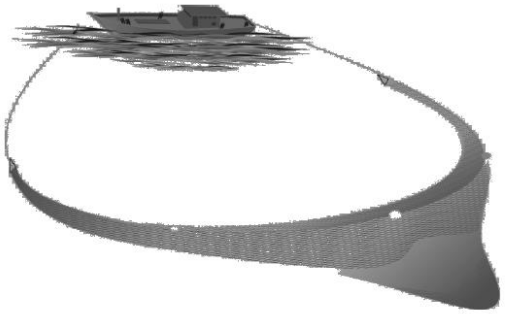
Data Statis	Data Dinamis	Data Perjalanan
a. Nomor IMO b. *Call sign* dan nama kapal c. Dimensi kapal d. Tipe kapal e. Lokasi dari posisi pemasangan antena pemancar	a. Posisi kapal dengan indikasi keakuratan dan status integritas b. Waktu dalam *Coordinate Universal Time* (UTC) c. Arah kapal d. Kecepatan kapal *e. Heading* f. Status navigasional sudut putar g. *Course Over Ground* (COG) h. *Rate of Turn* (ROT)	a. Surat kapal b. Kargo berbahaya c. Tujuan dan ETA (sesuai dengan kebijakan perwira kapal)

2.3 Kapal Cantrang

Pada penelitian tugas akhir ini, jenis kapal yang digunakan adalah cantrang. Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI Nomor 2/PERMEN-KP/2015, penggunaan alat

penangkapan ikat pukat hela (*trawls*) dan pukat tarik (*seine nets*) dilarang di wilayah Indonesia. Bagian-bagian cantrang yang terdiri dari sayap, badan, dan kantong dalam konstruksinya memiliki ukuran yang sangat bervariasi seperti ukuran benang, mata jaring, dan jumlah mata jaring serta beberapa bagian dengan material lainnya. Pada umumnya, dimensi cantrang disesuaikan dengan ukuran kapal yang dimiliki nelayan, semakin besar ukuran kapal maka dimungkinkan semakin besar pula ukuran cantrang yang digunakan, alat tangkap yang lebih panjang, dan luasan sapuan dasar lebih besar dan kolom air yang menjadikan alat tangkap ini lebih tinggi. Untuk meningkatkan kemampuan jaring, nelayan menambah besar bukaan mulut jaring. Nelayan menganggap dengan memperbesar bukaan mulut jaring dapat menangkap ikan pada kolom air yang lebih tinggi, sehingga peluang ikan tergiring semakin besar. Pada saat ini untuk mengoperasikan cantrang digunakan kapal berukuran panjang 18 meter, lebar 7 meter, dan dalam 2,75 meter dengan kekuatan mesin 200 (Sasmita, 2013).

Kapal cantrang tergolong dalam alat tangkap ikan pukat tarik. Pola penangkapan ikan dengan cantrang dapat dilihat pada **Gambar 2. 1.**



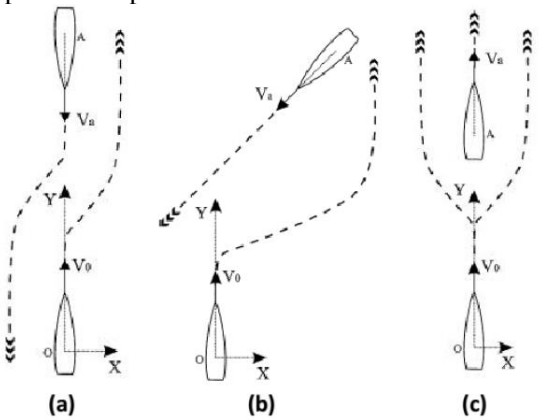
Gambar 2. 1 Alat Tangkap Cantrang (KKP, 2015)

Tiap jenis kapal memiliki pola gerak yang berbeda-beda ketika melakukan penangkapan ikan. Cantrang dioperasikan secara melingkar, dimana tali selambar dan jaring ditebar melingkar pada kumpulan ikan. Pengoperasian cantrang terdiri atas proses *setting*,

penarikan selambar, dan *hauling*. Proses *setting* merupakan proses yang diawali dengan penurunan tali selambar kanan, penurunan danleno serta jaring, dan penurunan tali selambar kiri. Proses *hauling* terdiri dari penarikan tali selambar ke atas kapal dimana kegiatanya meliputi pengangkatan pelampung, penarikan tali selambar, penggulungan tali selambar, dan menatanya kembali (Sasmita, 2013).

2.4 *Collision Regulation*

Pada tahun 1972, *International Maritime Organization* (IMO) merancang dan menetapkan peraturan dalam konferensi *International Regulations for Preventing Collisions at Sea* (COLREGS). COLREGS terdiri atas 38 peraturan yang terbagi menjadi *Part* A (*General*), *Part* B (*Steering and Sailing*), *Part* C (*Lights and Shape*), dan *Part* E (*Extemptions*). Peraturan IMO mengenai tabrakan dibahas pada *Part* B. Terdapat 3 jenis teknik manuver dalam menghindari tabrakan antarkapal yakni *head on*, *crossing*, dan *overtake.* Peraturan mengenai tabrakan dalam COLREGS dapat dilihat pada **Gambar 2. 2.**



Gambar 2. 2 (a) *Head On* (b) *Crossing* (c) *Overtake* (Perera *et al*, 2011)

Masing-masing pola anti-tabrakan pada gambar bergantung pada nilai selisih *heading* antara *own vessel* dan *target vessel.*

Selisih *heading* pada pola *head on* berada pada rentang 174° – 186° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2 (a)**, pola *overtake* pada rentang 6° – 174° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2 (b)**, dan pola *overtake* pada rentang -6° – 6° seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2 (c)**. Jika terdapat 2 kapal di tengah laut yang memiliki pola seperti pada Gambar 2. akan sangat beresiko karena akan mengakibatkan tabrakan antarkapal. Ini artinya adalah apabila kasus tersebut terjadi maka dapat dikatakan 2 kapal ini berdekatan untuk melakukan *transhipment* (Masroeri, 2016).

2.5 *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah gabungan dari dua sistem yaitu sistem logika fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). ANFIS pertama kali diperkenalkan oleh Jang pada tahun 1993. Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah sistem inferensi *fuzzy* model Takagi – Sugeno – Kang (TSK) orde satu. Logika *fuzzy* memiliki kelebihan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan dengan menerapkan basis aturan (*rules*). JST memiliki kelebihan dalam mengenali pola, belajar, dan berlatih dalam menyelesaikan suatu permasalahan tanpa memerlukan pemodelan matematis. Berdasarkan keunggulan masing-masing sistem tersebut, maka logika *Fuzzy* dan JST saling melengkapi dan lebih unggul. JST memiliki kemampuan *learning* tetapi tidak bisa menjalankan proses penalaran sedangkan sistem Fuzzy bekerja sebaliknya dimana tidak memiliki kemampuan *learning* tetapi dapat menjelaskan proses penalaran.

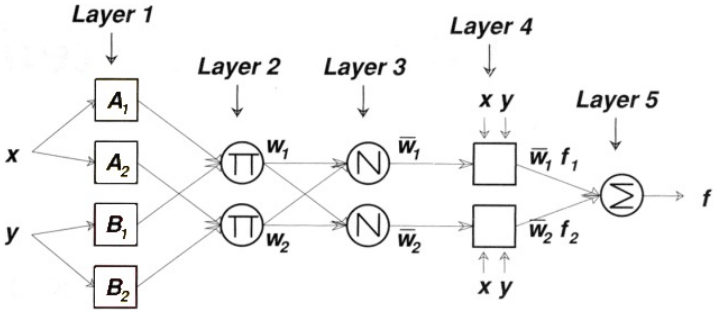
Sebagai contoh sederhana, kita mengasumsikan *fuzzy inference system* dengan dua masukan yaitu x dan y dan keluaran z. Model FIS yang banyak digunakan untuk aplikasi sistem pakar adalah model *fuzzy* Sugeno dengan dua kaidah *fuzzy if-then* yang dapat diekspresikan sebagai berikut (Jang, 1993).

$$Rule\ 1: If\ x\ is\ A_1\ and\ y\ is\ B_1: then\ f_1(x,y) = p_1x + q_1y + r_1$$
$$Rule\ 2: If\ x\ is\ A_2\ and\ y\ is\ B_2: then\ f_2(x,y) = p_2x + q_2y + r_2$$

Dimana p_1, q_1, r_1 dan p_2, q_2, r_2 merupakan parameter pada bagian konsekuensi (*then)*. Logika *fuzzy* Sugeno didasarkan pada

masukan linguistik dan keluaran numerik. Keluarannya berupa konstanta atau persamaan linier.

Sistem ANFIS terdiri atas lima lapisan yang saling berhubungan dengan fungsi berbeda untuk setiap lapisannya. Berikut ini penjelasan untuk masing-masing lapisan dari sistem ANFIS pada **Gambar 2. 3.**



Gambar 2. 3 Sistem Arsitektur ANFIS (Jang, 1993)

a. Lapisan 1: Lapisan fuzzifikasi dimana setiap *node* i pada lapisan ini adalah node adaptif dengan fungsi node $O_{l,i}$ = untuk i = 1, 2; atau $O_{l,i}$ = (y) untuk i = 3, 4, dengan x adalah masukan ke node i, Ai, dam Bi adalah label linguistik (kecil, besar, dan sebagainya) yang sesuai dengan fungsi *node* ini atau yang biasa digolongkan oleh bentuk fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan Bell dinyatakan dengan Persamaan (2.1) (Jang, 1993).

$$\mu_{Ai}(x) = \frac{1}{1+\left[\frac{x-c_i}{a_i}\right]^{2bi}} \qquad (2.1)$$

b. Lapisan 2: Lapisan kedua merupakan simpul non-adaptif (parameter yang tidak dapat diubah) yang mensintesiskan pentransmisian informasi dengan lapisan 1 dan perkalian semua sinyal yang masuk dan mengirim produk keluar (Jang, 1993). Keluaran dari lapisan ini bertindak sebagai fungsi bobot dan dinyatakan dengan Persamaan (2.2).

$$O_{2,i} = \mu_{Ai}(x).\mu_{Bi-2}(y) = W_i \text{ dimana i = 1, 2} \qquad (2.2)$$

Banyaknya simpul pada lapisan ini menunjukkan banyaknya *rule base* yang dibentuk.

c. Lapisan 3: Lapisan normalisasi yang berperan menormalisasi fungsi bobot yang didapat dari produk sebelumnya. Setiap *node* dilabeli dengan N (*fixed node*). Keluaran normalisasi dihitung dengan Persamaan (2.3).

$$O_{3,i} = \overline{w_i} = \frac{w_i}{W_1 + W_2} \text{ dimana i = 1, 2} \quad (2.3)$$

d. Lapisan 4: Lapisan defuzifikasi yang *node*-nya bersifat adaptif. *Node* i pada lapisan ini menghitung besarnya pengaruh kaidan ke-i pada model keluaran. Keluaran defuzzifikasi dihitung dengan Persamaan (2.4).

$$O_{4,i} = \overline{w_i} f_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (2.4)$$

Dimana $\overline{w_i}$ merupakan keluaran layer 3 dan (p_i, q_i, r_i) merupakan himpunan parameter (Jang, 1993).

e. Lapisan 5: Lapisan ini merupakan lapisan total keluaran. *Node* tunggal pada lapisan ini menghitung semua keluaran dengan menjumlahkan semua sinyal masukan menggunakan fungsi Persamaan (2.5).

$$O_{5,i} = \sum \overline{w_i} f_i = \frac{\sum w_i f_i}{\sum w_i} \quad (2.5)$$

Adapun kriteria penentuan tingkat kesalahan atau galat yang digunakan untuk menentukan performansi sistem menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan Persamaan (2.6) sebagai berikut:

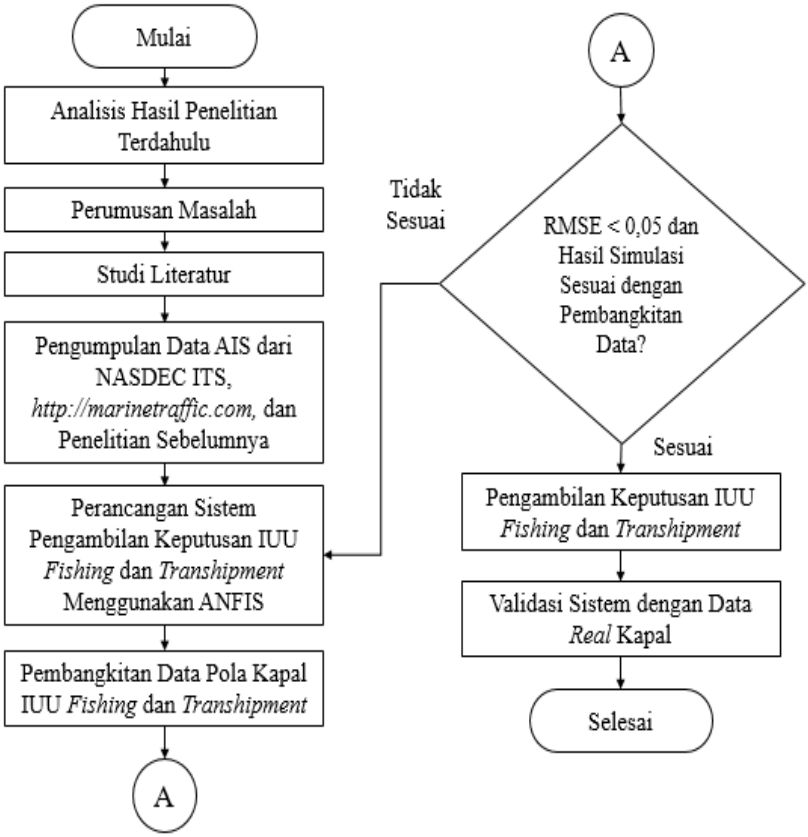
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (2.6)$$

Dimana X_i adalah nilai aktual pada iterasi ke-i, Y_i adalah nilai ideal yang diinginkan, dan n adalah jumlah data.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Pada tugas akhir ini, penelitian ini dirancang melalui beberapa tahap yang digambarkan pada diagram alir pada **Gambar 3. 1.**



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

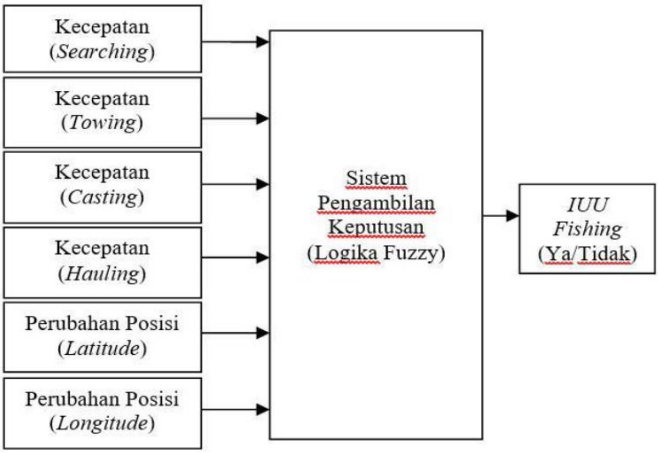
Gambar 3. 1 merupakan diagram alir penelitian. Langkah penelitian diawali dengan analisis penelitian terdahulu yang dilanjutkan dengan perumusan masalah. Kemudian, dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian yang akan

dilakukan. Setelah melakukan studi literatur, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data AIS yang bersumber dari NASDEC ITS, situs *http://marinetraffic.com*, dan penelitian sebelumnya. Selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem pengambilan keputusan IUU *Fishing* dan *Transhipment* dengan metode ANFIS. Kemudian, dilakukan pembangkitan data dengan membuat pola trayektori kapal yang melakukan IUU *fishing*, IUU *transhipment*, dan tidak melakukan keduanya. Selanjutnya, program sistem pengambilan keputusan disimulasikan dengan *software* MATLAB. Lalu, hasil simulasi dianalisis untuk menentukan apakah sistem yang dibuat telah sesuai dengan kriteria pada pembangkitan data dan nilai RMSE kurang dari 0,05. Jika telah sesuai atau nilai RMSE kurang dari 0,05, maka dapat dilanjutkan ke proses pengambilan keputusan dan validasi sistem. Validasi sistem menggunakan data *real* kapal dari AIS yang telah terbukti melakukan IUU *fishing* dan *transhipment* maupun tidak keduanya. Jika belum sesuai dengan kriteria, maka dilakukan perbaikan dan evaluasi pada arsitektur ANFIS yang dibuat.

3.1 Analisis Hasil Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya, sistem pengambilan keputusan IUU *Fishing* dan *Transhipment* dirancang dengan menggunakan logika *fuzzy* yang berbasis data *Automatic Identification System* (AIS). Data dan validasi sistem menggunakan data *real* kapal yang melakukan *illegal fishing* dan *illegal transhipment* dari situs *http://marinetraffic.com*. Pada penelitian sebelumnya, belum ada integrasi antara sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* dan *transhipment* dimana tiap sistem bekerja secara secara sendiri-sendiri.

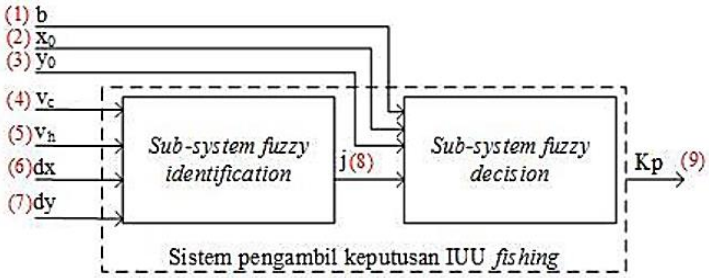
Penelitian untuk sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* dilakukan oleh Ikko Fransisko dengan menggunakan sistem logika *fuzzy* berbasis data AIS dimana blok diagram sistem pada penelitian ini ditunjukkan oleh **Gambar 3. 2.**



Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem IUU *Fishing* pada Penelitian Ikko Fransisko (Fransisko, 2016)

Penelitian menggunakan enam variabel masukan yang terdiri atas kecepatan kapal ikan saat melakukan pencarian lokasi penangkapan (*searching*), kecepatan kapal ketika melakukan penangkapan ikan (*towing*), kecepatan kapal ketika melakukan penebaran jaring (*casting*), kecepatan kapal ketika melakukan penarikan jaring (*hauling*), perubahan posisi *longitude*, dan perubahan posisi *latitude*. Kaidah pada sistem ini diadaptasi dari karakteristik kapal *trawl* ketika melakukan penangkapan melalui metode kepakaran. Sistem pengambilan keputusan menghasilkan 729 kaidah dan akurasi sebesar 79,6%.

Desain sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* sebelumnya juga telah dilakukan oleh Muhammad Dany dengan menggunakan logika *fuzzy*. Blok diagram sistem penelitian oleh Muhammad Dany dapat dilihat pada **Gambar 3. 3.**



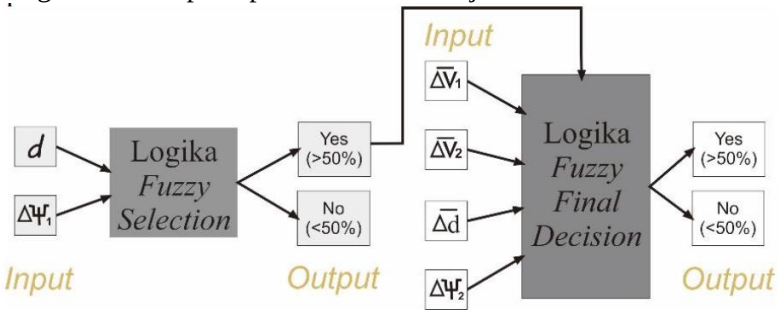
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem IUU *Fishing* pada Muhammad Dany (Dany, 2017)

Pada penelitian sebelumnya, terdapat dua buah sub-sistem pada sistem *fuzzy* yaknik sub-sistem *fuzzy identification* dan sub-sistem *fuzzy* pengambilan keputusan (*decision*). Sub-sistem *fuzzy identification* berfungsi untuk mengidentifikasi jenis kapal apakah tergolong *longline, purse seine,* atau *trawl* sebagai variabel masukan untuk sub-sistem *fuzzy decision.* Selanjutnya, proses akan berlanjut pada sub-sistem *fuzzy decision* dengan variabel masukan bendera kapal, posisi awal kapal (*longitude* dan *latitude*), dan jenis kapal untuk pengambilan keputusan IUU *fishing.* Variabel masukan dan keluaran pada sistem pengambilan keputusan adalah sebagai berikut:

b : Bendera negara asal
x_o : Posisi awal kapal (*Longitude*)
y_o : Posisi awal kapal (*Latitude*)
v_c : Kecepatan kapal ketika melakukan *casting*
v_h : Kecepatan kapal ketika melakukan *hauling*
dx : Laju perubahan posisi kapal (*Longitude*)
dy : Laju perubahan posisi kapal (*Latitude*)
j : Jenis kapal (*Trawl/Purse Seine/Longline*)
Kp : Keputusan IUU *fishing*

Sistem pengambilan keputusan menggunakan 31 kaidah pada sub-sistem *fuzzy identification* dan 83 kaidah pada sub-sistem *fuzzy decision* dengan menggunakan karakteristik kapal berjenis *longline, purse seine,* dan *trawl.* Sistem ini menghasilkan akurasi sebesar 82%.

Penelitian untuk sistem pengambilan keputusan IUU *Transhipment* dilakukan oleh Achmad Nidzar Alif dengan menggunakan sistem logika *fuzzy* berbasis data AIS dimana blok diagram sistem pada penelitian ini ditunjukkan oleh **Gambar 3. 4.**



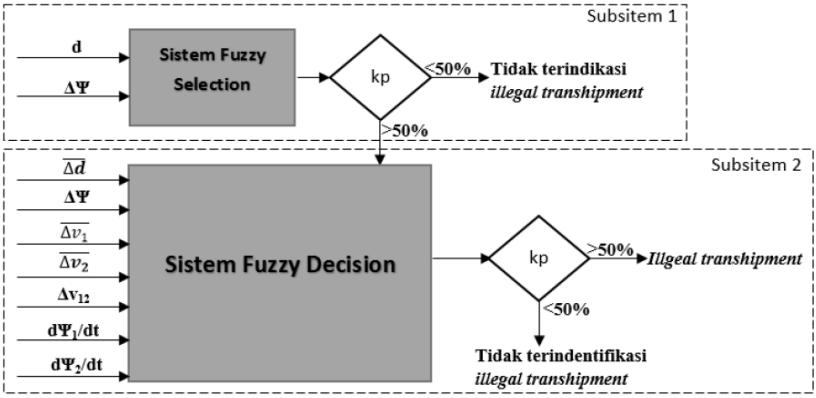
Gambar 3. 4 Blok Diagram Sistem IUU *Transhipment* pada Penelitian Achmad Nidzar Alif (Alif, 2016)

Variabel masukan dan keluaran pada sistem pengambilan keputusan pada **Gambar 3. 4.** adalah sebagai berikut:

d : Jarak dua kapal
$\Delta\Psi_1$: Selisih *heading* dua kapal saat *selection*
$\overline{\Delta v_1}$: Perubahan kecepatan kapal 1
$\overline{\Delta v_2}$: Perubahan kecepatan kapal 2
$\overline{\Delta d}$: Perubahan jarak dua kapal
$\Delta\Psi_2$: Selisih *heading* ±10 menit

Sistem yang dirancang tersusun atas 8 kaidah pada tahap logika *fuzzy selection* dan 81 kaidah pada tahap logika *fuzzy final decision.* Akurasi yang dihasilkan adalah 78%.

Perancangan sistem pengambilan keputusan *illegal transhipment* pada penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Krisandi Putra Situmorang yang terdiri atas dua sistem yang saling berhubungan yaitu sistem *fuzzy selection* dan sistem *fuzzy decision*. Desain sistem pengambilan keputusan dapat dilihat pada **Gambar 3. 5.**



Gambar 3. 5 Diagram Blok Sistem IUU *Transhipment* pada Penelitian Krisandi Putra Situmorang (Situmorang, 2017)

Variabel masukan dan keluaran pada sistem pengambilan keputusan pada **Gambar 3. 5** adalah sebagai berikut:

d : Jarak
$\Delta\Psi$: Selisih *heading*
$\overline{\Delta d}$: Rata-rata perubahan jarak
$\overline{\Delta v_1}$: Rata-rata perubahan kecepatan kapal 1
$\overline{\Delta v_2}$: Rata-rata perubahan kecepatan kapal 2
Δv_{12} : Selisih kecepatan kedua kapal
$d\Psi_1/dt$: *Rate of Turn* kapal 1
$d\Psi_2/dt$: *Rate of Turn* kapal 2
Kp : Keputusan

Sistem *fuzzy selection* merupakan sistem yang bertujuan untuk menyeleksi dua kapal yang diduga akan melakukan *illegal transhipment* berdasarkan variabel masukan jarak dan *heading* sedangkan sistem *fuzzy decision* bertujuan untuk mengolah lebih lanjut hasil dari sistem *fuzzy selection* untuk menentukan 2 kapal teridentifikasi melakukan *transhipment* atau tidak. Sistem pengambilan keputusan menggunakan 9 kaidah pada tahap logika *fuzzy selection* dan 48 kaidah pada tahap logika *fuzzy final decision*. Sistem ini menghasilkan akurasi sebesar 83,075 %.

3.2 Identifikasi Masalah

Sistem pengambilan keputusan pada penelitian sebelumnya masih belum adanya integrasi antara sistem pengambilan keputusan praktik IUU *fishing* dan IUU *transhipment.* Selain itu, metode yang digunakan dalam pengambilan keputusan sebelumnya adalah logika *fuzzy* sehingga perlu digunakan metode lain untuk membandingkan hasil pengambilan keputusan. Pengembangan pada penelitian yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan metode ANFIS yang merupakan gabungan dari metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan logika *fuzzy* serta melakukan integrasi sistem pengambilan keputusan IUU *Fishing* dan *Transhipment.* Dengan dibuatnya perancangan sistem dengan metode ANFIS, diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan identifikasi tindakan *illegal fishing* dan *transhipment.*

3.3 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mempelajari perancangan sistem dengan metode ANFIS dan mendukung kebenaran pada penelitian tugas akhir yang dilakukan. Sumber literatur yang digunakan adalah buku, jurnal, artikel dan penelitian sebelumnya yang membahas tentang IUU *Fishing*, IUU *Transhipment*, AIS, dan ANFIS.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk menetapkan variabel input sistem. Data diperoleh dari data *Automatic Identification System* (AIS) yang didapat di *National Ship Design and Engineering Center* (NASDEC), ITS Surabaya dan hasil pindai radar laut pada situs *http://marinetraffic.com.* Data yang didapatkan adalah sebagai berikut:

a. Posisi Kapal

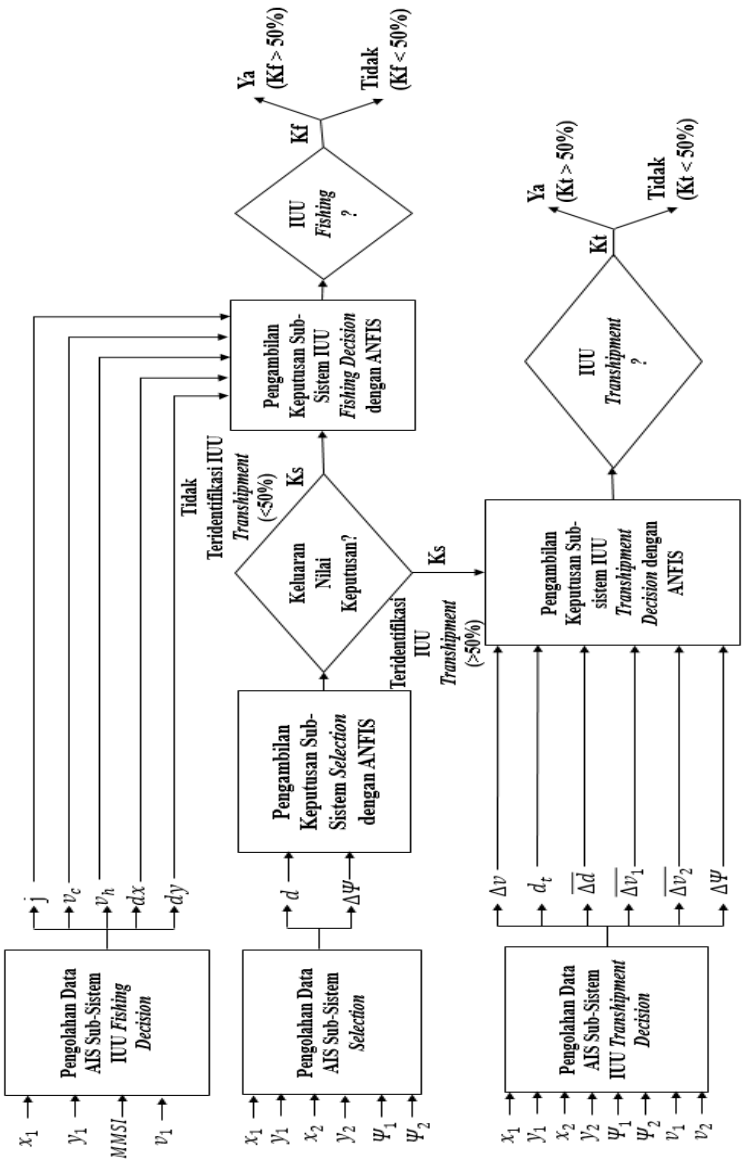
   Data posisi kapal meliputi data *longitude* dan *latitude* kapal pada rentang waktu tertentu. Data posisi kapal diperlukan sebagai variabel masukan untuk menentukan indikasi terjadinya IUU *Fishing* atau *Transhipment* serta sebagai

pengambilan keputusan akhir. Sumber data berasal dari *database* AIS dan hasil pindai radar laut.

b. Kecepatan Kapal
   Pada saat proses penangkapan ikan, kapal melakukan dua proses utama yaitu menebar umpan (*casting*) dan menarik umpan (*hauling*). Kecepatan saat *casting* dan *hauling* berbeda-beda tergantung jenis kapal ikan. Sumber data kecepatan kapal juga diperoleh dari *database* AIS dan hasil pindai radar laut.
c. *Heading* Kapal
   Data *heading* kapal diperoleh dari *database* AIS dan situs *http://marinetraffic.com. Heading* akan menjadi variabel masukan dalam sub-sistem pengambilan keputusan IUU *Transhipment.*

3.5 Perancangan ANFIS IUU *Fishing* dan *Transhipment*

Perancangan sistem pengambilan keputusan menggunakan metode ANFIS dengan bantuan *software* Matlab. Arsitektur sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 3. 6.**



Gambar 3. 6 Diagram Blok Sistem Pengambilan Keputusan

Gambar 3. 6 menunjukkan diagram blok sistem secara keseluruhan dimana terdapat 3 buah sub-sistem yakni sub-sistem *selection*, sub-sistem IUU *fishing decision*, dan sub-sistem IUU *transhipment decision*. Sebelum diproses pada sub-sistem pengambilan keputusan, semua data dari AIS perlu diolah terlebih dahulu dengan variabel masukan sebagai berikut:

x_1 : Posisi awal kapal 1 (*Longitude*)
y_1 : Posisi awal kapal 1 (*Latitude*)
x_2 : Posisi awal kapal 2 (*Longitude*)
y_2 : Posisi awal kapal 2 (*Latitude*)
v_1 : Kecepatan kapal 1
v_2 : Kecepatan kapal 2
Ψ_1 : *Heading* kapal 1
Ψ_2 : *Heading* kapal 2
MMSI : Nomor kapal

Berikut ini adalah variabel masukan sistem pengambilan keputusan pada masing-masing sub-sistem:

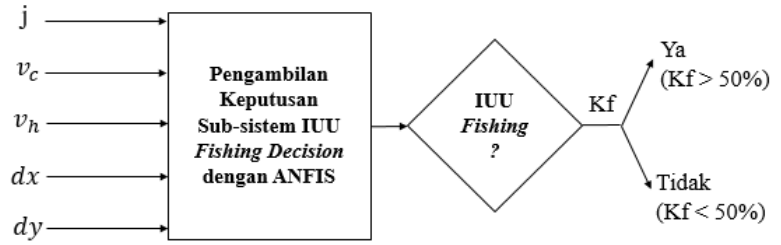
j : Jenis kapal
d_x : Laju perubahan posisi kapal (*Longitude*)
d_y : Laju perubahan posisi kapal (*Latitude*)
v_c : Kecepatan kapal ketika melakukan *casting*
v_h : Kecepatan kapal ketika melakukan *hauling*
d : Selisih jarak awal antarkapal
Δv : Selisih kecepatan 2 kapal setelah 10 menit
d_y : Selisih jarak saat *transhipment*
$\overline{\Delta d}$: Rata-rata perubahan jarak 2 kapal
$\overline{\Delta v_1}$: Rata-rata perubahan kecepatan kapal 1
$\overline{\Delta v_2}$: Rata-rata perubahan kecepatan kapal 2
$\Delta \Psi$: Selisih *heading*
Ks : Nilai keputusan sub-sistem *selection*
Kf : Nilai keputusan sub-sistem IUU *fishing decision*
Kf : Nilai keputusan sub-sistem IUU *transhipment decision*

Gambar 3. 7, Gambar 3. 8, dan **Gambar 3. 9** secara berturut-turut menunjukkan blok diagram sub-sistem *selection*,

sub-sistem IUU *fishing decision*, dan sub-sistem IUU *transhipment decision.*

Gambar 3. 7 Diagram Blok Sub-sistem *Selection*

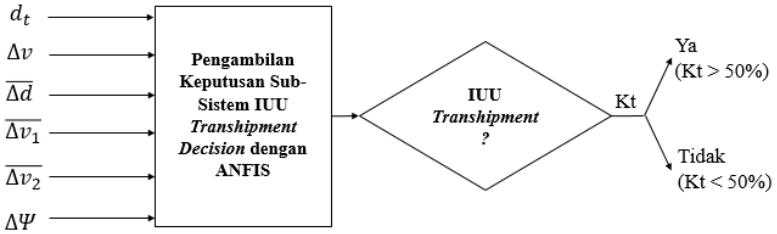
Pada **Gambar 3. 7** menunjukkan bahwa terdapat beberapa variabel masukan pada sub-sistem *selection* yakni selisih jarak dan selisih *heading* awal antarkapal. Kemudian, data ini akan diolah lagi menjadi jarak antarkapal dan selisih *heading* awal kapal. Dalam penentuan pengambilan keputusan dengan menggunakan ANFIS, sub-sistem *selection* akan menghasilkan nilai keluaran berupa nilai keputusan (Ks). Jika nilai Ks lebih dari 50% maka kapal teridentifikasi melakukan IUU *transhipment* sedangkan jika nilai Ks kurang dari 50% maka kapal tidak teridentifikasi melakukan IUU *transhipment.* Kapal yang tidak teridentifikasi IUU *transhipment* akan diolah lagi pada sub-sistem IUU *fishing decision* yang ditunjukkan pada **Gambar 3. 8** sedangkan kapal yang teridentifikasi IUU *transhipment,* data kapal akan diproses lagi di sub-sistem IUU *transhipment decision.*



Gambar 3. 8 Diagram Blok Sub-sistem IUU *Fishing Decision*

Pada **Gambar 3. 8,** kapal yang tidak teridentifikasi IUU *transhipment* diproses kembali pada sub-sistem IUU *fishing*

decision. Terdapat beberapa variabel masukan yang terdiri atas jenis kapal, kecepatan *casting,* kecepatan *hauling,* perubahan posisi *longitude,* dan perubahan posisi *latitude.* Keluaran dari sub-sistem ini adalah berupa nilai keputusan IUU *fishing* (Kf). Jika nilai keputusan lebih dari 50% maka kapal melakukan tindakan IUU *fishing.* Jika nilai keputusan yang dihasilkan kurang dari 50% maka kapal tidak masuk kategori melakukan IUU *fishing.*



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

Pada **Gambar 3. 9,** kapal yang tidak teridentifikasi IUU *transhipment* diproses kembali pada sub-sistem IUU *transhipment decision.* Terdapat beberapa variabel masukan yang terdiri atas selisih jarak saat *transhipment,* selisih kecepatan kapal, rata-rata perubahan jarak, perubahan kecepatan 1, perubahan kecepatan 2, dan selisih *heading* akhir kapal saat *transhipment.* Keluaran dari sub-sistem ini adalah berupa nilai keputusan IUU *transhipment* (Kt). Jika nilai keputusan lebih dari 50% maka kapal melakukan tindakan IUU *transhipment.* Jika nilai keputusan yang dihasilkan kurang dari 50% maka kapal tidak masuk kategori melakukan IUU *transhipment.*.

