



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

## PENENTUAN ANOMALI AKTIVITAS KAPAL BERDASARKAN ANALISA DATA AIS

Gustiatya Perdana  
NRP 2210 100 024

Dosen Pembimbing  
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.  
Arief Kurniawan, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - TE141599**

**DETERMINING ANOMALY ACTIVITIES OF SHIPS BASED  
ON DATA ANALYSIS FROM AIS**

Gustiatya Perdana  
NRP 2210 100 024

Supervisors  
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.  
Arief Kurniawan, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Penentuan Anomali Aktivitas Kapal Berdasarkan Analisa Data AIS**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2017

Gustiatya Perdana  
NRP. 2210100024

**Penentuan Anomali Aktivitas Kapal Berdasarkan  
Analisa Data AIS**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:**

**Dosen Pembimbing I**

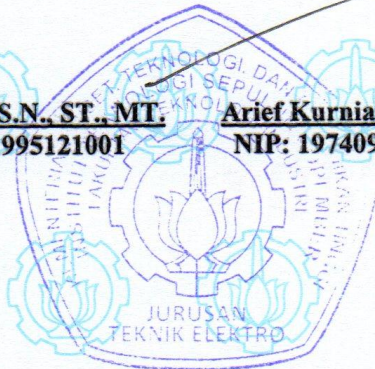
**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Supeno Mardi S.N., ST., MT.**

**Arief Kurniawan, S.T., M.T.**

**NIP: 196907301995121001**

**NIP: 197409072002121001**



**SURABAYA  
Januari, 2017**

# ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Gustisatya Perdana  
Judul : Penentuan Anomali Aktivitas Kapal Berdasarkan Analisa Data AIS  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Supeno Mardi Susiki N., ST., MT.  
2. Arief Kurniawan, S.T., M.T.

Upaya memberantas aktivitas ilegal di perairan Indonesia sulit dilakukan dengan hanya mengandalkan patroli laut karena lautan Indonesia sangat luas. Salah satu solusi untuk masalah kemaritiman ini adalah dengan melakukan pemantauan kapal yang beroperasi berdasarkan informasi dari *Automatic Identification System* (AIS) yang dimiliki oleh setiap kapal yang legal berdasarkan standar internasional. Berdasarkan penelitian yang sudah ada, data yang dikirimkan oleh AIS disimpan ke dalam basis data kemudian ditampilkan visualisasinya kepada pengguna. Diperlukan analisa lebih lanjut dari data yang ada pada basis data beserta visualisasinya untuk membedakan kapal yang beroperasi secara wajar dengan kapal yang terindikasi melakukan pelanggaran.

Kata kunci: *Automatic Identification System* (AIS), Basis Data, Visualisasi

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# ABSTRACT

*Name* : Gustisatya Perdana  
*Title* : *Determining Anomaly Activities of Ships Based on Data Analysis from AIS*  
*Supervisors* : 1. Dr. Supeno Mardi Susiki N., ST., MT.  
2. Arief Kurniawan, S.T., M.T.

*The government of Indonesia has been struggling in maintaining its maritime territory. Meanwhile, it is proven to be difficult for the government authorities to rely on sea patrol only. One of the attempts to solve this issue is by supervising every ships which currently doing some activity in Indonesia's maritime territory based on the information provided by Automatic Identification System (AIS). AIS transmitter is attached to each operating ships based on the regulation of international law. The existing research shows that data from AIS can be stored and presented in a virtual map. However, further researches which involve data analysis from the database and its visualization are necessary in order to sort out the suspected ships violating the law of Indonesia territory among the other normal ships.*

*Key words: Automatic Identification System (AIS), Database, Visualization*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan kasih sayang dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat bertahan melaksanakan penelitian dengan judul : **Penentuan Anomali Aktivitas Kapal Berdasarkan Analisa Data AIS** .

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan lancar tentunya karena tidak lepas dari bantuan orang-orang di sekitar penulis yang selalu memberi dukungan dalam berbagai bentuk. Oleh karena itu, penulis ingin memberikan apresiasi serta mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu dan bapak tercinta yang selalu sabar dan menerima segala kekurangan penulis, dan juga kepada seluruh keluarga serta kerabat penulis yang terus mendoakan penulis
2. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT. dan Bapak Arief Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang senantiasa mencurahkan perhatiannya dan sering direpotkan oleh penulis
3. Seluruh dosen jurusan teknik elektro ITS yang penulis hormati, khususnya dosen-dosen bidang studi teknik komputer dan telematika atas perhatian dan dukungannya kepada penulis.
4. Teman-teman bidang studi teknik komputer dan telematika serta teknik multimedia dan jaringan, khususnya B201crew atas semangat yang diberikan kepada penulis. Tak lupa para alumni yang banyak memberikan inspirasi, terutama Shidqon Famulaqih atas kesabarannya membantu penulis
5. Teman-teman di teknik elektro, khususnya angkatan e50 atas doa dan motivasinya kepada penulis

Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak sempurna. Dengan segala kekurangan yang ada, penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat.

Surabaya, Januari 2017

Gustisatya Perdana

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR ISI

|  |          |
|--|----------|
| <b>ABSTRAK</b>   | i        |
| <b>ABSTRACT</b>  | iii      |
| <b>KATA PENGANTAR</b>  | v        |
| <b>DAFTAR ISI</b>  | vii      |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>   | xi       |
| <b>DAFTAR TABEL</b>  | xiii     |
| <b>DAFTAR KODE</b>   | xv       |
| <br>   |          |
| <b>1 PENDAHULUAN</b>   | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang.....  | 1        |
| 1.2 Permasalahan.....  | 2        |
| 1.3 Tujuan.....  | 2        |
| 1.4 Batasan Masalah.....   | 2        |
| 1.5 Sistematika Penulisan.....                                   | 2        |
| 1.6 Relevansi.....   | 3        |
| <br>   |          |
| <b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>  | <b>5</b> |
| 2.1 Sistem Pemantauan Kapal Perikanan.....                       | 5        |
| 2.2 Aktivitas Anomali .....                                      | 6        |
| 2.2.1 Kapal memasuki area terlarang untuk menangkap<br>ikan..... | 7        |
| 2.2.2 Kapal dengan ijin berlayar hampir habis.....               | 9        |
| 2.2.3 Kapal berlayar tidak sesuai rute yang<br>direncanakan..... | 10       |
| 2.2.4 AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan.....          | 11       |
| 2.2.5 Kapal tanpa Surat Laik Operasi.....                        | 12       |
| 2.2.6 Aktivitas anomali lainnya.....                             | 13       |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.3      | <i>Automatic Identification System (AIS)</i> .....      | 14        |
| 2.4      | Basis data relasional.....                              | 15        |
| 2.4.1    | Jenis bahasa.....                                       | 15        |
| 2.4.2    | Skema dan tipe data.....                                | 16        |
| 2.4.3    | Teori ACID.....   | 17        |
| 2.5      | Sistem Informasi Geografis (GIS) .....                  | 17        |
| 2.5.1    | Rumus Haversine.....                                    | 18        |
| 2.5.2    | Google Map.....   | 19        |
| 2.6      | Desain MVC.....   | 19        |
| 2.7      | Arsitektur REST.....                                    | 21        |
| <b>3</b> | <b>DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM</b> .....             | <b>23</b> |
| 3.1      | Metodologi.....   | 23        |
| 3.2      | Spesifikasi basis data.....                             | 24        |
| 3.3      | Mengelola data kapal.....                               | 28        |
| 3.3.1    | Desain API.....   | 28        |
| 3.4      | Menetapkan pola standar.....                            | 29        |
| 3.4.1    | Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil.....          | 29        |
| 3.4.2    | Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari..... | 31        |
| 3.4.3    | AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan....        | 33        |
| 3.4.4    | Kapal memasuki daerah terlarang terlarang.....          | 35        |
| 3.4.5    | Kapal tanpa Surat Laik Operasi.....                     | 37        |
| 3.4.6    | Kapal berlayar tidak sesuai rute.....                   | 39        |
| 3.4.7    | Kapal dengan ijin hampir habis.....                     | 42        |
| 3.4.8    | <i>Overcapacity / Overfishing</i> .....                 | 43        |
| 3.4.9    | Kapal berputar-putar di lokasi yang sama... ..          | 44        |
| 3.5      | Visualisasi kapal.....                                  | 45        |
| 3.5.1    | Inisialisasi peta.....                                  | 45        |
| 3.5.2    | Menampilkan kapal pada peta.....                        | 47        |
| <b>4</b> | <b>PENGUJIAN DAN ANALISA</b> .....                      | <b>49</b> |
| 4.1      | Implementasi sistem.....                                | 49        |
| 4.2      | Pengujian aktivitas anomali .....                       | 52        |
| 4.2.1    | Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari..... | 52        |
| 4.2.2    | AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan....        | 54        |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 4.2.3    | Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil.....                       | 57 |
| 4.2.4    | Kapal berlayar tidak sesuai rute yang direncanakan.....              | 59 |
| 4.2.5    | Kapal tanpa Surat Laik Operasi.....                                  | 61 |
| 4.2.6    | Kapal dengan izin berlayar hampir habis.....                         | 62 |
| 4.2.7    | Kapal memasuki daerah terlarang terlarang untuk menangkap ikan ..... | 64 |
| 4.2.8    | <i>Overcapacity / Overfishing</i> .....                              | 66 |
| 4.2.9    | Kapal berputar-putar di lokasi yang sama.....                        | 67 |
| <b>5</b> | <b>PENUTUP</b>   | 69 |
| 5.1      | Kesimpulan.....  | 69 |
| 5.2      | Saran.....   | 69 |
|          | <b>DAFTAR PUSTAKA</b>  | 71 |
|          | <b>BIOGRAFI PENULIS</b>  | 73 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1  | Peta wilayah pengelolaan perikanan Republik Indonesia.....           | 7  |
| Gambar 2.2  | Wilayah larangan penangkapan ikan pada WPP 714... ..                 | 8  |
| Gambar 2.3  | Contoh Skema.....  | 14 |
| Gambar 2.4  | Struktur MVC .....   | 18 |
| Gambar 3.1  | Konsep pengerjaan .....  | 47 |
| Gambar 3.2  | Alur request/response <i>API</i> .....                               | 47 |
| Gambar 3.3  | Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil.....                       | 47 |
| Gambar 3.4  | Diagram alir kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil               | 47 |
| Gambar 3.5  | Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari ...               | 30 |
| Gambar 3.6  | Diagram alir kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari..... | 31 |
| Gambar 3.7  | Kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan .....                       | 32 |
| Gambar 3.8  | Diagram alir kapal menghilang dari pantauan .....                    | 33 |
| Gambar 3.9  | Kapal memasuki daerah terlarang.....                                 | 34 |
| Gambar 3.10 | Diagram alir kapal memasuki daerah terlarang.....                    | 35 |
| Gambar 3.11 | Kapal tanpa surat laik operasi.....                                  | 36 |
| Gambar 3.12 | Diagram alir kapal tanpa surat laik operasi.....                     | 37 |
| Gambar 3.13 | Kapal berlayar tidak sesuai rute.....                                | 38 |
| Gambar 3.14 | Diagram alir kapal berlayar tidak sesuai rute.....                   | 39 |
| Gambar 3.15 | Kapal dengan izin hampir habis.....                                  | 40 |
| Gambar 3.16 | Diagram alir kapal dengan izin hampir habis.....                     | 41 |
| Gambar 3.17 | Overcapacity / overfishing.....                                      | 42 |
| Gambar 3.18 | Kapal berputar-putar di lokasi yang sama.....                        | 43 |
| Gambar 3.19 | Tampilan ikon marker kapal.....                                      | 43 |
| Gambar 4.1  | Ilustrasi implementasi sistem .....                                  | 47 |
| Gambar 4.2  | Data yang didapatkan klien pada cluster kapal .....                  | 48 |
| Gambar 4.3  | Data yang ditampilkan ketika jumlah kapal sedikit .....              | 48 |
| Gambar 4.4  | Kapal tanpa aktivitas anomali .....                                  | 49 |
| Gambar 4.5  | Kapal dengan aktivitas anomali .....                                 | 49 |
| Gambar 4.6  | Target uji coba kapal berdiam .....                                  | 50 |
| Gambar 4.7  | Status dari kapal target.....  | 51 |
| Gambar 4.8  | Target uji coba pelaku aktivitas anomali. ....                       | 52 |
| Gambar 4.9  | <i>Record</i> pada tabel ‘warning’.....                              | 52 |
| Gambar 4.10 | Target sebelum uji coba dilakukan .....                              | 53 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.11 <i>Record</i> kapal target .....                          | 54 |
| Gambar 4.12 Hasil dan deskripsi .....                                 | 54 |
| Gambar 4.13 Target setelah uji coba dilakukan .....                   | 55 |
| Gambar 4.14 Target pada tabel ‘warning’ .....                         | 55 |
| Gambar 4.15 Hasil dari kueri .....                                    | 56 |
| Gambar 4.16 Target sebelum uji coba dilakukan .....                   | 57 |
| Gambar 4.17 Hasil target melakukan aktivitas anomali .....            | 58 |
| Gambar 4.18 Target setelah uji coba dilakukan .....                   | 58 |
| Gambar 4.19 Target pada tabel ‘warning’ .....                         | 59 |
| Gambar 4.20 Kapal target tanpa SLO .....                              | 59 |
| Gambar 4.21 Kapal terdeteksi tanpa surat laik operasi .....           | 60 |
| Gambar 4.22 Kapal target tanpa SLO pada peta .....                    | 60 |
| Gambar 4.23 Kapal target uji coba tanpa SIPI .....                    | 61 |
| Gambar 4.24 Kapal terdeteksi tanpa SIPI .....                         | 61 |
| Gambar 4.25 Kapal tanpa surat izin terdeteksi .....                   | 62 |
| Gambar 4.26 Area larangan penangkapan ikan .....                      | 63 |
| Gambar 4.27 Kapal target terdeteksi melakukan aktivitas anomali ..... | 63 |
| Gambar 4.28 Kapal yang berada dalam area terlarang .....              | 63 |
| Gambar 4.29 Kapal berkerumun .....                                    | 64 |



## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi Web Server .....       | 22 |
| Tabel 3.2 Struktur tabel 'warning' .....     | 23 |
| Tabel 3.3 Struktur tabel 'anomalies' .....   | 24 |
| Tabel 3.4 Isi record tabel 'anomalies' ..... | 24 |
| Tabel 3.5 Struktur tabel 'sipi' .....        | 25 |
| Tabel 3.6 Struktur tabel 'slo' .....         | 26 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR KODE

|  |    |
|--|----|
| Kode 2.1 Perhitungan dua titik di bumi pada Google Map API ..... | 17 |
| Kode 3.1 Inisiasi peta dengan Google Map API .....               | 44 |
| Kode 3.2 Mendapatkan viewport .....                              | 45 |
| Kode 3.3 Menampilkan kapal berdasarkan viewport .....            | 45 |
| Kode 4.1 Kueri menghitung record kapal tertentu .....            | 53 |
| Kode 4.2 Kueri mencari kapal besar .....                         | 56 |
| Kode 4.3 Menghitung jarak kapal dengan port .....                | 57 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# TABLE OF CONTENTS

|   |          |
|---|----------|
| <b>ABSTRAK</b>                                  | i        |
| <b>ABSTRACT</b>                                 | iii      |
| <b>FOREWORD</b>                                 | v        |
| <b>TABLE OF CONTENTS</b>                        | vii      |
| <b>ILLUSTRATIONS</b>                            | xi       |
| <b>TABLES</b>                                   | xiii     |
| <b>CODES</b>                                    | xv       |
| <br>  |          |
| <b>1 INTRODUCTION</b>                           | <b>1</b> |
| 1.1 Research Background.....                    | 1        |
| 1.2 Problems .....                              | 2        |
| 1.3 Objectives .....                            | 2        |
| 1.4 Boundary of Problems .....                  | 2        |
| 1.5 Writing Method .....                        | 3        |
| 1.6 Relevance.....                              | 3        |
| <br>  |          |
| <b>2 THEORITICAL FOUNDATION</b>                 | <b>5</b> |
| 2.1 Fishing Ship Management System.....         | 5        |
| 2.1.1 Ship is entering no-fishing zone.....     | 6        |
| 2.1.2 Ship license is about to expired.....     | 8        |
| 2.1.3 Ship is not sailing in proper route.....  | 9        |
| 2.1.4 AIS is missing from sight.....            | 9        |
| 2.1.5 Ship without SLO.....                     | 10       |
| 2.1.6 Other anomaly activities.....             | 11       |
| 2.2 Automatic Identification System (AIS) ..... | 11       |
| 2.3 Relational database.....                    | 13       |
| 2.3.1 Query language.....                       | 13       |
| 2.3.2 Schema and data type.....                 | 14       |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.3.3    | ACID theory.....                             | 14        |
| 2.4      | Geographic Information System (GIS).....     | 15        |
| 2.4.1    | Haversine formula.....                       | 16        |
| 2.4.2    | Google Map.....                              | 17        |
| 2.5      | MVC design.....                              | 17        |
| 2.6      | REST architecture.....                       | 18        |
| <b>3</b> | <b>DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SYSTEM</b>   | <b>21</b> |
| 3.1      | Methodology.....                             | 21        |
| 3.2      | Database specification.....                  | 22        |
| 3.3      | Handling ships data.....                     | 26        |
| 3.3.1    | API design.....                              | 26        |
| 3.4      | Pattern definition.....                      | 27        |
| 3.4.1    | Bigger ship surrounded by smaller ships..... | 27        |
| 3.4.2    | Ship is staying in a location for days.....  | 29        |
| 3.4.3    | Ship is missing from sight .....             | 31        |
| 3.4.4    | Ship is entering no-fishing zone .....       | 33        |
| 3.4.5    | Ship without SLO .....                       | 36        |
| 3.4.6    | Ship is not sailing in proper route .....    | 38        |
| 3.4.7    | Ship license is about to expired.....        | 40        |
| 3.4.8    | Overcapacity / Overfishing .....             | 42        |
| 3.4.9    | Ship is wandering in particular area.....    | 42        |
| 3.5      | Ship visualization.....                      | 43        |
| 3.5.1    | Map initialization.....                      | 44        |
| 3.5.2    | Displaying ships on the map.....             | 45        |
| <b>4</b> | <b>EXPERIMENTATION AND ANALYSIS</b>          | <b>47</b> |
| 4.1      | System implementation.....                   | 47        |
| 4.2      | Anomaly testing.....                         | 50        |
| 4.2.1    | Ship is staying in a location for days ..... | 50        |
| 4.2.2    | AIS is missing from sight .....              | 53        |
| 4.2.3    | Bigger ship surrounded by smaller ships..... | 56        |
| 4.2.4    | Ship is not sailing in proper route .....    | 57        |
| 4.2.5    | Ship without SLO .....                       | 59        |
| 4.2.6    | Ship license is about to expired.....        | 61        |
| 4.2.7    | Ship is entering no-fishing zone .....       | 62        |
| 4.2.8    | Overcapacity / Overfishing .....             | 63        |

|          |                     |    |
|----------|---------------------|----|
| <b>5</b> | <b>CLOSING</b>      | 67 |
| 5.1      | Conclusion.....     | 67 |
| 5.2      | Suggestions.....    | 67 |
|          | <b>BIBLIOGRAPHY</b> | 69 |
|          | <b>BIOGRAPHY</b>    | 71 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah negara kepulauan dengan wilayah perairan yang sangat luas sehingga pengawasan secara konvensional kurang efektif untuk menjaga kekayaan alam lautan Indonesia. Biaya operasional untuk melakukan patroli di perairan tidak murah, sehingga diperlukan usaha yang lebih efektif untuk melakukan pengawasan di laut. Penelitian yang memanfaatkan pengawasan perairan dari jarak jauh telah dilakukan sebagai usaha untuk mengatasi masalah kemaritiman di Indonesia, diantaranya adalah aktivitas ilegal oleh kapal yang sedang beroperasi di Indonesia.

Sistem pemantau aktivitas ilegal memperoleh informasi kapal dari sistem penerima data *Automatic Identification System* (AIS) yang tersebar di area pesisir kemudian menampilkannya menjadi visualisasi yang dapat dipahami oleh penggunanya. Data yang terdapat pada sistem terdiri dari data kapal dari AIS dan data tentang pelabuhan. Data yang berasal dari AIS berisi informasi umum kapal, rute, lokasi, dan navigasi kapal. Sedangkan data pelabuhan berisi nama pelabuhan, negara, kode, dan lokasi pelabuhan. Seluruh data ini diolah oleh sistem lalu ditampilkan menjadi bentuk visualisasi yang dapat dipahami oleh penggunanya dan untuk mengaksesnya tidak terbatas oleh sistem operasi tertentu karena sudah ada aplikasi basis data berbasis website untuk keperluan pemantauan ini. Dengan adanya sistem ini, dapat diketahui apakah kapal memiliki izin atau tidak untuk beroperasi di perairan Indonesia. Meskipun demikian, ancaman perdagangan sumber daya laut secara ilegal masih dapat terjadi oleh kapal-kapal yang telah memiliki legalitas untuk beroperasi di perairan Indonesia. Berdasarkan visualisasi dari sistem ini, belum ada fitur analisa untuk membedakan kapal-kapal yang beroperasi secara wajar dan yang mencurigakan.

Untuk menentukan kapal-kapal yang patut dicurigai melalui sistem dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti melakukan pengawasan terhadap rute pergerakan kapal yang tidak sesuai dengan jalur yang sudah ditentukan. Selain itu juga dapat diketahui dari lamanya kapal melepas jangkar di tengah laut. Dengan demikian sistem

pemantauan mendapatkan informasi lebih awal sehingga penanganan terhadap kapal-kapal yang diduga melakukan kegiatan ilegal dapat dilakukan dengan lebih efisien karena perilaku serta posisi kapal yang dimaksud sudah diketahui tanpa harus mengawasi dari dekat.

## **1.2 Permasalahan**

Informasi yang diperoleh berdasarkan AIS dari kapal-kapal yang beroperasi di perairan Indonesia belum bisa mendeteksi tindakan tidak wajar dari kapal. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan fungsi pemantauan sistem agar dapat menentukan kapal mana saja yang melakukan aktivitas anomali serta menampilkannya kepada pengguna.

## **1.3 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan serta menampilkan kapal-kapal dengan aktivitas anomali berdasarkan analisa data dari AIS.

## **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah anomali kapal berdasarkan undang-undang atau peraturan lainnya yang berlaku di Indonesia.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Laporan Tugas Akhir ini disusun dalam sistematika yang terstruktur sehingga mudah dipahami dan dipelajari oleh pembaca penelitian ini. Alur sistematika laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

### **1. BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi uraian latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan sistematika laporan serta relevansi penelitian.

## 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang uraian secara sistematis teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan pada penelitian. Teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian mencakup informasi terkait perkembangan dunia kemaritiman di Indonesia, sistem pemantauan kapal, serta teori-teori penunjang lainnya.

## 3. BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait perancangan produk aplikasi yang dibuat. Pemaparan pada bab ini juga didukung oleh ilustrasi-ilustrasi agar pembaca dapat memahami jalan pikiran penulis dalam penelitian ini.

## 4. BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini memaparkan pengujian yang dilakukan terhadap produk hasil penelitian dan menganalisa keandalan sistem. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan juga dikupas dalam bab ini. Penulisan bab ini ditujukan untuk memudahkan peneliti selanjutnya ketika akan mengembangkan riset ini lebih jauh, sekaligus sebagai referensi.

## 5. BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk pengembangan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

### **1.6 Relevansi**

Penelitian mengenai pemantauan kapal dengan memanfaatkan data dari AIS sudah pernah dilakukan sebelumnya. Data kapal yang telah diolah menjadi visualisasi spasial pada penelitian sebelumnya tersebut ditambahkan fitur analisa agar pengguna dapat memahami kapal-kapal dengan aktivitas yang mencurigakan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Pemantauan Kapal Perikanan**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki 13.466 pulau terdaftar dan berkoordinat yang sudah dilaporkan kepada Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB). Panjang pantai Indonesia mencapai 95.181 km dengan luas wilayah laut 5,4 juta km<sup>2</sup>, mendominasi total luas teritorial Indonesia sebesar 7,1 juta km<sup>2</sup>. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara yang dikaruniai sumber daya kelautan yang melimpah. Upaya yang dilakukan pemerintah untuk menjaga kekayaan laut adalah dengan membuat beberapa peraturan dalam rangka mencegah serta menindak para pelanggar dan mewajibkan adanya suatu sistem yang dapat membantu pengawasan kegiatan di perairan Indonesia.

Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan menerapkan Sistem Pemantauan Kapal Perikanan (SPKP) pada kapal perikanan yang beroperasi di wilayah pengelolaan perikanan negara Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 42 tahun 2015 menyatakan bahwa yang dimaksud dengan sistem pemantauan kapal perikanan adalah salah satu sistem pengawasan kapal perikanan dengan menggunakan peralatan yang telah ditentukan untuk mengetahui pergerakan dan aktifitas kapal perikanan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 42 tahun 2015 pasal 2 (dua), tujuan penyelenggaraan sistem pemantauan kapal perikanan adalah:

- a. meningkatkan efektivitas pengelolaan perikanan;
- b. meningkatkan ketaatan kapal perikanan yang melakukan kegiatan penangkapan ikan dan/atau pengangkutan ikan terhadap ketentuan peraturan perundang-undangan;
- c. memperoleh data dan informasi tentang kegiatan kapal perikanan dalam rangka pengelolaan perikanan secara bertanggung jawab dan berkelanjutan; dan
- d. meningkatkan pelaksanaan penegakan hukum di bidang perikanan.

Setiap pengguna sistem pemantauan kapal perikanan wajib memiliki surat keterangan aktivasi transmitter (SKAT) yang menunjukkan bahwa kapal penangkap ikan dapat dipantau oleh Pusat Pemantauan Kapal

Perikanan dalam rangka SPKP. Menurut Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 10/PERMEN-KP/2013 Tentang Sistem Pemantauan Kapal Perikanan, pusat pemantauan kapal perikanan adalah tempat beserta segala sarana dan fasilitas yang ada untuk melakukan pemantauan kapal perikanan yang telah memasang transmitter online. Pusat pemantauan kapal perikanan berada di Kementerian Kelautan dan Perikanan Jakarta, dengan 2 (dua) kantor regional di Batam dan Ambon.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor PER.30/MEN/2012 Tentang Usaha Perikanan Tangkap Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia Pasal 11, setiap orang yang melakukan usaha perikanan tangkap di laut lepas wajib memiliki izin usaha perikanan tangkap yang diterbitkan oleh Direktur Jenderal. Izin usaha perikanan tangkap yang dimaksud meliputi:

- izin usaha perikanan yang diterbitkan dalam bentuk SIUP
- izin penangkapan ikan yang diterbitkan dalam bentuk SIPI
- izin kapal pengangkut ikan yang diterbitkan dalam bentuk SIKPI

Pengguna SPKP diharuskan membawa SIPI, SIKPI, dan SKAT yang asli serta transmitter harus diaktifkan terus menerus ketika melakukan kegiatan perikanan.

Peraturan menteri kelautan dan perikanan didukung oleh Undang-Undang yang secara konstitusi memiliki hierarki hukum yang lebih tinggi. Sanksi hukum pidana dan/atau perdata sebagai akibat dari pelanggaran aktivitas kegiatan perikanan di zona laut Republik Indonesia diatur dalam Undang-Undang Nomor 45 Tahun 2009 dan Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004, sedangkan aturan-aturan teknis serta sanksi administratif yang lebih detail diatur dalam Peraturan Menteri.

Direktur Jendral Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan berwenang memberikan rekomendasi untuk menjatuhkan sanksi administratif terhadap kapal yang melanggar peraturan.

## **2.2 Aktivitas Anomali**

Kamus Besar Bahasa Indonesia edisi daring[1] menyebutkan beberapa versi dari definisi kata anomali. Berdasarkan sudut pandang bahasa, anomali adalah kata benda yang memiliki arti ketidaknormalan; penyimpangan dari normal; kelainan. Berdasarkan sudut pandang teknik, anomali adalah penyimpangan dari keseragaman sifat fisik, sering menjadi perhatian eksplorasi. Definisi anomali yang tepat untuk penelitian ini adalah

pola pada data yang tidak sesuai dengan perilaku normal[2]. Berdasarkan acuan tersebut, penelitian untuk mendeteksi anomali umumnya menggunakan salah satu dari tiga tipe anomali, yaitu: anomali poin, anomali kontekstual, dan anomali kolektif. Tipe anomali yang tepat untuk penelitian ini adalah anomali kontekstual karena untuk menggolongkan setiap anomali dari suatu aktivitas dipengaruhi oleh adanya konteks tertentu. Tipe anomali kontekstual dibagi berdasarkan dua atribut :

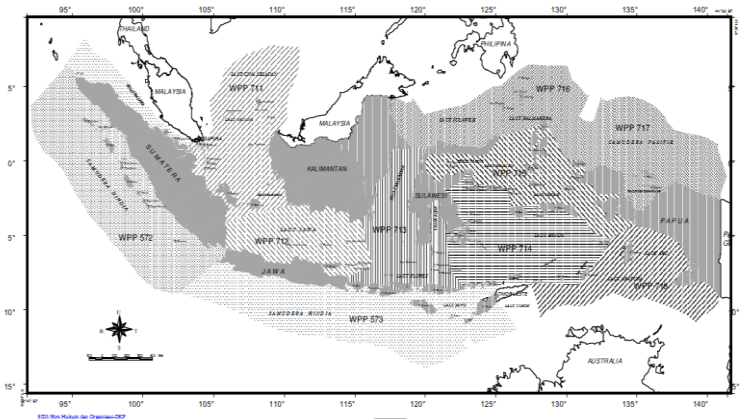
- atribut kontekstual : digunakan untuk mendeteksi anomali berdasarkan konteks dari suatu kejadian. Contohnya, menggunakan posisi *latitude* dan *longitude* untuk mendapatkan kapal yang melakukan suatu aktivitas anomali
- atribut perilaku : digunakan untuk mendeteksi anomali yang bukan berdasarkan dari suatu konteks, namun perilaku dari suatu kejadian. Contohnya, menggunakan pola pergerakan kapal untuk mendapatkan aktivitas anomali.

Pada sub-bab berikut, setiap anomali dijabarkan berdasarkan atribut yang dimiliki, serta diberikan pula contoh-contoh aktivitas wajar yang menyebabkan suatu kejadian tidak masuk ke dalam kategori anomali. Beberapa aktivitas anomali kapal dalam cakupan penelitian ini adalah sebagai berikut[3]:

### **2.2.1 Kapal memasuki area terlarang untuk menangkap ikan**

Wilayah perairan Republik Indonesia terbagi menjadi 11 (sebelas) wilayah pengelolaan perikanan. Setiap kapal penangkap ikan diizinkan melakukan kegiatan penangkapan ikan pada wilayah yang sesuai dengan lokasi yang tercantum pada SIPI masing-masing kapal tersebut. Hal ini diatur oleh pemerintah Republik Indonesia melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor PER.01/MEN/2009 Tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia. Pembagian wilayah pengelolaan perikanan sesuai peraturan menteri tersebut ditunjukkan oleh gambar 2.1.

**PETA WILAYAH PENGELOLAAN PERIKANAN REPUBLIK INDONESIA**

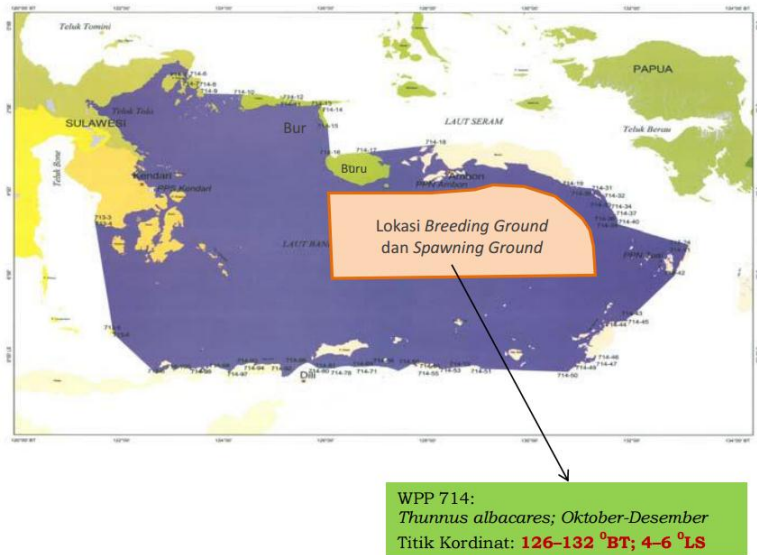


**Gambar 2.1** Peta wilayah pengelolaan perikanan Republik Indonesia[4]

Namun, Menteri Kelautan dan Perikanan telah menerbitkan larangan aktivitas penangkapan ikan pada wilayah tertentu di laut Banda atau Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 714. Wilayah yang dimaksud berada pada koordinat 126-132° bujur timur dan 4-6° lintang selatan karena wilayah tersebut adalah lokasi daerah pemijahan (*breeding ground*) dan daerah bertelur (*spawning ground*) ikan tuna sirip kuning.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 4/PERMEN-KP/2015 Tentang Larangan Penangkapan Ikan Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 714 yang dirilis pada Januari 2015, pada Pasal 2 telah disebutkan larangan penangkapan ikan pada wilayah yang dimaksud. Wilayah yang dilarang untuk melakukan penangkapan ikan ditunjukkan pada gambar 2.2.





**Gambar 2.2** Wilayah larangan penangkapan ikan pada WPP 714[4]

Kapal penangkap ikan yang melakukan kegiatan penangkapan ikan secara wajar di wilayahnya masing-masing sesuai dengan izin yang dimiliki dapat terdeteksi melakukan aktivitas anomali tanpa maksud melakukan pelanggaran hukum yang diakibatkan beberapa penyebab, seperti kerusakan mesin, kesalahan sistem navigasi, dan penyebab lainnya. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut kontekstual yakni posisi *latitude* dan *longitude* dari wilayah larangan penangkapan ikan.

### 2.2.2 Kapal dengan ijin berlayar hampir habis

Setiap kapal yang berlayar untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan harus memiliki kelengkapan berupa surat-surat izin yang dibawa pada saat melaut. Surat Izin Penangkapan Ikan (SIPI) adalah izin tertulis yang harus dimiliki setiap kapal perikanan untuk melakukan penangkapan ikan. Informasi terkait kapal dan daerah penangkapan pada SIPI digunakan sebagai basis data SPKP. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 42/PERMEN-KP/2015 tentang Sistem Pemantauan Kapal Perikanan Pasal 6 ayat 1a menyatakan bahwa Direktur

Jenderal Perikanan Tangkap dalam penyelenggaraan SPKP mempunyai tugas menyampaikan kepada Direktur Jenderal tentang data SIPI dan SIKPI untuk digunakan sebagai basis data SPKP.

SIPI berlaku selama 1 (satu) tahun sesuai dengan Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor PER.30/MEN/2012 Tentang Usaha Perikanan Tangkap Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia Pasal 13. Perpanjangan SIPI dapat diajukan 3 (tiga) bulan sebelum masa berlaku SIPI berakhir sebagaimana disebutkan pada Pasal 50 ayat 1, kemudian SIPI perpanjangan diterbitkan oleh Direktur Jenderal paling lambat 2 (dua) hari kerja setelah tanda bukti pembayaran diterima. Penggantian SIPI dapat diajukan apabila SIPI asli rusak atau hilang. Prosedur penggantian SIPI diatur dalam Pasal 54. Apabila SIPI yang kadaluarsa belum diperpanjang masa berlakunya hingga 1 (satu) bulan sejak masa berlaku SIPI tersebut berakhir, maka ketentuan yang berlaku sama seperti mengurus SIPI baru sesuai dengan Pasal 51 ayat 13.

Kapal penangkap ikan yang melakukan kegiatan penangkapan ikan secara wajar dapat terdeteksi melakukan aktivitas anomali apabila basis data belum melakukan pembaruan terhadap data kapal tersebut. Skenario ini tidak terjadi dalam penelitian ini karena tabel yang digunakan untuk menyimpan surat izin kapal tidak diakses langsung dari Kementerian Kelautan dan Perikanan. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut kontekstual yakni data kapal yang diwakili oleh MSS1 pada tabel yang menyimpan informasi perizinan.