Tahapan perancangan sistem diawali dengan normalisasi data pada varibel masukan dan keluaran agar menghasilkan nilai RMSE yang kecil dan berkesesuaian antara masukan dan keluaran. Tujuan dari normalisasi data adalah agar semua rentang nilai diubah menjadi 0 sampai 1. Terdapat beberapa metode normalisasi, dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode normalisasi Min-Max yang dapat dinyatakan dalam Persamaan (3.1).

$$X_n = \frac{X_0 - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (3.1)$$

Dengan:

X_n = Nilai baru untuk variabel X (hasil normalisasi)
X_0 = Nilai aktual variabel X
X_{min} = Nilai minimum pada set data
X_{max} = Nilai maksimum pada set data

Normalisasi Min-Max biasanya akan menghasilkan transformasi yang linier (Chaki *et al*, 2015). Selain itu, agar menghasilkan nilai regresi yang bagus maka semua data perlu dilakukan *multiple regression* terlebih dahulu agar menghasilkan nilai *error* yang kecil. Dalam *multiple regression*, terdiri lebih dari dua buah variabel (Suparta *et al*, 2016). Pada ANFIS, tipe *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy* Sugeno.

Tahapan perancangan sistem selanjutnya adalah dengan mengolah data kapal ikan dengan memasukkan data ke *workspace* Matlab. Pada *workspace* Matlab, data yang terletak di sebelah kiri merupakan variabel masukan sedangkan satu kolom yang terletak di paling kanan merupakan variabel keluaran atau target. Tampilan *workspace* Matlab dapat dilihat pada **Gambar 3. 10**.

Variables - fishing_training

576x5 double

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	0.1000	0.9952	
3	0	0	0	0.0500	0.9976	
4	0	0	0	0.1500	0.9928	
5	0	0	0	0.2500	0.9880	
6	0	0	0	0.2000	0.9904	
7	0	0	0	0.6000	0.9712	
8	0	0	0	1	0.9520	
9	0	0	0.1000	0	0.9942	
10	0	0	0.1000	0.1000	0.9894	
11	0	0	0.1000	0.0500	0.9918	
12	0	0	0.1000	0.1500	0.9870	
13	0	0	0.1000	0.2500	0.9822	
14	0	0	0.1000	0.2000	0.9846	
15	0	0	0.1000	0.6000	0.9654	
16	0	0	0.0500	1	0.9491	
17	0	0	0.0500	0	0.9971	
18	0	0	0.0500	0.1000	0.9923	
19	0	0	0.0500	0.0500	0.9947	
20	0	0	0.0500	0.1500	0.9899	
21	0	0	0.0500	0.2500	0.9851	
22	0	0	0.0500	0.2000	0.9875	

Gambar 3. 10 Tampilan *Workspace* Matlab

Kemudian, dilakukan *training* data dengan cara '*load data'* yang sudah ada pada *workspace* Matlab. Selanjutnya adalah menentukan jumlah fungsi keanggotaan dan tipe fungsi yang akan dipilih dengan memilih '*grid partition'*. Sistem yang akan dirancang terdiri atas dua sistem yaitu sub-sistem *selection* dan sub-sistem *decision.* Dalam sub-sistem *decision* terdiri atas dua tipe yakni sub-sistem IUU *fishing* dan IUU *transhipment.* Pada FIS konvensional, banyaknya kaidah dan nilai target ditentukan oleh pakar. Berbeda dengan ANFIS, kaidah dan jumlah fungsi keanggotaan dapat ditentukan secara empiris baik dengan *plotting* data atau *trial and error.*

3.5.1 Perancangan Sub-sistem *Selection*

Sub-sistem *selection* adalah sistam yang berfungsi untuk mengidentifikasi kapal yang terindikasi melakukan IUU *fishing*

atau *transhipment*. Variabel masukan sistem yang digunakan adalah selisih jarak antara dua kapal dalam satuan meter (m) dan selisih *heading* dalam satuan derajat (°). Hasil dari keluaran sub-sistem *selection* ini akan melakukan seleksi terhadap kapal yang berada di tengah laut. Jika masuk dalam kategori jarak yang aman maka akan diolah menjadi masukan ke dalam sistem pengambilan keputusan IUU *fishing*. Sebaliknya, jika termasuk dalam kategori jarak yang tidak aman maka adanya indikasi praktik IUU *transhipment* sehingga keluaran akan diolah menjadi masukan sistem pengambilan keputusan IUU *transhipment*.

Variabel masukan selisih jarak kedua jarak tergolong aman jika lebih dari 800 meter (Nuryahya, 2012). Pada perancangan sistem tugas akhir ini, jarak waspada mengindikasikan bahwa kapal melakukan *illegal transhipment* sedangkan jarak aman mengindikasikan bahwa kapal tidak melakukan *illegal transhipment* yang akan diproses menuju sub-sistem pengambilan keputusan IUU *fishing*. Variabel jarak diperoleh dari perhitungan *latitude* dan *longitude* 2 kapal yang dapat ditentukan dari Persamaan (3.2).

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{3.2}$$

Dimana:

d : Jarak (meter)
x_1 : *Longitude* kapal 1
x_2 : *Longitude* kapal 2
y_1 : *Latitude* kapal 1
y_2 : *Latitude* kapal 2

Variabel masukan selisih *heading* dua kapal diperoleh dari Persamaan (3.3)

$$\Delta\Psi = \Psi_1 - \Psi_2 \tag{3.3}$$

Dimana:

Ψ_1 : *Heading* kapal 1
Ψ_2 : *Heading* kapal 2

Dalam sub-sistem ini digunakan 18 data pelatihan. Untuk menentukan performansi terbaik dari struktur ANFIS yang

dirancang, maka dilakukan simulasi terhadap bentuk fungsi sehingga didapatkan nilai RMSE yang tercantum pada **Tabel 3. 1.**

Tabel 3. 1 Nilai Keluaran RMSE Data *Training* Sub-Sistem *Selection*

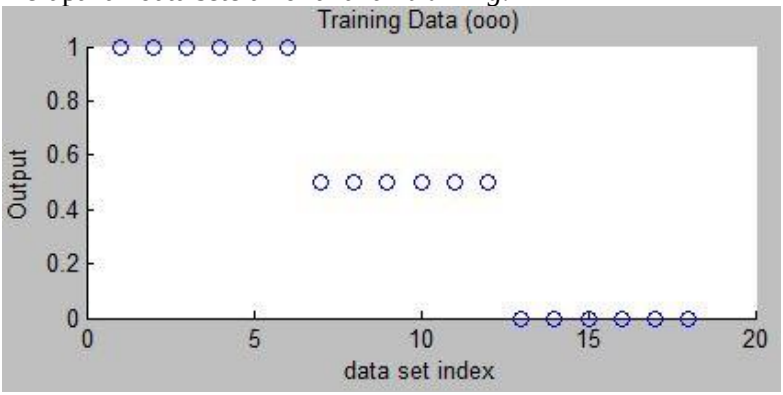
Fungsi	**MF (3 3)**		
	***Epoch* = 5**	***Epoch* = 10**	***Epoch* = 15**
trimf	2,92E-07	2,92E-07	2,92E-07
trapmf	2,97E-07	2,97E-07	2,97E-07
gbellmf	3,48E-07	3,48E-07	3,48E-07
gaussmf	3,49E-07	3,49E-07	3,49E-07
gauss2mf	2,98E-07	2,98E-07	2,98E-07
pimf	2,98E-07	2,98E-07	2,98E-07
dsignmf	2,98E-07	2,98E-07	2,98E-07
psigmf	2,98E-07	2,98E-07	2,98E-07

Berdasarkan hasil pengujian berbagai variasi pada **Tabel 3. 1** didapatkan RMSE terbaik adalah dengan menggunakan metode *hybrid* fungsi *trimf* atau segitiga dengan jumlah 3 fungsi keanggotaan masukan jarak dan 3 fungsi keanggotaan masukan selisih *heading* yang bernilai 2,92E-07 karena nilainya paling kecil dibandingkan dengan nilai RMSE pada fungsi lainnya. Metode *hybrid* digunakan karena metode *hybrid* merupakan teknik optimasi gabungan antara teknik *Recursive Least Square Error* (RLSE) dan *backpropagation* sehingga nilai *error* yang dihasilkan jauh lebih kecil (Chasanah, 2015).

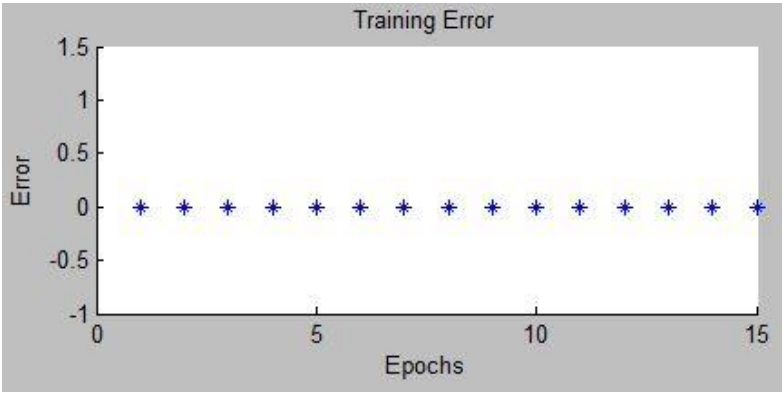
Jumlah fungsi keanggotaan divariasikan fungsi keanggotannya menjadi Rendah (R), Sedang (S) dan Tinggi (T). Fungsi keanggotaan selisih *heading* berjumlah 3 yaitu *Overtake* (OT) dengan rentang -6° - 6°, *Crossing* (C) dengan rentang 6° - 174°, dan HO (*Head On*) dengan rentang 174° - 186° yang disesuaikan dengan aturan pada COLREGs. Nilai batasan inilah yang akan menjadi acuan dalam penyusunan data *training* dimana dalam keluaran atau target data *training* akan ada variabel yang paling berpengaruh dalam pengambilan keputusan. Pada sub-sistem *selection*, selisih jarak antarkapal adalah yang paling

berpengaruh sehingga nilai batasan untuk keluaran mengacu pada variabel masukan jarak. Terdapat sebanyak 18 data untuk pelatihan dalam sub-sistem *selection* yang merepresentasikan nilai masukan dan target yang sesuai dengan batas yang telah ditentukan dimana titik tengah ditetapkan pada jarak 800 meter. Pada jarak 800 meter, nilai target adalah sebesar 50%. Nilai target memiliki rentang 0 – 100% dimana jika nilai keluaran sub-sistem *selection* semakin mendekati nilai 100% maka kemungkinan kedua kapal untuk teridentifikasi melakukan IUU *transhipment* semakin besar. Semua data masukan dan target dinormalisasi terlebih dahulu sehingga rentang data menjadi 0 – 1.

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dan analisis data pada **Tabel 3. 1** maka dipilih fungsi *trimf*. **Gambar 3. 11** merupakan data *training* sebelum dilakukan pelatihan dan **Gambar 3. 12** merupakan data setelah dilakukan *training*.

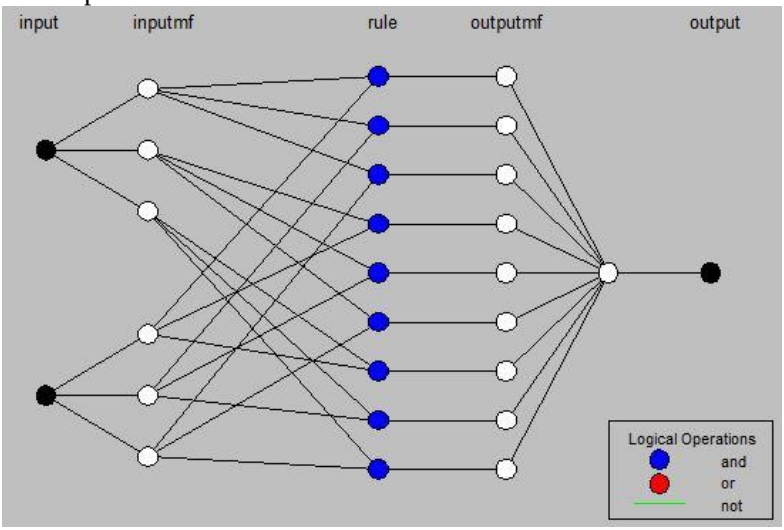


Gambar 3. 11 Data Sebelum *Training* Sub-Sistem *Selection*



Gambar 3. 12 Data Setelah *Training* Sub-Sistem *Selection*

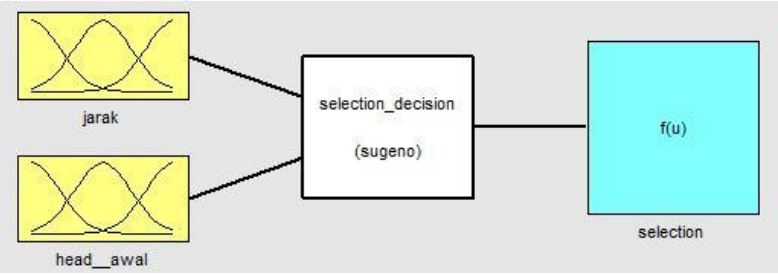
Berikut ini adalah struktur ANFIS sub-sistem *selection* seperti tertera pada **Gambar 3. 12**



Gambar 3. 13 Struktur ANFIS Sub-sistem *Selection*

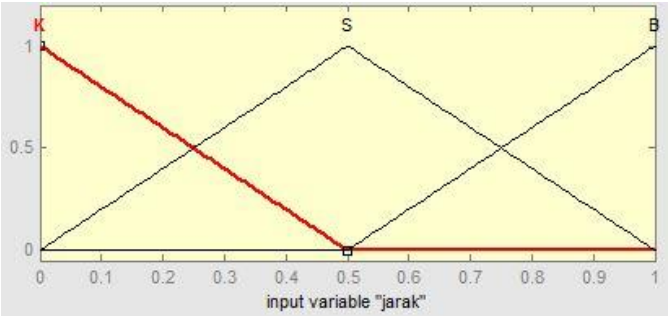
Dalam ANFIS, terdapat 5 *layer* atau lapisan utama. Lapisan pertama merupakan varibael input dimana dalam sub-sistem *selection* terdapat dua buah *input* variabel yaitu jarak antarkapal dan selisih *heading*. Tampilan struktur FIS pada sistem

ditunjukkan pada **Gambar 3. 14.** FIS (*Fuzzy Inference System*) merupakan proses perhitungan berdasarkan himpunan *fuzzy*. FIS memetakan *input* yang diketahui ke *output* dengan logika *fuzzy* (Maulana, 2012).

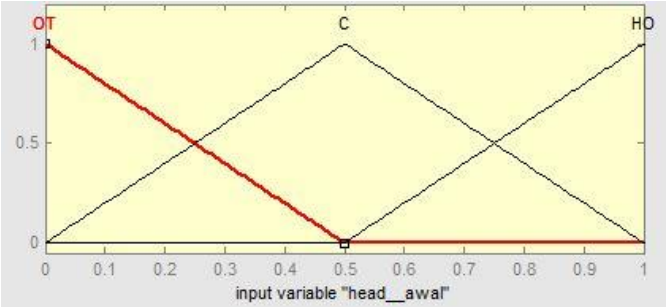


Gambar 3. 14 Struktur FIS Sub-Sistem *Selection*

Kemudian, dalam lapisan kedua adalah jumlah MF atau fungsi keanggotaan yang berjumlah enam buah, 3 MF untuk variabel masukan jarak dan 3 MF lainnya untuk variabel masukan selisih *heading*. Fungsi keanggotaan variabel masukan jarak terdiri atas Waspada dan Aman sedangkan fungsi keanggotaan variabel masukan selisih *heading* terdiri atas OT (*Overtake*), C (*Crossing*), dan HO (*Head On*). **Gambar 3. 15** dan **3. 16** menunjukkan fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel masukan.



Gambar 3. 15 Fungsi Keanggotaan Jarak



Gambar 3. 16 Fungsi Keanggotaan Selisih *Heading*

Tabel 3. 2 merupakan rentang nilai untuk masing-masing keanggotaan dari sistem ANFIS yang dihasilkan.

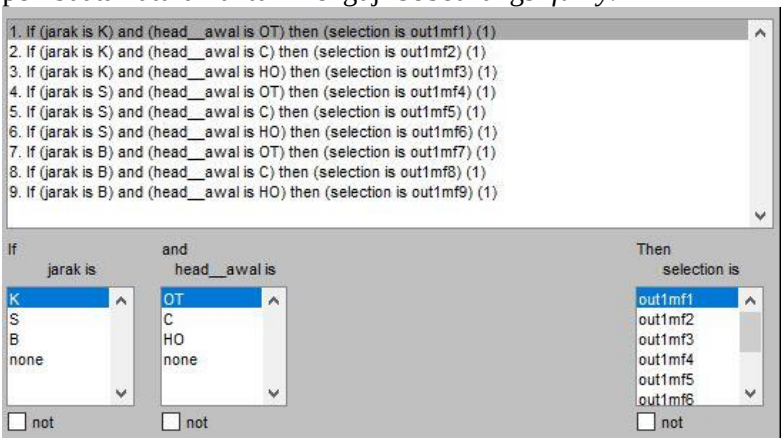
Tabel 3. 2 Parameter Fungsi Keanggotaan Sub-Sistem *Selection*

Variabel Masukan	**MF**	**Domain (Normalisasi)**	**Domain (Denormalisasi)**
Jarak Kedua Kapal	Kecil (K)	[-0,5 0 0,5]	[-1500 0 1500]
	Sedang (S)	[0 0,5 1]	[0 1500 3000]
	Besar (B)	[0,5 1 1,5]	[1500 3000 4500]
Selisih *Heading* Awal	*Overtake* (OT)	[-0,5 0 0,5]	[-102 -6 90]
	Crossing (C)	[0 0,5 1]	[-6 90 186]
	Head On (HO)	[0,5 1 1,5]	[90 186 282]

Range dari tiap-tiap fungsi keanggotaan menyesuaikan terhadap data yang diberikan. ANFIS merupakan gabungan dari *fuzzy* dan JST, proses penyesuian nilai merupakan tahap pembelajaran terhadap data *input* dan target seperti yang dilakukan oleh JST. Fungsi trimf dalam *inputmf* kemudian diolah untuk membentuk *rule* atau kaidah.

Pada lapisan ketiga terdapat *rule* yang digunakan pada sistem. Terdapat sebanyak 9 kaidah dalam sistem sub-sistem *selection*

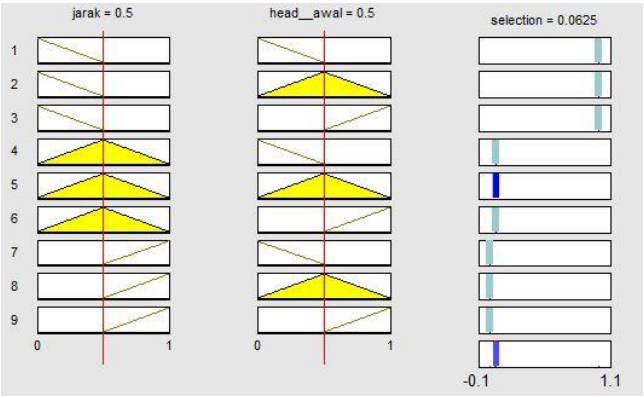
seperti tercantum pada **Gambar 3. 17.** Berbeda dengan sistem logika *fuzzy*, kaidah pada ANFIS telah otomatis terbentuk karena langsung menyesuaikan dengan jumlah masukan dan fungsi keanggotaan yang dirancang. Pada sub-sistem *selection* terdapat 2 masukan yang memiliki masing-masing 3 fungsi keanggotaan. Semua *rule* yang telah terbentuk akan dijadikan acuan dalam tahap pembuatan aturan untuk menguji bobot fungsi *fuzzy.*



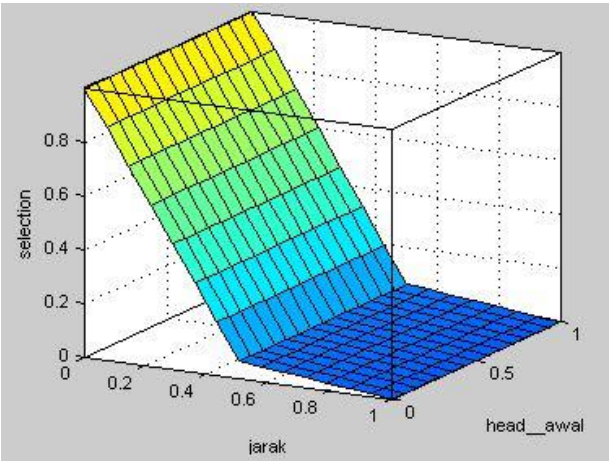
Gambar 3. 17 Kaidah Sub-Sistem *Selection*

Pada lapisan keempat, *rule* menentukan nilai *output* yang dinyatakan sebagai *degree of membership function output* (*outputmf*). Nilai yang diperoleh bertujuan untuk mendapatkan *crisp output* yang didapat dari *Center of Gravity.*

Lapisan terakhir merupakan lapisan total keluaran dari sistem. Di lapisan ini juga nilai RMSE dihasilkan. **Gambar 3. 18** merupakan tampilan *rule viewer* untuk melihat nilai akhir keluaran dan *surface viewer* untuk plot masukan terhadap keluaran pada **Gambar 3. 19.**



Gambar 3. 18 *Rule Viewer* Sub-Sistem *Selection*



Gambar 3. 19 *Surface* Sub-Sistem *Selection*

Terlihat pada **Gambar 3. 19**, kurva berwarna biru tua menunjukkan bahwa nilai keluaran semakin kecil dan jika kurva semakin berwarna kuning atau lebih muda maka keluaran akan semakin besar. Selain itu, seiring dengan bertambahnya nilai masukan jarak maka nilai keluarannya juga semakin kecil dan begitu pula sebaliknya. Jika kapal keluaran bernilai lebih dari 50%

maka kapal teridentifikasi melakukan praktik *illegal transhipment.* Sebaliknya jika keluaran kurang dari 50% maka data akan diolah lagi apakah kapal masuk dalam kategori *illegal fishing* atau tidak.

3.5.2 Perancangan Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

Sub-sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* merupakan sistem yang berfungsi untuk mengolah data lebih lanjut dari sub-sistem *selection* untuk menentukan apakah kapal melakukan IUU *fishing* atau tidak. Sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* menggunakan variabel masukan sebagai berikut:

1. Jenis kapal
2. Kecepatan kapal saat menebar umpan (*casting*)
3. Kecepatan kapal saat mengambil umpan (*hauling*)
4. Laju perpindahan posisi *longitude*
5. Laju perpindahan posisi *latitude*

Variabel masukan pertama dan kedua adalah kecepatan kapal saat *casting* dan *hauling*. Dalam mencari kecepatan rata-rata kapal dapat dihitung dari persamaan (3.4).

$$v_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^{n} v_i}{n} \tag{3.4}$$

Dimana:

v_{avg} : Kecepatan rata-rata kapal (knot)
v_i : Kecepatan kapal pada titik ke-i (knot)
n : Banyak titik (n = 1, 2, 3, ...)

Pola kapal berjenis cantrang cenderung melingkar saat menangkap ikan dan memiliki kecepatan yang rendah saat melakukan *casting* karena jaring yang ukurannya sangat luas. Variabel masukan selanjutnya adalah laju perpindahan posisi *longitude* yang ditentukan oleh Persamaan (3.5).

$$d_x = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{i+1} - x_i)}{n} \tag{3.5}$$

Dimana keterangan untuk Persamaan (3.5) adalah sebagai berikut:

d_x : Laju perubahan posisi *longitude* (derajat)
x_i : Posisi kapal pada titik ke-i (derajat)
n : Banyak titik (n = 1, 2, 3, ...)

Perubahan posisi kapal juga merupakan salah satu faktor untuk menentukan jenis kapal (Supriyono, 2017). Penentuan himpunan keanggotaan laju perubahan posisi dx dan dy berdasarkan pada penelitian sebelumnya.

Selanjutnya adalah variabel masukan laju perpindahan posisi *latitude* yang dapat dihitung dari Persamaan (3.6)

$$d_y = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{i+1} - y_i)}{n} \quad (3.6)$$

Dimana keterangan untuk persamaan (3.6) adalah sebagai berikut:

d_y : Laju perubahan posisi *longitude* (derajat)

y_i : Posisi kapal pada titik ke-i (derajat)

n : Banyak titik (n = 1, 2, 3, ...)

Terdapat 768 data untuk *training* pada sub-sisten IUU *fishing decision.* Kemudian, untuk fungsi keanggotaannya terdiri atas 2 MF untuk variabel masukan jenis kapal, 2 MF untuk variabel masukan kecepatan *casting*, 2 MF untuk variabel masukan kecepatan *hauling*, 3 MF untuk variabel masukan laju perubahan posisi *longitude*, dan 3 MF untuk laju perubahan posisi *latitude.*

Pada variabel masukan jenis kapal, sub-sistem IUU *fishing decision* menggunakan data statis dari AIS yaitu nomor MMSI kapal. AIS juga menyediakan nomor MMSI kapal yang memuat jenis kapal. Terdapat pula kategori kapal penangkap ikan (*fishing vessel*) sehingga data ini dapat digunakan sebagai variabel masukan untuk menentukan jenis kapal yang masuk pada sub-sistem IUU *fishing decision.* Kapal yang bukan termasuk kapal ikan tergolong kategori Bukan Kapal Ikan (BKI) yang bernilai 0 sedangkan kapal ikan termasuk Kapal Ikan (KI) yang bernilai 1.

Pada variabel kecepatan *casting* terdiri atas 2 MF yaitu Rendah (R) dan Tinggi (T) dimana kecepatan *casting* tergolong kategori R jika masuk dalam rentang 0,1 – 2 knot sedangkan kecepatan *casting* tergolong tinggi pada rentang lebih dari 2 knot. Pada variabel kecepatan *hauling* terdiri atas 2 MF yaitu Rendah (R) dan Tinggi (T) dimana kecepatan *hauling* tergolong rendah dalam rentang 0,05 – 0,09 knot sedangkan tergolong tinggi pada rentang lebih dari 0,09 knot karena kecepatan kapal cantrang pada umumnya berkisar antara 0,05 sampai 0,09 knot saat tahap *hauling*

(Sasmita, 2013) karena pada umumnya kapal cantrang memiliki kecepatan yang sangat rendah saat melakukan *hauling* atau penarikan jaring karena akan menarik jaring yang ukurannya sangat luas.

Pada variabel laju perubahan *longitude* dan *latitude* masing-masing terdiri atas 3 MF yaitu Rendah (R), Sedang (S), dan Tinggi (T). Kategori R berada pada rentang 0 – 0,1, kategori S pada rentang 0,05 – 0,25, dan kategori T pada rentang 0,2 – 1 (Fransisko, 2016). Dengan adanya penentuan batas-batas nilai pada MF ini maka akan menjadi acuan dalam pembuatan data *training* untuk menetapkan nilai target. Semua data masukan dan target pada sistem sub-sistem IUU *fishing decision* dinormalisasi sebelum dimasukkan ke dalam sistem ANFIS. Nilai target berada dalam rentang 7,9% – 80,7% yang didapat dari hasil *multiple regression* dan telah divalidasi oleh pakar (Masroeri, 2018).

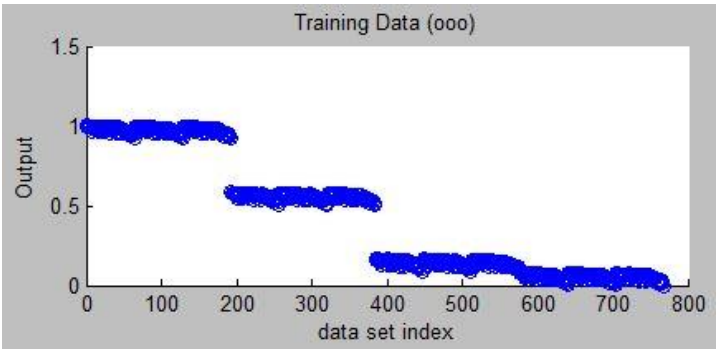
Untuk menentukan performansi terbaik dari struktur ANFIS yang dirancang, maka dilakukan simulasi terhadap variasi metode, dan bentuk fungsi sehingga didapatkan nilai RMSE yang tercantum pada **Tabel 3. 3.**

Tabel 3. 3 Hasil RMSE Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

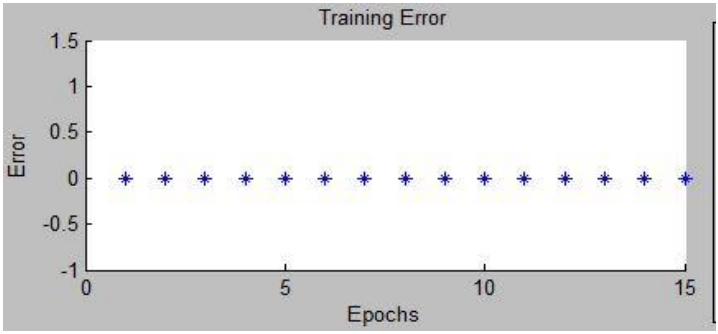
Fungsi	**MF (2 2 2 3 3)**		
	***Epoch* = 5**	***Epoch* = 10**	***Epoch* = 15**
trimf	5,63E-08	5,63E-08	5,63E-08
trapmf	2,43E-03	2,43E-03	2,43E-03
gbellmf	1,27E-03	1,27E-03	1,27E-03
gaussmf	7,32E-04	7,32E-04	7,32E-04
gauss2mf	2,09E-03	2,09E-03	2,09E-03
pimf	2,72E-03	2,72E-03	2,72E-03
dsignmf	2,28E-03	2,28E-03	2,28E-03
psigmf	2,28E-03	2,28E-03	2,28E-03

Berdasarkan hasil pengujian berbagai variasi pada Tabel 3. dan **Tabel 3.3** didapatkan RMSE terbaik adalah menggunakan metode *hybrid* fungsi *trimf* yang bernilai 5,63E-08 untuk *training* dimana tidak terjadi fluktuasi nilai RMSE pada perubahan *epoch.*

Pada fungsi *trimf* juga menghasilkan nilai RMSE yang tetap dengan variasi berbagai *epoch* pada saat dilakukan simulasi. **Gambar 3. 20** menunjukkan data sebelum pelatihan dan **Gambar 3. 21** menunjukkan data sesudah dilakukan pelatihan.

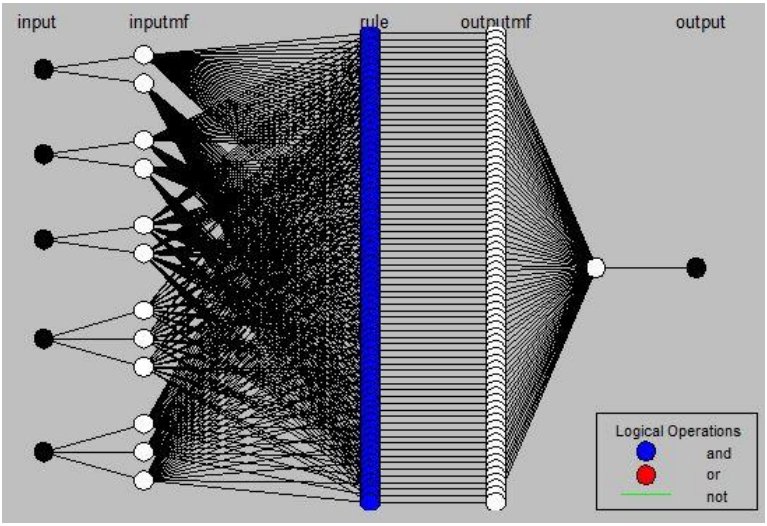


Gambar 3. 20 Data Sebelum *Training* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*



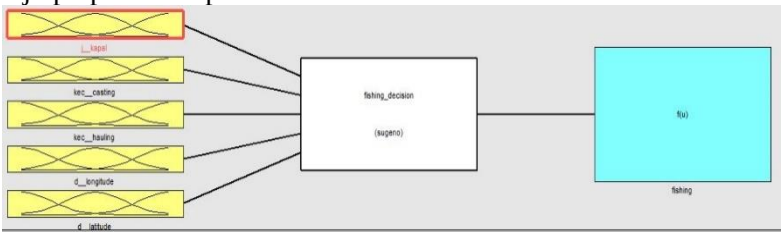
Gambar 3. 21 Data Setelah *Training* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

Berikut ini adalah struktur ANFIS sub-sistem IUU *fishing* seperti tertera pada **Gambar 3. 22.**



Gambar 3. 22 Struktur ANFIS Sub-sistem IUU *Fishing Decision*

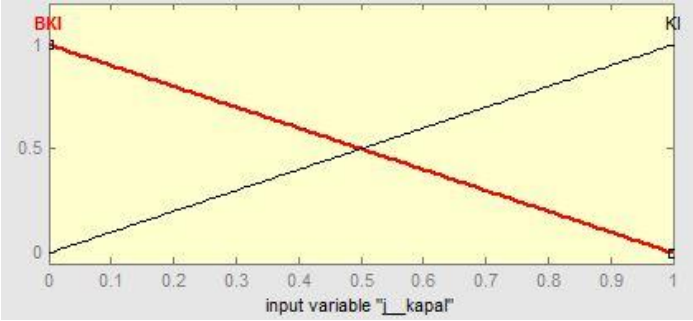
Dalam ANFIS, terdapat 5 *layer* atau lapisan utama. Lapisan pertama merupakan varibael input dimana dalam sub-sistem *IUU fishing decision* terdapat empat buah *input* variabel yaitu kecepatan *casting*, kecepatan *hauling*, laju perpindahan posisi *longitude*, dan laju perpindahan posisi *latitude.*



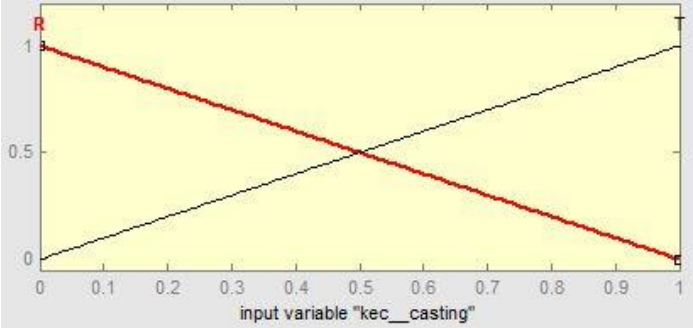
Gambar 3. 23 Struktur FIS Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

Kemudian, dalam lapisan kedua adalah jumlah MF atau fungsi keanggotaan yang berjumlah 12 buah, 2 MF untuk jenis kapal, 2 MF untuk kecepatan *casting*, 2 MF untuk kecepatan *hauling*, 3 MF untuk laju perpindahan posisi *longitude*, dan 3 MF lainnya untuk laju perpindahan posisi *latitude.* Fungsi keanggotaan

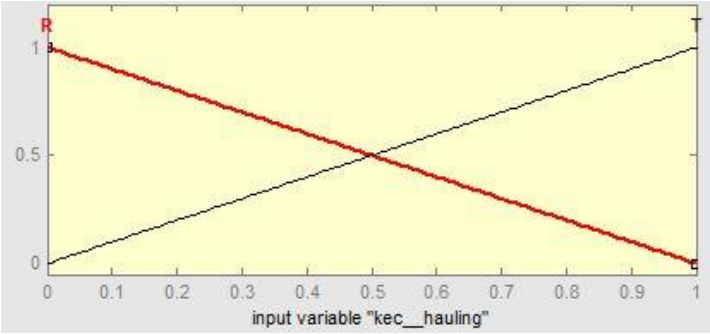
jenis kapal terdiri atas Bukan Kapal Ikan (BKI) dan Kapal Ikan (KI) seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3. 24.** Fungsi keanggotaan variabel masukan kecepatan *casting* terdiri atas R (Rendah) dan T (Tinggi) yang ditunjukkan oleh **Gambar 3. 25**. Fungsi keanggotaan untuk kecepatan *hauling* juga terdiri atas Rendah (R) dan Tinggi (T) yang ditunjukkan pada **Gambar 3. 26**. Fungsi keanggotaan perubahan posisi *longitude* dan *latitude* terdiri atas 3 MF yakni Rendah (R), Sedang (S), dan Tinggi (T) seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3. 27** dan **Gambar 3. 28.**



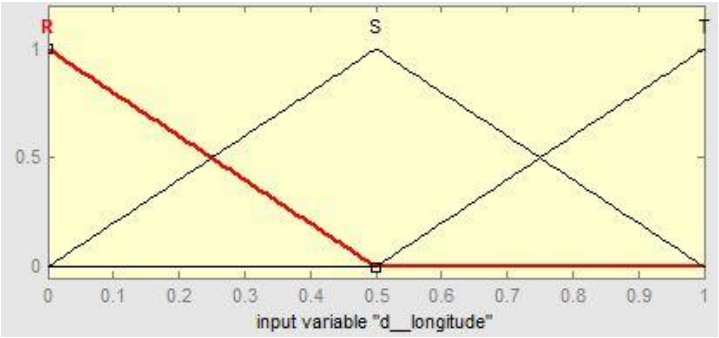
Gambar 3. 24 Fungsi Keanggotaan Jenis Kapal



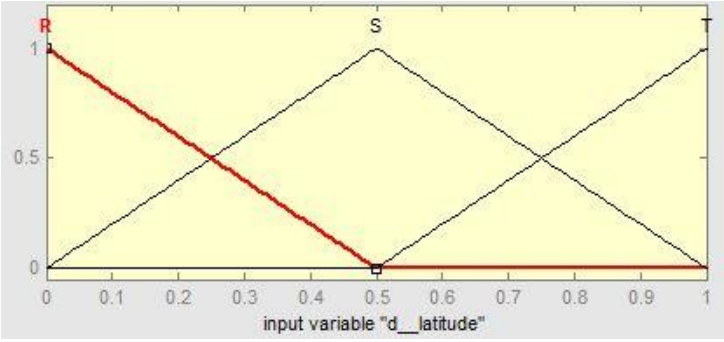
Gambar 3. 25 Fungsi Keanggotaan Kecepatan *Casting*



Gambar 3. 26 Fungsi Keanggotaan Kecepatan *Hauling*



Gambar 3. 27 Fungsi Keanggotaan Perubahan *Longitude*



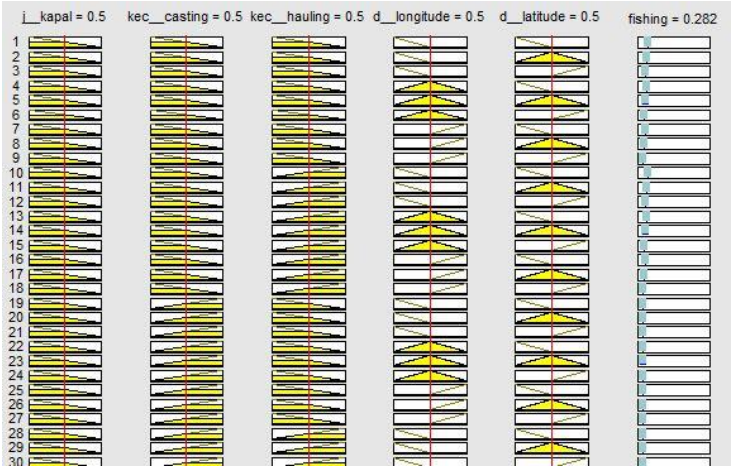
Gambar 3. 28 Fungsi Keanggotaan Perubahan *Latitude*

Range dari tiap-tiap fungsi keanggotaan menyesuaikan terhadap data yang diberikan. ANFIS merupakan gabungan dari *fuzzy* dan JST, proses penyesuian nilai merupakan tahap pembelajaran terhadap data *input* dan target seperti yang dilakukan oleh JST. Berikut ini adalah nilai parameter yang dihasilkan oleh sistem ANFIS seperti tertera pada **Tabel 3. 4.**

Tabel 3. 4 Parameter Fungsi Keanggotaan Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

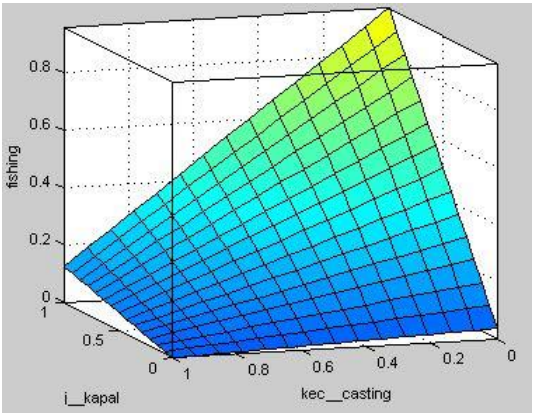
Variabel Masukan	**MF**	**Domain (Normalisasi)**	**Domain (Denormalisasi)**
Jenis Kapal	Bukan Kapal Ikan (BKI)	[-1 0 1]	[-1 0 1]
	Kapal Ikan (KI)	[0 1 2]	[0 1 2]
Kecepatan *Casting*	Rendah (R)	[-1 0 1]	[-3,7 0,1 3,9]
	Tinggi (T)	[0 1 2]	[0,1 3,9 7,7]
Kecepatan *Hauling*	Rendah (R)	[-1 0 1]	[-0,03 0,05 0,13]
	Tinggi (T)	[0 1 2]	[0,05 0,13 0,21]
Perubahan *Longitude*	Rendah (R)	[-0,5 0 0,5]	[-0,5 0 0,5]
	Sedang (S)	[0 0,5 1]	[0 0,5 1]
	Tinggi (T)	[0,5 1 1,5]	[0,5 1 1,5]
Perubahan *Latitude*	Rendah (R)	[-0,5 0 0,5]	[-0,5 0 0,5]
	Sedang (S)	[0 0,5 1]	[0 0,5 1]
	Tinggi (T)	[0,5 1 1,5]	[0,5 1 1,5]

Pada lapisan ketiga terdapat jumlah kaidah pada sistem. Kaidah yang dihasilkan pada sub-sistem IUU *fishing decision* adalah 72 kaidah. Kaidah yang terbentuk oleh ANFIS dapat dilihat pada **Gambar 3. 29**.



Gambar 3. 29 *Rule Viewer* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

Lapisan terakhir merupakan lapisan total keluaran dari sistem. Di lapisan ini juga nilai RMSE dihasilkan. **Gambar 3. 30** *surface viewer* untuk plot masukan terhadap keluaran.



Gambar 3. 30 *Surface Viewer* Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

Pada *surface* yang ditunjukkan **Gambar 3. 30**, terlihat bahwa pada saat kecepatan *casting* dan *hauling* berada dalam rentang kecepatan rendah, nilai keluaran berupa keputusan akan semakin

besar atau mendekati nilai 100%. Hal ini juga dapat terlihat dari warna kurva, dimana warna kurva yang berwarna biru tua menunjukkan nilai keputusan yang semakin rendah. Sebaliknya pada kurva yang warna semakin kuning, maka nilai keluaran akan semakin besar. Sumbu-y merepresntasikan keluaran nilai keputusan dari sub-sistem IUU *fishing decision* sedangkan sumbu-x merepresentasikan variabel masukan jenis kapal dan kecepatan *casting*, terlihat bahwa jika nilai kecepatan *casting* semakin kecil atau semakin mendekati rentang kecepatan kapal cantrang maka nilai keputusan juga akan semakin besar. Begitu pula dengan variabel masukan jenis kapal, namun untuk variabel jenis kapal baru akan bernilai tinggi nilai keputusannya jika kecepatan *casting* juga bernilai rendah. Jika kapal memiliki nilai keluaran bernilai lebih dari 50% maka kapal teridentifikasi melakukan praktik IUU *fishing*. Sebaliknya jika keluaran kurang dari 50% maka kapal tidak melakukan praktik IUU *fishing*.

3.5.3 Perancangan Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*

Sub-sistem pengambilan keputusan IUU *transhipment* merupakan sistem berfungsi untuk mengolah data untuk menentukan dua kapal apakah melakukan *transhipment* atau tidak. Sub-sistem pengambilan keputusan IUU *transhipment* memiliki varibel masukan sebagai berikut:

1. Selisih kecepatan kedua kapal saat *transhipment*
2. Selisih jarak kedua kapal saat *transhipment*
3. Perubahan jarak kedua kapal
4. Perubahan kecepatan kapal 1
5. Perubahan kecepatan kapal 2
6. Selisih *heading* akhir

Parameter masukan selisih *heading* kedua kapal dibagi menjadi tiga himpunan keanggotaan yang terdiri atas *Overtake* (OT), *Crossing* (C), dan *Head On* (HO) (Masroeri, 2016). Setiap himpunan keanggotaan memiliki *range* yang berbeda-beda yakni -6 sampai 6 derajat untuk OT, 6 sampai 174 derajat untuk C, dan 174 sampai 168 derajat untuk HO.

Variabel masukan selisih kecepatan 2 kapal diperoleh dari Persamaan (3.7).

$$\Delta v = \sqrt{{v_1}^2 + {v_2}^2 - 2v_1 v_2 cos\Delta\Psi} \quad (3.7)$$

Dimana:

Δv	: Selisih kecepatan 2 kapal setelah 10 menit	(knot)
$\Delta\Psi$	: Selisih *heading*	(derajat)
v_1	: Kecepatan kapal 1 setelah 10 menit	(knot)
v_2	: Kecepatan kapal 2 setelah 10 menit	(knot)

Variabel masukan yang selanjutnya adalah variabel perubahan jarak yang diperoleh dari perhitungan Persamaan (3.8).

$$\overline{\Delta d} = \frac{\sum_{n=1}^{n}(d(n)-d(n-1))}{n} \quad (3.8)$$

Dimana:

$\overline{\Delta d}$	: Rata-rata perubahan kecepatan kapal	(meter)
d(n)	: Kecepatan kapal saat data ke-n	(meter)
d(n-1)	: Kecepatan kapal saat data ke-(n-1)	(meter)

Variabel masukan selanjutnya adalah perubahan masing-masing kecepatan kapal. Perubahan kecepatan kapal dapat dihitung melalui Persamaan (3.9).

$$\overline{\Delta v} = \frac{\sum_{n=1}^{n}(v(n)-v(n-1))}{n} \quad (3.9)$$

Dimana:

$\overline{\Delta v}$	: Rata-rata perubahan kecepatan kapal	(knot/min)
v(n)	: Kecepatan kapal saat data ke-n	(knot)
v(n-1)	: Kecepatan kapal saat data ke-(n-1)	(knot)

Variabel masukan selisih *heading* dua kapal diperoleh dari Persamaan (3.3)

Dalam sub-sistem ini digunakan sebanyak 378 data untuk *training*. Kemudian, untuk fungsi keanggotaannya terdiri atas 2 MF untuk variabel selisih kecepatan kedua kapal, 2 MF untuk variabel masukan selisih jarak saat *transhipment*, 2 MF untuk variabel masukan perubahan jarak kedua kapal, 3 MF untuk variabel masukan perubahan kecepatan kapal 1, 3 MF untuk

variabel masukan perubahan kecepatan kapal 2, dan 3 MF untuk selisih *heading* akhir kapal pada saat melakukan *transhipment.*

Pada variabel selisih kecepatan kedua kapal terdiri atas 2 MF yaitu Rendah (R) dan Tinggi (T) dimana selisih kecepatan tergolong rendah dalam rentang 0 – 0,01 knot sedangkan tergolong tinggi pada rentang lebih dari 0,02 knot karena kapal berada dalam keadaan diam saat melakukan *transhipment* atau bergerak berdekatan dalam waktu yang bersamaan sehinggal selisih kecepatan kapalnya mendekati nol (Masroeri, 2018). Variabel masukan selanjutnya adalah selisih jarak kedua kapal saat melakukan *transhipment.* Jarak kapal pada saat melakukan *transhipment* adalah 15 meter. Oleh karena itu, jika selisih jarak antarkapal kurang dari 15 meter maka kedua kapal terindikasi melakukan IUU *transhipment* (Masroeri, 2018). Pada variabel perubahan jarak kedua kapal terdiri atas 2 MF yaitu Negatif (N) dan Positif (P) dimana kategori N masuk dalam rentang -51 – 0 meter sedangkan kategori P pada rentang lebih dari 0 – 51 meter. Kategori N menandakan bahwa adanya indikasi kapal untuk saling mendekat sedangkan kategori P menandakan bahwa kapal untuk saling menjauh (Aisjah *et al,* 2017).

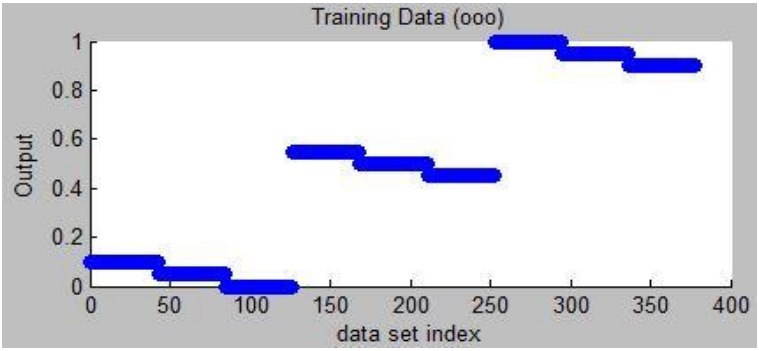
Selanjutnya adalah variabel masukan perubahan kecepatan kapal 1 dan 2 yang masing-masing memiliki 3 MF dengan rentang yang sama yaitu Negatif (N) yang mengindikasikan kecepatan kapal semakain berkurang, Zero (Z) dimana kecepatan kapal cenderung konstan, dan Positif (P) yang mengindikasikan kecepatan kapal semakin meningkat (Aisjah *et al,* 2017). Rentang nilai fungsi keanggotaan untuk perubahan kecepatan kapal 1 dan 2 adalah -0,35 knot sampai 0,35 knot. Fungsi keanggotaan selisih *heading* berjumlah 3 yaitu *Overtake* (OT) dengan rentang -6° - 6°, *Crossing* (C) dengan rentang 6° - 174°, dan HO (*Head On*) dengan rentang 174° - 186° yang disesuaikan dengan aturan pada COLREGs. Dengan adanya penentuan batas-batas nilai pada MF ini maka akan menjadi acuan dalam pembuatan data *training* untuk menetapkan nilai target. Nilai target berada dalam rentang 16,7% – 83,3% dan telah divalidasi oleh pakar (Masroeri, 2018). Untuk menentukan performansi terbaik dari struktur ANFIS yang

dirancang, maka dilakukan simulasi terhadap variasi metode, dan bentuk fungsi sehingga didapatkan nilai RMSE yang tercantum pada **Tabel 3. 5.**

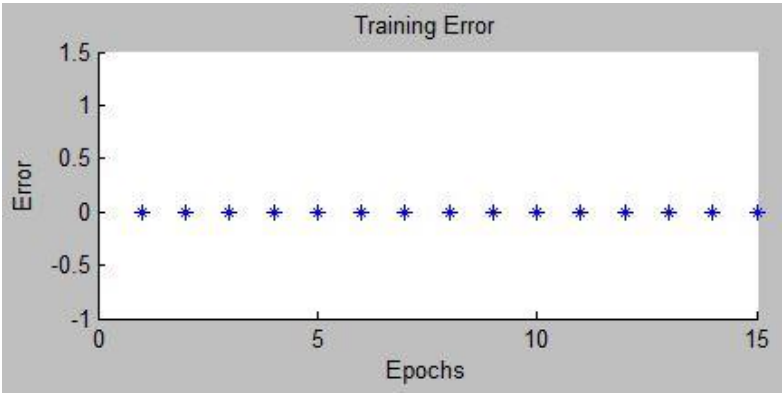
Tabel 3. 5 Hasil RMSE Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*

Fungsi	**MF (2 2 2 3 3 3)**		
	***Epoch* = 5**	***Epoch* = 10**	***Epoch* = 15**
trimf	4,36E-07	4,36E-07	4,36E-07
trapmf	4,52E-07	4,52E-07	4,52E-07
gbellmf	4,91E-07	4,91E-07	4,91E-07
gaussmf	4,89E-07	4,89E-07	4,89E-07
gauss2mf	4,52E-07	4,52E-07	4,52E-07
pimf	4,53E-07	4,53E-07	4,53E-07
dsignmf	4,52E-07	4,52E-07	4,52E-07
psigmf	4,53E-07	4,53E-07	4,53E-07

Berdasarkan hasil pengujian berbagai variasi pada **Tabel 3. 5** dan didapatkan RMSE terbaik adalah menggunakan metode *hybrid* fungsi *trimf* yang bernilai 4,36E-07 untuk *training* karena nilai RMSE yang dihasilkan paling kecil dibandingkan dengan RMSE pada fungsi yang lainnya pada saat disimulasikan. **Gambar 3**. **31** merupakan data sebelum dilakukan *training* dan **Gambar 3. 32** merupakan data sesudah *training.*

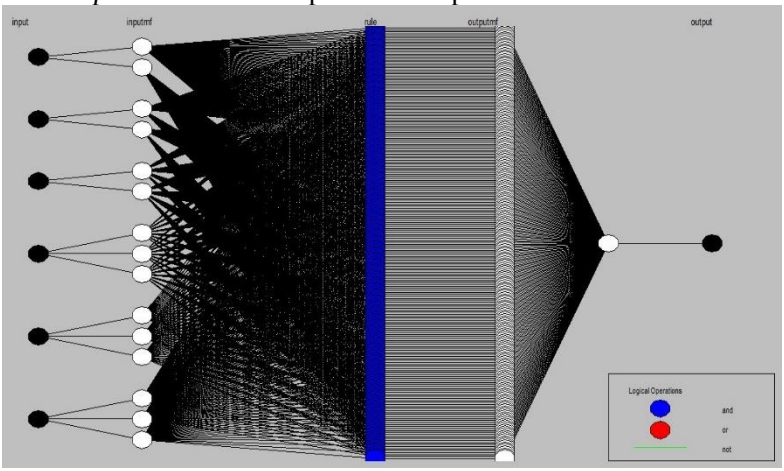


Gambar 3. 31 Data Sebelum *Training* Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*



Gambar 3. 32 Plot Data *Training* dengan Keluaran FIS

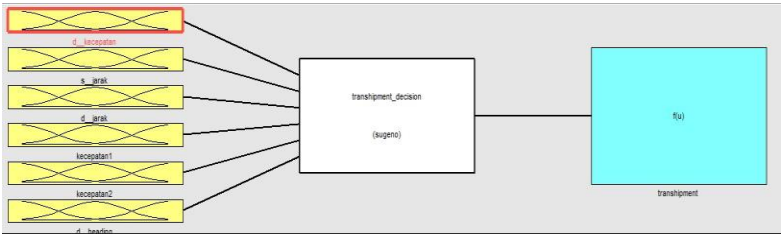
Berikut ini adalah struktur ANFIS sub-sistem *IUU Transhipment Decision* seperti tertera pada **Gambar 3. 33**.



Gambar 3. 33 Struktur ANFIS Sub-sistem IUU *Transhipment*

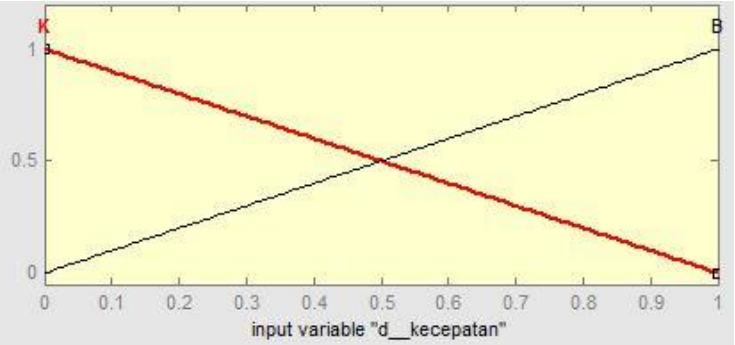
Lapisan pertama merupakan varibael input dimana dalam sub-sistem IUU *transhipment decision*, terdapat enam buah variabel *input* yaitu selisih kecepatan kedua kapal, selisih jarak saat *transhipment*, perubahan jarak kedua kapal, perubahan kecepatan

kapal 1, perubahan kecepatan kapal 2, dan selisih *heading* akhir kapal. Tampilan struktur FIS pada sistem ditunjukkan pada **Gambar 3. 34.**

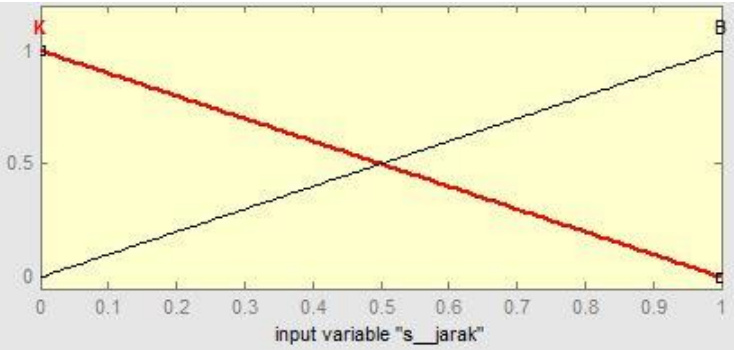


Gambar 3. 34 Struktur FIS Sub-sistem IUU *Transhipment Decision*

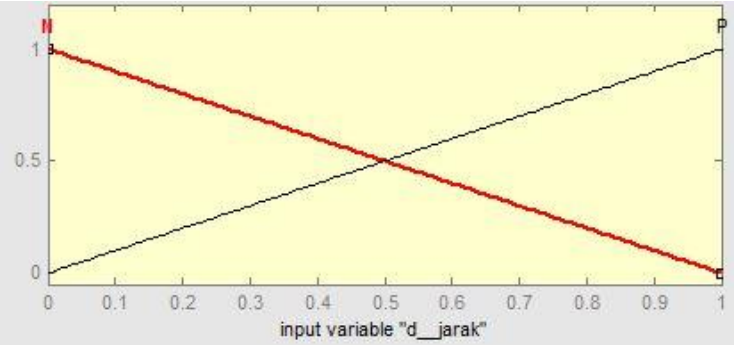
Kemudian, dalam lapisan kedua adalah jumlah MF atau fungsi keanggotaan yang berjumlah 15 buah. 2 MF untuk variabel selisih kecepatan kedua kapal yang terdiri atas kategori Kecil (K) dan B (Besar) seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3. 33**. 2 MF untuk variabel masukan selisih jarak saat *transhipment* yang terdiri atas kategori Kecil (K) dan B (Besar) yang ditunjukkan oleh **Gambar 3. 34**. 2 MF untuk variabel masukan perubahan jarak kedua kapal yang terdiri atas kategori Negatif (N) dan Positif (Positif) seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3. 35**. 3 MF untuk variabel masukan perubahan kecepatan kapal 1 yang terdiri atas kategori Negatif (N), Zero (Z), dan Positif (P) yang ditunjukkan oleh **Gambar 3. 36.** 3 MF untuk variabel masukan perubahan kecepatan kapal 2 yang terdiri atas kategori Negatif (N), Zero (Z), dan Positif (P) seperti pada **Gambar 3. 37.** Kemudian, 3 MF untuk selisih *heading* akhir kapal pada saat melakukan *transhipment* yang terdiri atas kategori *Overtake* (OT), *Crossing* (C), dan *Head On* (HO) seperti yang tercantum pada **Gambar 3. 38**.



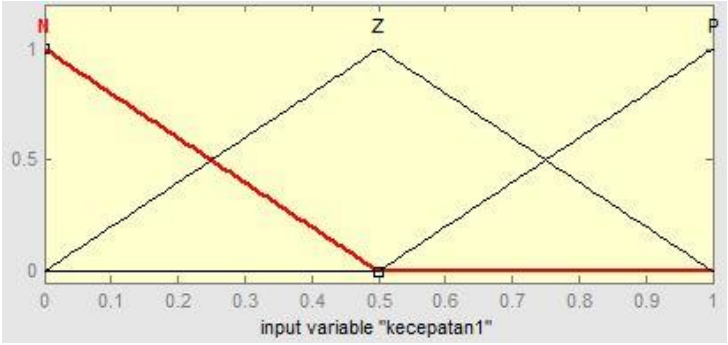
Gambar 3. 35 Fungsi Keanggotaan Selisih Kecepatan



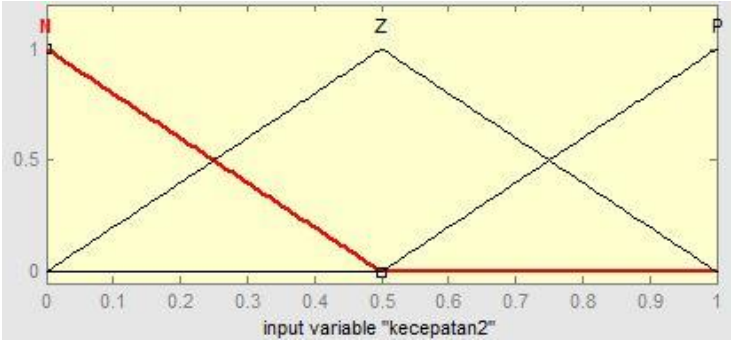
Gambar 3. 36 Fungsi Keanggotaan Selisih Jarak *Transhipment*



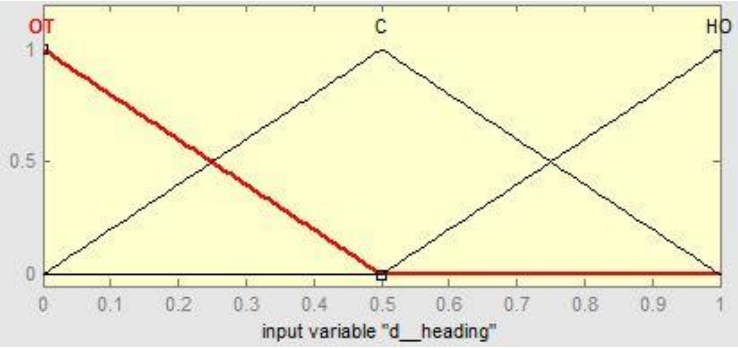
Gambar 3. 37 Fungsi Keanggotaan Perubahan Jarak



Gambar 3. 38 Fungsi Keanggotaan Perubahan Kecepatan Kapal 1



Gambar 3. 39 Fungsi Keanggotaan Perubahan Kecepatan Kapal 2



Gambar 3. 40 Fungsi Keanggotaan Selisih *Heading* Akhir

Range dari tiap-tiap fungsi keanggotaan menyesuaikan terhadap data yang diberikan. ANFIS merupakan gabungan dari *fuzzy* dan JST, proses penyesuian nilai merupakan tahap pembelajaran terhadap data *input* dan target seperti yang dilakukan oleh JST. Nilai untuk masing-masing *range* pada fungsi keanggotan sub-sistem IUU *transhipment decision* yang terbentuk oleh ANFIS tercantum pada **Tabel 3. 6.**

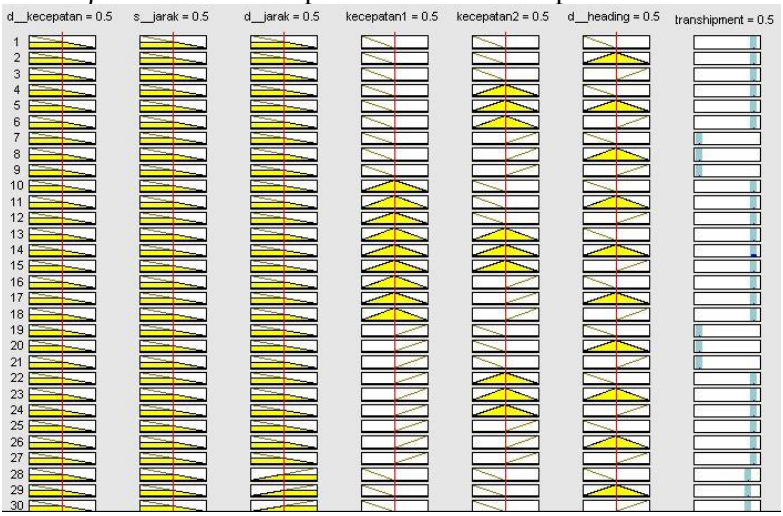
Tabel 3. 6 Parameter Fungsi Keanggotaan Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*

Variabel Masukan	**MF**	**Domain (Normalisasi)**	**Domain (Denormalisasi)**
Selisih Kecepatan	Kecil (K)	[-1 0 1]	[-0,02 0 0,02]
	Besar (B)	[0 1 2]	[0 0,02 0,04]
Selisih Jarak *Transhipment*	Kecil (K)	[-1 0 1]	[-30 0 30]
	Besar (B)	[-1 0 1]	[0 -30 30]
Perubahan Jarak	Rendah (R)	[-1 0 1]	[-153 -51 51]
	Tinggi (T)	[0 1 2]	[-51 51 153]
Perubahan Kecepatan 1	Negatif (N)	[-0,5 0 0,5]	[-0,7 -0,35 0]
	Zero (Z)	[0 0,5 1]	[-0,35 0 0,35]
	Positif (P)	[0,5 1 1,5]	[0 0,35 0,7]

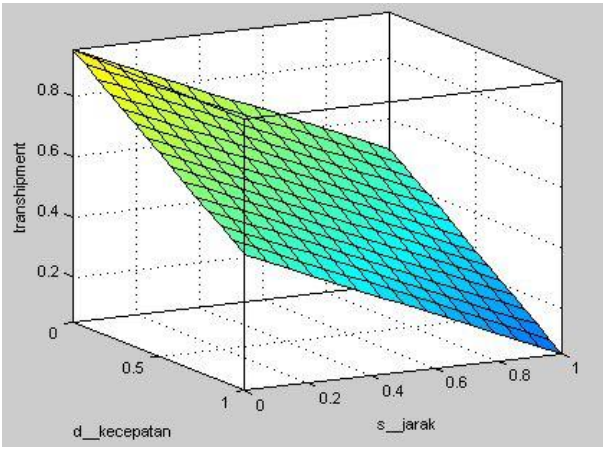
Tabel 3. 6 (Lanjutan)

Variabel Masukan	MF	Domain	Variabel Masukan
Perubahan Kecepatan 2	Negatif (N)	[-0,5 0 0,5]	[-0,7 -0,35 0]
	Zero (Z)	[0 0,5 1]	[-0,35 0 1,35]
	Positif (P)	[0,5 1 1,5]	[0 0,35 0,7]
Selisih *Heading* Akhir	*Overtake* (OT)	[-0,5 0 0,5]	[-102 -6 90]
	Crossing (C)	[0 0,5 1]	[-6 90 186]
	Head On (HO)	[0,5 1 1,5]	[90 186 282]

Pada lapisan ketiga terdapat *rule* atau kaidah yang digunakan pada sistem. Terdapat sebanyak 216 kaidah dalam sistem sub-sistem IUU *transhipment decision.* **Gambar 3. 41** dan **3. 42** merupakan tampilan *rule viewer* untuk melihat nilai akhir keluaran dan *surface viewer* untuk plot masukan terhadap keluaran.