### **2.2.3 Kapal berlayar tidak sesuai rute yang direncanakan**

Kapal penangkap ikan memiliki wilayah tangkapan beserta pelabuhan pangkalan sesuai yang tertera pada SIPI masing-masing kapal. Definisi dari pelabuhan pangkalan menurut Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor PER.30/MEN/2012 Tentang Usaha Perikanan Tangkap Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia Pasal 1 adalah pelabuhan perikanan atau pelabuhan umum sebagai tempat kapal perikanan bersandar, berlabuh, bongkar muat ikan, dan/atau mengisi perbekalan yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang perikanan. Dengan adanya pelabuhan pangkalan yang ditetapkan tersebut, maka kapal dilarang memindahkan ikan hasil tangkapan di lokasi pelabuhan selain yang tertulis dalam SIPI atau SIKPI. Peraturan tersebut juga tidak mengizinkan kapal untuk berlabuh di pelabuhan lain. Sehingga apabila kapal melakukan kegiatan di pelabuhan selain pelabuhan pangkalan sebagaimana yang tertulis pada SIPI, maka

kapal tersebut telah melakukan pelanggaran aturan. Kewajiban untuk mendaratkan hasil tangkapan di pelabuhan pangkalan dipertegas pada Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 57/PERMEN-KP/2014 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Nomor Per.30/MEN/2012 Tentang Usaha Perikanan Tangkap Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia Pasal 37 ayat 6 yang berbunyi: Setiap kapal penangkap ikan dan kapal pengangkut ikan wajib mendaratkan ikan hasil tangkapan di pelabuhan pangkalan sebagaimana tercantum dalam SIPI atau SIKPI.

Kapal dapat terdeteksi melakukan aktivitas anomali apabila kapal tersebut tidak bergerak menuju pelabuhan pangkalannya tanpa bermaksud melakukan pelanggaran hukum karena berbagai sebab, seperti kesalahan navigasi, kerusakan mesin, dan sebagainya. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut perilaku berupa perbedaan jarak dari posisi kapal terhadap pelabuhan pangkalannya.

#### **2.2.4 AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan**

Setiap pemilik kapal yang mengoperasikan kapal perikanan di wilayah perairan Republik Indonesia diwajibkan mengaktifkan transmitter agar dapat dipantau oleh Pusat Pemantauan Kapal Perikanan. Ketentuan ini telah diatur dalam Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 42/PERMEN-KP/2015 tentang Sistem Pemantauan Kapal Perikanan menggantikan peraturan menteri yang sebelumnya berlaku, yakni Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 10/PERMEN-KP/2013 tentang Sistem Pemantauan Kapal Perikanan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 42/PERMEN-KP/2015 Pasal 12, setiap kapal yang beroperasi di wilayah pengelolaan perikanan Republik Indonesia dan berukuran lebih dari 30 GT (gross-tonnage), maka wajib memasang alat transmitter Sistem Pemantauan Kapal Perikanan (SPKP) pada kapal yang digunakan. Setelah tahap pemasangan, transmitter tersebut harus diaktifkan dan dapat dipantau oleh Pusat Pemantauan Kapal Perikanan. Pada Pasal 8 ayat 2d disebutkan bahwa salah satu syarat transmitter SPKP adalah dapat mengirim data posisi kapal setiap 1 (satu) jam sekali secara terus menerus.

Bukti bahwa transmitter sudah terpasang dinyatakan dengan Surat Keterangan Aktivasi Transmitter (SKAT), yaitu dokumen tertulis yang menyatakan bahwa transmitter SPKP pada kapal perikanan tertentu telah dipasang, diaktifkan dan dapat dipantau pada Pusat Pemantauan Kapal Perikanan. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia

Nomor 42/PERMEN-KP/2015 Pasal 16 menyebutkan bahwa SKAT diterbitkan oleh Direktur Pemantauan dan Peningkatan Infrastruktur dan berlaku selama satu tahun.

Menurut Pasal 22 ayat 2, pengguna SPKP wajib mengaktifkan transmiter SPKP secara terus menerus. Sehingga, apabila kapal tidak terpantau oleh Pusat Pemantauan Kapal Perikanan selama lebih dari satu jam, maka kapal tersebut telah melakukan pelanggaran hukum.

Kapal dapat terdeteksi melakukan aktivitas anomali apabila kapal tersebut tidak mengirimkan informasi dalam interval tertentu meskipun tidak ada unsur sabotase pada transmiter. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut perilaku untuk mendapatkan pola yang hilang dari pengiriman informasi dari transmiter.

### **2.2.5 Kapal tanpa Surat Laik Operasi**

Pemerintah Republik Indonesia menginginkan agar setiap kapal yang melakukan kegiatan perikanan di zona perairan Republik Indonesia layak beroperasi. Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 45/PERMEN-KP/2014 tentang Surat Laik Operasi Kapal Perikanan mengatur bagaimana kriteria kapal yang layak beroperasi dari beberapa faktor seperti kapal serta kru yang bertugas. Peraturan ini menggantikan peraturan yang sebelumnya berlaku yaitu Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor PER.07/MEN/2010 tentang Surat Laik Operasi Kapal Perikanan.

Maksud ditetapkannya Peraturan Menteri ini adalah sebagai acuan bagi Pengawas Perikanan, Nakhoda, Pemilik, Operator Kapal Perikanan dan Penanggung Jawab Perusahaan Perikanan dalam rangka penerbitan Surat Laik Operasi (SLO). Setiap kapal perikanan yang akan melakukan kegiatan perikanan wajib memiliki SLO yang diterbitkan oleh Pengawas Perikanan tanpa dikenai biaya dan syarat untuk mengurus SLO dibutuhkan SIPI dan SKAT untuk kapal penangkap ikan dengan ukuran di atas 30 (tiga puluh) GT.

Masa berlaku SLO diatur dalam Pasal 18. SLO digunakan hanya untuk 1 (satu) kali operasional kegiatan perikanan dan hanya berlaku selama 2 x 24 jam sejak tanggal diterbitkan. Sedangkan untuk kapal nelayan kecil dengan kriteria memiliki ukuran paling besar 5 (lima) GT, maka SLO berlaku paling lama 7 (tujuh) hari sejak diterbitkan.

Kapal penangkap ikan dapat terdeteksi melakukan aktivitas anomali apabila basis data belum melakukan pembaruan terhadap data kapal tersebut. Skenario ini tidak terjadi dalam penelitian ini karena tabel yang

digunakan untuk menyimpan surat laik operasi tidak diakses langsung dari Kementerian Kelautan dan Perikanan. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut kontekstual yakni data kapal yang diwakili oleh MSSI pada tabel yang menyimpan informasi perizinan.

### 2.2.6 Aktivitas anomali lainnya

Aktivitas lain yang dikategorikan sebagai anomali diantaranya adalah sebagai berikut:

- **Kapal berputar-putar di lokasi yang sama** : suatu keadaan dimana kapal bergerak dalam radius kurang dari 10 kilometer dari posisi awalnya. Kapal penangkap ikan dapat terdeteksi melakukan aktivitas anomali apabila kapal berada dalam radius tertentu pada suatu lokasi. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut perilaku dengan cara menghitung jarak rata-rata pergerakan kapal dalam kurun waktu yang ditentukan.
- **Overcapacity dan overfishing** : terdapat banyak kapal yang berkerumun pada saat yang sama dalam suatu WPP. Kapal penangkap ikan dapat terdeteksi melakukan aktivitas anomali ini meskipun memiliki legalitas untuk menangkap ikan pada suatu lokasi. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut perilaku dengan cara menghitung kapal yang berkerumun dalam suatu WPP.
- **Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil** : kapal besar yang sedang melaut namun terdapat beberapa kapal kecil di sekitarnya yang saling berdekatan. Kriteria kapal besar adalah kapal-kapal yang memiliki panjang lebih dari 150 meter atau lebar lebih dari 50 meter atau berukuran lebih dari 30 GT (*Gross-Tonnage*), sedangkan kapal kecil adalah kapal-kapal yang berukuran antara 5 GT hingga 30 GT. Kriteria tersebut disesuaikan dengan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 42/PERMEN-KP/2015 tentang Sistem Pemantauan Kapal Perikanan. Pelanggaran hukum dengan pola ini adalah perdagangan hasil tangkapan atau bahan bakar secara ilegal. Anomali ini hanya berlaku bagi kapal-kapal yang tidak berada di sekitar pelabuhan. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut perilaku dengan cara menghitung kapal yang berdekatan di tengah laut.
- **Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari** : posisi kapal tidak berubah atau hanya bergeser sedikit dari suatu lokasi dalam jangka waktu beberapa hari. Kapal penangkap ikan dapat

terdeteksi melakukan aktivitas anomali ini karena faktor kerusakan mesin dan hal lainnya yang bersifat teknis. Kapal yang berdiam selama beberapa hari di pelabuhan tidak dikategorikan melakukan aktivitas anomali. Uji coba untuk menentukan anomali ini menggunakan atribut perilaku yakni pergerakan kapal dalam kurun waktu yang ditentukan.

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

Setiap pengguna sistem pemantauan kapal perikanan yang telah memiliki surat keterangan aktivasi transmiter tentunya telah memasang AIS pada kapal perikanan yang digunakan. pelacakan

AIS merupakan suatu sistem otomatis yang digunakan pada kapal untuk keperluan identifikasi sekaligus pemantauan posisi kapal melalui pertukaran data dengan kapal lain di dekatnya, BTS AIS, dan satelit. AIS memanfaatkan gelombang radio pada kisaran *Very High Frequency (VHF)* untuk mengirimkan paket data. Perangkat AIS yang beredar telah mendapat sertifikasi dari ITU, IEC, IALA, dan IMO[5].

Berdasarkan kelasnya, AIS dibagi menjadi dua; kelas A dan kelas B. Produk AIS yang digunakan pada penelitian ini merupakan AIS kelas B yang memiliki jangkauan sejauh 20 mil atau sekitar 60 kilometer. Informasi yang dikirimkan oleh AIS kelas B dibagi menjadi informasi statis dan informasi dinamis[5][6].

Informasi statis adalah informasi yang berhubungan dengan identitas kapal. Informasi ini sangat jarang mengalami perubahan. Informasi statis pada AIS kelas B meliputi:

- MMSI (*Maritime Mobile Service Identity*) : terdiri dari 9 digit nomor yang berfungsi sebagai pengenalan unik untuk setiap kapal. Tiga digit pertama pada MSSI kapal merupakan representasi dari negara dimana kapal tersebut terdaftar. Pemberian MMSI diatur oleh ITU[7]
- Nama Kapal : maksimal 20 karakter
- *Call sign* : terdiri dari 7 karakter
- Tipe kapal : berhubungan dengan jenis atau kargo kapal
- Dimensi kapal : meliputi panjang, lebar, dan *gross-tonnage* kapal

Informasi dinamis adalah informasi yang berhubungan dengan perjalanan kapal. Informasi ini dapat berubah sewaktu-waktu. Informasi dinamis pada AIS kelas B meliputi:

- Posisi kapal
- COG (*Course Over Ground*)
- SOG (*Speed Over Ground*)
- True Heading

Status navigasi yang dikirimkan direpresentasikan dengan angka.

Beberapa status yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

0 = *under way using engine* (dalam perjalanan dengan mesin menyala)

1 = *at anchor* (menurunkan jangkar)

2 = *not under command* (tidak bergerak sesuai kendali)

3 = *restricted maneuverability* (tidak dapat berpindah jalur)

4 = *constrained by her draught* (gerakan terbatas)

5 = *moored* (ditambat)

6 = *aground* (terdampar)

7 = *engaged in fishing* (sedang menebar jaring)

8 = *under way sailing* (dalam perjalanan dengan mesin dimatikan)

## 2.4 Basis Data Relasional

Basis data merupakan kumpulan dari data yang disusun berdasarkan aturan tertentu. Sedangkan sistem yang mengatur data yang tersimpan, transaksi, dan segala hal yang berhubungan dengan basis data tersebut adalah sistem manajemen basis data. Basis data relasioanal sudah ada sejak tahun 1970-an untuk mengelola data yang beredar pada saat itu. Saat ini pengembangan basis data SQL terus berlanjut dengan dua tipe pengembangan yaitu berbayar (Oracle, MSSQL) dan *open source* (MySQL, PostgreSQL, SQLite). Bahasa yang digunakan untuk melakukan proses kueri pada basis data relasional adalah SQL (*Structured Query Language*).

Data pada basis data relasional direpresentasikan oleh tabel. Sebuah tabel terdiri dari kolom dan baris, serta memiliki tipe data tersendiri pada setiap kolomnya. Kolom pada tabel merupakan *field* dari data sedangkan baris pada tabel merupakan nilai dari *field*. Sebuah tabel memiliki *primary key* yang nilainya unik sebagai identitas utama dari tabel tersebut. Karena bersifat unik, nilai dari *primary key* tidak boleh sama antara data satu dengan yang lainnya. Selain itu, antara satu tabel dengan tabel yang lain juga dapat dihubungkan dengan menggunakan *primary key* dari masing-masing tabel.