Gambar 3. 41 *Rule Viewer* Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*



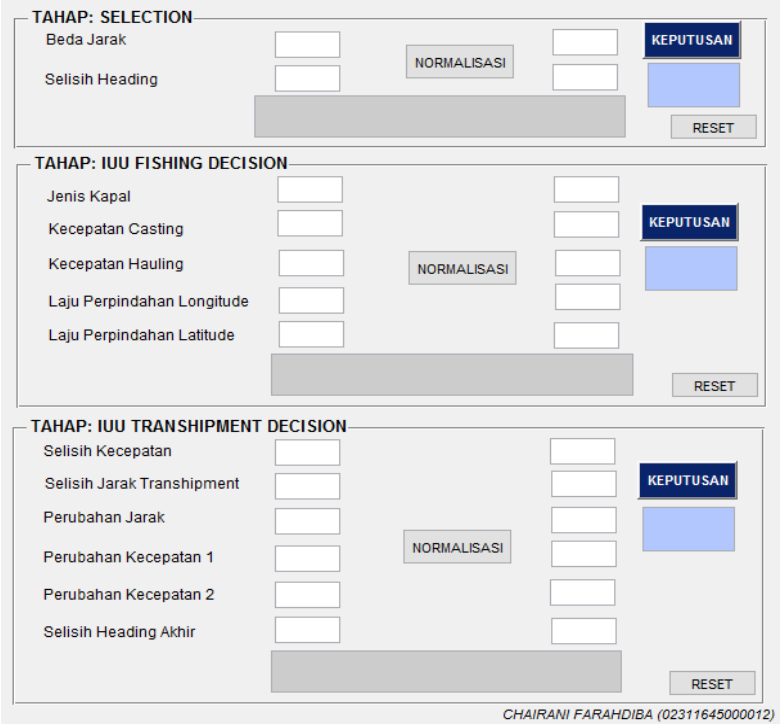
Gambar 3. 42 *Surface Viewer* Sub Sistem IUU *Transhipment Decision*

Terlihat pada **Gambar 3. 42**, kurva berwarna biru tua menunjukkan bahwa nilai keluaran semakin kecil dan jika kurva semakin berwarna kuning atau lebih muda maka keluaran akan semakin besar. Selain itu, seiring dengan berkurangnya nilai masukan selisih kecepatan antara dua kapal maka nilai keluarannya juga semakin kecil dan begitu pula sebaliknya karena selisih kecepatan antarkapal mendekati nol. Selain itu, jika selisih jarak antarkapal saat *transhipment* semakin besar maka nilai keputusan juga akan semakin berkurang karena jarak antarkapal semakin menjauh. Jadi, dalam kasus *illegal transhipment*, variabel utamanya adalah selisih kecepatan kedua kapal. Kapal dikategorikan melakukan IUU *transhipment* jika nilai keluaran keputusan bernilai lebih dari 50% sedangkan jika tidak melakukan IUU *transhipment* maka nilai keluaran keputusan bernilai kurang dari 50%.

3.6 Perancangan Graphic User Interface (GUI)

Graphic User Interface (GUI) adalah salah satu fasilitas yang disediakan oleh MATLAB yang berfungsi sebagai *interface* atau

tampilan yang mengandung tugas, perintah, atau komponen program yang memudahkan *user* dalam menjalankan program MATLAB. Dengan adanya GUI, maka program menjadi lebih praktis untuk dioperasikan. Tampilan GUI dalam integrasi sistem pengambilan keputusan *illegal fishing* dan *transhipment* pada tugas akhir ini ditunjukkan oleh **Gambar 3. 43**.

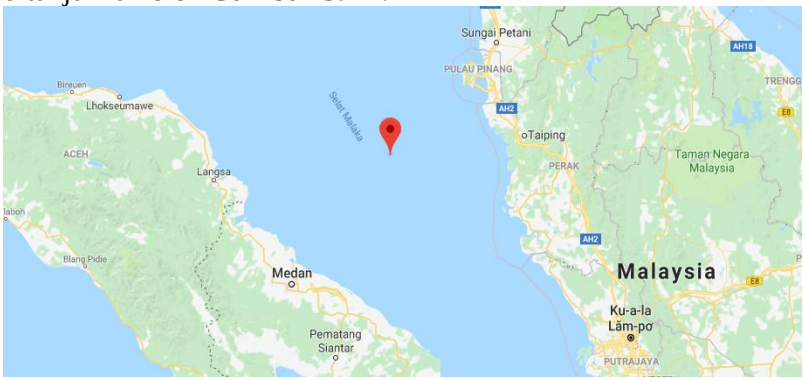


Gambar 3. 43 Tampilan GUI Sistem Pengambilan Keputusan

GUI terdiri atas beberapa elemen *textbox* untuk memasukkan nilai variabel masukan. Kemudian, terdapat *pushbutton* yang berfungsi sebagai normalisasi data dan menampilkan hasil akhir keluaran sistem dari perancangan ANFIS. Keputusan akhir akan muncul pada elemen *textbox* yang dibuat.

3.7 Pengujian Sistem

Simulasi sistem dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab dengan membangkitkan data dengan variasi trayektori 18 kapal. Terdapat tiga jenis pembangkitan data yang terdiri atas pembangkitan data pada tahap sub-sistem *selection*, sub-sistem pengambilan keputusan IUU *fishing*, dan sub-sistem pengambilan keputusan IUU *transhipment.* Pembangkitan data dilakukan pada koordinat 98,01° BT – 98,707° BT dan 4,882° LU – 5,724° LU yang berada di perairan Selat Malaka. Peta perairan Selat Malaka ditunjukkan oleh **Gambar 3. 44**.



Gambar 3. 44 Perairan Selat Malaka (*http://maps.google.com*)

3.7.1 Pembangkitan Data Sub-sistem *Selection*

Pengujian pertama adalah pembangkitan data 18 kapal ikan yang berlayar di area koordinat yang telah ditetapkan sebelumnya. Posisi yang digunakan adalah koordinat posisi kapal dalam waktu yang bersamaan ketika bertemu pertama kali. Pembangkitan data kapal ditunjukkan pada **Tabel 3. 7.**

Tabel 3. 7 Pembangkitan Data 18 Kapal

No.	Nama Kapal	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	*Heading* Awal (°)
1	A	98,356	5,342	134
2	B	98,342	5,362	156
3	C	98,173	5,285	110

Tabel 3. 7 (Lanjutan)

No.	Nama Kapal	Longitude (°)	Latitude (°)	Heading Awal (°)
4	D	98,178	5,288	115
5	E	98,422	5,172	114
6	F	98,424	5,174	112
7	G	98,201	5,423	109
8	H	98,205	5,418	200
9	I	98,002	4,998	35
10	J	98,010	5,009	56
11	K	98,564	4,882	100
12	L	98,575	4,889	211
13	M	98,277	5,521	62
14	N	98,292	5,515	67
15	O	98,664	5,653	110
16	P	98,665	5,656	260
17	Q	98,706	5,724	111
18	R	98,707	5,722	110

Selanjutnya adalah melakukan seleksi terhadap 18 kapal yang berlayar pada rentang koordinat yang ditentukan untuk menentukan apakah kapal terindikasi dalam IUU *fishing* atau *transhipment.*

3.7.2 Pembangkitan Data Sub-sistem IUU *Fishing Decision*

Pada tahap ini, terdapat 8 jenis kapal dengan pola trayektori yang berbeda dimana terdapat kapal yang terindikasi melakukan IUU *Fishing* dan tidak melakukan IUU *Fishing.* Variabel masukan pada sub-sistem IUU *fishing decision* adalah jenis kapal, kecepatan *casting,* kecepatan *hauling*¸ perubahan posisi *longitude,* dan perubahan posisi *latitude* yang berdasarkan data posisi *longitude, latitude,* dan kecepatan kapal. Pembangkitan data dilakukan dalam waktu sekitar 1,5 jam karena keseluruhan waktu rata-rata untuk proses penangkapan ikan pada kapal cantrang dibutuhkan 1 jam 19 menit 38 detik atau 79 menit (Sasmita, 2013). Oleh karena itu,

pembangkitan data dilakukan dalam rentang waktu rata-rata 1,5 jam.

3.7.2.1 Pembangkitan Kapal A

Pembangkitan data pertama dilakukan pada kapal A dengan membangkitkan data pola trayektori kapal cantrang. Posisi awal kapal A berada di *longitude* 98,356° BT dan *latitude* di 5,342° LU. Pola trayektori kapal jenis cantrang memiliki pola cenderung melingkar ketika menebar jaring (*casting*) dan bergerak lurus ketika menarik jaring (*hauling*). Pembangkitan data kapal ditunjukkan oleh **Tabel 3. 8** yang berisi data posisi (*longitude* dan *latitude*) kecepatan kapal A.

Tabel 3. 8 Data Kapal A

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
1	98,356	5,342	1
2	98,35643	5,3424	1
3	98,35686	5,3428	1
4	98,35729	5,34288	1
5	98,35772	5,34293	1
6	98,35815	5,34301	1
7	98,3586	5,34317	1
8	98,35894	5,34359	1
9	98,35926	5,34401	1
10	98,35926	5,34443	1
11	98,35888	5,34485	1
12	98,35844	5,34527	1
13	98,358	5,34569	1
14	98,35756	5,34611	1
15	98,35712	5,34653	1
16	98,35668	5,34695	1
17	98,35624	5,34737	1
18	98,3558	5,34742	1
19	98,35536	5,34737	1

Tabel 3.8 (Lanjutan)

Titik Ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Kecepatan (knot)
20	98,35492	5,34734	1
21	98,35448	5,34731	1
22	98,35404	5,34719	1
23	98,3536	5,34708	1
24	98,35316	5,34666	1
25	98,35282	5,34622	1
26	98,35304	5,3458	1
27	98,35326	5,34537	1
28	98,35361	5,34492	1
29	98,35394	5,34447	1
30	98,3543	5,34405	1
31	98,35468	5,34363	1
32	98,35509	5,34321	1
33	98,35541	5,34279	1
34	98,35553	5,34247	1
35	98,35565	5,34239	1
36	98,35577	5,34196	0,08
37	98,35577	5,34153	0,08
38	98,35588	5,3411	0,08
39	98,35599	5,34066	0,08
40	98,35611	5,34022	0,08
41	98,35611	5,33977	0,08
42	98,35599	5,33931	0,08

3.7.2.2 Pembangkitan Data Kapal B

Pembangkitan data kedua adalah pembangkitan data kapal B yang memiliki pola pergerakan yang sama dengan kapal cantrang. Posisi awal kapal B berada di *longitude* 98,342° BT dan *latitude* di 5,362° LU. Data posisi dan kecepatan kapal B ditunjukkan pada **Tabel 3. 9**. Pada pembangkitan data kapal B, pola trayektori dibuat melingkar seperti kapal cantrang.

Tabel 3. 9 Data Kapal B

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
1	98,342	5,362	0,78
2	98,34247	5,3627	0,78
3	98,34294	5,3637	0,78
4	98,34341	5,3647	0,78
5	98,34388	5,3667	0,78
6	98,34435	5,3677	0,78
7	98,34482	5,3677	0,78
8	98,34529	5,3675	0,76
9	98,34576	5,3674	0,76
10	98,34623	5,3671	0,76
11	98,3467	5,3661	0,76
12	98,34717	5,3651	0,76
13	98,34764	5,3641	0,76
14	98,34806	5,3631	0,75
15	98,34817	5,3621	0,75
16	98,34774	5,3601	0,75
17	98,3473	5,3581	0,75
18	98,34685	5,3571	0,75
19	98,34638	5,3559	0,75
20	98,34591	5,3549	0,75
21	98,34544	5,35475	0,74
22	98,34497	5,35415	0,74
23	98,3445	5,35465	0,75
24	98,34403	5,35525	0,75
25	98,34356	5,35625	0,75
26	98,34309	5,35725	0,75
27	98,34262	5,35885	0,75
28	98,34215	5,36105	0,75
29	98,34168	5,36125	0,06
30	98,34121	5,36135	0,06
31	98,34074	5,36145	0,06

Tabel 3. 9 (Lanjutan)

Titik Ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Kecepatan (knot)
32	98,34027	5,36155	0,07
33	98,3398	5,36165	0,07
34	98,33933	5,36175	0,07
35	98,33886	5,36185	0,07

3.7.2.3 Pembangkitan Data Kapal I

Pembangkita data kapal I dilakukan dengan posisi awal di koordinat 98,002° BT dan 4,998° LU. **Tabel 3. 8** menunjukkan data posisi dan kecepatan kapal I. Pembangkitan data kapal I dibuat seperti pola kapal cantrang.

Tabel 3. 10 Data Kapal I

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
1	98,002	4,998	0,58
2	98,00259	4,99836	0,58
3	98,00317	4,99868	0,58
4	98,00375	4,99909	0,58
5	98,00434	4,9992	0,58
6	98,00493	4,998985	0,58
7	98,00552	4,998765	0,58
8	98,00611	4,998	0,56
9	98,006624	4,99764	0,56
10	98,007142	4,99719	0,57
11	98,007652	4,99673	0,57
12	98,008162	4,99627	0,57
13	98,008674	4,99581	0,57
14	98,008615	4,99535	0,57
15	98,0081	4,99489	0,57
16	98,00759	4,99443	0,56
17	98,00708	4,99402	0,57
18	98,00649	4,993608	0,57

Tabel 3. 10 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
19	98,0059	4,993192	0,57
20	98,00532	4,993032	0,57
21	98,00473	4,992922	0,57
22	98,00415	4,993332	0,57
23	98,00358	4,993742	0,57
24	98,00299	4,994152	0,57
25	98,0024	4,994572	0,57
26	98,00196	4,994982	0,57
27	98,00141	4,995442	0,57
28	98,00087	4,995902	0,57
29	98,00098	4,996382	0,57
30	98,00109	4,996842	0,57
31	98,0013	4,997302	0,58
32	98,00161	4,997762	0,58
33	98,0015	4,998122	0,58
34	98,00161	4,998282	0,58
35	98,00104	4,998162	0,06
36	98,00046	4,998042	0,06
37	97,99988	4,998042	0,06
38	97,99929	4,998052	0,06
39	97,9987	4,998052	0,06
40	97,99811	4,998062	0,06
41	97,99752	4,998062	0,06
42	97,99693	4,998062	0,06
43	97,99634	4,998062	0,06
44	97,99575	4,998062	0,07
45	97,99516	4,998062	0,07

3.7.2.4 Pembangkitan Data Kapal J

Pembangkitan data keempat dilakukan pada kapal J yang tidak tergolong kapal cantrang. Pada kapal J, dibuat pola trayektori

yang tidak menyerupai kapal cantrang. Posisi awal kapal berada di koordinat 98,01° BT dan 5,009° LU dimana data posisi dan kecepatan kapal J tercantum pada **Tabel 3. 11**.

Tabel 3. 11 Data Kapal J

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**
1	98,01	5,009	4,8
2	97,965	4,901	4,7
3	98	4,851	4,5
4	98,041	4,821	4,7
5	98,083	4,795	4,6
6	98,128	4,774	4,9
7	98,177	4,755	4,5
8	98,228	4,747	4,1
9	98,282	4,7456	3,6
10	98,341	4,7444	4,4
11	98,407	4,7354	4,7
12	98,485	4,7354	4,9
13	98,57	4,7354	4,7
14	98,659	4,7354	4,8
15	98,75	4,7354	4,7
16	98,845	4,7354	4,6
17	98,935	4,7414	4,5
18	99,019	4,7614	4,1
19	99,099	4,7704	4,2
20	99,174	4,7834	4,9
21	99,238	4,7994	4,5
22	99,296	4,8224	4,7
23	99,343	4,8484	4,8
24	99,385	4,9064	4,7
25	99,433	4,9754	4,8
26	99,47	5,0374	4,8
27	99,503	5,0984	4,8
28	99,518	5,1514	4,8

3.7.2.5 Pembangkitan Data Kapal K

Pembangkitan data kelima dilakukan pada kapal K yang memiliki posisi awal di 98,564° BT dan 4,882° LU. Data kapal K tercantum pada **Tabel 3. 12** yang memuat posisi *longitude* dan *latitude* serta kecepatan kapal K. Data kapal K dibangkitkan sebagai kapal cantrang.

Tabel 3. 12 Data Kapal K

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
1	98,564	4,882	0,46
2	98,56354	4,88243	0,46
3	98,56306	4,88286	0,46
4	98,56258	4,88329	0,46
5	98,56212	4,88372	0,46
6	98,56166	4,88415	0,45
7	98,5612	4,88458	0,45
8	98,56074	4,8848	0,45
9	98,56028	4,88501	0,45
10	98,55982	4,88519	0,45
11	98,55936	4,88498	0,45
12	98,5589	4,88476	0,46
13	98,55844	4,88454	0,46
14	98,55798	4,88413	0,46
15	98,55752	4,88371	0,46
16	98,55716	4,88329	0,46
17	98,55692	4,88286	0,45
18	98,55692	4,88242	0,45
19	98,55717	4,88218	0,47
20	98,55745	4,88174	0,47
21	98,5579	4,88131	0,47
22	98,55835	4,88088	0,47
23	98,55881	4,88055	0,47
24	98,55929	4,88023	0,47
25	98,55977	4,87992	0,47

Tabel 3. 12 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
26	98,56025	4,87992	0,47
27	98,56073	4,87991	0,47
28	98,56121	4,88032	0,47
29	98,56169	4,88073	0,47
30	98,56217	4,88115	0,47
31	98,56265	4,88158	0,48
32	98,56313	4,88192	0,48
33	98,56359	4,88196	0,48
34	98,56405	4,882	0,05
35	98,56451	4,88204	0,05
36	98,56497	4,88208	0,05
37	98,56543	4,88212	0,06
38	98,56589	4,88216	0,06
39	98,56635	4,8822	0,06
40	98,56682	4,88224	0,06

3.7.2.6 Pembangkitan Data Kapal L

Pembangkitan data keenam dilakukan pada kapal L yang bukan termasuk kapal cantrang. Posisi awal kapal L berada di koordinat 98,575° BT dan 4,889° LU. Data kapal L tercantum pada **Tabel 3. 13** yang memuat data *longitude*, *latitude*, dan kecepatan kapal L. Pola kapal L memiliki pola garis lurus dimana pola ini tidak dimiliki oleh pola kapal cantrang.

Tabel 3. 13 Data Kapal L

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
1	98,575	4,889	4,9
2	98,5781	4,8911	4,9
3	98,5812	4,8932	4,9
4	98,5843	4,8953	4,9

Tabel 3. 13 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
5	98,5874	4,8974	4,9
6	98,5899	4,8995	4,9
7	98,5924	4,9016	4,9
8	98,5949	4,9039	4,9
9	98,598	4,9062	4,9
10	98,6011	4,9084	4,9
11	98,6039	4,9115	4,8
12	98,6067	4,9141	4,8
13	98,6095	4,9167	4,8
14	98,6123	4,9193	4,8
15	98,6151	4,9219	4,8
16	98,6182	4,9245	4,8
17	98,6213	4,9271	4,8
18	98,6244	4,9296	4,9
19	98,6275	4,9321	4,9
20	98,6303	4,9345	4,9
21	98,6331	4,9369	4,9
22	98,6359	4,9393	4,9
23	98,6387	4,9417	4,9
24	98,6418	4,9441	4,9
25	98,6449	4,9465	4,9
26	98,648	4,9489	4,9
27	98,6511	4,9514	4,9
28	98,6542	4,9539	4,9

3.7.2.7 Pembangkitan Data Kapal M

Pembangkitan data keenam dilakukan pada kapal M yang tidak tergolong kapal cantrang. Posisi awal kapal M berada pada koordinat 98,277° BT dan 5,521° LU. Data kapal M terdiri atas data *longitude, latitude,* dan kecepatan yang tercantum pada **Tabel 3. 14.**

Tabel 3. 14 Data Kapal M

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**
1	98,277	5,521	3,6
2	98,257	5,501	3,6
3	98,278	5,481	3,7
4	98,298	5,461	4,2
5	98,318	5,441	4,2
6	98,34	5,421	4,2
7	98,36	5,401	4,2
8	98,38	5,381	4,2
9	98,4	5,361	4,2
10	98,42	5,341	4,2
11	98,448	5,321	4,2
12	98,468	5,301	4,2
13	98,488	5,281	4,2
14	98,514	5,261	4,2
15	98,534	5,241	4,2
16	98,563	5,221	4,2
17	98,581	5,201	4,2
18	98,601	5,191	3,6
19	98,629	5,181	3,6
20	98,649	5,171	3,5
21	98,669	5,171	4,1
22	98,684	5,171	4,1
23	98,704	5,171	4,1
24	98,728	5,171	4,1
25	98,748	5,171	4,1
26	98,777	5,171	4,1
27	98,797	5,171	4,1

3.7.2.8 Pembangkitan Data Kapal N

Pembangkitan data ketujuh dilakukan pada kapal N yang termasuk kapal cantrang Posisi awal kapal N berada di koordinat 98,292° BT dan 5,515° LU. Data *longitude, latitude,* dan kecepatan kapal N tertera pada **Tabel 3. 15.** Pola trayektori kapal N melingkar seperti kapal cantrang.

Tabel 3. 15 Data Kapal N

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
1	98,292	5,515	0,79
2	98,29247	5,5157	0,79
3	98,29294	5,5167	0,79
4	98,29341	5,5177	0,79
5	98,29388	5,5197	0,81
6	98,29432	5,5227	0,81
7	98,29479	5,5227	0,79
8	98,29526	5,5225	0,79
9	98,29573	5,5224	0,79
10	98,2962	5,5221	0,79
11	98,29667	5,5211	0,79
12	98,29714	5,5201	0,79
13	98,29759	5,5191	0,79
14	98,29801	5,5181	0,79
15	98,29842	5,5171	0,78
16	98,29799	5,5151	0,78
17	98,29755	5,5131	0,79
18	98,2971	5,5121	0,79
19	98,29664	5,5109	0,79
20	98,29617	5,5089	0,78
21	98,2957	5,50875	0,78
22	98,29523	5,50815	0,78
23	98,29476	5,50865	0,8
24	98,29429	5,50925	0,8
25	98,29382	5,51025	0,8

Tabel 3. 16 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)
26	98,29335	5,51125	0,8
27	98,29288	5,51285	0,8
28	98,29241	5,51505	0,8
29	98,29194	5,51525	0,07
30	98,29147	5,51535	0,07
31	98,291	5,51545	0,07
32	98,29053	5,51555	0,07
33	98,29006	5,51565	0,08
34	98,28959	5,51575	0,08
35	98,28912	5,51585	0,08

3.7.3 Pembangkitan Data Sub-Sistem IUU *Transhipment Decision*

Pembangkitan data dilakukan terhadap lima pasang kapal yang teridentifikasi melakukan *illegal transhipment* pada sub-sistem *selection.* Variabel masukan pada sub-sistem adalah selisih kecepatan kedua kapal, selisih jarak *transhipment*, perubahan jarak kedua kapal, perubahan kecepatan kapal 1, perubahan kecepatan kapal 2, dan selisih *heading* akhir. Standar lama operasi *transipment* yaitu ±10 menit (Situmorang, 2017). Perhitungan variabel masukan dihitung berdasarkan data *longitude, latitude,* kecepatan, dan *heading* kapal.

3.7.3.1 Pembangkitan Data Kapal C dan D

Pembangkitan data dilakukan untuk dua kapal yang tidak melakukan IUU *transhipment* pada kapal C dan D. Data posisi *longitude, latitude,* dan kecepatan kapal C ditunjukkan pada **Tabel 3. 16** sedangkan kapal D ditunjukkan pada **Tabel 3. 17**.

Tabel 3. 16 Data Kapal C

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	98,178	5,288	8,49	110
2	98,178	5,288	8,49	110
3	98,178	5,288	8,49	110
4	98,178	5,288	8,49	110
5	98,178	5,288	8,49	110
6	98,178	5,288	8,49	110
7	98,178	5,288	8,49	110
8	98,178	5,288	8,49	110
9	98,178	5,288	8,49	111
10	98,178	5,288	8,49	111
11	98,178	5,288	8,49	111
12	98,178	5,288	8,49	111
13	98,178	5,288	8,49	112
14	98,178	5,288	8,49	112
15	98,178	5,288	8,49	112
16	98,178	5,288	8,49	112
17	98,178	5,288	8,49	112
18	98,178	5,288	8,49	112
19	98,178	5,288	8,49	112
20	98,178	5,288	8,49	112

Tabel 3. 17 Data Kapal D

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	98,173	5,285	5,8	115
2	98,1756	5,2856	5,8	115
3	98,178	5,2862	5,8	115
4	98,18	5,2864	5,8	115
5	98,181	5,2877	5,8	115
6	98,1804	5,289	5,8	115
7	98,1797	5,2893	5,8	115
8	98,1795	5,2894	5,8	115

Tabel 3. 17 (Lanjutan)

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
9	98,1794	5,2894	5,8	115
10	98,1794	5,2894	5,8	115
11	98,1794	5,2894	5,8	117
12	98,1794	5,2894	6,2	117
13	98,1794	5,2894	6,2	117
14	98,1794	5,2894	6,2	117
15	98,1794	5,2894	6,2	117
16	98,1794	5,2894	6,2	117
17	98,1794	5,2894	6,2	117
18	98,1794	5,2894	6,2	117
19	98,1794	5,2894	6,2	117
20	98,1794	5,2894	6,2	117

3.7.3.2 Pembangkitan Data Kapal E dan F

Pembangkitan data kedua dilakukan pada kapal E dan F. Data kapal E dan F secara berturut-turut ditunjukkan pada **Tabel 3. 18** dan **Tabel 3. 19** yang terdiri atas posisi *longitude, latitude,* kecepatan, dan *heading.* Data kapal E dan F dibangkitkan dengan pola kapal yang melakukan IUU *transhipment* dengan pola *Overtake.*

Tabel 3. 18 Data Kapal E

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	98,422	5,168	4,1	114
2	98,4221	5,1686	4,1	114
3	98,4235	5,1705	4,1	114
4	98,4251	5,1723	4,1	114
5	98,4269	5,174	3,7	114
6	98,4285	5,1751	2,2	114
7	98,4304	5,176	2,1	114

Tabel 3. 18 (Lanjutan)

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
8	98,4325	5,1769	1,3	114
9	98,4351	5,1778	1,3	114
10	98,4377	5,1787	0	114
11	98,4399	5,1793	0	114
12	98,4423	5,1801	0	114
13	98,445	5,1811	0	114
14	98,4475	5,1821	0	114
15	98,4498	5,1827	0	114
16	98,4521	5,1835	0	111
17	98,4541	5,1842	0	111
18	98,4559	5,1848	0	111
19	98,4572	5,1853	0	111
20	98,4585	5,1857	0	111

Tabel 3. 19 Data Kapal F

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	98,424	5,174	0	112
2	98,4245	5,174	0	112
3	98,4247	5,174	0	112
4	98,4251	5,174	0	112
5	98,4251	5,17392	0	112
6	98,4251	5,17392	0	112
7	98,4251	5,17392	0	112
8	98,4251	5,17392	0	112
9	98,4251	5,17392	0	112
10	98,4251	5,17392	0	112
11	98,4251	5,17392	0	112
12	98,4251	5,17392	0	112
13	98,4251	5,17392	0	112
14	98,4251	5,17392	0	112
15	98,4251	5,17392	0	112

Tabel 3. 19 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
16	98,4251	5,17392	0	112
17	98,4251	5,17392	0	112
18	98,4251	5,17392	0	112
19	98,4251	5,17392	0	112
20	98,4251	5,17392	0	112

3.7.3.3 Pembangkitan Data Kapal G dan H

Pembangkitan data kapal G dan H dibuat sesuai dengan pola kapal yang melakukan IUU *transhipment.* Pada pergerakan kapal G dan H akan dibangkitkan pola anti-tabrakan *Head On*. Data kapal G tercantum pada **Tabel 3. 20** dan data kapal H tercantum pada **Tabel 3. 21** yang terdiri atas data *longitude, latitude,* kecepatan, dan *heading.*

Tabel 3. 20 Data Kapal G

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
1	98,201	5,423	5	109
2	98,2013	5,4226	4,6	109
3	98,2017	5,4221	4,5	109
4	98,2019	5,4218	3	109
5	98,2022	5,4214	2,4	109
6	98,2025	5,4213	2,1	109
7	98,2028	5,4209	2,1	109
8	98,203	5,42091	0	110
9	98,203	5,42091	0	110
10	98,203	5,42091	0	110
11	98,203	5,42091	0	110
12	98,203	5,42091	0	110
13	98,203	5,42091	0	110

Tabel 3. 20 (Lanjutan)

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
14	98,203	5,42091	0	110
15	98,203	5,42091	0	110
16	98,203	5,42091	0	110
17	98,2032	5,4208	3	110
18	98,2033	5,4206	4,2	110
19	98,2035	5,4203	4,5	110
20	98,2036	5,4199	3,9	106
21	98,2037	5,4194	3,8	106
22	98,2039	5,4188	4,2	106
23	98,2046	5,4176	4,5	106
24	98,2048	5,4172	4,6	106

Tabel 3. 21 Data Kapal H

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	98,205	5,418	4,8	200
2	98,2048	5,4183	4,7	200
3	98,2044	5,4185	3,2	200
4	98,2041	5,4187	2,9	200
5	98,2036	5,4192	2,3	200
6	98,2034	5,4195	2	200
7	98,2032	5,4199	1,9	200
8	98,203	5,42099	0	287
9	98,203	5,42099	0	287
10	98,203	5,42099	0	287
11	98,203	5,42099	0	287
12	98,203	5,42099	0	287
13	98,203	5,42099	0	287
14	98,203	5,42099	0	287
15	98,203	5,42099	0	287
16	98,203	5,42099	0	287
17	98,2026	5,421	3,2	284

Tabel 3. 21 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
18	98,2024	5,4214	4,4	284
19	98,2021	5,4218	5,1	284
20	98,2019	5,4221	5,5	284
21	98,2016	5,4226	4,9	284
22	98,2014	5,4231	4,8	284
23	98,201	5,4235	5	284
24	98,2006	5,4238	5	284

3.7.3.4 Pembangkitan Data Kapal O dan P

Pembangkitan data kapal O dan P dibuat sesuai dengan pola kapal yang melakukan IUU *transhipment.* Pada pergerakan kapal O dan P akan dibangkitkan pola anti-tabrakan *Crossing.* Data kapal O tercantum pada **Tabel 3. 22** dan data kapal P tercantum pada **Tabel 3. 23** yang terdiri atas data *longitude, latitude,* kecepatan, dan *heading*.