### 2.4.1 Jenis Bahasa

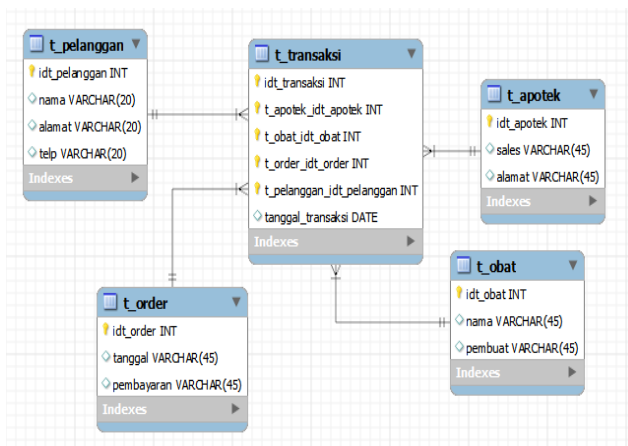
Berdasarkan jenisnya, SQL terbagi menjadi dua yaitu: *Data Definition Language* (DDL) dan *Data Manipulation Language* (DML).

- DDL : perintah atau pernyataan yang digunakan untuk mendefinisikan objek pada basis data. Contoh : *Create* (membuat basis data baru atau tabel baru), *Alter* (mengubah nama tabel atau *field* dari suatu tabel), *Drop* (menghapus tabel secara permanen dari sistem basis data)
- DML : perintah atau pernyataan yang digunakan untuk melakukan manipulasi data dalam basis data. Contoh : *Insert...into...* (memberi masukan data ke dalam suatu tabel), *Update* (mengubah nilai dari *field* dalam sebuah tabel), *Delete* (menghapus nilai dari *field* dalam sebuah tabel), *Select* (memilih *field* tabel untuk ditampilkan)

Beberapa tabel dengan struktur data yang berbeda dapat saling terhubung oleh *foreign key*. Setiap tabel terdiri dari *field* dan *record*, masing-masing pada kolom dan barisnya. Basis data yang berbasis SQL memiliki skema tersendiri untuk menyimpan kumpulan data yang terstruktur dalam sebuah tabel.

### 2.4.2 Skema dan Tipe Data

Basis data relasional terikat pada peraturan tentang skema. Skema adalah sebuah ilustrasi dari objek-objek yang terdapat di dalam basis data serta hubungan antara objek-objek tersebut. Gambar 2.3 di bawah ini adalah contoh diagram entitas dari skema transaksi di sebuah apotek:



**Gambar 2.3** Contoh Skema



Setiap entitas dari skema tersebut merepresentasikan tabel. Berdasarkan gambar 2.3 diatas, setiap entitas dapat mengandung tipe data yang berbeda-beda. Tipe data berfungsi untuk membatasi jenis data yang disimpan dalam suatu field.

### 2.4.3 Teori ACID

Aspek terpenting dari basis data relasional adalah teori ACID

- *Atomicity* : Seluruh transaksi harus selesai atau seluruhnya dibatalkan
- *Consistency* : Memastikan bahwa tidak ada perubahan yang terjadi ketika transaksi telah selesai dilakukan
- *Isolation* : Transaksi yang dilakukan tidak boleh mengganggu transaksi lain yang berlangsung dalam satu waktu yang bersamaan
- *Durability* : Perubahan yang sudah terjadi tidak boleh hilang

## 2.5 Sistem Informasi Geografis (GIS)

Sistem informasi geografis adalah suatu sistem yang melakukan pengolahan pada data yang memiliki informasi spasial. Sistem ini memiliki kemampuan untuk menyimpan, mengelola, dan menampilkan informasi yang memiliki referensi geografis dari basis data. Kegunaan dari sistem informasi geografis diantaranya adalah melakukan penyimpanan data, akuisisi data, manipulasi data, perubahan serta pembaruan data, pertukaran data, analisa data, dan presentasi data. Sistem ini pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1972 dengan nama *Data Banks for Development*. Munculnya istilah Sistem Informasi Geografis seperti sekarang ini setelah dicetuskan oleh General Assembly dari International Geographical Union di Ottawa Kanada pada tahun 1967. Dikembangkan oleh Roger Tomlinson, yang kemudian disebut CGIS (*Canadian GIS-SIG* Kanada), digunakan untuk menyimpan, menganalisa dan mengolah data yang dikumpulkan untuk inventarisasi Tanah Kanada (*CLI-Canadian Land Inventory*) sebuah inisiatif untuk mengetahui kemampuan lahan di wilayah pedesaan Kanada dengan memetakan berbagai informasi pada tanah, pertanian, pariwisata, alam bebas, unggas, dan penggunaan tanah pada skala 1:250000[8].

Terdapat beberapa sistem navigasi yang digunakan oleh beberapa negara yang berbeda. Sistem navigasi yang paling umum digunakan adalah GPS (*Global Positioning System*) yang dikembangkan oleh negara Amerika

Serikat sejak masa perang dunia. Selain GPS, beberapa sistem navigasi lainnya adalah[9] :

- GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) : Sistem penentuan lokasi yang dikembangkan oleh badan antariksa Rusia. GLONASS adalah sistem penentuan posisi yang paling banyak diterapkan pada telepon genggam setelah GPS.
- Galileo : Nama dari sistem ini diilhami oleh astronomer asal Italia yang bernama Galileo Galilei. Sistem Galileo dikembangkan oleh Uni Eropa melalui kerjasama antara Agensi Luar Angkasa Eropa (ESA) dan Agensi GNSS Eropa (GSA), serta bersifat independen dari sistem-sistem yang dikembangkan oleh negara lain termasuk Rusia. Pusat riset Galileo berada di Praha, Republik Ceko. Tujuan dari pengembangan sistem ini adalah sebagai alternatif pencarian posisi yang dapat diandalkan oleh negara-negara Uni Eropa apabila sistem navigasi global yang ada di-non-aktifkan oleh negara-negara operatornya.
- IRNSS (*Indian Regional Navigation Satellite System*) : Sistem ini dikembangkan oleh negara India dan memiliki cakupan regional hingga 1500 kilometer di sekitar India. IRNSS memiliki nama operasional lain yang lebih umum digunakan yaitu NAVIC (Navigation with Indian Constellation).
- BeiDou : Sistem navigasi yang dikembangkan dan dimiliki oleh negara Republik Rakyat Cina. Beroperasi sejak tahun 2000.

### 2.5.1 Rumus Haversine

Rumus Haversine digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik di bumi dengan memperhitungkan jarak lingkaran besar (*great-circle distance*) pada dua titik yang berdasarkan bujur dan lintang. Rumus ini adalah pengembangan dari rumus trigonometri. Bentuk kontur bumi, seperti ketinggian gunung dan kedalaman lembah diabaikan dalam perhitungan, sehingga hanya menghasilkan jarak pada permukaan rata. Rumus ini dianggap lebih akurat dibandingkan perhitungan dengan metode Euclidean untuk diterapkan pada sistem informasi geografis karena perhitungan dengan menggunakan rumus Euclidean lebih tepat digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik pada bidang datar. Rumus Haversine dinyatakan dengan[10]:

$$\begin{aligned}a &= \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2) \\c &= 2 * \operatorname{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \\d &= R * c\end{aligned}$$

keterangan:

- $\Delta\varphi$  = perubahan *latitude* dalam radian  
 $\Delta\lambda$  = perubahan *longitude* dalam radian  
R = rata-rata jari-jari bumi, nilainya 6371 km  
c = sudut antara dua lokasi dalam radian  
d = jarak dalam kilometer

Meskipun demikian, bentuk permukaan bumi bukanlah bola, namun agak melengkung. Rumus Haversine mengabaikan bentuk bumi yang agak melengkung tersebut sehingga terdapat error maksimal hingga 0.3% pada hasil perhitungannya.

### 2.5.2 Google Map

Google Map adalah produk dari perusahaan Google yang memberikan jasa peta global yang dapat diakses secara gratis. Google Map memiliki fitur pencarian tempat dan rute perjalanan antara dua tempat. Selain peta, Google Map juga menawarkan tampilan dari citra satelit. Perusahaan Google membuka kesempatan kepada pengembang untuk menggunakan Google Map API (*application programming interface*) secara gratis untuk mengembangkan aplikasi yang menggunakan fitur Google Map. Perhitungan jarak antara dua titik pada permukaan bumi juga didukung oleh Google Map dengan menggunakan rumus Haversine. Berikut ini adalah rumus yang digunakan Google Map API untuk menghitung jarak menuju suatu lokasi yang sudah ditentukan[11]:

```
3959 * acos(cos(radians(lat0)) * cos(radians(lat1)) *  
cos(radians(lng1) - radians(lng0)) +  
sin(radians(lat0)) * sin(radians(lat1)))
```

#### **Kode 2.1** Perhitungan dua titik di bumi pada Google Map API

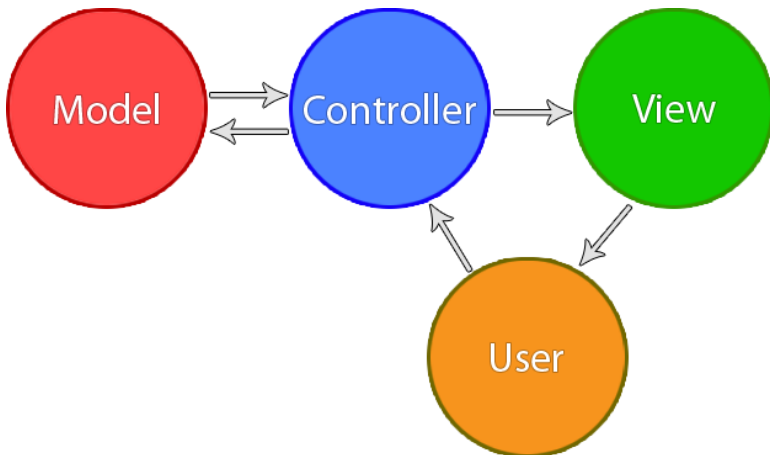
Rumus tersebut mengkonversi latitude dan longitude dari satuan awalnya yaitu derajat menjadi radian. Perubahan dari derajat menjadi radian secara matematis dapat dilakukan dengan cara mengalikan satuan derajat dengan  $\pi$  (sekitar 3,142) lalu membaginya dengan  $180^\circ$ . Angka 3959 pada awal rumus adalah rata-rata jari-jari bumi dalam satuan mil. Hasil dari perhitungan dengan rumus tersebut dinyatakan dalam satuan mil.

## 2.6 Desain MVC

Penerapan MVC memisahkan antara Model – View – Controller. Terdapat tiga komponen utama dari desain MVC, yaitu:

- Model : berisi kueri untuk melakukan pengelolaan basis data seperti memasukkan data ke basis data serta pembaruan data yang diperlukan.
- View : berisi kumpulan file yang bertanggung jawab terhadap tampilan dari web. Pengguna dapat melakukan perubahan pada model dan melihat hasilnya ditampilkan melalui view.
- Controller : berisi metode pemanggilan file yang dibutuhkan untuk view dan model. Satu controller dapat menghubungkan beberapa view sekaligus.

Desain MVC banyak diterapkan pada aplikasi berbasis web. Dengan menggunakan MVC, maka fungsi untuk manipulasi data, antarmuka, dan lainnya dapat dipisahkan.



**Gambar 2.4** Struktur MVC[12]

Secara singkat, manipulasi model dilakukan melalui controller lalu hasil dari manipulasi tersebut ditampilkan melalui view.

## 2.7 Arsitektur REST

*Representational State Transfer* (REST) menggunakan protokol HTTP untuk melayani pertukaran data antara klien dan server. Pertukaran data bersifat *stateless*, yang berarti antara setiap klien dapat melakukan pengolahan *resource* dengan server tanpa saling mengganggu antar satu dengan yang lainnya. Terdapat 4 (empat) jenis perintah yang dapat digunakan untuk pertukaran data:

- GET : mengambil *resource* dari server ke klien. Perintah GET dijalankan ketika klien melakukan klik pada suatu tautan atau mengetik alamat di web browser. Klien menerima *resource* dari server dalam bentuk XML atau JSON serta respon dalam bentuk kode tertentu, seperti 200 (OK), 400 (BAD REQUEST), 404 (NOT FOUND)
- POST : melakukan pembaruan pada *resource* dengan informasi baru. Umumnya digunakan untuk mengirimkan formulir dari klien ke server.
- PUT : membuat *resource* baru pada server yang dilakukan dari sisi klien
- DELETE : menghapus *resource* yang berada di server. Klien memberitahu *resource* mana yang ingin dihapus kepada server dengan URI (*Uniform Resources Identifier*) yang spesifik terhadap suatu *resource*.