Tabel 3. 22 Data Kapal O

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
1	98,664	5,653	4,2	110
2	98,66406	5,6535	3,9	110
3	98,66409	5,6541	2,8	110
4	98,66411	5,6545	2,1	110
5	98,66412	5,6547	1,8	110
6	98,66413	5,65493	0	110
7	98,66413	5,65493	0	110
8	98,66413	5,65493	0	110
9	98,66413	5,65493	0	110
10	98,66413	5,65493	0	110
11	98,66413	5,65493	0	110
12	98,66413	5,65493	0	110

Tabel 3. 22 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
13	98,66413	5,65493	0	110
14	98,66413	5,65493	0	110
15	98,66413	5,65493	0	110
16	98,66413	5,65493	0	110
17	98,66413	5,65493	0	110
18	98,66413	5,65493	0	110
19	98,66425	5,65499	3,1	110
20	98,66437	5,65511	3,7	110
21	98,66449	5,65526	3,6	110
22	98,66461	5,65541	3,9	110
23	98,66473	5,65556	4,2	110
24	98,66485	5,65571	4,3	110

Tabel 3. 23 Data Kapal P

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
1	98,665	5,656	4,3	260
2	98,6648	5,6558	4,1	260
3	98,6646	5,6556	3,1	260
4	98,6644	5,6554	2,3	260
5	98,6642	5,6552	1,7	260
6	98,66410	5,65500	0	266
7	98,66410	5,65500	0	266
8	98,66410	5,65500	0	266
9	98,66410	5,65500	0	266
10	98,66410	5,65500	0	266
11	98,66410	5,65500	0	266
12	98,66410	5,65500	0	266
13	98,66410	5,65500	0	266
14	98,66410	5,65500	0	266
15	98,66410	5,65500	0	266
16	98,66410	5,65500	0	266

Tabel 3. 23 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
17	98,66410	5,65500	0	266
18	98,66410	5,65500	0	266
19	98,66400	5,65480	3,1	266
20	98,66390	5,65472	3,5	266
21	98,66380	5,65464	4,2	266
22	98,66369	5,65456	4,4	266
23	98,66359	5,65448	4,4	266
24	98,66349	5,65440	5,1	266

3.7.3.5 Pembangkitan Data Kapal Q dan R

Pembangkitan data kapal Q dan R dibuat sesuai dengan pola kapal yang melakukan IUU *transhipment.* Pada pergerakan kapal Q dan R akan dibangkitkan pola anti-tabrakan *Overtake.* Data kapal Q tercantum pada **Tabel 3. 24** dan data kapal R tercantum pada **Tabel 3. 25** yang terdiri atas data *longitude, latitude,* kecepatan, dan *heading.*

Tabel 3. 24 Data Kapal Q

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
1	98,706	5,724	5,1	111
2	98,7062	5,7239	5,1	111
3	98,7064	5,7237	4,9	111
4	98,7066	5,7235	4,7	111
5	98,7068	5,7233	4,3	111
6	98,707	5,7231	3,9	111
7	98,7072	5,7229	3,8	111
8	98,7074	5,7227	4,1	118
9	98,7075	5,7225	4,2	111
10	98,70755	5,7223	4,1	111
11	98,7076	5,72208	4,2	111

Tabel 3. 24 (Lanjutan)

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
12	98,7079	5,72198	4,2	110
13	98,708	5,72188	4,2	110
14	98,7081	5,72178	4,2	110
15	98,7082	5,72168	4,2	110
16	98,7083	5,72158	4,2	110
17	98,7083	5,72148	4,2	110
18	98,7084	5,72138	4,2	110
19	98,7085	5,72128	4,2	110
20	98,7086	5,72118	4,2	110
21	98,7087	5,72108	4,2	110
22	98,7088	5,72098	4,2	110
23	98,7089	5,72088	4,2	110
24	98,709	5,72078	4,2	110

Tabel 3. 25 Data Kapal R

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	98,707	5,722	4,9	110
2	98,7071	5,7219	4,7	110
3	98,7072	5,7219	5,1	110
4	98,7073	5,7218	5	110
5	98,7074	5,7217	5,1	110
6	98,70743	5,7216	4,8	110
7	98,70748	5,7216	4,4	110
8	98,7075	5,7217	3,9	152
9	98,70755	5,7217	4	153
10	98,70758	5,722	4	110
11	98,7076	5,722	4,2	110
12	98,7079	5,7219	4,2	110
13	98,708	5,7218	4,2	110
14	98,7081	5,7217	4,2	110
15	98,7082	5,7216	4,2	110

Tabel 3. 25 (Lanjutan)

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
16	98,7083	5,7215	4,2	110
17	98,7083	5,7214	4,2	110
18	98,7084	5,7213	4,2	110
19	98,7085	5,7212	4,2	112
20	98,7086	5,7211	4,2	112
21	98,7087	5,7210	4,2	112
22	98,7088	5,7209	4,2	112
23	98,7089	5,7208	4,2	112
24	98,709	5,7207	4,2	112

3.8 Validasi Sistem

Validasi sistem menggunakan data-data *real* kapal yang telah terbukti melakukan IUU *fishing* dan *transhipment.* Sumber data berasal dari AIS di NASDEC ITS, situs *http://marinetraffic.com*¸ dan penelitian sebelumnya. Validasi dilakukan terhadap kapal yang telah terbukti melakukan IUU *fishing*, IUU *transhipment*¸ dan kapal yang tidak melakukan keduanya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Data Sub-sistem *Selection*

Dalam sub-sistem *selection* terdiri atas dua variabel masukan yakni selisih jarak antara dua kapal dan selisih *heading* kedua kapal. Perancangan ANFIS untuk sub-sistem *selection* menghasilkan nilai RMSE sebesar 2,92E-07. Plot data *training* dan keluaran FIS sub-sistem *selection* ditunjukkan oleh **Gambar 4. 1.**

Gambar 4. 1 Plot Data *Training* dan Keluaran FIS Sub-Sistem *Selection*

Gambar 4. 1 menunjukkan data *training* yang disimbolkan dengan lingkaran biru dan keluaran FIS yang disimbolkan lingkaran merah saling berhimpit. Hal ini menandakan bahwa sistem tergolong baik karena nyaris tidak ada perbedaan antara data *training* dengan keluaran FIS. Setelah program dijalankan, dihasilkan nilai keputusan terhadap data kapal yang dibangkitkan. Nilai keluaran pengambilan keputusan pada sub-sistem *selection* yang tercantum pada **Tabel 4. 1.**

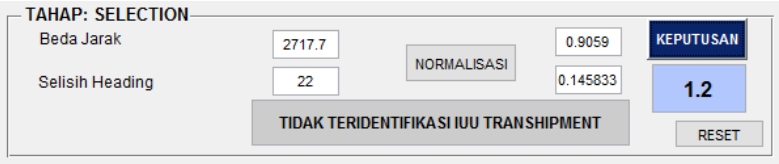
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Data Sub-sistem *Selection*

No	Nama Kapal		Selisih Jarak (meter)	Selisih *Heading* Awal (derajat)	Nilai Keluaran (%)
	Kapal 1	Kapal 2			
1	A	B	2717,7	22	1,2

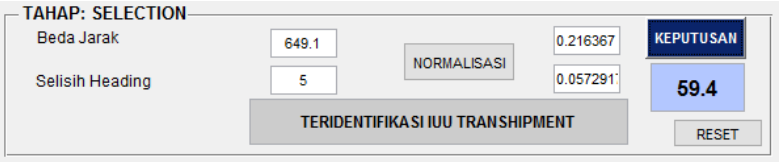
Tabel 4. 1 (Lanjutan)

No	Nama Kapal		Selisih Jarak (meter)	Selisih Heading Awal (derajat)	Nilai Keluaran (%)
	Kapal 1	Kapal 2			
2	C	D	649,1	5	59,4
3	E	F	314,8	2	80,3
4	G	H	712,8	91	55,4
5	I	J	1514,1	21	6,2
6	K	L	1451,4	111	9,3
7	M	N	1798,4	5	5
8	O	P	352	156	78
9	Q	R	248,9	-1	84,4

Hasil keluaran ANFIS pada **Tabel 4. 1** menunjukkan bahwa terdapat beberapa kapal yang terindikasi melakukan IUU *transhipment.* Kapal-kapal yang diduga melakukan IUU *transhipment* adalah kapal C dan D, kapal E dan F, kapal G dan H, kapal O dan P, serta kapal Q dan R. Semua kapal tersebut memiliki jarak antarkapal lebih dari 800 meter dimana nilai keluarannya di atas 50% dan diolah lagi pada sub-sistem IUU *transhipment decision.* Kapal A, B, I, J, K, L, M, dan N tergolong dalam jarak aman karena kurang dari 800 meter dan menghasilkan nilai keluran kurang dari 50% sehingga akan diolah lagi datanya pada proses sub-sistem IUU *fishing* apakah masuk dalam tindakan IUU *fishing* atau tidak. Hasil pengujian pada sub-sistem *selection* dapat dilihat pada **Gambar 4. 2** dan **Gambar 4. 3.**



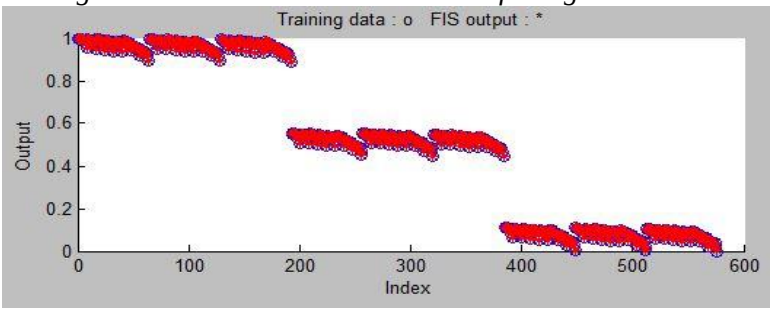
Gambar 4. 2 Tampilan GUI Hasil Pengujian *Selection* Kapal A dan B



Gambar 4. 3 Tampilan GUI Hasil Pengujian *Selection* Kapal C dan D

4.2 Hasil Pengujian Data Sub-sistem IUU *Fishing Decision*

Pada tahap ini, terdapat 8 jenis kapal dengan pola trayektori yang berbeda dimana terdapat kapal yang terindikasi melakukan *illegal fishing* dan tidak melakukan *illegal fishing* dengan alat tangkap cantrang. Nilai RMSE pada sub-sistem IUU *fishing decision* adalah 5,63E-08. **Gambar 4. 4** menunjukkan plot data *training* dan keluaran FIS sub-sistem IUU *fishing decision.*



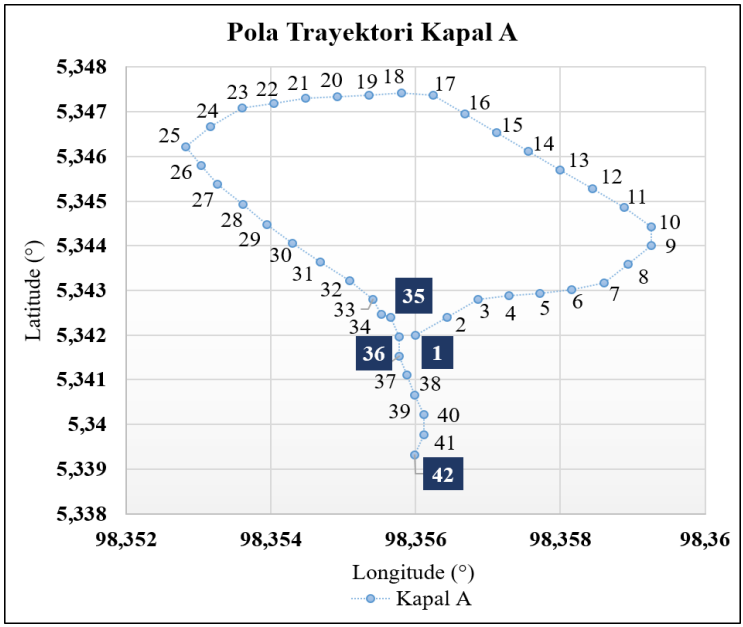
Gambar 4. 4 Plot Data *Training* dan Keluaran FIS Sub-Sistem IUU *Fishing Decision*

Gambar 4. 4 menunjukkan data *training* yang disimbolkan dengan lingkaran biru dan keluaran FIS yang disimbolkan dengan lingkaran merah saling berhimpit. Ini menandakan bahwa sistem tergolong baik karena nyaris tidak ada perbedaan antara data *training* dengan data keluaran FIS.

4.2.1 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal A

Pengujian pertama dilakukan pada kapal A. Pola yang dibentuk adalah melingkar seperti kapal cantrang. Data kapal A diolah dan diproses dalam sub-sistem IUU *fishing* untuk

mengetahui apakah kapal A adalah kapal cantrang yang tergolong IUU *fishing* atau tidak. Pola trayektori kapal A pada **Gambar 4. 5** yang terlihat bahwa pola kapal melingkar.



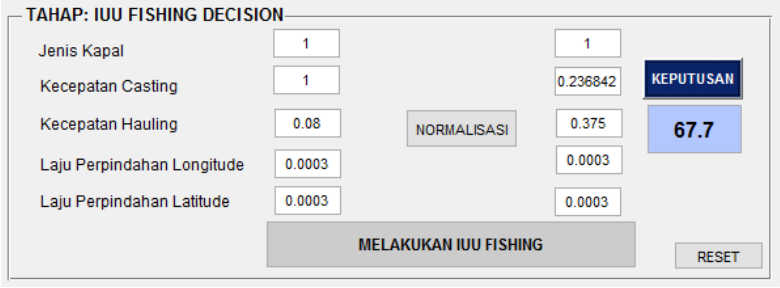
Gambar 4. 5 Pola Trayektori Kapal A

Gambar 4. 5 menunjukkan pada titik 1 sampai 35 terjadi proses 1 kali siklus *casting* atau penebaran jaring. Kemudian, pada titik ke-36 kapal mulai melakukan penarikan jaring atau *hauling* dengan pergerakan yang lurus. Pada tahap *hauling* ini pula terjadi penurunan kecepatan dari 1 knot menjadi 0,08 knot karena adanya penarikan jaring yang berat. Setelah dilakukan analisis terhadap pola trayektori dan perhitungan laju perubahan posisi serta kecepatan kapal maka diperoleh:

Jenis Kapal : 1
Kecepatan *casting* : 1 knot
Kecepatan *hauling* : 0,08 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0003 derajat

Perubahan posisi *latitude* : 0,0003 derajat

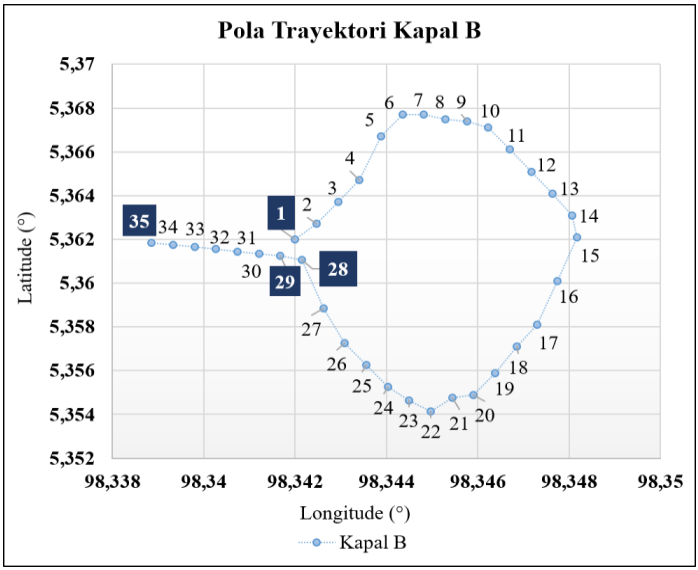
Keempat data tersebut akan digunakan sebagai variabel masukan dari pola pergerakan kapal A. Program dijalankan dan menghasilkan keluaran ANFIS adalah sebesar 67,7% dan ini menunjukkan bahwa kapal melakukan IUU *fishing* dan menggunakan cantrang karena nilai keputusan bernilai lebih dari 50%. Hal ini dapat dilihat pada kecepatan *casting* dan *hauling* yang berada dalam rentang kapal cantrang saat melakukan *casting* dan *hauling*. Selain itu, perubahan posisi *longitude* dan *latitude* kapal juga tergolong kecil karena akibat dari kecepatan rata-rata kapal A yang rendah. Hasil pengujian kapal A pada GUI ditunjukkan oleh **Gambar 4. 6.**



Gambar 4. 6 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal A

4.2.2 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal B

Pengujian kedua dilakukan pada kapal B yang termasuk dalam kapal cantrang. Pola trayektori kapal B ditunjukkan oleh **Gambar 3. 7** menunjukkan pola trayektori kapal B saat penangkapan ikan.



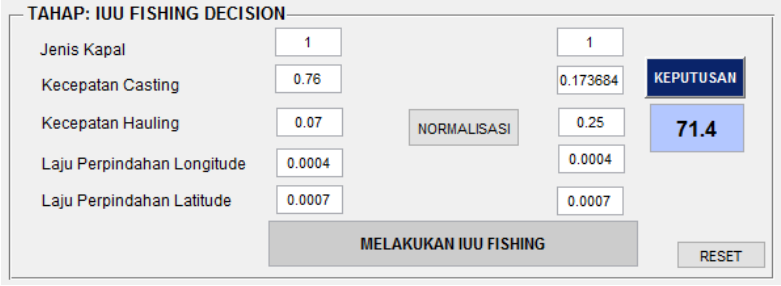
Gambar 4. 7 Pola Trayektori Kapal B

Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4. 7,** proses *casting* dimulai pada titik ke-1 dan diakhiri pada titik ke-28 yang gerak polanya melingkar. Kemudian, kapal melakukan *hauling* pada titik ke-29 hingga titik ke-35. Pada saat posisi awal kapal B pada titik ke-1, kecepatan kapal B adalah 0,78 knot. Kemudian, pada titik ke-29 kecepatan kapal menurun menjadi 0,07 knot dimana pada titik ini pula kapal B mulai melakukan proses *hauling.* Setelah melakukan analisis terhadap pola trayektori dan perhitungan laju perubahan posisi serta kecepatan kapal maka didapatkan:

Jenis Kapal : 1
Kecepatan *casting* : 0,76 knot
Kecepatan *hauling* : 0,07 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0004 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0007 derajat

Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 71,4% dan menunjukkan bahwa kapal melakukan IUU *fishing* dan menggunakan cantrang. Hal ini dapat terlihat pada kecepatan

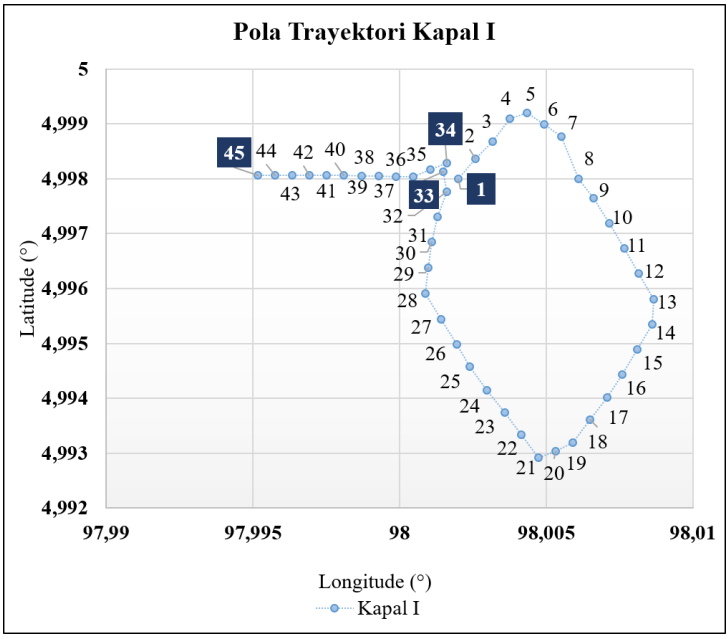
casting dan *hauling* kapal B yang berada dalam rentang kecepatan *casting* dan *hauling* kapal cantrang. Perubahan *longitude* dan *latitude* yang dimiliki kapal B tergolong kecil. Hasil pengujian kapal B pada GUI ditunjukkan oleh **Gambar 4. 8.**



Gambar 4. 8 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal B

4.2.3 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal I

Pengujian ketiga dilakukan pada kapal I. Pola pergerakan kapal I menunjukkan pola yang mirip dengan pergerakan kapal cantrang yang ditunjukkan pada **Gambar 4. 9.** Pola pergerakan kapal dibuat melingkar.



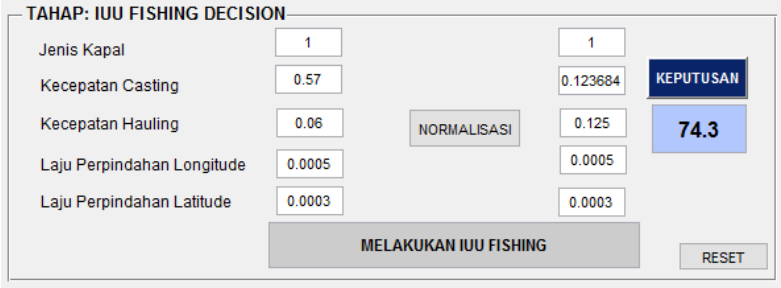
Gambar 4. 9 Pola Trayektori Kapal I

Pada **Gambar 4. 9** menunjukkan bahwa kapal mulai melakukan *casting* pada titik ke-1 hingga berakhir pada titik ke-33. Kemudian, kapal melakukan *hauling* pada titik ke-24 hingga titik ke-45. Terlihat pula pola pergerakan kapal yang melingkar pada **Gambar 4. 9.** Setelah melakukan analisis terhadap pola trayektori dan perhitungan laju perubahan posisi serta kecepatan kapal maka didapatkan:

Jenis Kapal : 1
Kecepatan *casting* : 0,57 knot
Kecepatan *hauling* : 0,06 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0005 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0003 derajat

Program dijalankan dengan menggunakan variabel masukan hasil perhitungan data kapal I sehingga didapatkan nilai keputusan sebesar 74,3% dan menunjukkan bahwa kapal melakukan IUU *fishing* dan menggunakan cantrang karena nilai keluran melebihi

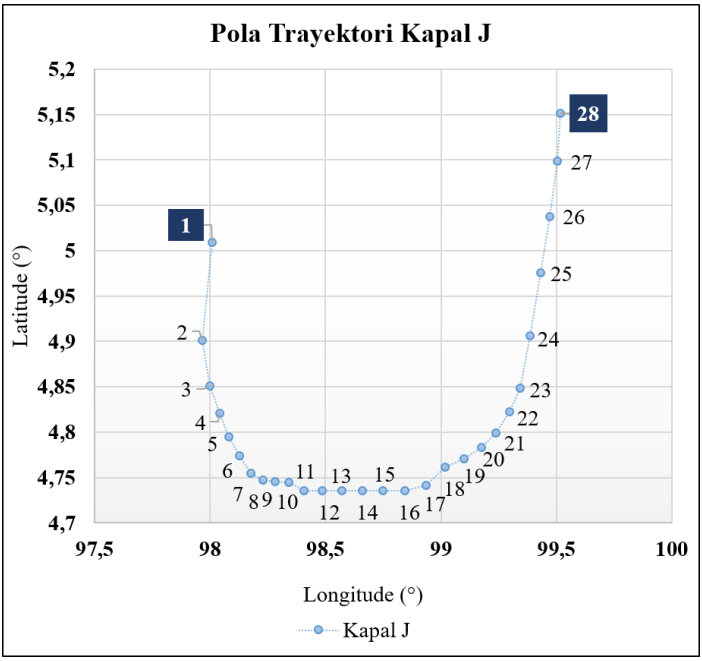
angka 50%. Hasil pengujian kapal I pada GUI ditunjukkan oleh **Gambar 4. 10.**



Gambar 4. 10 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal I

4.2.4 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal J

Pengujian keempat dilakukan pada kapal J. Pola trayektori kapal dibuat lurus dengan kecepatan yang cukup tinggi dimana pergerakannya berbeda dengan pola pergerakan kapal cantrang pada umumnya yang melingkar. Pola trayektori kapal yang ditunjukkan pada **Gambar 4. 11** terlihat bahwa kapal melakukan pola setengah melingkar.

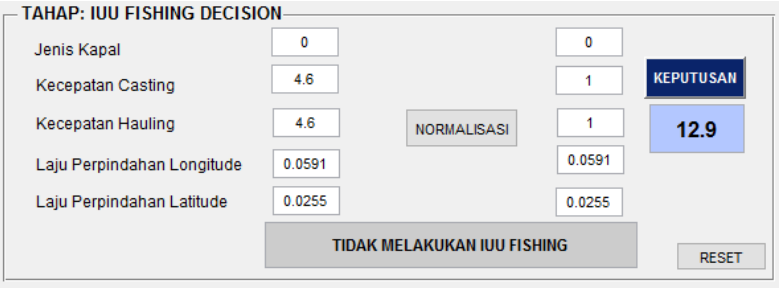


Gambar 4. 11 Pola Trayektori Kapal J

Gambar 4. 11 menunjukkan pada saat titik ke-1, kapal J memiliki kecepatan 4,8 knot. Pada titik ke-9, terjadi penurunan kecepatan kapal menjadi 3,6 knot karena adanya perubahan haluan pada kapal untuk berbelok arah. Pada titik ke-23, kapal meningkatkan kecepatannya menjadi 4,8 knot dan bergerak menjauhi titik asalnya. Hal ini berarti bahwa kapal J tidak kembali lagi ke titik-1 yang membentuk pola lingkaran. Kemudian, dilakukan perhitungan terhadap variabel masukan pada kapal J sebagai berikut.

Jenis Kapal : 0
Kecepatan *casting* : 4,6 knot
Kecepatan *hauling* : 4,6 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0591 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0255 derajat

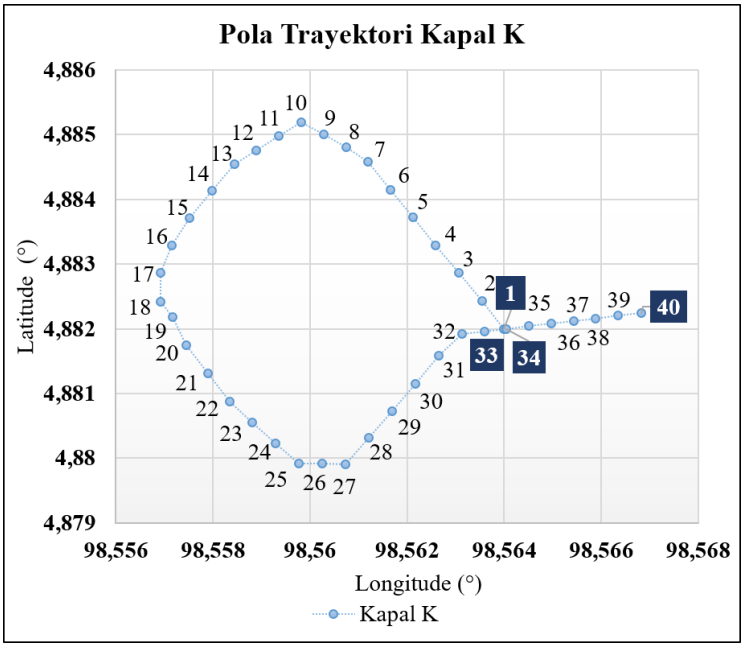
Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 12,9% dan berarti bahwa kapal J tidak melakukan IUU *fishing* atau termasuk kapal cantrang karena hasil nilai keputusan kurang dari 50%. Hasil pengujian kapal J pada GUI ditunjukkan oleh **Gambar 4. 12.**



Gambar 4. 12 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal J

4.2.5 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal K

Pengujian kelima dilakukan dengan membangkitkan data kapal K yang termasuk kapal cantrang. Kapal K memiliki pola gerakan melingkar seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3. 13.**

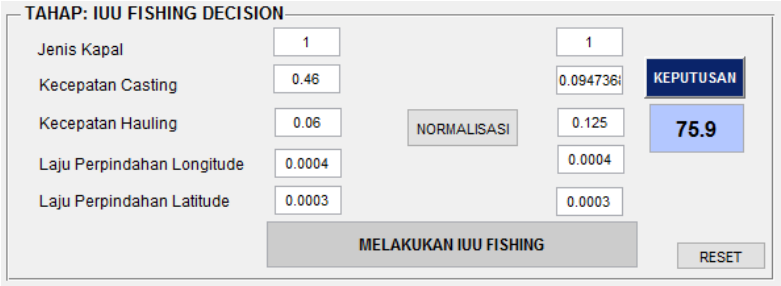


Gambar 4. 13 Pola Trayektori Kapal K

Pada **Gambar 4. 13**, kapal mulai melakukan penebaran jaring pada titik ke-1 dengan kecepatan 0,46 knot. Kemudian, kapal melakukan pola melingkar hingga titik ke-33 dimana titik ini sangat dekat dengan titik asal kapal pada saat awal melakukan *casting* di titik ke-1. Pada titik ke-34, kapal melakukan penarikan jaring dengan kecepatan 0,06 knot dengan pola gerakan yang lurus. Setelah melakukan analisis terhadap pola trayektori dan perhitungan laju perubahan posisi serta kecepatan kapal maka diperoleh:

Jenis Kapal : 1
Kecepatan *casting* : 0,46 knot
Kecepatan *hauling* : 0,06 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0004 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0003 derajat

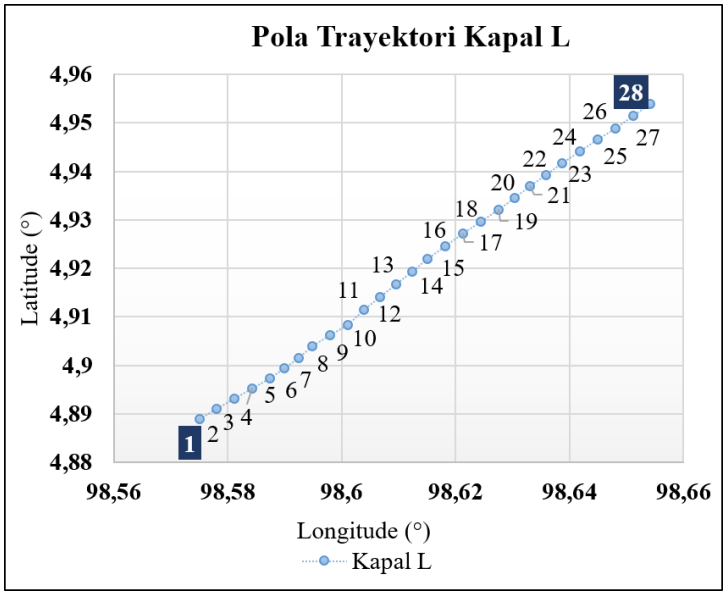
Hasil pengujian kapal K menghasilkan nilai keputusan sebesar 75,9%. Nilai keluaran kapal lebih dari 50% sehingga kapal K dapat teridentifikasi sebagai kapal cantrang yang melakukan IUU *fishing*. Hasil pengujian kapal K pada GUI ditunjukkan oleh **Gambar 4. 14.**



Gambar 4. 14 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal K

4.2.6 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal L

Pengujian keenam dilakukan pada pembangkitan data kapal L. Kapal L memiliki pola pergerakan yang lurus dan tidak masuk ke dalam kriteria pola pergerakan kapal cantrang yang dapat dilihat pada **Gambar 4. 15**.

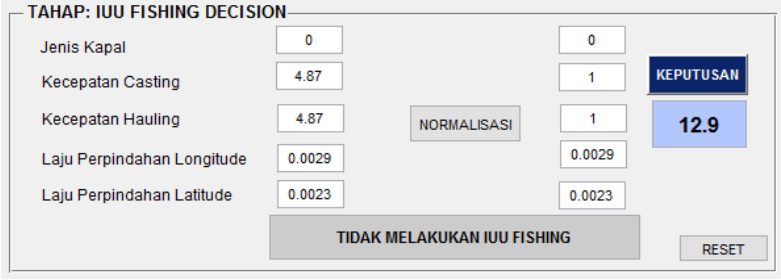


Gambar 4. 15 Pola Trayektori Kapal L

Gambar 4. 15 menunjukkan kapal bergerak lurus dengan kecepatan yang cukup tinggi dan cenderung konstan yaitu antara 4,8 knot – 4,9 knot. Kecepatan ini jauh lebih tinggi daripada kecepatan cantrang pada umumnya saat melakukan proses penangkapan ikan. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap pola trayektori maka didapatkan:

Jenis Kapal : 0
Kecepatan *casting* : 4,87 knot
Kecepatan *hauling* : 4,87 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0029 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0023 derajat

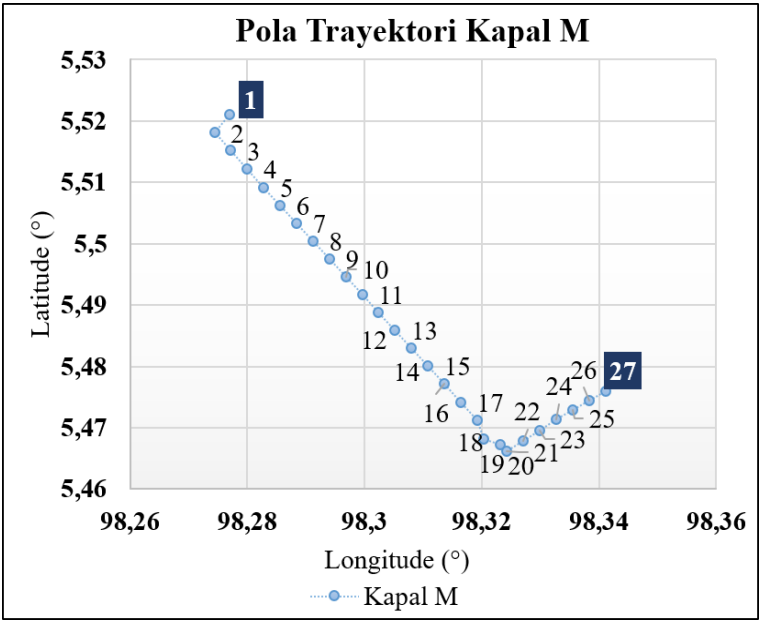
Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan nilai keputusan sebesar 12,9% dan menunjukkan bahwa kapal melakukan tidak melakukan IUU *fishing*. Kecepatan yang dimiliki kapal L tergolong tinggi dan melebihi kecepatan kapal cantrang saat sedang beroperasi untuk menangkap ikan. Hasil pengujian kapal L ditunjukkan oleh **Gambar 4. 16.**



Gambar 4. 16 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal L

4.2.7 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal M

Pengujian ketujuh dilakukan pada kapal M yang bukan tergolong kapal cantrang. Pola trayektori pada pembangkitan data kapal M ditunjukkan oleh **Gambar 4. 17.**

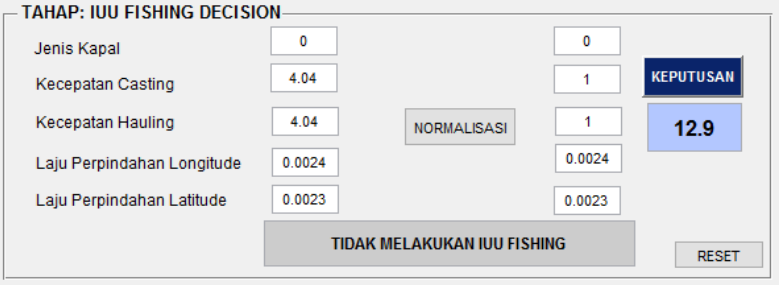


Gambar 4. 17 Pola Trayektori Kapal M

Kapal M bergerak dari titik 1 dengan kecepatan 3,6 knot seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4. 17.** Lalu pada titik ke-2, kapal M mengubah haluan sehingga kecepatannya turun menjadi 3,6 knot. Dari titik ke-2 hingga titik ke-17, kapal M bergerak lurus dan pada titik ke-18 kapal M mengubah haluan dan berbelok arah. Berdasarkan analisis terhadap pola trayektori dan perhitungan laju perubahan posisi serta kecepatan kapal maka didapatkan:

Jenis Kapal : 0
Kecepatan *casting* : 4,04 knot
Kecepatan *hauling* : 4,04 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0024 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0023 derajat

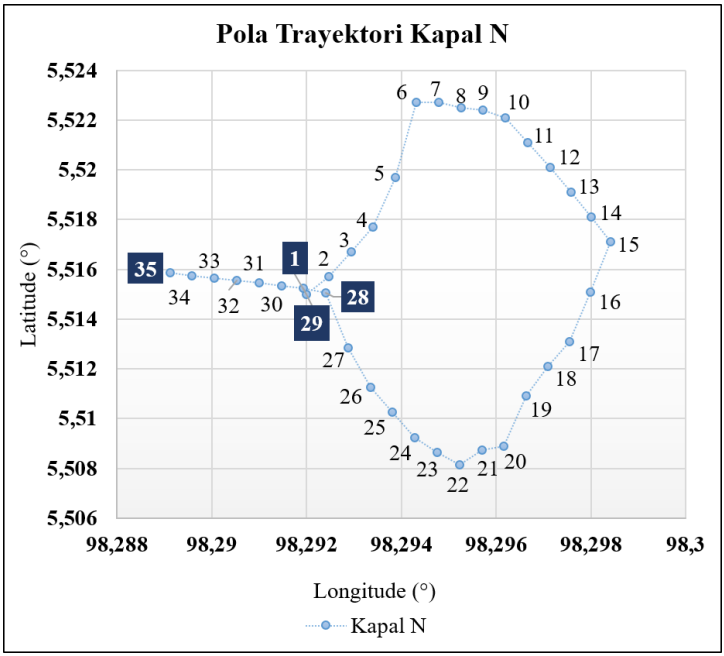
Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 12,9% dan menunjukkan bahwa kapal tidak melakukan IUU *fishing* dan tidak menggunakan cantrang. Nilai keputusan di bawah 50% diakibatkan oleh kecepatan kapal M yang tinggi. Hasil pengujian kapal M pada GUI ditunjukkan oleh **Gambar 4. 18.**



Gambar 4. 18 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal M

4.2.8 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal N

Pengujian kedelapan dilakukan pada kapal N yang dibangkitkan datanya menyerupai pola kapal cantrang yang melingkar. Pola yang dilakukan oleh kapal N ditunjukkan pada **Gambar 4. 19.**



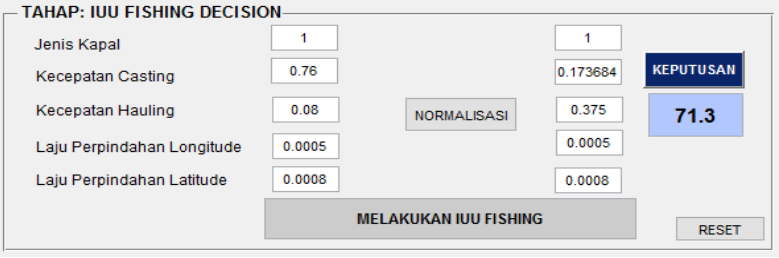
Gambar 4. 19 Pola Trayektori Kapal N

Kapal melakukan *casting* dari titik ke-1 hingga titik ke-28 dengan kecepatan di titik 1 adalah 0,79 knot sedangkan pada titik ke-28 kecepatannya adalah 0,8 knot seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4. 19**. Kemudian, kapal menarik jaring pada titik ke-29 dengan kecepatan 0,08 knot hingga ke titik ke-35 dengan pola gerakan yang lurus. Berdasarkan analisis terhadap pola trayektori dan perhitungan laju perubahan posisi serta kecepatan kapal maka didapatkan:

Jenis Kapal : 1
Kecepatan *casting* : 0,76 knot
Kecepatan *hauling* : 0,08 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0005 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0008 derajat

Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 71,3% dan

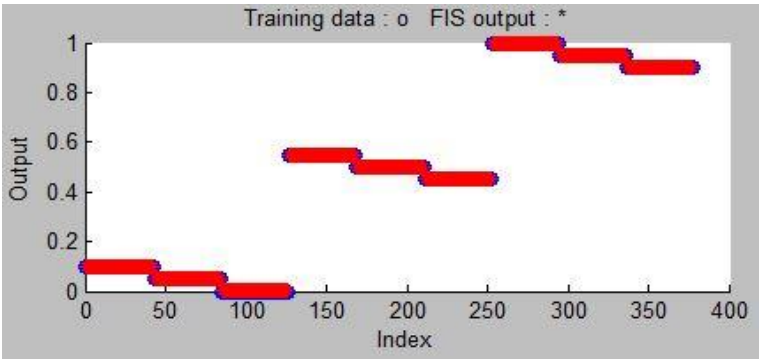
menunjukkan bahwa kapal tidak melakukan IUU *fishing* dan tidak menggunakan cantrang. Nilai keputusan di atas sehingga kapal N positif melakukan IUU *fishing.* Hasil pengujian kapal N pada GUI ditunjukkan oleh **Gambar 4. 20.**



Gambar 4. 20 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal N

4.3 Hasil Pengujian Data Sub-Sistem IUU *Transhipment*

Pada tahap ini, terdapat 5 pasang kapal dengan pola trayektori yang berbeda dimana terdapat kapal yang terindikasi melakukan *illegal transhipment* dan tidak melakukan *illegal transhipment.* RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem ini adalah 4,36E-07. **Gambar 4. 21** menunjukkan plot data *training* dan keluaran FIS sub-sistem IUU *transhipment decision.*

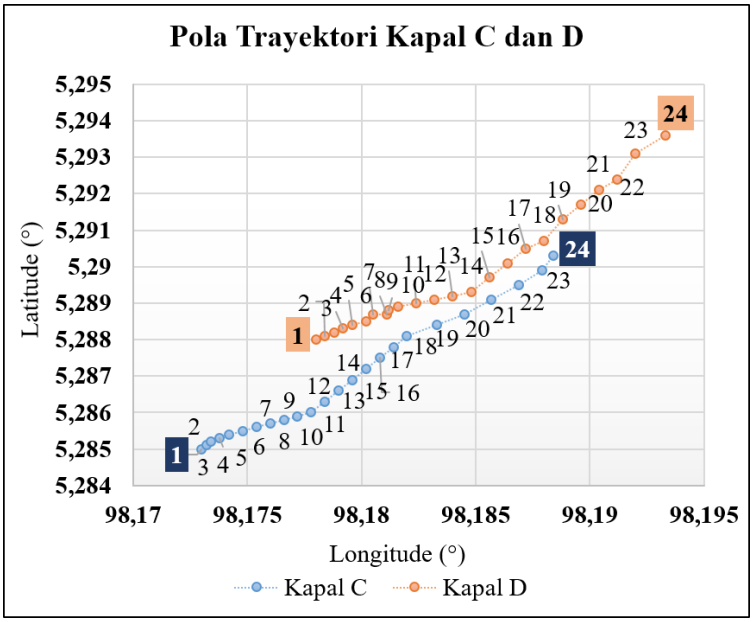


Gambar 4. 21 Plot Data *Training* dan Keluaran FIS Sub-Sistem IUU *Fishing Transhipment*

Gambar 4. 21 menunjukkan data *training* yang disimbolkan dengan lingkaran biru dan keluaran FIS yang disimbolkan dengan lingkaran merah saling berhimpit. Ini menandakan bahwa sistem tergolong baik karena nyaris tidak ada perbedaan antara data *training* dengan keluaran FIS.