REST memiliki 6 (enam) ciri khusus, yaitu[13] :

*Uniform Interface, Stateless, Cacheable, Client-Server, Layered System, Code on Demand*

Hasil yang dikirimkan oleh server berupa format JSON. Namun, server juga dapat mengirimkan hasil dalam format lain seperti:

- XML (*Extensible Markup Language*) : dapat digunakan dengan hampir semua bahasa pemrograman
- CSV (*Comma Separated Values*) : dapat dibuka dengan program pengolah *spreadsheet*
- HTML (*Hypertext Markup Language*) : format dalam bentuk *markup*
- PHP

Dalam penerapannya, REST banyak digunakan pada *web service* yang berorientasi pada *resource*. Selain itu REST juga digunakan untuk pembuatan aplikasi *mobile*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB 3

### DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan analisa berdasarkan data dari AIS. Bab ini membahas hal-hal yang terkait dengan rancangan penelitian dari mulai konsep, diagram alir, hingga pengerjaan.

#### 3.1. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan konsep seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.1 di bawah ini.



**Gambar 3.1** Konsep pengerjaan

Berdasarkan konsep pada gambar 3.1, pengerjaan penelitian ini dibagi menjadi empat tahap.

Pada tahap yang pertama, data dari AIS yang berupa informasi statis dan dinamis didapatkan dan ditambahkan data-data penunjang sesuai kebutuhan penelitian. Data yang berkaitan dengan perizinan serta operasional kapal tidak didapatkan melalui AIS, sehingga perlu dilakukan penambahan lagi secara manual untuk uji coba dengan kapal yang melakukan pelanggaran dalam hal perizinan.

Beberapa aktivitas kapal yang dapat dicurigai sebagai tindakan ilegal adalah sebagai berikut[1]:

- Kapal berputar-putar di lokasi yang sama
- Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari
- Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil
- AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan
- Kapal dengan ijin berlayar hampir habis
- *Overcapacity* dan *overfishing*
- Kapal tanpa Surat Laik Operasi
- Kapal memasuki area terlarang untuk menangkap ikan
- Kapal berlayar tidak sesuai rute yang direncanakan

Kapal-kapal yang terindikasi melakukan aktivitas anomali belum tentu disebabkan karena menjalankan aktivitas ilegal. Penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menggolongkan kapal yang melakukan pelanggaran hukum berdasarkan pola anomali. Namun berdasarkan ciri-ciri kapal seperti yang disebutkan sebelumnya, pengguna perlu mewaspadaai jika melihat ada sampel dari kapal yang melakukan salah satu dari beberapa indikasi anomali tersebut.

Terakhir, sistem pemantauan akan memberitahu pengguna dengan perubahan tampilan apabila terdapat indikasi anomali oleh suatu kapal. Keputusan penindakan dan lainnya tetap menjadi kuasa penuh dari pengguna..

### 3.2. Spesifikasi Basis Data

Data yang digunakan pada penelitian ini sudah tersedia pada basis data yang berasal dari pengumpulan data dari penerima sinyal AIS dan bukan merupakan data hasil *live streaming* dari penerima sinyal AIS. Pengolahan data dilakukan pada server lokal.

Tabel di bawah ini menunjukkan spesifikasi dari server serta perangkat lunak yang digunakan:

**Tabel 3.1** Spesifikasi Web Server

| Komponen       | Spesifikasi    |
|----------------|----------------|
| Web server     | Apache 2.4.17  |
| Database       | 10.1.8-MariaDB |
| PHP            | 5.6.19         |
| Sistem operasi | Windows 7      |

Penelitian ini menggunakan sistem manajemen basis data relasional berbasis SQL (*Structured Query Language*), sehingga diperlukan skema baku untuk melakukan pengolahan data.

Selain menggunakan data yang telah tersimpan pada basis data dari penelitian sebelumnya, terdapat pula beberapa tabel serta data tambahan yang relevan untuk penelitian ini. Beberapa tabel yang dibuat untuk menunjang penelitian ini adalah: ‘warning’, ‘type’, ‘sipi’, ‘slo’.

Dibuat tabel khusus bernama ‘warning’ untuk menampung kapal yang terdeteksi melakukan aktivitas anomali.



**Tabel 3.2** Struktur tabel ‘warning’

| <b>Nama Field</b> | <b>Tipe Data</b> | <b>Default</b>                                   |
|-------------------|------------------|--|
| id                | int(11)          | auto_increment                                   |
| mssi              | int(11)          | null   |
| lat               | float(10,6)      | null   |
| lng               | float(10,6)      | null   |
| type              | int(1)           | null   |
| time              | timestamp        | current_timestamp on update<br>current_timestamp |

Berdasarkan tabel 3.2, tabel ‘warning’ memiliki beberapa *field* sebagai berikut:

- id : memiliki tipe integer dengan panjang data 11 (sebelas) karakter. Kolom ini memiliki *value* dengan format *auto increment*, sehingga nilainya akan bertambah otomatis setiap ada data baru yang masuk.
- mssi : memiliki tipe integer dengan panjang data 11 (sebelas) karakter. Kolom ini berisi MSSI dari kapal-kapal yang terindikasi melakukan aktivitas anomali
- lat : memiliki tipe float dengan panjang data 10 (sepuluh) karakter serta mampu menampung 6 (enam) angka dibelakang koma. Kolom ini berisi posisi latitude / garis lintang dari kapal-kapal yang terindikasi melakukan aktivitas anomali
- lng : memiliki tipe float dengan panjang data 10 (sepuluh) karakter serta mampu menampung 6 (enam) angka dibelakang koma. Kolom ini berisi posisi longitude / garis bujur dari kapal-kapal yang terindikasi melakukan aktivitas anomali
- type : memiliki tipe integer dengan panjang 1 (satu) karakter. Kolom ini berisi angka yang merujuk kepada *field* ‘id’ kategori aktivitas anomali yang terdapat pada tabel ‘anomalies’
- time : memiliki tipe timestamp dengan format ‘tahun-bulan-tanggal jam:menit:detik’. *Value* dari *field* ini adalah waktu pada saat kapal terdeteksi melakukan aktivitas anomali.

Dibuat pula sebuah tabel bernama ‘anomalies’ yang khusus digunakan untuk menyimpan jenis-jenis aktivitas anomali yang digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 3.3** Struktur tabel ‘anomalies’

| <b>Nama Field</b> | <b>Tipe Data</b> | <b>Default</b> |
|-------------------|------------------|----------------|
| id                | int(1)           | auto_increment |
| desc              | varchar(75)      | null           |

Berdasarkan tabel 3.3, tabel ‘anomalies’ memiliki beberapa *field* sebagai berikut:

- id : memiliki tipe integer dengan panjang data 1 (satu) karakter. Kolom ini memiliki *value* dengan format *auto increment*, sehingga nilainya akan bertambah otomatis setiap ada data baru yang masuk

- desc : memiliki tipe varchar dengan panjang data 75 (tujuh puluh lima) karakter. Kolom ini berisi deskripsi dari berbagai macam aktivitas anomali yang termasuk dalam penelitian ini.

Tabel ‘anomalies’ diisi dengan *record* jenis-jenis anomali kapal seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.4:

**Tabel 3.4** Isi *record* tabel ‘anomalies’

| <b>id</b> | <b>desc</b>  |
|-----------|--|
| 1         | Kapal berputar-putar di lokasi yang sama           |
| 2         | Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari |
| 3         | Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil          |
| 4         | AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan       |
| 5         | Kapal dengan ijin berlayar hampir habis            |
| 6         | <i>Overcapacity dan overfishing</i>                |
| 7         | Kapal tanpa Surat Laik Operasi                     |
| 8         | Kapal memasuki area terlarang untuk menangkap ikan |
| 9         | Kapal berlayar tidak sesuai rute yang direncanakan |

AIS tidak mengirimkan informasi terkait perizinan, sehingga dibuat tabel sebagai tempat penyimpanan *record* SIPI dari kapal-kapal yang diberi nama tabel ‘sipi’. *Field* yang terdapat pada tabel ini disesuaikan dengan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 42/PERMEN-KP/2015 Tentang Sistem Pemantauan Kapal Perikanan.

Struktur dari tabel 'sipi' ditunjukkan oleh tabel 3.5 dibawah ini:

**Tabel 3.5** Struktur tabel 'sipi'

| <b>Nama Field</b> | <b>Tipe Data</b> | <b>Default</b> |
|-------------------|------------------|----------------|
| id                | int(11)          | auto_increment |
| mssi              | int(11)          | 0              |
| company           | int(11)          | null           |
| fishing_base      | int(11)          | null           |
| registered        | date             | 0000-00-00     |
| expired           | date             | 0000-00-00     |
| flag              | tinyint(1)       | null           |

Berdasarkan tabel 3.5, tabel 'sipi' memiliki beberapa *field* sebagai berikut:

- id : memiliki tipe integer dengan panjang data 11 (sebelas) karakter. *Field* ini memiliki *value* dengan format *auto increment*, sehingga nilainya akan bertambah otomatis setiap ada data baru yang masuk
- mssi : memiliki tipe integer dengan panjang data 11 (sebelas) karakter. Kolom ini berisi MSSSI dari kapal-kapal yang terdaftar memiliki SIPI
- company : memiliki tipe integer dengan panjang data 11 (sebelas) karakter. *Field* ini merupakan representasi dari nomor identitas perusahaan penangkapan ikan
- fishing\_base : memiliki tipe integer dengan panjang data 11 (sebelas) karakter. *Field* ini berisi angka yang merujuk kepada *field* 'id' dari pelabuhan yang terdapat pada tabel 'port'
- registered : memiliki tipe date dengan format 'tahun-bulan-tanggal'. *Field* ini berisi tanggal SIPI disahkan dan mulai berlaku
- expired : memiliki tipe date dengan format 'tahun-bulan-tanggal'. *Field* ini berisi tanggal SIPI kadaluarsa, yakni satu tahun sejak tanggal mulai berlaku
- flag : memiliki tipe tinyint dengan panjang data 1 (satu) karakter. *Field* ini bernilai '0' apabila SIPI masih berlaku dan bernilai '1' apabila SIPI sudah kadaluarsa.

Selain itu juga terdapat tabel yang bernama 'slo' dengan struktur seperti yang ditunjukkan oleh tabel 3.6. Tabel ini berfungsi untuk menyimpan informasi surat laik operasi yang harus dimiliki oleh kapal sesuai dengan Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik

Indonesia Nomor 45/PERMEN-KP/2014 Tentang Surat Laik Operasi Kapal Perikanan.

**Tabel 3.6** Struktur tabel ‘slo’

| <b>Nama Field</b> | <b>Tipe Data</b> | <b>Default</b> |
|-------------------|------------------|----------------|
| id                | int(11)          | auto_increment |
| mssi              | int(11)          | 0              |
| registered        | date             | 0000-00-00     |
| expired           | date             | 0000-00-00     |
| flag              | tinyint(1)       | null           |

Pada tabel 3.6, tabel ‘slo’ memiliki *field* sebagai berikut:

- id : memiliki tipe integer dengan panjang 11 (sebelas) karakter. Kolom ini memiliki *value* dengan format *auto increment*
- mssi : memiliki tipe integer dengan panjang 11 (sebelas) karakter. Kolom ini berisi MSSSI dari kapal-kapal yang terdaftar memiliki SLO
- registered : memiliki tipe date dengan format ‘tahun-bulan-tanggal’. Kolom ini berisi tanggal SLO disahkan dan mulai berlaku
- expired : memiliki tipe date dengan format ‘tahun-bulan-tanggal’. Kolom ini berisi tanggal SLO kadaluarsa, yakni maksimal 7 (tujuh) hari sejak tanggal mulai berlaku
- flag : memiliki tipe tinyint dengan panjang 1 (satu) karakter. Kolom ini bernilai ‘0’ apabila SLO masih berlaku dan bernilai ‘1’ apabila SLO sudah kadaluarsa

### **3.3 Mengelola Data Kapal**

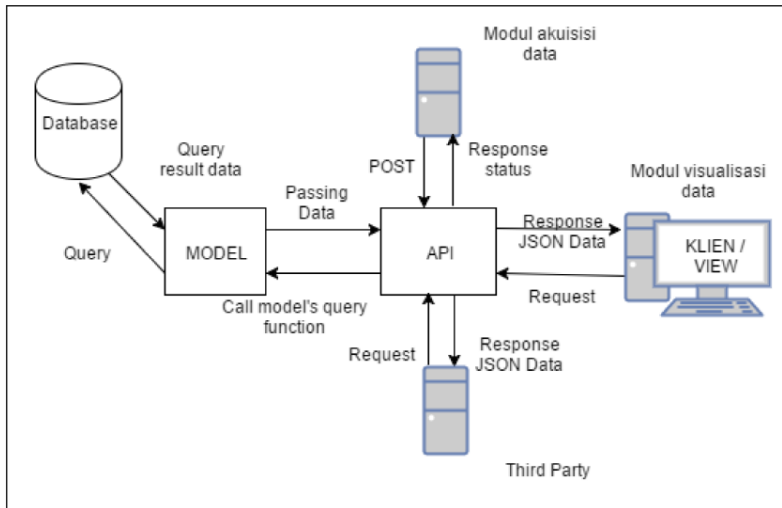
Data kapal yang tersimpan pada basis data merupakan data masukan dari AIS yang dilakukan pada penelitian sebelumnya serta beberapa data tambahan yang tidak tersedia dari penelitian sebelumnya namun diperlukan pada penelitian ini.