4.3.1 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal C dan D

Pengujian pertama dilakukan dengan membangkitkan data kapal C dan D yang tidak melakukan IUU *transhipment.* Kapal C dan D sama-sama saling bergerak lurus dengan arah yang bersamaan dari titik ke-1 hingga titik ke-24 seperti pada **Gambar 4. 22.**



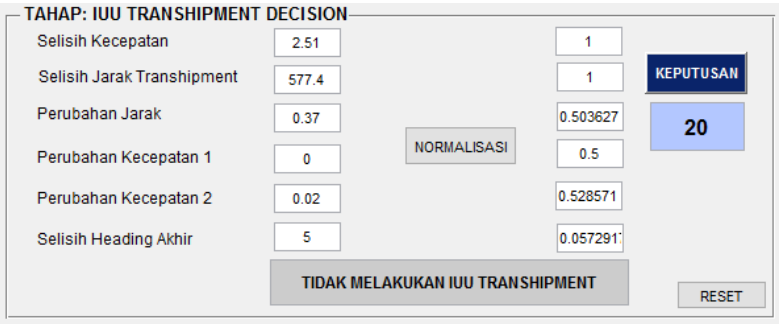
Gambar 4. 22 Pola Trayektori Kapal C dan D

Kapal C bergerak dengan kecepatan rata-rata 5,98 knot sedangkan kapal D bergerak dengan kecepatan 8,49 knot. Dikarenakan kapal D bergerak lebih cepat daripada kapal C maka

kapal D tertinggal cukup jauh meskipun posisi awal kedua kapal pada titik 1 kurang dari 800 meter dan terindikasi melakukan *illegal transhipment.* Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dan analisis pola pergerakan kapal maka diperoleh:

Selisih kecepatan kedua kapal : 2,51 knot
Selisih jarak *transhipment* : 577,4 meter
Perubahan jarak kedua kapal : 0,37 meter
Perubahan kecepatan kapal 1 : 0 knot
Perubahan kecepatan kapal 2 : 0,02 knot
Selisih *heading* akhir : 5 derajat

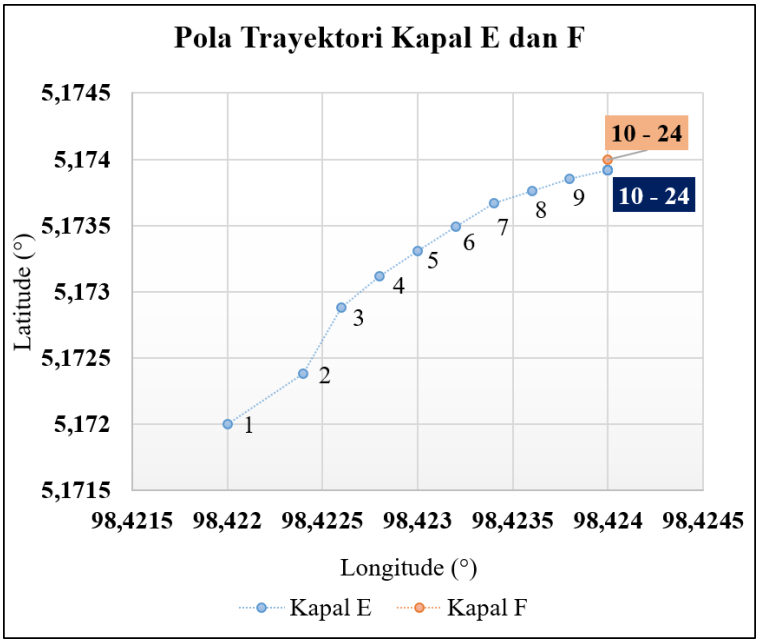
Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 20% dan menunjukkan bahwa kapal tidak melakukan IUU *transhipment* karena selisih kecepatan kedua kapal cukup tinggi. Hasil pengujian kapal C dan D pada GUI dapat dilihat pada **Gambar 4. 23.**



Gambar 4. 23 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal C dan D

4.3.2 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal E dan F

Pengujian kedua untuk pembangkitan data IUU *transhipment* dilakukan pada kapal E dan F dengan pola *Overtake* karena selisih *heading* kedua kapal 1 derajat. Pola trayektori kapal E dan F ditunjukkan pada **Gambar 4. 24.**



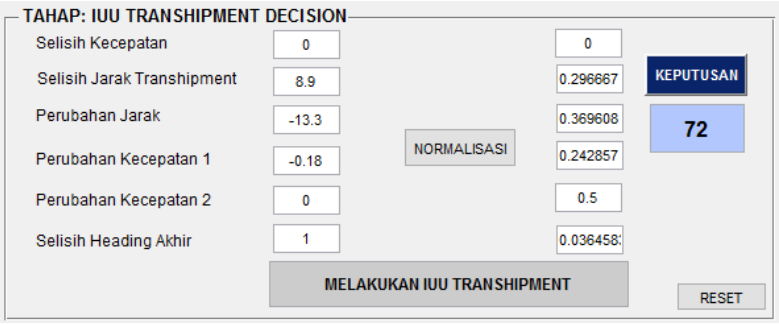
Gambar 4. 24 Pola Trayektori Kapal E dan F

Pada **Gambar 4. 24** terlihat kapal E dalam keadaan diam. Kemudian, kapal E mendekati kapal F dan pada titik ke-10 sampai 24 kedua kapal saling bertemu dan berhenti dengan pola *Overtake* dengan jarak yang sangat dekat. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan analisis pola pergerakan kapal maka diperoleh:

Selisih kecepatan kedua kapal : 0 knot
Selisih jarak *transhipment* : 8,9 meter
Perubahan jarak kedua kapal : -13,3 meter
Perubahan kecepatan kapal 1 : -0,18 knot
Perubahan kecepatan kapal 2 : 0 knot
Selisih *heading* akhir : 1 derajat

Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 72% dan menunjukkan bahwa kapal melakukan IUU *transhipment* karena kapal yang selisih kecepatannya nol dalam waktu bersamaan dapat dipastikan

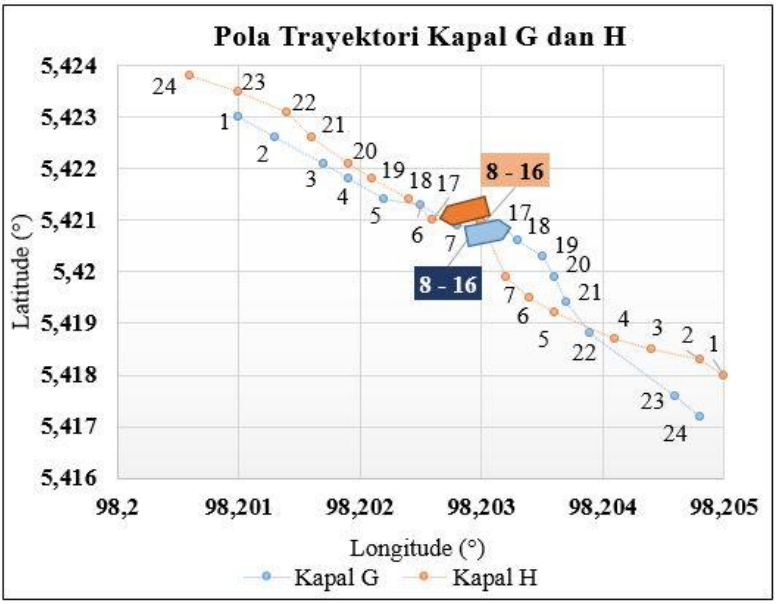
melakukan *transhipment.* Hasil pengujian ditunjukkan oleh **Gambar 4. 25.**



Gambar 4. 25 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal E dan F

4.3.3 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal G dan H

Pengujian ketiga dilakukan pada pembangkitan data kapal G dan H yang melakukan *illegal transhipment* di tengah laut dengan pola *Head On.* Pola trayektori kapal G dan H dapat dilihat pada **Gambar 4. 26.**

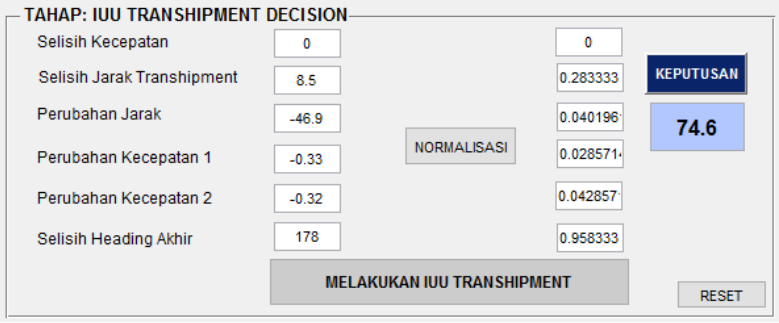


Gambar 4. 26 Pola Trayektori Kapal G dan H

Terlihat pada **Gambar 4. 26**, kapal G dan H bergerak dalam arah yang berlawanan. Dengan kecepatan awal kapal G adalah 5 knot sedangkan kecepatan awal kapal H adalah 4,8 knot. Pada titik ke-8, kapal G dan H saling berubah haluan dengan selisih *heading* 178 derajat. Kecepatan kedua kapal menjadi 0 pada titik ke-8 hingga 16. Kemudian, kedua kapal bergerak saling menjauh pada titik ke-9 hingga 24 dengan peningkatan kecepatan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan analisis pola pergerakan kapal maka diperoleh:

Selisih kecepatan kedua kapal : 0 knot
Selisih jarak *transhipment* : 8,5 meter
Perubahan jarak kedua kapal : -46,9 meter
Perubahan kecepatan kapal 1 : -0,33 knot
Perubahan kecepatan kapal 2 : -0,32 knot
Selisih *heading* akhir : 178 derajat

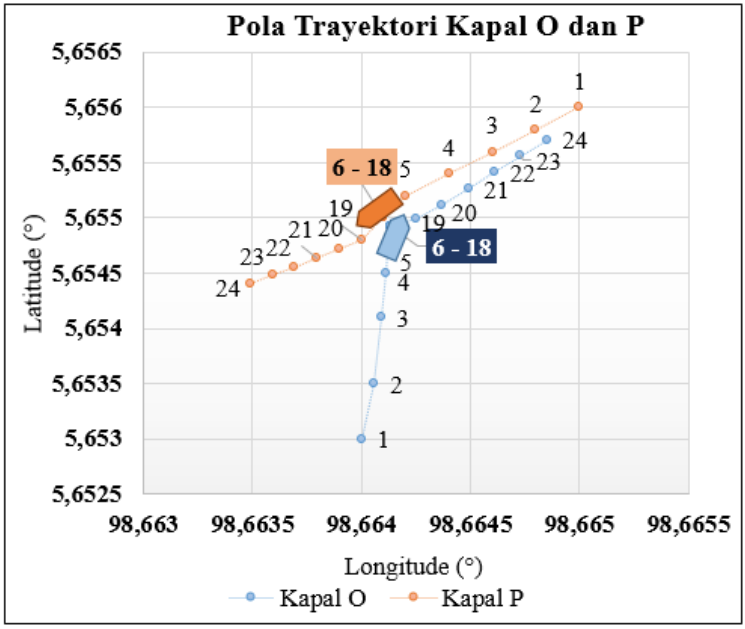
Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 74,6% dan menunjukkan bahwa kapal melakukan IUU *transhipment* karena kapal yang selisih kecepatannya nol dalam waktu bersamaan dapat dipastikan melakukan *transhipment.* Hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 4. 27.**



Gambar 4. 27 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal G dan H

4.3.4 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal O dan P

Pengujian keempat dilakukan pada kapal O dan P yang melakukan *transhipment* dengan pola *Crossing*. **Gambar 4. 28** menunjukkan pola trayektori kapal O dan P.

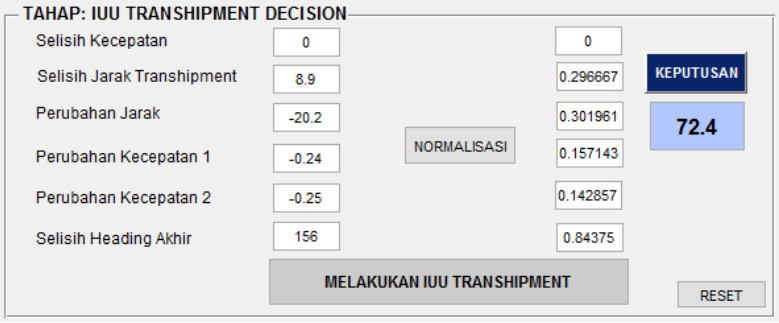


Gambar 4. 28 Pola Trayektori Kapal O dan P

Kedua kapal pada mulanya bergerak lurus seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4. 28.** Namun, kapal O melakukan perubahan arah dengan haluan yang cukup besar pada titik ke-6 sedangkan kapal P pada titik ke-6 juga berhenti. Pada titik ke-8 sampai 16, kedua kapal berhenti bersama dengan selisih *heading* 156 derajat dengan jarak yang berdekatan. Kemudian, pada titik ke-19, kapal bergerak saling menjauh dengan adanya peningkatan kecepatan menjadi 3,1 knot untuk kapal O dan P. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan analisis pola pergerakan kapal maka diperoleh:

Selisih kecepatan kedua kapal : 0 knot
Selisih jarak *transhipment* : 8,9 meter
Perubahan jarak kedua kapal : -20,2 meter
Perubahan kecepatan kapal 1 : -0,24 knot
Perubahan kecepatan kapal 2 : -0,25 knot
Selisih *heading* akhir : 156 derajat

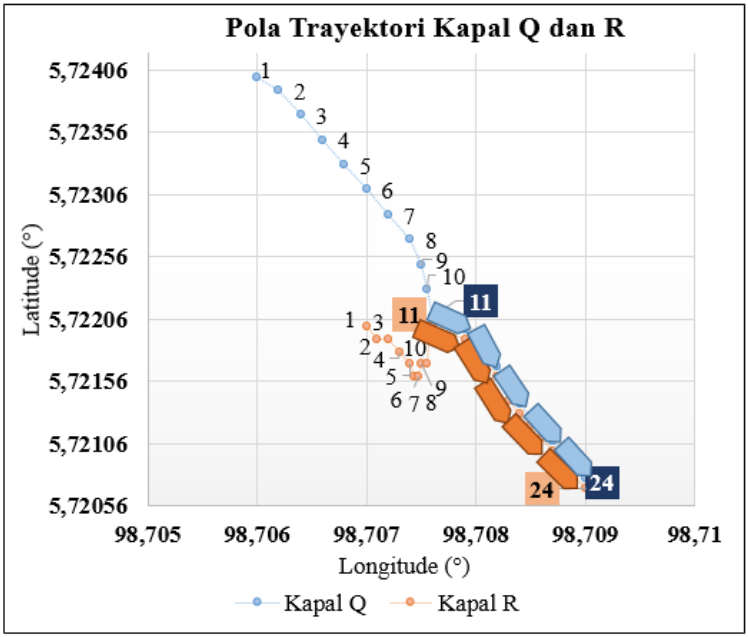
Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 72,4%. Dikarenakan nilai keputusan lebih dari 50% maka kedua kapal ini melakukan IUU *transhipment* karena kapal yang selisih kecepatannya nol dalam waktu bersamaan. **Gambar 4. 29** merupakan hasil pengujian kapal O dan P.



Gambar 4. 29 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal O dan P

4.3.5 Hasil Uji Pola Pergerakan Kapal Q dan R

Pengujian kelima dilakukan pada kapal Q dan R dengan pola *Overtake*. Pola trayektori kapal Q dan R ditunjukkan seperti pada **Gambar 4. 30.**

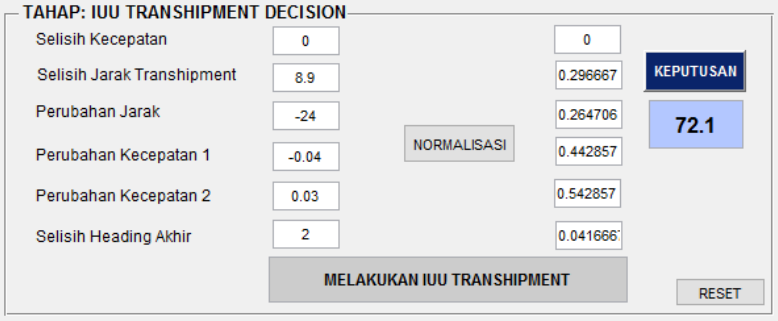


Gambar 4. 30 Pola Trayektori Kapal Q dan R

Pada **Gambar 4. 30** terlihat bahwa kedua kapal saling mendekat dan pada titik ke-11, kedua kapal bergerak lurus secara bersamaan. Pergerakan kapal ini terus terjadi hingga pada titik ke-24 dengan kecepatan masing-masing kapal adalah 4,2 knot. Pada titik ke-11 sampai 24, kapal melakukan *transhipment* dengan cara memindahkan barang saat kapal bergerak bersamaan dengan jarak yang sangat dekat. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan analisis pola pergerakan kapal maka diperoleh:

Selisih kecepatan kedua kapal : 0 knot
Selisih jarak *transhipment* : 8,9 meter
Perubahan jarak kedua kapal : -24 meter
Perubahan kecepatan kapal 1 : -0,04 knot
Perubahan kecepatan kapal 2 : 0,03 knot
Selisih *heading* akhir : 2 derajat

Setelah dilakukan simulasi dengan metode ANFIS, didapatkan bahwa nilai keputusan sebesar 72,1% dan menunjukkan bahwa kapal melakukan *illegal transhipment.* Hasil pengujian ditunjukkan oleh **Gambar 4. 31.**



Gambar 4. 31 Tampilan GUI Hasil Pengujian Kapal Q dan R

4.4 Analisis Akurasi Sistem

Pengujian pada sistem pengambilan keputusan untuk IUU *fishing* dan *transhipment* telah dilakukan. Selanjutnya, hasil pengujian dihitung nilai akurasinya dengan membandingkan nilai keputusan akhir pada masing-masing sub-sistem pada IUU *fishing decision* dan IUU *transhipment decision.*

Pada sub-sistem IUU *fishing decision*, terdapat lima buah kapal menunjukkan positif melakukan IUU *fishing* yang nilai keluarannya lebih dari 50%. Kelima kapal tersebut memiliki keluaran keputusan berturut-turut adalah 67,7%, 71,4%, 74,3%, 75,9%, dan 71,3%. Nilai maksimum pada target yang diberikan untuk sub-sistem IUU *fishing decision* adalah 80,7%. Perhitungan akurasi dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran terhadap nilai maksimum.

$$Kapal\ A = \frac{67{,}7}{80{,}7} \times 100\% = 83{,}9\%$$

$$Kapal\ B = \frac{71{,}4}{80{,}7} \times 100\% = 88{,}4\%$$

$$Kapal\ I = \frac{74,3}{80,7} \times 100\% = 92\%$$
$$Kapal\ K = \frac{75,9}{80,7} \times 100\% = 94,1\%$$
$$Kapal\ N = \frac{71,3}{80,7} \times 100\% = 88,3\%$$

Sehingga, rata-rata akurasi sistem pengambilan keputusan IUU *fishing decision* adalah sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{(83,9 + 88,4 + 92 + 94,1 + 88,3)\%}{5} = 89,3\%$$

Pada sub-sistem IUU *transhipment decision*, terdapat empat buah kapal menunjukkan positif melakukan IUU *transhipment* yang nilai keluarannya lebih dari 50%. Keempat kapal tersebut memiliki keluaran keputusan berturut-turut adalah 72%, 75%, 72,4%, dan 72,1%. Berikut ini adalah nilai akurasi untuk masing-masing keputusan pada kapal yang melakukan *transhipment.*

$$Kapal\ E\ dan\ F = \frac{72}{83,3} \times 100\% = 86,4\%$$
$$Kapal\ G\ dan\ H = \frac{74,6}{83,3} \times 100\% = 89,6\%$$
$$Kapal\ O\ dan\ P = \frac{72,4}{83,3} \times 100\% = 86,9\%$$
$$Kapal\ Q\ dan\ R = \frac{72,1}{83,3} \times 100\% = 86,5\%$$

Sehingga, rata-rata akurasi sistem pengambilan keputusan IUU *transhipment decision* adalah sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{(86,4 + 89,6 + 86,9 + 86,5)\%}{4} = 87,4\%$$

Setelah melakukan perhitungan akurasi, didapatkan bahwa akurasi sub-sistem IUU *fishing decision* adalah 89,3% sedangkan

akurasi yang dihasilkan pada sub-sistem IUU *transhipment decision* adalah 87,4%.

4.5 Validasi Sistem

Validasi sistem dilakukan untuk menguji kebenaran sistem yang telah dirancang. Terdapat tiga jenis validasi yakni validasi pada sub-sistem *selection*, IUU *fishing decision*, dan IUU *transhipment decision* dimana khusus untuk sub-sistem *selection* dilakukan bersamaan di validasi sub-sistem IUU *transhipment decision* karena *transhipment* melibatkan dua buah kapal.

4.5.1 Validasi Sub-sistem IUU *Fishing Decision*

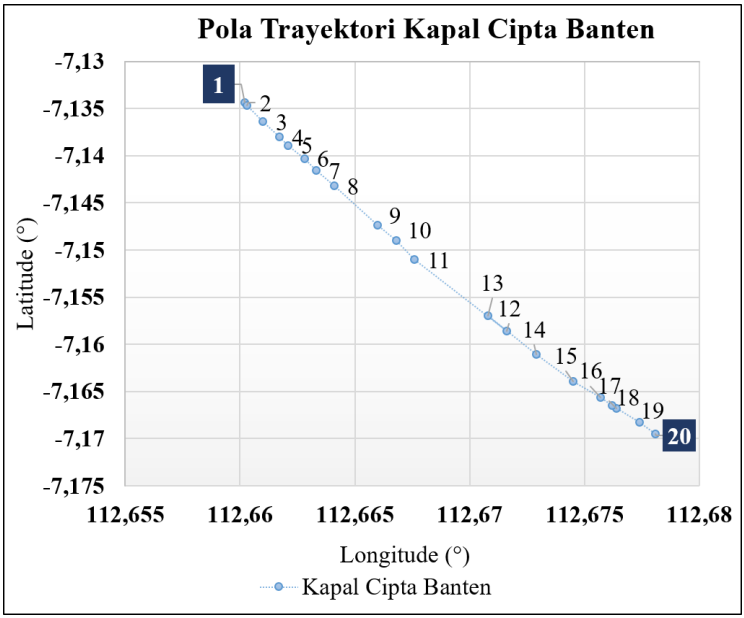
Validasi sub-sistem IUU *fishing decision* menggunakan data kapal yang bersumber dari AIS di NASDEC ITS dan situs *http://marinetraffic.com*. Terdapat empat informasi data yang tersedia pada AIS yaitu *longitude, latitude,* kecepatan, dan *heading*. Namun, untuk sub-sistem IUU *Fishing decision,* data *heading* tidak digunakan. Keluaran akhir dari sub-sistem ini adalah hasil keputusan dengan menggunakan ANFIS.

4.5.1.1 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Cipta Banten

Data yang digunakan dalam validasi sistem ini adalah kapal dengan nomor MMSI 525003396 dengan nama Cipta Banten yang berjenis kapal *tanker* kimia pada tanggal 28 Agustus 2018 pada pukul 11.39 WIB sampai 11.58 WIB di Selat Madura. Validasi dilakukan pada kapal ini untuk menentukan validitas sistem terhadap kapal yang tidak melakukan IUU *fishing*. Data posisi, kecepatan, dan *heading* kapal diambil dari AIS yang tercantum pada **Tabel 4. 2.** sedangkan pola trayektori kapal Cipta Banten seperti ditunjukkan pada **Gambar 4. 32.**

Tabel 4. 2 Data Kapal Cipta Banten

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	112,6602	-7,1344	7,5	511
2	112,6603	-7,1347	7,5	511
3	112,661	-7,1364	7,5	511
4	112,6617	-7,138	7,5	511
5	112,6621	-7,1389	7,5	511
6	112,6628	-7,1403	7,5	511
7	112,6633	-7,1416	7,5	511
8	112,6641	-7,1432	7,5	511
9	112,666	-7,1474	7,5	511
10	112,6668	-7,149	7,5	511
11	112,6676	-7,151	7,5	511
12	112,6716	-7,1586	7,5	511
13	112,6708	-7,157	7,5	511
14	112,6729	-7,1611	7,5	511
15	112,6745	-7,1639	7,5	511
16	112,6757	-7,1656	7,5	511
17	112,6764	-7,1668	7,5	511
18	112,6762	-7,1665	7,5	511
19	112,6774	-7,1683	7,5	511
20	112,6781	-7,1695	7,5	511



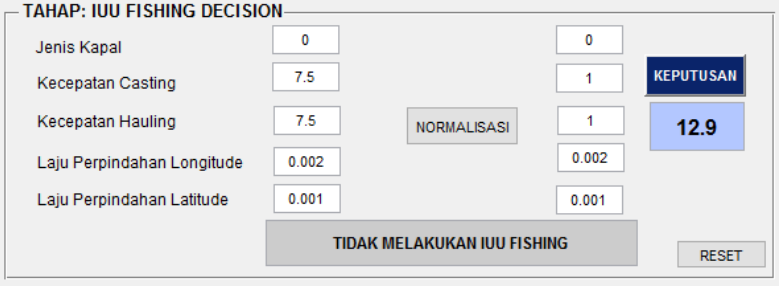
Gambar 4. 32 Plot Trayektori Kapal Cipta Banten

Dari hasil plot pola trayektori kapal dari **Gambar 4. 32** terlihat posisi awal kapal pada titik 1 kemudian kapal bergerak lurus menuju titik ke-20. Kecepatan kapal tetap dari awal hingga akhir dimana nilai kecepatan ini sebagai variabel masukan untuk kecepatan *casting* dan *hauling* meskipun kapal tanker tidak melakukan penangkapan ikan. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap data kapal untuk mendapatkan nilai variabel masukan untuk pengambilan keputusan pada sub-sistem IUU *Fishing Decision* dan hasil analisisnya adalah sebagai berikut:

Jenis kapal : 0
Kecepatan *casting* : 7,5 knot
Kecepatan *hauling* : 7,5 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,002 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,001 derajat

Program dijalankan dan didapatkan keluaran bernilai 12,9% untuk keputusan. Hasil ini menunjukkan bahwa kapal Cipta Banten

tidak melakukan *illegal fishing* yang menggunakan alat tangkap cantrang dan sesuai dengan data *real* kapal yang merupakan kapal *tanker* kimia. Nilai keluaran keputusan kapal Cipta Banten ditunjukkan oleh **Gambar 4. 33**.



Gambar 4. 33 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Cipta Banten

4.5.1.2 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal KHF 268

Data yang digunakan dalam validasi sistem ini adalah kapal ikan pada tanggal 6 Maret 2018 pada pukul 18.28 WIB sampai 20.08 WIB di Perairan Malaysia yang berdekatan dengan Kota Sarang Semut. MMSI kapal KHF 268 adalah 533191906 dan tergolong kapal ikan. Data posisi, kecepatan, dah *heading* kapal diambil dari situs *http://marinetraffic.com* dan dapat dilihat pada **Tabel 4. 3**.

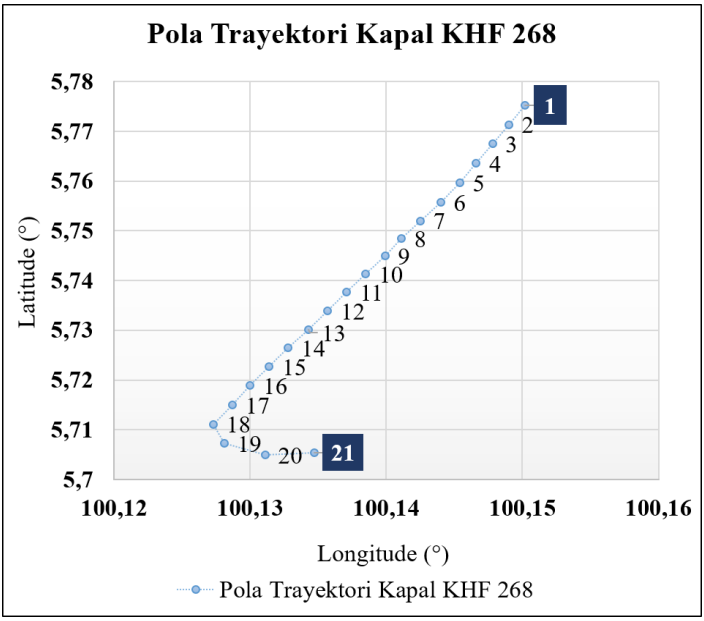
Tabel 4. 3 Data Kapal KHF 268

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
1	100,1502	5,77525	2,9	197
2	100,149	5,771379	2,9	195
3	100,1478	5,767547	2,9	197
4	100,1466	5,76361	2,9	192
5	100,1454	5,759688	2,7	196
6	100,144	5,755757	2,9	203

Tabel 4. 3 (Lanjutan)

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
7	100,1425	5,752023	2,7	199
8	100,1411	5,748446	2,7	200
9	100,1399	5,745002	2,5	200
10	100,1385	5,741285	2,8	200
11	100,1371	5,737695	2,7	198
12	100,1357	5,73394	2,8	199
13	100,1343	5,73017	2,7	199
14	100,1328	5,726439	2,9	194
15	100,1314	5,72269	2,8	202
16	100,13	5,718863	2,9	199
17	100,1287	5,714963	2,9	199
18	100,1273	5,711113	2,9	203
19	100,1281	5,707255	2,9	146
20	100,1311	5,70494	2,6	107

Gambar merupakan hasil *capture track record* kapal KHF 268 pada AIS *online* (*http://marinetraffic.com*). Terlihat pada **Gambar 4. 34** bahwa pola gerakan kapal lurus kemudian sedikit berubah haluan.