Skema pengambilan data dari basis data hingga ditampilkan visualisasinya pada klien ditunjukkan oleh gambar di bawah:

#### **3.3.1 Desain API**

Klien melakukan *request* pada server dengan perantara API. Proses pemanggilan API ini sama saja dengan memanggil fungsi untuk

melakukan kueri yang terdapat pada model. Gambar 3.2 menunjukkan alur kerja dari API.



**Gambar 3.2** Alur *request/response* API[14]

API melakukan kueri pada basis data berdasarkan model dari desain MVC yang diterapkan pada server. Hasil dari kueri tersebut dikembalikan kepada klien berupa respon dalam bentuk JSON.

### 3.4 Menetapkan Pola Standar

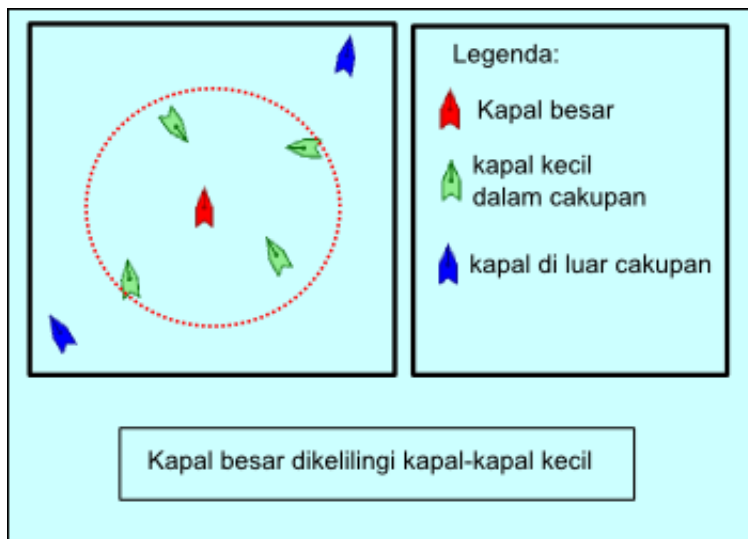
Semua aktivitas anomali ditentukan saat kapal berada di tengah laut, sehingga kapal-kapal yang statusnya sedang bersandar di pelabuhan diabaikan dalam deteksi anomali pada penelitian ini. Berikut ini adalah beberapa pola standar dari anomali pada penelitian ini:

#### 3.4.1 Kapal Besar Dikelilingi Kapal-Kapal Kecil

Kriteria kapal besar adalah kapal-kapal yang memiliki panjang lebih dari 150 meter atau lebar lebih dari 50 meter. Apabila dalam radius 50 meter dari kapal besar yang sedang melaut ditemukan minimal tiga

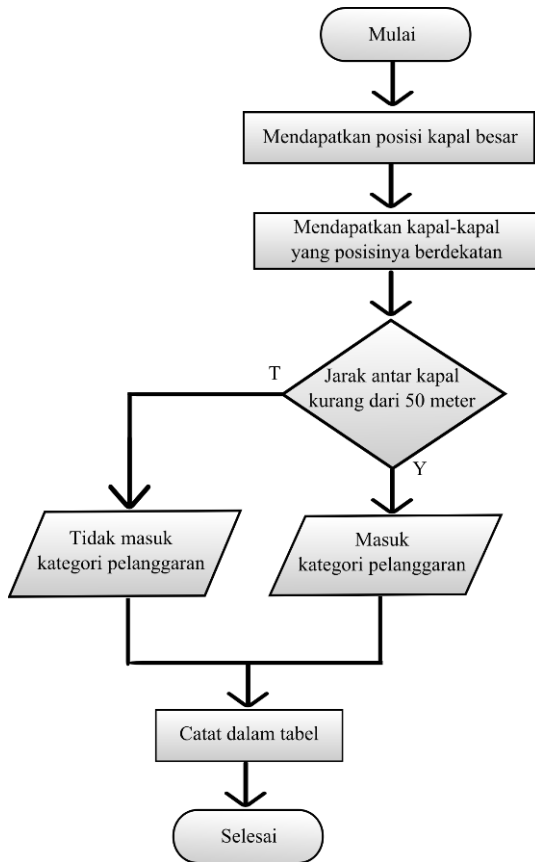
kapal lainnya, maka kapal tersebut dikategorikan melakukan aktivitas anomali.

Ilustrasi anomali kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil ditunjukkan oleh gambar 3.3:



**Gambar 3.3** Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil

Kapal besar yang dikelilingi kapal-kapal kecil belum tentu melakukan jual-beli ikan atau bahan bakar secara ilegal, namun tetap digolongkan telah melakukan aktivitas anomali.



**Gambar 3.4** Diagram alir kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil

### 3.4.2 Kapal Berdiam Di Suatu Lokasi Selama Beberapa Hari

Posisi kapal saat ini dibandingkan dengan posisi kapal tersebut dua hari yang lalu. Apabila pergeseran kapal tidak lebih dari 200 meter, maka kapal dianggap melakukan aktivitas yang mencurigakan. Jarak

tersebut ditetapkan dengan mempertimbangkan bahwa posisi kapal juga dipengaruhi oleh ombak.

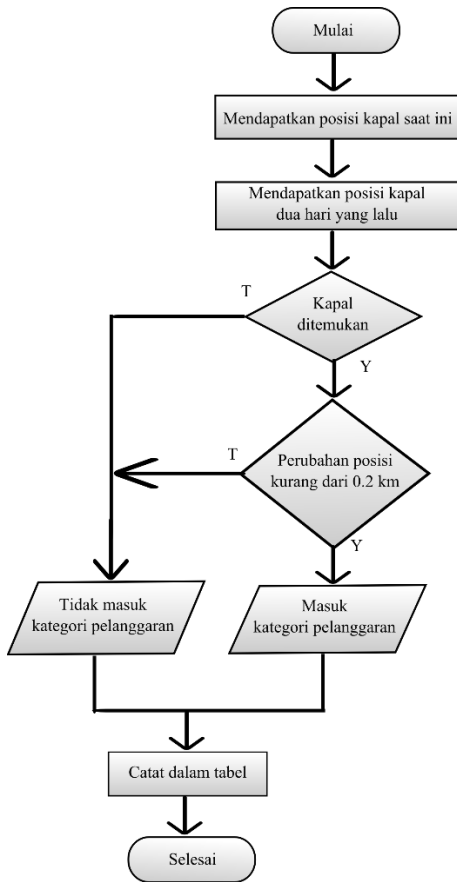


**Gambar 3.5** Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari

Kapal yang berdiam di lokasi yang sama atau tidak mengalami banyak pergeseran bisa disebabkan karena mengalami kerusakan mesin atau penyebab lainnya,

Kapal-kapal tersebut tetap digolongkan telah melakukan aktivitas anomali.



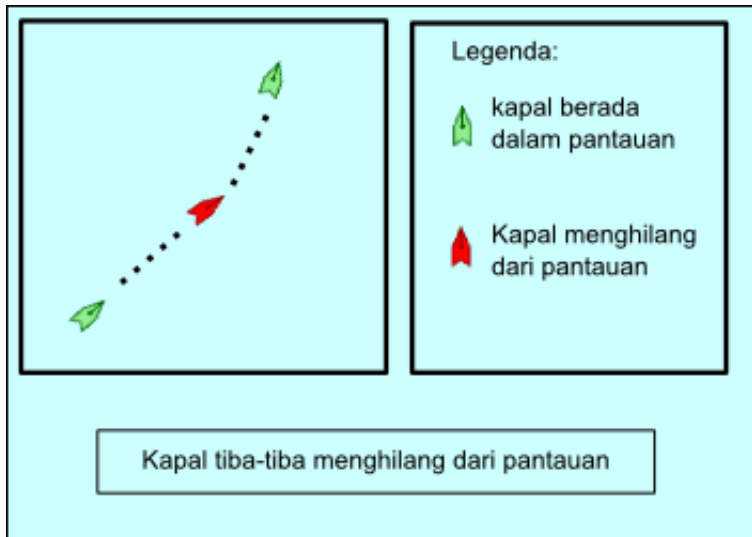


**Gambar 3.6** Diagram alir kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari

### 3.4.3 AIS Kapal Tiba-Tiba Menghilang Dari Pantauan

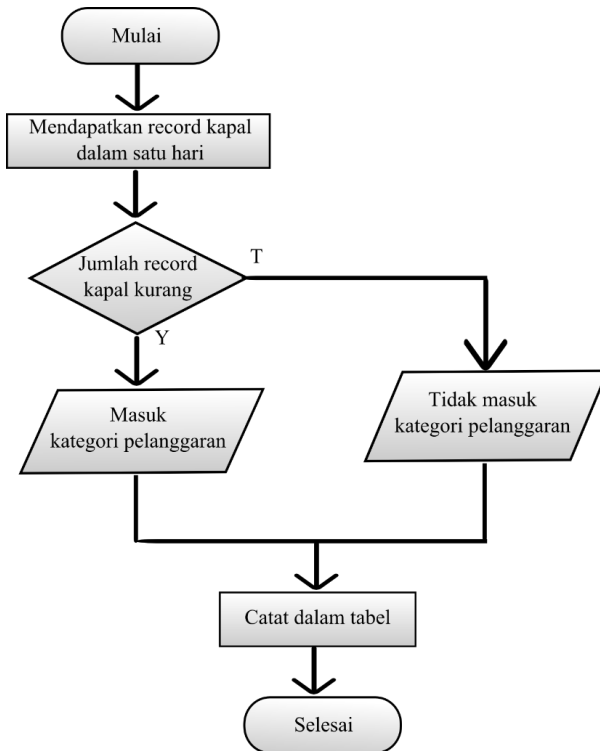
AIS mengirimkan data setiap interval waktu tertentu. Penelitian pada anomali ini menggunakan interval 1 jam sesuai dengan syarat kemampuan minimal transmitter SPKP menurut Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 42/PERMEN-KP/2015 Pasal 8 ayat 2d. Sehingga normalnya sebuah kapal memiliki 24

*record* dalam satu hari. Apabila jumlah *record* kurang dari 24, maka kapal dianggap melakukan aktivitas anomali.



**Gambar 3.7** Kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan

Kapal yang menghilang dari pantauan dapat disebabkan karena AIS mengalami gangguan teknis, namun tetap digolongkan telah melakukan aktivitas anomali meskipun bukan karena faktor kesengajaan.