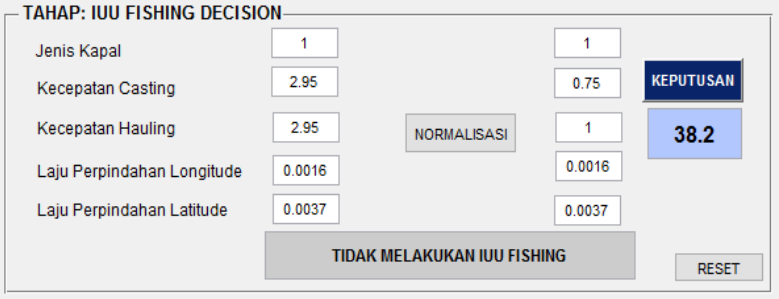


Gambar 4. 34 Pola Trayektori Kapal KHF 268

Dari hasil plot pola trayektori kapal dari **Gambar 4. 34.** terlihat posisi awal kapal pada titik 1 kemudian kapal bergerak lurus menuju titik ke-18. Pada titik ini pula, kapal melakukan haluan dan gerakan berbelok hingga menuju titik ke-21. Namun, meskipun sempat melakukan gerakan haluan, kapal tidak kembali lagi ke titik asal ke nomor 1. Selain itu, kecepatan kapal cenderung konstan dari awal hingga akhir. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap data kapal untuk mendapatkan nilai variabel masukan untuk pengambilan keputusan pada sub-sistem IUU *fishing decision* dan hasil analisisnya adalah sebagai berikut:

Jenis kapal : 1
Kecepatan *casting* : 2,95 knot
Kecepatan *hauling* : 2,95 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,0016 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,0037 derajat

Program dijalankan dan didapatkan keluaran bernilai 38,2% untuk keputusan. Hasil ini menunjukkan bahwa kapal KHF 268 tidak melakukan IUU *fishing* yang menggunakan alat tangkap cantrang dan sesuai dengan data *real* kapal yang merupakan kapal ikan *longline*. Nilai keluaran keputusan kapal Cipta Banten ditunjukkan oleh **Gambar 4. 35**.



Gambar 4. 35 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal KHF 268

4.5.1.3 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Cantrang X

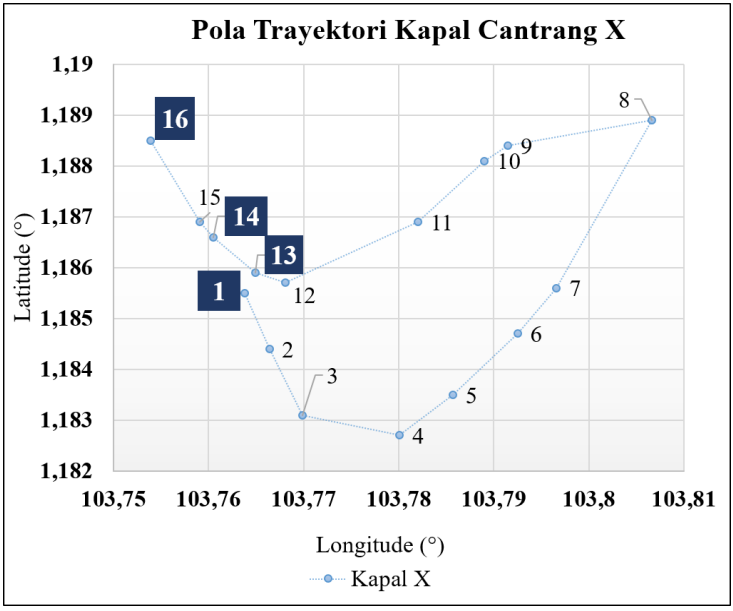
Data yang digunakan dalam validasi sistem ini adalah kapal ikan pada tanggal 21 Agustus 2017 di Selat Singapura pada pukul 17.56 sampai 18.54 WIB. Data kapal bersumber dari AIS dan ditunjukkan pada **Tabel 4. 4** dan gambar pola trayektori kapal ditunjukkan oleh **Gambar 4. 24.**

Tabel 4. 4 Data Kapal Cantrang X

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
1	103,7638	1,1855	0,6	110
2	103,7664	1,1844	0,6	109
3	103,7699	1,1831	0,6	99
4	103,7801	1,1827	0,6	80
5	103,7857	1,1835	0,6	78
6	103,7925	1,1847	0,6	74
7	103,7966	1,1856	0,6	73

Tabel 4. 4 (Lanjutan)

Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
8	103,8066	1,1889	0,6	72
9	103,7915	1,1884	0,6	259
10	103,789	1,1881	0,6	253
11	103,782	1,1869	0,6	256
12	103,7681	1,1857	0,6	274
13	103,7649	1,1859	0,6	282
14	103,7605	1,1866	0,07	286
15	103,7591	1,1869	0,07	289
16	103,7539	1,1885	0,07	296



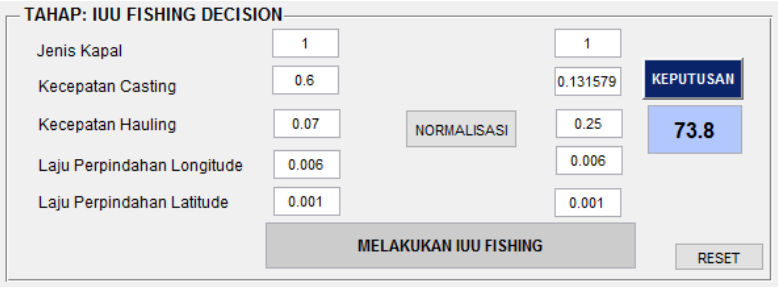
Gambar 4. 36 Pola Trayektori Kapal X

Gambar 4. 36 menunjukkan bahwa pola kapal cantrang cenderung melingkar dimana kapal melakukan gerakan dari titik 1 dan kembali lagi menuju titik 1, dimana dapat dilihat pada posisi

kapal saat titik ke-13. Pada titik 1 hingga 13, kapal melakukan *casting*. Lalu, kapal melakukan *hauling* pada titik ke-14 sampai titik ke-16 dimana pola pergerakan kapal menjadi lurus untuk menarik jarik. Selain itu, terdapat perubahan kecepatan dari yang awalnya rendah pada titik 1 hingga 13 menjadi lebih tinggi pada titik ke-14. Pola perubahan kecepatan ini juga menjadi acuan dalam menentukan kapal cantrang dimana kecepatan saat *casting* lebih rendah daripada kecepatan saat *hauling*. Kemudian, dilakukan perhitungan terhadap data kapal untuk mendapatkan nilai variabel masukan untuk pengambilan keputusan pada sub-sistem IUU *Fishing Decision* dan hasil analisisnya adalah sebagai berikut:

Jenis kapal : 1
Kecepatan *casting* : 0,6 knot
Kecepatan *hauling* : 0,07 knot
Perubahan posisi *longitude* : 0,006 derajat
Perubahan posisi *latitude* : 0,001 derajat

Program dijalankan dan didapatkan keluaran bernilai 73,8% untuk keputusan. Hasil ini menunjukkan bahwa kapal X melakukan *illegal fishing* dan sesuai dengan hasil di lapangan dimana pola trayektorinya juga sangat mirip dengan kapal cantrang. Nilai keluaran keputusan kapal cantrang X ditunjukkan oleh **Gambar 4. 37**.



Gambar 4. 37 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Cantrang

4.5.2 Validasi Sub-sistem IUU *Transhipment*

Validasi sub-sistem IUU *transhipment decision* menggunakan data kapal yang bersumber dari AIS di NASDEC ITS dan situs *http://marinetraffic.com*. Terdapat empat informasi data yang tersedia pada AIS yaitu *longitude, latitude,* kecepatan, dan *heading.* Keluaran akhir dari sub-sistem ini adalah hasil keputusan dengan menggunakan sistem ANFIS.

4.5.2.1 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten

Validasi sistem dilakukan dengan menggunakan data kapal Joyoboyo 1 dengan MMSI 525100618 dan Cipta Banten dengan MMSI 525003396 di Selat Madura pada tanggal 12 Agustus 2018. Data diambil dari pukul 00.03 WIB sampai dengan 00.24 WIB yang bersumber dari AIS ITS. Kedua kapal ini tidak melakukan *transhipment* namun memiliki jarak yang dekat antarkeduanya. Data kedua kapal dapat dilihat pada **Tabel 4. 5** dan **Tabel 4. 6** serta gambar pola trayektori kapal ditunjukkan oleh **Gambar 4. 38.**

Tabel 4. 5 Data Kapal Joyoboyo 1

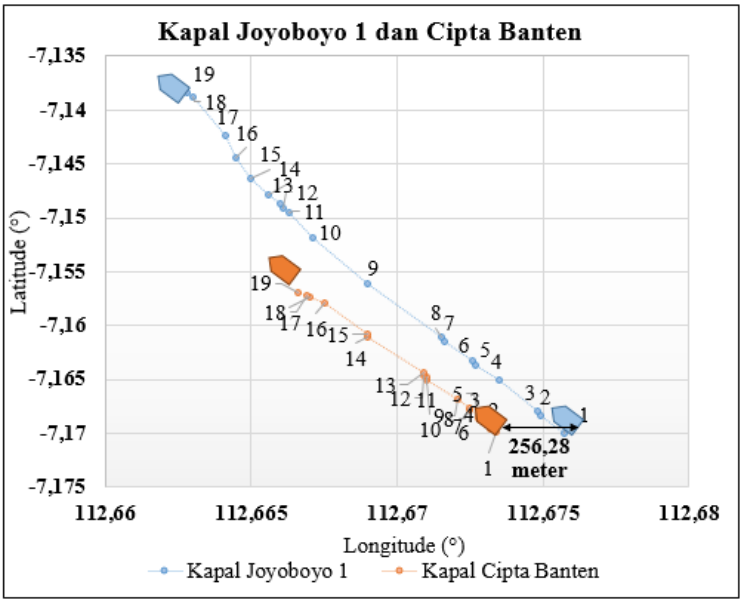
Titik Ke-	*Longitude* (°)	*Latitude* (°)	Kecepatan (knot)	*Heading* (°)
1	112,6757	-7,17	4	511
2	112,6749	-7,1683	7	511
3	112,6748	-7,1679	7,5	511
4	112,6735	-7,1651	8,5	511
5	112,6727	-7,1637	8,5	511
6	112,6726	-7,1633	8,5	511
7	112,6716	-7,1615	8,5	511
8	112,6715	-7,1611	8,5	511
9	112,669	-7,1561	8,5	511
10	112,6671	-7,1519	9	511
11	112,6663	-7,1495	8,5	511
12	112,6661	-7,1491	9	511
13	112,666	-7,1487	9	511

Tabel 4. 5 (Lanjutan)

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
14	112,6656	-7,1479	9	511
15	112,665	-7,1464	9	511
16	112,6645	-7,1444	8,5	511
17	112,6641	-7,1424	8,5	511
18	112,663	-7,1388	9	511
19	112,6628	-7,1384	9	511

Tabel 4. 6 Data Kapal Cipta Banten

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	112,6734	-7,1699	3,5	511
2	112,6732	-7,1696	4	511
3	112,6732	-7,1694	4,5	511
4	112,6729	-7,1688	4,5	511
5	112,6728	-7,1686	4,5	511
6	112,6728	-7,1684	4,5	511
7	112,6725	-7,1678	4,5	511
8	112,6725	-7,1676	4,5	511
9	112,6721	-7,1668	4,5	511
10	112,671	-7,165	4,5	511
11	112,671	-7,1648	4,5	511
12	112,6709	-7,1646	4,5	511
13	112,6709	-7,1644	4,5	511
14	112,669	-7,161	4,5	511
15	112,669	-7,1608	4,5	511
16	112,6675	-7,1579	4,5	511
17	112,667	-7,1574	4,5	511
18	112,6669	-7,1572	4,5	511
19	112,6666	-7,1569	4,5	511

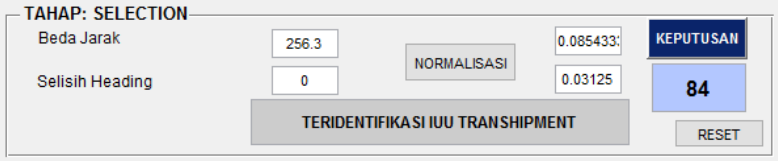


Gambar 4. 38 Pola Trayektori Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten

Pada **Gambar 4. 38** terlihat bahwa kapal Joyoboyo 1 dan kapal Cipta Banten bergerak lurus dalam arah yang sama. Pada titik ke-1, data posisi kapal digunakan sebagai variabel masukan untuk sub-sistem *selection* dan hasil perhitungan yang diperoleh adalah:

Jarak : 256,3 meter
Selisih *heading* awal : 0 derajat

Berdasarkan data awal ini didapatkan keluaran pada sub-sistem *selection* adalah 84% sehingga kapal ini teridentifikasi melakukan *transhipment* karena nilainya lebih dari 50%. Hal ini juga dapat dilihat pada **Gambar 4. 38** dimana jarak antarkedua kapal cukup dekat pada titik 1. Selanjutnya, data kapal akan diolah lagi pada sub-sistem IUU *transhipment decision* untuk menentukan apakah kapal tersebut termasuk ke dalam kategori IUU *transhipment* atau tidak. Hasil nilai keputusan pada tahap *selection* ditunjukkan oleh **Gambar 4. 39**.

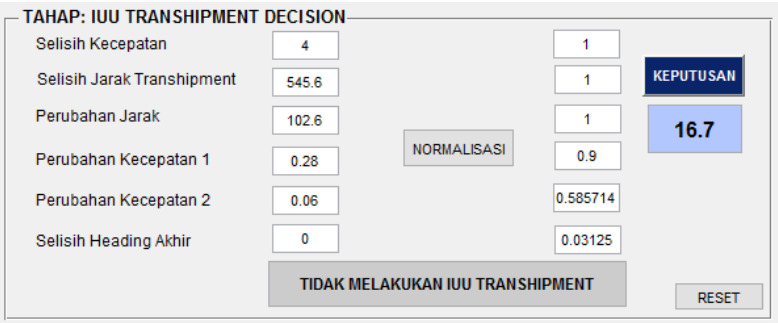


Gambar 4. 39 Tampilan GUI Hasil *Selection* Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dan analisis pola pergerakan kapal maka diperoleh:

Selisih kecepatan kedua kapal : 4 knot
Selisih jarak *transhipment* : 545,6 meter
Perubahan jarak kedua kapal : 102,6 meter
Perubahan kecepatan kapal 1 : 0,28 knot
Perubahan kecepatan kapal 2 : 0,06 knot
Selisih *heading* akhir : 0 derajat

Berdasarkan keluaran ANFIS yang dihasilkan yakni sebesar 16,7% atau kurang dari 50% maka dapat disimpulkan kedua kapal tersebut tidak melakukan IUU *transhipment.* Kapal tidak memenuhi kriteria IUU *transhipment* karena selisih kecepatan kedua kapal sangat besar yakni 4 knot. Hasil validasi untuk keputusan kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten ditunjukkan oleh **Gambar 4. 40**.



Gambar 4. 40 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Joyoboyo 1 dan Cipta Banten

4.5.2.2 Validasi Sistem Menggunakan Data *Real* Kapal Lurongyuanyu 105 dan Eagle Seville

Validasi sistem dilakukan dengan menggunakan data kapal yang telah tertangkap melakukan *transhipment* minyak mentah yaitu kapal Lurongyuanyo 105 dan Eagle Seville di perairan Batam pada tanggal 2 Mei 2016. MMSI kapal Lurongyuanyu adalah 525024131 sedangkan kapal Eagle Seville adalah 565864000. Data kedua kapal dapat dilihat pada **Tabel 4. 7** dan **Tabel 4. 8**.

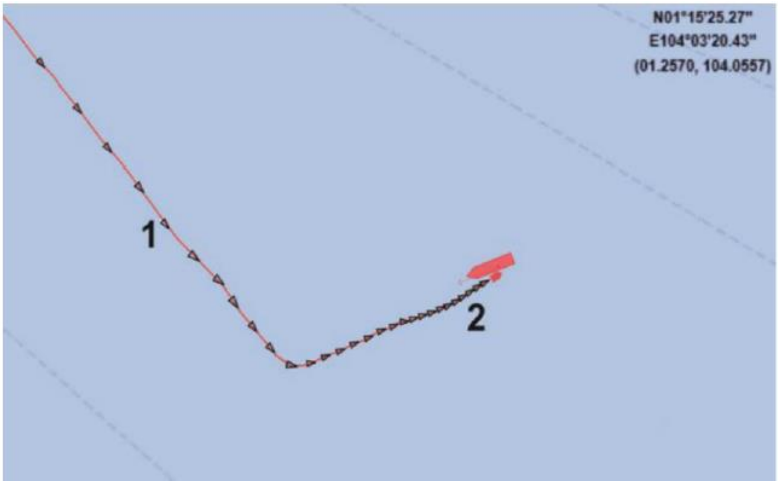
Tabel 4. 7 Data Kapal Lurongyuanyo 105

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	104,0684	1,2491	2,4	145
2	104,0692	1,2484	2,4	103
3	104,0696	1,2483	2,5	96
4	104,07	1,2484	2,6	90
5	104,0704	1,2485	2,7	89
6	104,0708	1,2486	2,8	89
7	104,0711	1,2487	2,8	88
8	104,0716	1,2488	2,9	87
9	104,0721	1,2489	2,9	88
10	104,0725	1,249	2,8	88
11	104,0728	1,2491	2,7	88
12	104,0731	1,2491	2,6	88
13	104,0734	1,2492	2,5	88
14	104,0736	1,2492	2	87
15	104,0738	1,2493	1,4	87
16	104,0739	1,2493	0,9	87
17	104,074	1,2494	0,5	86
18	104,0741	1,2494	0,3	86
19	104,0742	1,2494	0,1	85
20	104,0742	1,2495	0	84

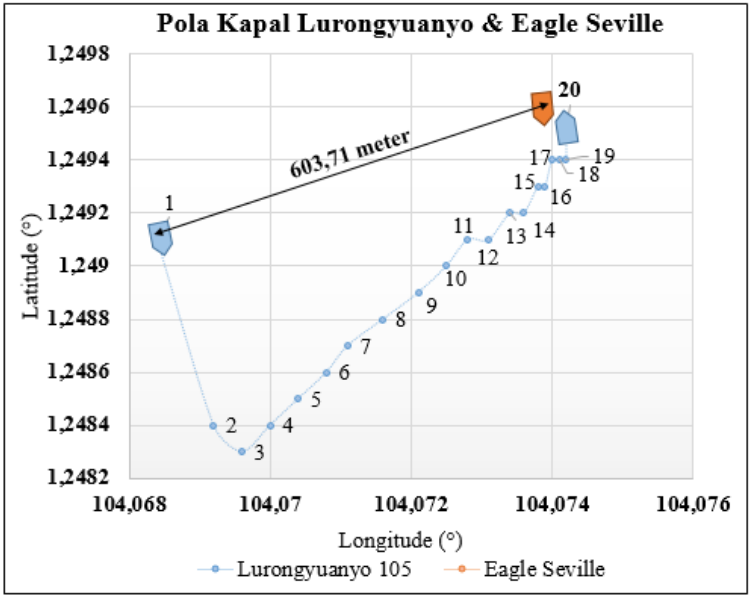
Tabel 4. 8 Data Kapal Eagle Seville

Titik Ke-	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
1	104,0738	1,2496	0	261
2	104,0738	1,2496	0	261
3	104,0738	1,2496	0	261
4	104,0738	1,2496	0	261
5	104,0738	1,2496	0	261
6	104,0738	1,2496	0	261
7	104,0738	1,2496	0	261
8	104,0738	1,2496	0	261
9	104,0738	1,2496	0	261
10	104,0738	1,2496	0	261
11	104,0738	1,2496	0	261
12	104,0738	1,2496	0	261
13	104,0738	1,2496	0	261
14	104,0738	1,2496	0	261
15	104,0738	1,2496	0	261
16	104,0738	1,2496	0	261
17	104,0738	1,2496	0	261
18	104,0738	1,2496	0	261
19	104,0738	1,2496	0	261
20	104,0738	1,2496	0	261

Gambar 4. 41 merupakan hasil *capture track record* kapal Lurongyuanyu 105 pada situs *marinetraffic.com*. Pola pergerakan kapal pada nomor 1 di **Gambar 4. 41** digunakan untuk melakukan seleksi kapal pada sub-sistem *selection* sedangkan data pada nomor 2 adalah posisi kapal Lurongyuanyu 105 setelah 10 menit dan bertemu dengan kapal Eagle Seville yang akan dijadikan variabel masukan pada sub-sistem IUU *Transhipment.*



Gambar 4. 41 Pola Pergerakan Kapal Lurongyuanyu 105

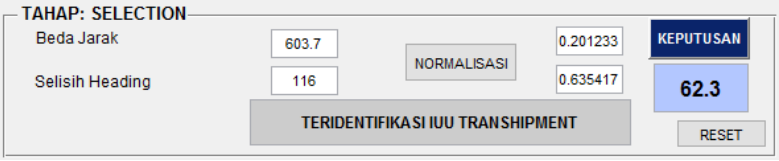


Gambar 4. 42 Pola Trayektori Kapal Lurongyuanyo 105 & Eagle Seville

Pada **Gambar 4. 42** terlihat bahwa kapal Lurongyuanyo 105 bergerak mendekati kapal Eagle Seville yang dalam posisi diam. Pada titik ke-1, data posisi kapal digunakan sebagai variabel masukan untuk sub-sistem *selection* dimana hasil perhitungan yang diperoleh adalah:

Jarak : 603,7 meter
Selisih *heading* awal : 116°

Berdasarkan data awal ini didapatkan keluaran pada sub-sistem *selection* adalah 62,3% sehingga kapal ini teridentifikasi melakukan *transhipment* karena nilainya lebih dari 50%. Oleh karena itu, data posisi, kecepatan, dan *heading* kapal akan diolah kembali pada sub-sistem IUU *transhipment decision* untuk menentukan apakah kapal tersebut termasuk ke dalam kategori IUU *transhipment* atau tidak. Nilai keputusan pada tahap *selection* untuk kapal Lurongyuanyo 105 dan Eagle Seville ditunjukkan oleh **Gambar 4. 43**.



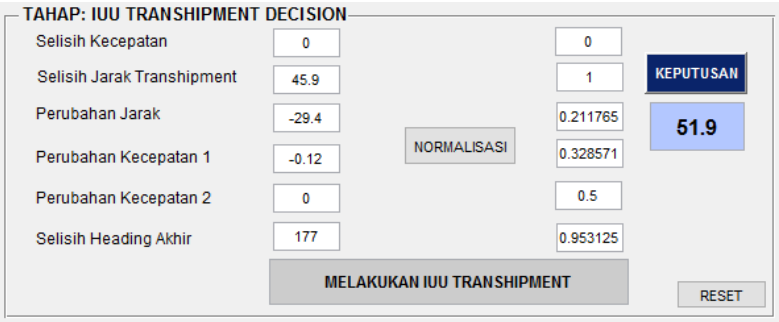
Gambar 4. 43 Tampilan GUI Hasil *Selection* Kapal Lurongyuanyo 105 dan Eagle Seville

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan analisis pola pergerakan kapal maka diperoleh:

Selisih kecepatan kedua kapal : 0 knot
Selisih jarak *transhipment* : 45,9 meter
Perubahan jarak kedua kapal : -29,4 meter
Perubahan kecepatan 1 : -0,12 knot
Perubahan kecepatan 2 : 0 knot
Selisih *heading* : 177 derajat

Meskipun selisih jarak kedua kapal saat melakukan *transhipment* melebihi 15 meter namun keluaran ANFIS yang dihasilkan yakni sebesar 51,9% atau lebih besar dari 50% maka dapat disimpulkan kedua kapal tersebut melakukan IUU

transhipment. Tahap pengambilan keputusan kedua kapal tersebut memenuhi kriteria *illegal transhipment* karena kapal Lurongyuanyu 105 bergerak mendekati kapal Pada titik ke-20, praktik IUU *transhipment* sedang dilakukan dimana kedua kapal sama-sama berhenti dalam jarak yang berdekatan. Hasil keputusan pada sistem telah sesuai dengan kondisi *real* yang menyatakan bahwa kapal Lurongyuanyu 105 dan Eagle Seville telah tertangkap melakukan IUU *transhipment.* Hasil validasi nilai keputusan kasus *illegal transhipment* yang dilakukan oleh kapal Lurongyuanyu 105 dan Eagle Seville ditunjukkan pada **Gambar 4. 44**.



Gambar 4. 44 Tampilan GUI Hasil Validasi Kapal Lurongyuanyu 105 dan Eagle Seville

4.6 Hasil Nilai Keputusan Sistem

Setelah melakukan simulasi terhadap arsitektur sistem yang telah dirancang dengan menggunakan ANFIS, maka diperoleh nilai keputusan pada sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* dengan menggunakan data dari pembangkitan data dan data *real* kapal. Nilai keputusan pada sub-sistem IUU *fishing decision* ditunjukkan pada **Tabel 4. 9**.

Tabel 4. 9 Nilai Keputusan IUU *Fishing*

Nama Kapal	Nilai Keputusan (%)	Keterangan
Kapal A	67,7	Melakukan IUU *fishing*
Kapal B	71,4	Melakukan IUU *fishing*
Kapal I	74,3	Melakukan IUU *fishing*
Kapal J	12,9	Tidak melakukan IUU *fishing*
Kapal K	75,9	Melakukan IUU *fishing*
Kapal L	12,9	Tidak melakukan IUU *fishing*
Kapal M	12,9	Tidak melakukan IUU *fishing*
Kapal N	71,3	Melakukan IUU *fishing*
Cipta Banten	12,9	Tidak melakukan IUU *fishing*
KHF268	38,2	Tidak melakukan IUU *fishing*
Cantrang X	73,8	Melakukan IUU *fishing*

Tabel 4. 9 menunjukkan bahwa kapal A, B, I, K, N, dan cantrang X menghasilkan nilai keputusan di atas 50% yang berarti bahwa kapal melakukan IUU *fishing*. Kapal J, L, M, Cipta Banten, dan KHF 268 menghasilkan nilai keputusan di bawah 50% yang berarti bahwa kapal tidak melakukan IUU *fishing.* Pada sub-sistem IUU *transhipment decision*, nilai keputusan ditunjukkan pada **Tabel 4. 10**.

Tabel 4. 10 Nilai Keputusan IUU *Transhipment*

Nama Kapal	Nilai Keputusan (%)	Keterangan
Kapal C dan D	20	Tidak melakukan IUU *transhipment*
Kapal E dan F	72	Melakukan IUU *transhipment*
Kapal G dan H	74,6	Melakukan IUU *transhipment*
Kapal O dan P	72,4	Melakukan IUU *transhipment*

Tabel 4. 10 (Lanjutan)

Nama Kapal	Nilai Keputusan (%)	Keterangan
Kapal Q dan R	72,1	Melakukan IUU *transhipment*
Joyoboyo 1 dan Cipta Banten	16,7	Tidak melakukan IUU *transhipment*
Lurongyuanyu dan Eagle Seville	51,9	Melakukan IUU *transhipment*

Tabel 4. 10 menunjukkan bahwa pasangan kapal E dan F, G dan H, O dan P, Q dan R, serta Lurongyuanyu dan Eagle Seville menghasilkan nilai keputusan di atas 50% yang berarti bahwa kapal melakukan IUU *transhipment.* Pasangan kapal C dan D serta Joyoboyo 1 dan Cipta Banten menghasilkan nilai keputusan di bawah 50% yang berarti bahwa kapal tidak melakukan IUU *transhipment.*

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari nilai keputusan pada **Tabel 4. 9** dan **Tabel 4. 10**, sistem yang dirancang telah menghasilkan nilai keputusan yang tepat dan sesuai dengan kriteria IUU *fishing* dan *transhipment.* Sistem juga divalidasi dengan menggunakan data *real* kapal yang telah terbukti melakukan IUU *fishing* dan IUU *transhipment* maupun kapal yang tidak melakukan kedua praktik tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat setelah melakukan tugas akhir ini adalah:

1. Akurasi yang dihasilkan pada pengambilan keputusan IUU *fishing* adalah 89,3% sedangkan akurasi pengambilan keputusan IUU *transhipment* adalah 87,4%.
2. Jumlah *epoch* terbaik yang diperoleh dari simulasi sistem adalah 15 dengan menggunakan metode *hybrid* dengan nilai RMSE sub-sistem *selection* adalah 2,92E-07, RMSE pada sub-sistem IUU *fishing decision* adalah 5,63E-08, dan RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem IUU *transhipment decision* adalah 4,36E-07.
3. Fungsi *trimf* atau segitiga merupakan fungsi yang paling baik dalam sistem pengambilan keputusan pada tugas akhir ini karena menghasilkan nilai RMSE yang paling kecil pada semua sub-sistem. RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem *selection* adalah 2,92E-07, RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem IUU *fishing decision* adalah 5,63E-08, dan RMSE yang dihasilkan pada sub-sistem IUU *transhipment decision* adalah 4,36E-07.

5.2 Saran

Adapun saran dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan variabel masukan pada sistem pengambilan keputusan IUU *fishing* dan *transhipment* agar menghasilkan nilai akurasi yang lebih tinggi seperti bendera kapal, *rate of turn* kapal, dan kapal jenis lain.
2. Dalam melakukan normalisasi data dapat digunakan metode lain selain metode Min-Max sehingga dapat menghasilkan nilai keluaran yang lebih bagus dengan menggunakan variasi tipe fungsi lainnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, A. (2014). Analisis Transhipment Pasal 69 Ayat (3) Peraturan Menteri Kelautan Perikanan No. 30 Tahun 2012 Tentang Perikanan Tangkap. *Jurnal Dinamika Hukum, 14*.

Aisjah, A. S., Masroeri, A., Santoso, M. Y., Arifin, S., & Alif, A. N. (2017). A Fuzzy Decision Support System of IUU - Transhipment in Indonesia. *SENTA: Marine Technology for Sustainable Development*.

Alif, A. N. (2016). Perancangan Sistem Pengambilan Keputusan Berbasis Data Automatic Identification System (AIS) untuk Identifikasi Terjadinya Illegal Transhipment Menggunakan Logika Fuzzy.

Byme, J., Gessert, J., Kerrigan, E., & Matteson, J. (2017). *IUU Fishing Detection Final Report.*

Chaki, S., Routray, A., Mohanty, W. K., & Jenamani, M. (2015). Development of A Hybrid Learning System Based on SVM, ANFIS, and Domain Knowledge: DKFIS. *Indicon 2015*. New Delhi.

Chasanah, N. (2015). Perancangan Sistem Prediktor Cuaca dengan Metode ANFIS untuk Menentukan Produktivitas Panen Sayuran Kubis Putih (Brassica oleracea var. Vapitata) di Karangploso Kabupaten Malang.

Dany, M. (2017). Pengembangan Perancangan Sistem Pengambil Keputusan Berbasis Data AIS dan Radar untuk Identifikasi IUU Fishing Menggunakan Logika Fuzzy.

Fransisko, I. (2016). Perancangan Sistem Pengambilan Keputusan Berbasis Data Automatic Identification System (AIS) untuk Identifikasi Terjadinya Illegal, Unregulated, Unreported (IUU) Fishing Menggunakan Logika Fuzzy.

Hudayana, A., & Tiwi Nurjannati Utami. (2017). Analysis of Transhipment Policy on Long Line Fisheries Vessels Business Performance. *Journal of Economic and Social of Fisheries and Marine*.

Jang, J. S. (1993). ANFIS: Adaptive Network Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernatics, 23*, 665 - 685.

Kemenkeu. (2017). *Peraturan Direktur Jenderal Bea dan Cukai Nomor PER-10/BC/2017.* Kementerian Keuangan Republik Indonesia.

Kemenkeu. (2017). *Peraturan Direktur Jenderal Bea dan Cukai Nomor Per-10/BC/2017 tentang Tata Laksana Pemasukan dan Pengeluaran Barang Ke dan Dari Pusat Logistik Berikat dalam Rangka Ekspor dan/atau Transhipment.* Dirjen Bea Cukai.

KKP, K. (2015). *Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI Nomor 2/PERMEN-KP/2015 tentang Larangan Penggunaan Alat Penangkapan Ikan Pukat Hela (Trawls) dan Pukat Tarik (Seine Nets) di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia.* Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Masroeri, A. A. (2016). Penentuan Variabel Masukan dan Keluaran Sistem Pengambilan Keputusan, Tingkatan Fungsi Keanggotaan pada Logika Fuzzy serta Tingkatan (Numerik) untuk Mengkategorikan Illegal/Non Illegal Transhipment.

Masroeri, A. A. (2018, May). Pola Pergerakan Kapal Saat Transhipment dan Penentuan Nilai Target Keputusan. (C. Farahdiba, Interviewer) Surabaya.

Maulana, R. (2012). Prediksi Curah Hujan dan Debit Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS).

Nurcholis. (2015). Pengaruh Kebijakan Larangan Transhipment di Laut Terhadap Ekspor Perikanan Indonesia.

Nuryahya. (2012). Automatic Collision Avoidance System Based on AIS Data in West Voyage Lines of Surabaya.

Perera, L., Carvalho, J., & Soares, C. G. (2011). Fuzzy Logic Based Decision Making System for Collision Avoidance of Ocean Navigation Under Critical Collision Conditions. *Journal of Marine Science and Technology*, 84-99.

Prabawaningtyas, S. (2009). Diplomasi Bertetangga Baik dan Penegakan Hukum dalam Manajemen Perbatasan Indonesia. *Almanak Reformasi Sektor Keamanan*.

Sasmita, S. (2013). Kesesuaian Desain dan Konstruksi Cantrang Pada Kapal 20 GT Untuk Peningkatan Performa Operasional.

Sianturi, S. P. (2016). Efektivitas Kebijakan Moratorium Kapal Eks-Asing Terhadap Tindak Illegal Fishing di Perairan Indonesia. *Journal of International Relations, 2*, 50 - 58 .

Situmorang, K. P. (2017). Pengembangan Perancangan Pengambilan Keputusan Berbasis Data Automatic Identification System (AIS) dan Radar untuk Identifikasi Terjadinya Illegal Transhipment Menggunakan Logika Fuzzy.

Suparta, W., & Alhasa, K. M. (2016). Modelling of Tropospheric Delays Using ANFIS. *Springer*.

Supriyono, H. (2017). Karakteristik Kapal Ikan Jenis Trawler, Purse Seine, dan Longline. (M. Dany, Interviewer)

Valcic, M., Antonic, R., & Tomas, V. (2011). ANFIS Based Model for Ship Speed Prediction.

Yudistira, S. Y. (2009). Studi Penetapan Daerah Bahaya (Dangerous Area) di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya Berdasarkan AIS Data.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

Bahasa pemrograman GUI Matlab

```
function varargout = tampilan_gui(varargin)
% TAMPILAN_GUI MATLAB code for tampilan_gui.fig
%PERANCANGAN INTEGRASI SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN
BERBASIS
%DATA AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS) UNTUK
PEMODELAN
%IUU FISHING DAN TRANSHIPMENT MENGGUNAKAN ADAPTIVE
NEURO-FUZZY
%INFERENCE SYSTEM (ANFIS)
% CHAIRANI FARAHDIBA (02311645000012)
% Last Modified by GUIDE v2.5 07-Jul-2018 23:46:43

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton,
...
                   'gui_OpeningFcn',
@tampilan_gui_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',
@tampilan_gui_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State,
varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before tampilan_gui is made
visible.
function tampilan_gui_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
handles.output = hObject;
```

```
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

function varargout = tampilan_gui_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)

% Get default command line output from handles
structure
varargout{1} = handles.output;

function jarak_Callback(hObject, eventdata, handles)
n_jarak = str2double(get(handles.jarak,'string'));
handles.n_jarak = n_jarak;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function jarak_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function head_awal_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_headAwal =
str2double(get(handles.head_awal,'string'));
handles.n_headAwal = n_headAwal;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function head_awal_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in normSelection.
function normSelection_Callback(hObject, eventdata,
handles)
%Normalisasi variabel masukan beda jarak
```

```
n_jarak = handles.n_jarak;
norm_jarak = (n_jarak-0)/(3000-0);

%Normalisasi variabel selisih heading awal
n_headAwal = handles.n_headAwal;
norm_headAwal = (n_headAwal-(-6))/(186-(-6));

if norm_jarak > 1
  set(handles.hasilJarak,'String','1');
else
   set(handles.hasilJarak,'String',norm_jarak);
end

set(handles.hasilHeadAwal,'String',norm_headAwal);

function hasilJarak_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilJarak_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasilHeadAwal_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilHeadAwal_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in btnSelection.
function btnSelection_Callback(hObject, eventdata,
handles)
fis1 = readfis('selection_decision.fis');
hasilJarak = str2double(get(handles.hasilJarak,
'string'));
```

```
hasilHeadAwal = str2double(get(handles.hasilHeadAwal,
'string'));

out1 = evalfis([hasilJarak hasilHeadAwal],fis1)

%Denormalisasi keluaran sub-sistem selection
final1 = (out1*(100-0))+0;
set(handles.outSelection,'string',num2str(round(final1
*10)/10));

if (final1<50)
    set(handles.k_selection,'String','TIDAK
TERIDENTIFIKASI IUU TRANSHIPMENT');
else
    set(handles.k_selection,'String','TERIDENTIFIKASI
IUU TRANSHIPMENT');
end

function outSelection_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function outSelection_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function k_selection_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function k_selection_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function jkapal_Callback(hObject, eventdata, handles)
n_jkapal = str2num(get(handles.jkapal,'string'));
handles.n_jkapal = n_jkapal;
```

```
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function jkapal_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function casting_Callback(hObject, eventdata, handles)
n_casting = str2num(get(handles.casting,'string'));
handles.n_casting = n_casting;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function casting_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hauling_Callback(hObject, eventdata, handles)
n_hauling = str2num(get(handles.hauling,'string'));
handles.n_hauling = n_hauling;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hauling_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d_longitude_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_longitude =
str2num(get(handles.d_longitude,'string'));
handles.n_longitude = n_longitude;
guidata(hObject, handles)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function d_longitude_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d_latitude_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_latitude =
str2num(get(handles.d_latitude,'string'));
handles.n_latitude = n_latitude;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function d_latitude_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in normFishing.
function normFishing_Callback(hObject, eventdata,
handles)
%Normalisasi variabel masukan jenis kapal
n_jkapal = handles.n_jkapal;
norm_jkapal = (n_jkapal-0)/(1-0);

%Normalisasi variabel masukan kec. casting
n_casting = handles.n_casting;
norm_casting = (n_casting-0.1)/(3.9-0.1);

%Normalisasi variabel masukan kec. hauling
n_hauling = handles.n_hauling;
norm_hauling = (n_hauling-0.05)/(0.13-0.05);

%Normalisasi variabel masukan perubahan longitude
n_longitude = handles.n_longitude;
norm_longitude = (n_longitude-0)/(1-0);

%Normalisasi variabel masukan perubahan latitude
```

```
n_latitude = handles.n_latitude;
norm_latitude = (n_latitude-0)/(1-0);

set(handles.hasiljKapal,'String',norm_jkapal);

if norm_casting > 1
    set(handles.hasilCasting,'String','1');
else
    set(handles.hasilCasting,'String',norm_casting);
end

if norm_hauling > 1
    set(handles.hasilHauling,'String','1');
else
    set(handles.hasilHauling,'String',norm_hauling);
end

set(handles.hasilLongitude,'String',norm_longitude);
set(handles.hasilLatitude,'String',norm_latitude);

function hasiljKapal_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasiljKapal_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasilCasting_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilCasting_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function hasilHauling_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilHauling_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasilLongitude_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilLongitude_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasilLatitude_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilLatitude_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in btnFishing.
function btnFishing_Callback(hObject, eventdata,
handles)
fis2 = readfis('fishing_decision.fis');
hasiljKapal = str2double(get(handles.hasiljKapal,
'string'));
hasilCasting = str2double(get(handles.hasilCasting,
'string'));
```

```
hasilHauling = str2double(get(handles.hasilHauling,
'string'));
hasilLongitude =
str2double(get(handles.hasilLongitude, 'string'));
hasilLatitude = str2double(get(handles.hasilLatitude,
'string'));

out2 = evalfis([hasiljKapal hasilCasting hasilHauling
hasilLongitude hasilLatitude],fis2)

%Denormalisasi keluaran sub-sistem IUU fishing
decision
final2 = (out2*(81.37617-12.94467))+12.94467;
set(handles.outFishing,'string',num2str(round(final2*1
0)/10));

if (final2<50)
    set(handles.k_fishing,'String','TIDAK MELAKUKAN
IUU FISHING');
else
    set(handles.k_fishing,'String','MELAKUKAN IUU
FISHING');
end

function outFishing_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function outFishing_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function k_fishing_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function k_fishing_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
```

```
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d_kecepatan_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_dkecepatan =
str2num(get(handles.d_kecepatan,'string'));
handles.n_dkecepatan = n_dkecepatan;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function d_kecepatan_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function dtranshipment_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_dtranshipment =
str2num(get(handles.dtranshipment,'string'));
handles.n_dtranshipment = n_dtranshipment;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function dtranshipment_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function d_jarak_Callback(hObject, eventdata, handles)
n_djarak = str2num(get(handles.d_jarak,'string'));
handles.n_djarak = n_djarak;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function d_jarak_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function kecepatan1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_kecepatan1 =
str2num(get(handles.kecepatan1,'string'));
handles.n_kecepatan1 = n_kecepatan1;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function kecepatan1_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function kecepatan2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_kecepatan2 =
str2num(get(handles.kecepatan2,'string'));
handles.n_kecepatan2 = n_kecepatan2;
guidata(hObject, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function kecepatan2_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function head_akhir_Callback(hObject, eventdata,
handles)
n_headAkhir =
str2num(get(handles.head_akhir,'string'));
handles.n_headAkhir = n_headAkhir;
guidata(hObject, handles)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function head_akhir_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in normTranshipment.
function normTranshipment_Callback(hObject, eventdata,
handles)
%Normalisasi variabel masukan selisih kecepatan
n_dkecepatan = handles.n_dkecepatan;
norm_dkecepatan = (n_dkecepatan-0)/(0.02-0);

%Normalisasi variabel masukan selisih jarak
transhipment
n_dtranshipment = handles.n_dtranshipment;
norm_dtranshipment = (n_dtranshipment-0)/(30-0);

%Normalisasi variabel masukan perubahan jarak
n_djarak = handles.n_djarak;
norm_djarak = (n_djarak-(-51))/(51-(-51));

%Normalisasi variabel masukan perubahan kec. 1
n_kecepatan1 = handles.n_kecepatan1;
norm_kecepatan1 = (n_kecepatan1-(-0.35))/(0.35-(-
0.35));

%Normalisasi variabel masukan perubahan kec. 2
n_kecepatan2 = handles.n_kecepatan2;
norm_kecepatan2 = (n_kecepatan2-(-0.35))/(0.35-(-
0.35));

%Normalisasi variabel masukan selisih heading akhir
n_headAkhir = handles.n_headAkhir;
norm_headAkhir = (n_headAkhir-(-6))/(186-(-6));

if norm_dkecepatan > 1
  set(handles.hasildKecepatan,'String','1');
else

set(handles.hasildKecepatan,'String',norm_dkecepatan);
end
```

```
if norm_dtranshipment > 1
  set(handles.hasildTranshipment,'String','1');
else

set(handles.hasildTranshipment,'String',norm_dtranship
ment);
end

if norm_djarak > 1
  set(handles.hasildJarak,'String','1');
else
   set(handles.hasildJarak,'String',norm_djarak);
end

set(handles.hasilKecepatan1,'String',norm_kecepatan1);
set(handles.hasilKecepatan2,'String',norm_kecepatan2);
set(handles.hasilHeadAkhir,'String',norm_headAkhir);

function hasildKecepatan_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasildKecepatan_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasildTranshipment_Callback(hObject,
eventdata, handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasildTranshipment_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function hasildJarak_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasildJarak_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasilKecepatan1_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilKecepatan1_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)

% Hint: edit controls usually have a white background
on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasilKecepatan2_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function hasilKecepatan2_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function hasilHeadAkhir_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
```

```
function hasilHeadAkhir_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in btnTranshipment.
function btnTranshipment_Callback(hObject, eventdata,
handles)
fis3 = readfis('transhipment_decision.fis');
hasildKecepatan =
str2double(get(handles.hasildKecepatan, 'string'));
hasildTranshipment =
str2double(get(handles.hasildTranshipment, 'string'));
hasildJarak = str2double(get(handles.hasildJarak,
'string'));
hasilKecepatan1 =
str2double(get(handles.hasilKecepatan1, 'string'));
hasilKecepatan2 =
str2double(get(handles.hasilKecepatan2, 'string'));
hasilHeadAkhir =
str2double(get(handles.hasilHeadAkhir, 'string'));

out3 = evalfis([hasildKecepatan hasildTranshipment
hasildJarak hasilKecepatan1 hasilKecepatan2
hasilHeadAkhir],fis3)

%Denormalisasi keluaran sub-sistem IUU transhipment
decision
final3 = (out3*(83.33336-16.66664))+16.66664;
set(handles.outTranshipment,'string',num2str(round(fin
al3*10)/10));

if (final3<50)
    set(handles.k_transhipment,'String','TIDAK
MELAKUKAN IUU TRANSHIPMENT');
else
    set(handles.k_transhipment,'String','MELAKUKAN IUU
TRANSHIPMENT');
end

function outTranshipment_Callback(hObject, eventdata,
handles)
```

```
% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function outTranshipment_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function k_transhipment_Callback(hObject, eventdata,
handles)

% --- Executes during object creation, after setting
all properties.
function k_transhipment_CreateFcn(hObject, eventdata,
handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in reset1.
function reset1_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.jarak, 'String', num2str(''));
set(handles.head_awal, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilJarak, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilHeadAwal, 'String', num2str(''));
set(handles.outSelection, 'String', num2str(''));
set(handles.k_selection, 'String', num2str(''));

% --- Executes on button press in reset2.
function reset2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.jkapal, 'String', num2str(''));
set(handles.casting, 'String', num2str(''));
set(handles.hauling, 'String', num2str(''));
set(handles.d_longitude, 'String', num2str(''));
set(handles.d_latitude, 'String', num2str(''));
set(handles.hasiljKapal, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilCasting, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilHauling, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilLongitude, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilLatitude, 'String', num2str(''));
set(handles.outFishing, 'String', num2str(''));
set(handles.k_fishing, 'String', num2str(''));
```

```
% --- Executes on button press in reset3.
function reset3_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.d_jarak, 'String', num2str(''));
set(handles.dtranshipment, 'String', num2str(''));
set(handles.d_kecepatan, 'String', num2str(''));
set(handles.kecepatan1, 'String', num2str(''));
set(handles.kecepatan2, 'String', num2str(''));
set(handles.head_akhir, 'String', num2str(''));
set(handles.hasildKecepatan, 'String', num2str(''));
set(handles.hasildTranshipment, 'String',
num2str(''));
set(handles.hasildJarak, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilKecepatan1, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilKecepatan2, 'String', num2str(''));
set(handles.hasilHeadAkhir, 'String', num2str(''));
set(handles.outTranshipment, 'String', num2str(''));
set(handles.k_transhipment, 'String', num2str(''));
```

LAMPIRAN B

Berikut ini adalah data kapal Cipta Banten pada tanggal 12 Agustus 2017 – 28 Agustus 2017 di Selat Madura dengan MMSI 525003396.

Tanggal	Waktu	Longitude (°)	Latitude (°)	Kecepatan (knot)	Heading (°)
12/08/2017	00.10	112,6757	-7,17	4	511
12/08/2017	00.11	112,6749	-7,1683	7	511
12/08/2017	00.11	112,6748	-7,1679	7,5	511
12/08/2017	00.12	112,6735	-7,1651	8,5	511
12/08/2017	00.13	112,6727	-7,1637	8,5	511
12/08/2017	00.13	112,6726	-7,1633	8,5	511
12/08/2017	00.14	112,6716	-7,1615	8,5	511
12/08/2017	00.14	112,6715	-7,1611	8,5	511
12/08/2017	00.16	112,669	-7,1561	8,5	511
12/08/2017	00.18	112,6671	-7,1519	9	511
12/08/2017	00.19	112,6663	-7,1495	8,5	511
12/08/2017	00.19	112,6661	-7,1491	9	511
12/08/2017	00.20	112,666	-7,1487	9	511
12/08/2017	00.20	112,6656	-7,1479	9	511
12/08/2017	00.21	112,665	-7,1464	9	511
12/08/2017	00.21	112,6645	-7,1444	8,5	511
12/08/2017	00.22	112,6641	-7,1424	8,5	511
12/08/2017	00.24	112,663	-7,1388	9	511
12/08/2017	00.24	112,6628	-7,1384	9	511
12/08/2017	00.25	112,6618	-7,1353	9	511
12/08/2017	00.25	112,6616	-7,1349	8,5	511
12/08/2017	00.26	112,6615	-7,1345	8,5	511
12/08/2017	00.26	112,6613	-7,1341	8,5	511
12/08/2017	00.27	112,6606	-7,1318	8,5	511

12/08/2017	00.28	112,6601	-7,1298	8,5	511
20/08/2017	22.43	112,6611	-7,12	10,5	511
20/08/2017	22.44	112,6608	-7,1214	10,5	511
20/08/2017	22.44	112,6608	-7,122	10,5	511
20/08/2017	22.45	112,6604	-7,1239	10,5	511
20/08/2017	22.45	112,6603	-7,125	10,5	511
20/08/2017	22.45	112,6601	-7,1259	10,5	511
20/08/2017	22.46	112,6601	-7,1264	10,5	511
20/08/2017	22.47	112,66	-7,1307	9	511
20/08/2017	22.48	112,6605	-7,1326	8,5	511
20/08/2017	22.48	112,6605	-7,133	8,5	511
20/08/2017	22.48	112,6607	-7,1334	8	511
20/08/2017	22.48	112,6607	-7,1338	8	511
20/08/2017	22.50	112,6615	-7,1363	7,5	511
20/08/2017	22.52	112,6631	-7,1398	5,5	511
20/08/2017	22.52	112,6634	-7,1402	5,5	511
20/08/2017	22.52	112,6636	-7,1407	5,5	511
20/08/2017	22.53	112,6644	-7,1419	5	511
20/08/2017	22.54	112,6647	-7,1426	4,5	511
20/08/2017	22.55	112,6656	-7,1441	4,5	511
20/08/2017	22.56	112,6662	-7,1453	5	511
20/08/2017	22.57	112,6668	-7,146	4	511
20/08/2017	22.58	112,668	-7,147	3	511
20/08/2017	22.58	112,6681	-7,147	2,5	511
20/08/2017	23.00	112,6686	-7,148	2,5	511
20/08/2017	23.00	112,6686	-7,1483	2,5	511
20/08/2017	23.01	112,6688	-7,1486	2,5	511
20/08/2017	23.01	112,6688	-7,1489	2,5	511
20/08/2017	23.02	112,669	-7,1493	1	511

20/08/2017	23.02	112,6691	-7,1493	1	511
20/08/2017	23.02	112,6691	-7,1494	1,5	511
20/08/2017	23.03	112,6693	-7,1494	1,5	511
20/08/2017	23.03	112,6693	-7,1495	1,5	511
20/08/2017	23.03	112,6695	-7,1495	0,5	511
20/08/2017	23.03	112,6695	-7,1494	0	511
20/08/2017	23.04	112,6696	-7,1494	0	511
20/08/2017	23.04	112,6694	-7,1494	1	511
20/08/2017	23.05	112,6691	-7,1492	2	511
20/08/2017	23.05	112,669	-7,149	2,5	511
20/08/2017	23.06	112,6686	-7,1487	2,5	511
20/08/2017	23.07	112,6682	-7,148	3	511
20/08/2017	23.08	112,6678	-7,147	3	511
20/08/2017	23.09	112,6678	-7,1467	3	511
20/08/2017	23.09	112,6677	-7,1464	2,5	511
20/08/2017	23.09	112,6677	-7,1461	2	511
20/08/2017	23.10	112,6676	-7,1459	2	511
20/08/2017	23.10	112,6676	-7,1456	1	511
20/08/2017	23.10	112,6675	-7,1456	1	511
20/08/2017	23.11	112,6675	-7,1454	0,5	511
20/08/2017	23.12	112,6676	-7,1454	0	511
20/08/2017	23.15	112,6675	-7,1461	1	511
20/08/2017	23.17	112,6675	-7,1467	0,5	511
28/08/2017	11.39	112,6602	-7,1344	7,5	511
28/08/2017	11.39	112,6603	-7,1347	7,5	511
28/08/2017	11.39	112,6605	-7,135	7,5	511
28/08/2017	11.40	112,661	-7,1364	7,5	511
28/08/2017	11.41	112,6617	-7,138	7,5	511
28/08/2017	11.41	112,6614	-7,1374	7,5	511

28/08/2017	11.41	112,6619	-7,1383	7,5	511
28/08/2017	11.41	112,6621	-7,1389	7,5	511
28/08/2017	11.42	112,6629	-7,1406	7,5	511
28/08/2017	11.42	112,6628	-7,1403	7,5	511
28/08/2017	11.43	112,6633	-7,1416	7,5	511
28/08/2017	11.43	112,6641	-7,1432	7,5	511
28/08/2017	11.46	112,666	-7,1474	7,5	511
28/08/2017	11.46	112,6659	-7,1471	7,5	511
28/08/2017	11.46	112,6666	-7,1487	7,5	511
28/08/2017	11.46	112,6668	-7,149	7,5	511
28/08/2017	11.47	112,6676	-7,151	7,5	511
28/08/2017	11.51	112,6716	-7,1586	7,5	511
28/08/2017	11.51	112,6715	-7,1583	7,5	511
28/08/2017	11.51	112,6713	-7,1579	7,5	511
28/08/2017	11.51	112,6708	-7,157	7,5	511
28/08/2017	11.53	112,6729	-7,1611	7,5	511
28/08/2017	11.54	112,6745	-7,1639	7,5	511
28/08/2017	11.55	112,6757	-7,1656	7,5	511
28/08/2017	11.56	112,6764	-7,1668	7,5	511
28/08/2017	11.56	112,6762	-7,1665	7,5	511
28/08/2017	11.57	112,6774	-7,1683	7,5	511
28/08/2017	11.58	112,6781	-7,1695	7,5	511

LAMPIRAN C

Berikut adalah data kapal KHF 268 yang berlayar di Perairan Malaysia pada tanggal 6 Maret 2018.

Tanggal	Waktu	Longitude (°)	Latitude (°)	Kecepatan (knot)	Heading (°)
06/03/2018	12.46	100,1473	5,766978	3	193
06/03/2018	12.51	100,1461	5,762995	3	195
06/03/2018	12.56	100,145	5,758968	2,8	193
06/03/2018	13.17	100,1397	5,74361	2,6	195
06/03/2018	13.21	100,1388	5,739995	2,7	195
06/03/2018	13.26	100,1374	5,736652	2,5	205
06/03/2018	13.51	100,1311	5,720288	2,5	198
06/03/2018	14.01	100,1281	5,713923	2,5	200
06/03/2018	14.16	100,133	5,70867	3,2	49
06/03/2018	17.49	100,1598	5,805325	2,6	189
06/03/2018	18.01	100,1584	5,796378	3	203
06/03/2018	18.04	100,1573	5,794178	3	207
06/03/2018	18.07	100,1563	5,791932	2,8	202
06/03/2018	18.11	100,1549	5,788922	2,9	202
06/03/2018	18.14	100,1539	5,786597	3,1	197
06/03/2018	18.17	100,1531	5,784118	3,1	195
06/03/2018	18.21	100,152	5,780859	3,1	198
06/03/2018	18.24	100,1513	5,778407	3,1	198
06/03/2018	18.28	100,1502	5,77525	2,9	197
06/03/2018	18.33	100,149	5,771379	2,9	195
06/03/2018	18.38	100,1478	5,767547	2,9	197
06/03/2018	18.43	100,1466	5,76361	2,9	192
06/03/2018	18.48	100,1454	5,759688	2,7	196
06/03/2018	18.53	100,144	5,755757	2,9	203

06/03/2018	18.58	100,1425	5,752023	2,7	199
06/03/2018	19.03	100,1411	5,748446	2,7	200
06/03/2018	19.08	100,1399	5,745002	2,5	200
06/03/2018	19.13	100,1385	5,741285	2,8	200
06/03/2018	19.18	100,1371	5,737695	2,7	198
06/03/2018	19.23	100,1357	5,73394	2,8	199
06/03/2018	19.28	100,1343	5,73017	2,7	199
06/03/2018	19.33	100,1328	5,726439	2,9	194
06/03/2018	19.38	100,1314	5,72269	2,8	202
06/03/2018	19.43	100,13	5,718863	2,9	199
06/03/2018	19.48	100,1287	5,714963	2,9	199
06/03/2018	19.53	100,1273	5,711113	2,9	203
06/03/2018	19.58	100,1281	5,707255	2,9	146
06/03/2018	20.03	100,1311	5,70494	2,6	107
06/03/2018	20.08	100,1347	5,705428	2,9	55

LAMPIRAN D

Berikut adalah data kapal Joyoboyo 1 yang berlayar di Selat Madura pada tanggal 11 Agustus 2017 - 12 Agustus 2017.

Tanggal	**Waktu**	***Latitude* (°)**	***Longitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
11/08/2017	10.39	-7,1700	112,6709	1	511
11/08/2017	02.06	-7,1575	112,6675	8	511
11/08/2017	02.06	-7,1579	112,6677	8,5	511
11/08/2017	02.07	-7,1581	112668	8,5	511
11/08/2017	02.08	-7,1616	112,6704	9	511
11/08/2017	02.09	-7,1631	112,6712	9	511
11/08/2017	04.02	-7,1675	112,6732	5,5	511
11/08/2017	04.03	-7,1654	112,672	5,5	511
11/08/2017	04.04	-7,1651	112,6719	5,5	511
11/08/2017	04.05	-7,1636	112,6709	5,5	511
11/08/2017	04.05	-7,1631	112,6707	5,5	511
11/08/2017	04.06	-7,1621	112,67	5	511
11/08/2017	04.06	-7,1617	112,6698	5	511
11/08/2017	04.06	-7,1615	112,6696	5	511
11/08/2017	04.09	-7,1589	112,6682	4,5	511
11/08/2017	04.09	-7,1587	112,6682	4,5	511
11/08/2017	04.11	-7,1570	112,6668	3	511
11/08/2017	07.48	-7,1568	112,6654	1	511
11/08/2017	07.49	-7,1571	112,6653	1,5	511
11/08/2017	07.49	-7,1571	112,6652	1,5	511
11/08/2017	07.50	-7,1575	112,6651	1	511
11/08/2017	07.50	-7,1575	112,665	1	511
11/08/2017	07.51	-7,1577	112,665	0,5	511
11/08/2017	07.51	-7,1577	112,6649	0,5	511

11/08/2017	07.52	-7,1578	112,6649	0,5	511
11/08/2017	07.53	-7,1578	112,6647	0,5	511
11/08/2017	07.53	-7,1579	112,6647	0,5	511
11/08/2017	07.59	-7,1579	112,6644	0	511
11/08/2017	08.01	-7,1579	112,6645	0	511
11/08/2017	08.02	-7,1578	112,6645	1	511
11/08/2017	08.02	-7,1578	112,6646	1,5	511
11/08/2017	08.02	-7,1577	112,6646	2	511
11/08/2017	08.03	-7,1575	112,665	2	511
11/08/2017	08.04	-7,1569	112,6654	2,5	511
11/08/2017	09.58	-7,1578	112,6674	7	511
11/08/2017	09.58	-7,1586	112,668	7	511
11/08/2017	09.59	-7,1598	112,6686	7	511
11/08/2017	09.59	-7,1602	112,6687	7	511
11/08/2017	10.01	-7,1629	112,67	6,5	511
11/08/2017	10.01	-7,1631	112,6702	6,5	511
11/08/2017	10.01	-7,1640	112,6706	7	511
11/08/2017	10.02	-7,1654	112,6714	6,5	511
11/08/2017	10.02	-7,1656	112,6716	6,5	511
11/08/2017	10.04	-7,1688	112,6732	6,5	511
11/08/2017	10.29	-7,1700	112,6715	0,5	511
11/08/2017	10.32	-7,1700	112.671	0,5	511
11/08/2017	10.39	-7,1700	112.671	0	511
11/08/2017	10.39	-7,1700	112.671	0	511
11/08/2017	10.43	-7,1696	112,6736	5,5	511
11/08/2017	10.43	-7,1694	112,6735	5,5	511
11/08/2017	10.43	-7,1691	112,6735	5,5	511
11/08/2017	10.43	-7,1689	112,6733	6	511
11/08/2017	10.44	-7,1683	112,6731	6	511

11/08/2017	10.44	-7,1674	112,6725	6	511
11/08/2017	10.45	-7,1657	112,6717	6,5	511
11/08/2017	10.46	-7,1648	112,6714	6,5	511
11/08/2017	10.46	-7,1646	112,6712	6,5	511
11/08/2017	10.47	-7,1624	112,6701	6,5	511
11/08/2017	10.47	-7,1622	112,6699	6,5	511
11/08/2017	10.48	-7,1611	112,6694	6,5	511
11/08/2017	10.49	-7,1592	112,6682	6,5	511
11/08/2017	10.50	-7,1587	112,668	6,5	511
11/08/2017	22.45	-7,1569	112,6676	6	511
11/08/2017	22.47	-7,1589	112,6687	6	511
11/08/2017	22.47	-7,1594	112,6689	5,5	511
11/08/2017	22.47	-7,1596	112,6689	5,5	511
11/08/2017	22.48	-7,1613	112,6698	5,5	511
11/08/2017	22.51	-7,1643	112,6718	5	511
11/08/2017	22.52	-7,1662	112,6726	5,5	511
11/08/2017	22.52	-7,1664	112,6728	5,5	511
11/08/2017	22.53	-7,1681	112,6734	6	511
11/08/2017	22.54	-7,1692	112,6736	5,5	511
11/08/2017	22.54	-7,1698	112,6736	5,5	511
12/08/2017	00.03	-7,1699	112,6734	3,5	511
12/08/2017	00.03	-7,1696	112,6732	4	511
12/08/2017	00.03	-7,1694	112,6732	4,5	511
12/08/2017	00.04	-7,1688	112,6729	4,5	511
12/08/2017	00.04	-7,1686	112,6728	4,5	511
12/08/2017	00.04	-7,1684	112,6728	4,5	511
12/08/2017	00.05	-7,1678	112,6725	4,5	511
12/08/2017	00.05	-7,1676	112,6725	4,5	511
12/08/2017	00.06	-7,1668	112,6721	4,5	511

12/08/2017	00.07	-7,1650	112,671	4,5	511
12/08/2017	00.07	-7,1648	112,671	4,5	511
12/08/2017	00.08	-7,1646	112,6709	4,5	511
12/08/2017	00.08	-7,1644	112,6709	4,5	511
12/08/2017	00.11	-7,1610	112669	4,5	511
12/08/2017	00.11	-7,1608	112669	4,5	511
12/08/2017	00.13	-7,1579	112,6675	4,5	511
12/08/2017	00.14	-7,1574	112667	4,5	511
12/08/2017	00.14	-7,1572	112,6669	4,5	511
12/08/2017	00.14	-7,1569	112,6666	4,5	511

LAMPIRAN E

Berikut adalah data kapal cantrang X yang berlayar di Selat Singapura pada tanggal 20 Agustus 2017 – 21 Agustus 2017 dengan MMSI kapal ikan. Data bersumber dari AIS ITS.

Tanggal	**Waktu**	***Latitude* (°)**	***Longitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
20/08/2017	02.43	1,1863	103,7958	13	244
20/08/2017	02.45	1,1833	103,789	13	253
20/08/2017	02.47	1,1812	103,781	11.5	265
20/08/2017	02.48	1,1807	103,7778	10.5	267
20/08/2017	02.50	1,1804	103,772	8	286
20/08/2017	02.52	1,1811	103,7679	7	297
20/08/2017	02.57	1,186	103,7611	5	319
20/08/2017	03.01	1,189	103,7584	4	325
20/08/2017	19.10	1,1884	103,8011	8	257
20/08/2017	19.11	1,188	103,7989	8	261
20/08/2017	19.15	1,1878	103,791	8.5	259
20/08/2017	19.16	1,1876	103,7885	8.5	255
20/08/2017	19.17	1,1873	103,7861	9	260
20/08/2017	19.19	1,1872	103,7807	9	260
20/08/2017	19.21	1,1866	103,775	8	256
20/08/2017	19.22	1,1861	103,7729	7	259
20/08/2017	19.23	1,1858	103,7703	6.5	268
20/08/2017	19.33	1,1878	103,7587	3	308
20/08/2017	19.34	1,1882	103,758	2.5	316
20/08/2017	19.36	1,1894	103,757	2.5	314
21/08/2017	02.40	1,1855	103,7638	0,6	110
21/08/2017	02.41	1,1844	103,7664	0,6	109
21/08/2017	02.42	1,1831	103,7699	0,6	99
21/08/2017	02.46	1,1827	103,7801	0,6	80

21/08/2017	02.48	1,1835	103,7857	0,6	78
21/08/2017	02.51	1,1847	103,7925	0,6	74
21/08/2017	17.56	1,1856	103,7966	0,6	73
21/08/2017	18.15	1,1889	103,8066	0,6	72
21/08/2017	18.34	1,1884	103,7915	0,6	259
21/08/2017	18.35	1,1881	103,789	0,6	253
21/08/2017	18.38	1,1869	103,782	0,6	256
21/08/2017	18.44	1,1857	103,7681	0,6	274
21/08/2017	18.45	1,1859	103,7649	0,6	282
21/08/2017	18.48	1,1866	103,7605	0,07	286
21/08/2017	18.49	1,1869	103,7591	0,07	289
21/08/2017	18.54	1,1885	103,7539	0,07	296

LAMPIRAN F

Berikut adalah data kapal Lurongyuanyu 105 (MMSI 525024131) dan Eagle Seville (MMSI 565864000) yang sedang melakukan *transhipment* minyak mentah di Perairan Batam pada tanggal 2 Mei 2016.

Tabel F1. Data Kapal Lurongyuanyu 105

Tanggal	**Waktu**	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan (knot)**	***Heading* (°)**
02/05/2016	11.34.00	104,0684	1,2491	2,4	145
02/05/2016	11.34.30	104,0692	1,2484	2,4	103
02/05/2016	11.35.00	104,0696	1,2483	2,5	96
02/05/2016	11.35.30	104,07	1,2484	2,6	90
02/05/2016	11.36.00	104,0704	1,2485	2,7	89
02/05/2016	11.36.30	104,0708	1,2486	2,8	89
02/05/2016	11.37.00	104,0711	1,2487	2,8	88
02/05/2016	11.37.30	104,0716	1,2488	2,9	87
02/05/2016	11.38.00	104,0721	1,2489	2,9	88
02/05/2016	11.38.30	104,0725	1,249	2,8	88
02/05/2016	11.39.00	104,0728	1,2491	2,7	88
02/05/2016	11.39.30	104,0731	1,2491	2,6	88
02/05/2016	11.40.00	104,0734	1,2492	2,5	88
02/05/2016	11.40.30	104,0736	1,2492	2	87
02/05/2016	11.41.00	104,0738	1,2493	1,4	87
02/05/2016	11.41.30	104,0739	1,2493	0,9	87
02/05/2016	11.42.00	104,074	1,2494	0,5	86
02/05/2016	11.42.30	104,0741	1,2494	0,3	86
02/05/2016	11.43.00	104,0742	1,2494	0,1	85
02/05/2016	11.43.30	104,0742	1,2495	0	84

Tabel F2. Data Kapal Lurongyuanyu 105

Tanggal	**Waktu**	***Longitude* (°)**	***Latitude* (°)**	**Kecepatan**	***Heading* (°)**
02/05/2016	11.34.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.34.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.35.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.35.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.36.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.36.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.37.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.37.30	104,0738	1,2496	5	261
02/05/2016	11.38.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.38.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.39.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.39.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.40.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.40.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.41.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.41.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.42.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.42.30	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.43.00	104,0738	1,2496	0	261
02/05/2016	11.43.30	104,0738	1,2496	0	261

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Bengkulu pada tanggal 29 November 1995 dari Ayah bernama Ir. Muhammad Anwar Achmad, M. M. dan Karnila dan memiliki 3 saudara kandung. Alamat tinggal penulis saat ini adalah Perum Green Garden Blok B9 Cilincing, Jakarta Utara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasarnya di SDN 36 Kota Bengkulu kemudian melanjutkan pendidikan menengahnya di SMPN 2 Bengkulu dan SMPN 200 Jakarta. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 89 Jakarta. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan D3 Metrologi dan Instrumentasi – Institut Teknologi Bandung. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan S1 di jurusan Teknik Fisika – Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis juga aktif berorganisasi dengan menjadi anggota UKMR ITB, MWA-WM ITB, Sekolah Bermain Balon Hijau, UKM Robotika ITS, dan Komunitas Sahabat Belajar. Di kepanitiaan, penulis pernah tergabung dalam OSKM ITB sebagai mentor dan AMI ITB sebagai LO. Konsentrasi tugas akhir penulis adalah bidang instrumentasi dan kontrol dengan judul "Perancangan Integrasi Sistem Pengambilan Keputusan Berbasis Data *Automatic Identification System* (AIS) untuk Pemodelan IUU *Fishing* dan *Transhipment* Menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Penulis menerima saran dan kritik yang dapat dikirimkan ke *chairanifd@gmail.com.*