**Gambar 3.8** Diagram alir kapal menghilang dari pantauan

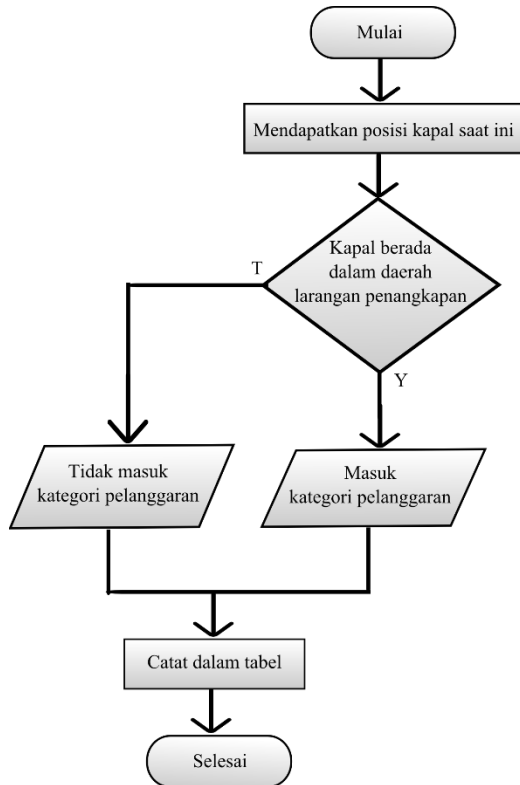
### 3.4.4 Kapal Memasuki Daerah Terlarang

Beberapa lokasi di Indonesia ditetapkan sebagai daerah larangan penangkapan ikan karena merupakan daerah konservasi. Penelitian ini menggunakan area di dalam laut banda sebagai daerah terlarang sesuai Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 4/PERMEN-KP/2015 Tentang Larangan Penangkapan Ikan Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 714. Apabila ada kapal yang posisinya berada dalam area tersebut, maka kapal ditetapkan melakukan aktivitas anomali.



**Gambar 3.9** Kapal memasuki daerah terlarang

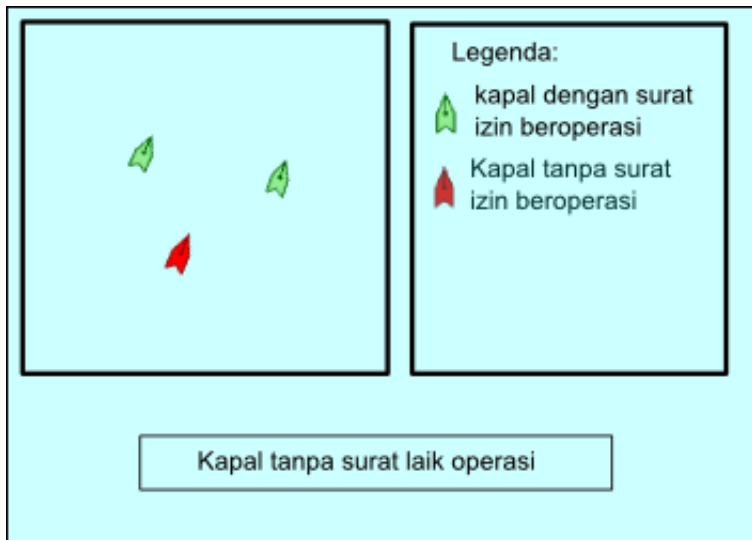
Kapal yang masuk ke wilayah tersebut belum tentu melakukan penangkapan ikan secara illegal. Kapal dengan kerusakan mesin dapat terbawa ombak hingga masuk ke wilayah tersebut, namun penelitian ini tidak menghiraukan faktor tersebut dan tetap menggolongkan kapal tersebut telah melakukan aktivitas anomali.



**Gambar 3.10** Diagram alir kapal memasuki daerah terlarang

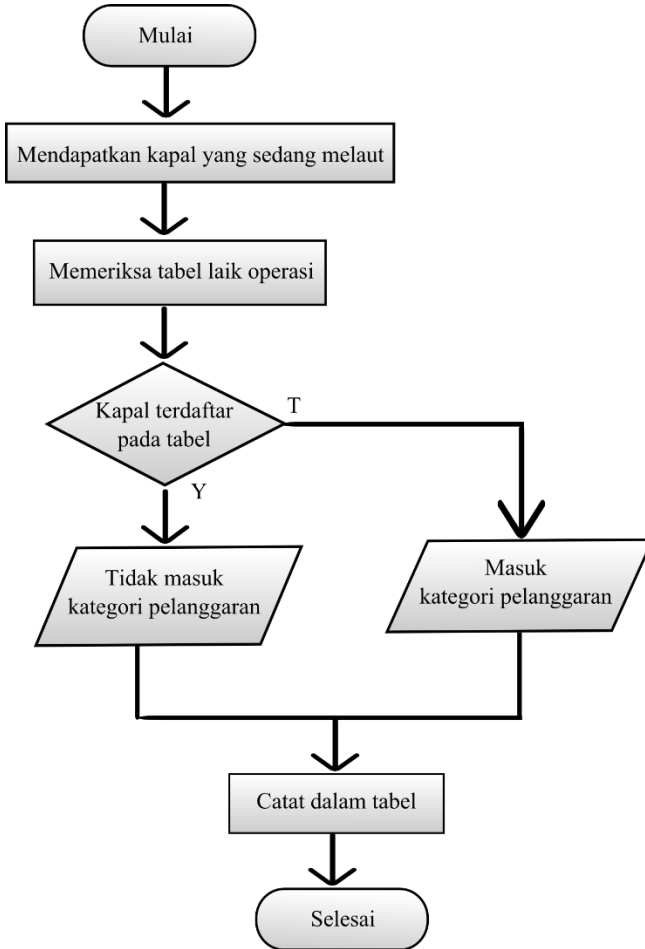
### 3.4.5 Kapal Tanpa Surat Laik Operasi

Anomali ini melibatkan tabel ‘slo’ untuk menyimpan *record* Surat Laik Operasi sebagai parameter uji coba. Kewajiban bagi kapal yang melaut memiliki Surat Laik Operasi diatur melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 45/PERMEN-KP/2014 tentang Surat Laik Operasi Kapal Perikanan. Kapal yang beroperasi namun tidak terdaftar pada tabel ini maka kapal tersebut ditetapkan melakukan aktivitas anomali.



**Gambar 3.11** Kapal tanpa surat laik operasi

Kapal yang terdeteksi bisa saja karena *record* surat laik operasi belum masuk ke basis data dan bukan karena kapal melaut secara illegal.



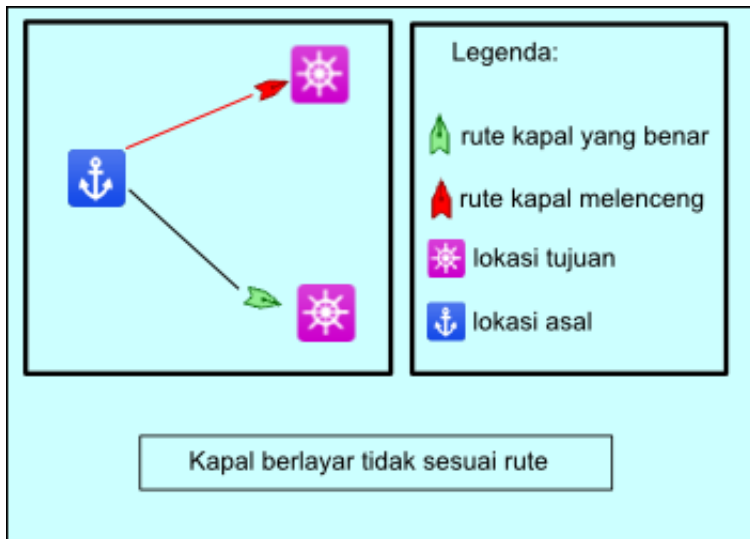
**Gambar 3.12** Diagram alir kapal tanpa surat laik operasi

### 3.4.6 Kapal Berlayar Tidak Sesuai Rute

Setiap kapal penangkap ikan memiliki catatan pelabuhan pangkalan yang akan dituju untuk menurunkan ikan hasil tangkapan sesuai yang tertulis pada SIPI. Hali ini diatur dalam Peraturan Menteri

Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 57/PERMEN-KP/2014 Pasal 37 ayat 6.

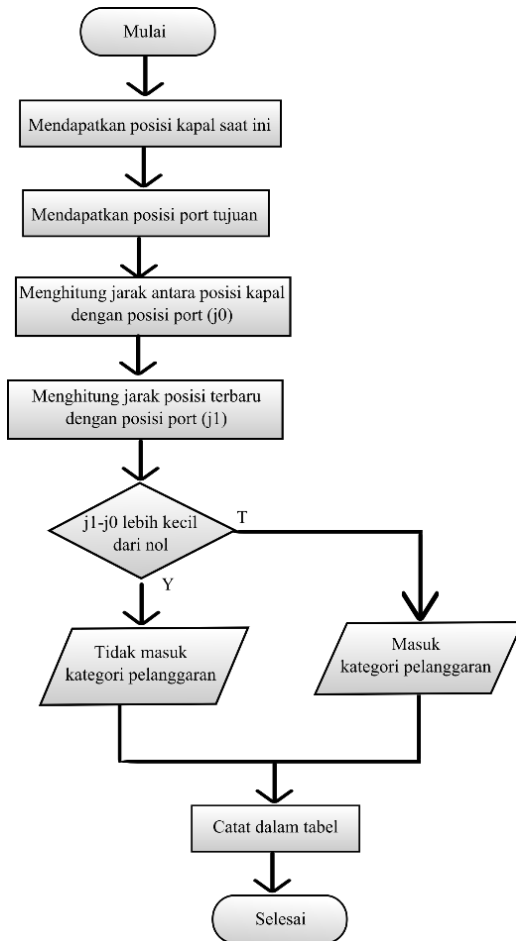
Apabila jarak antara posisi kapal dengan pelabuhan pangkalan semakin jauh, maka kapal tersebut ditetapkan melakukan aktivitas anomali karena tidak bergerak kearah lokasi tujuannya.



**Gambar 3.13** Kapal berlayar tidak sesuai rute

Selain karena melakukan aktivitas ilegal, kapal yang terdeteksi bisa saja karena mengalami kerusakan dan harus berlabuh di pelabuhan terdekat.





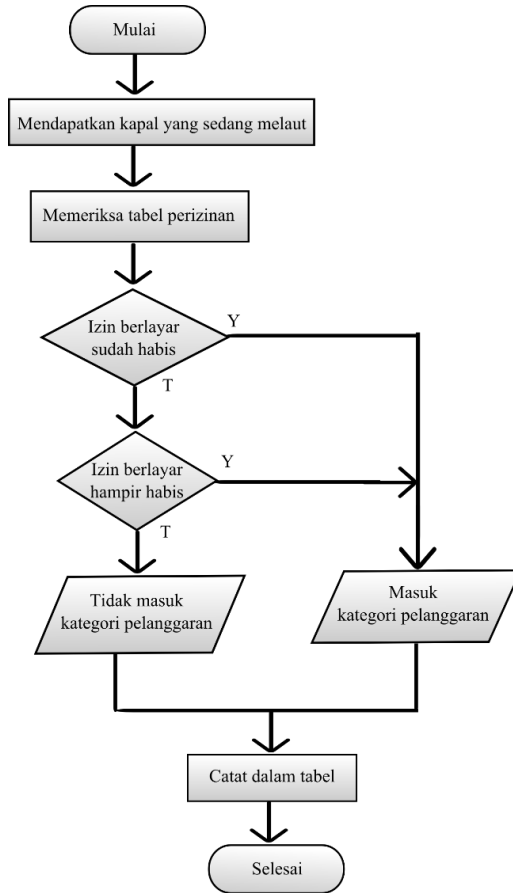
**Gambar 3.14** Diagram alir kapal berlayar tidak sesuai rute

### 3.4.7 Kapal Dengan Izin Hampir Habis

Anomali ini melibatkan tabel 'sipi' untuk menyimpan *record* syarat perizinan sebagai parameter uji coba. Kapal yang beroperasi namun tidak terdaftar pada tabel 'sipi' ditetapkan melakukan aktivitas anomali.



**Gambar 3.15** Kapal dengan izin hampir habis



**Gambar 3.16** Diagram alir kapal dengan izin hampir habis

### 3.4.8 *Overcapacity / Overfishing*

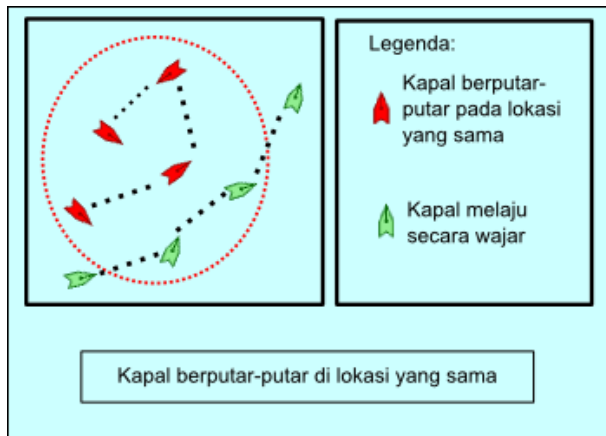
Kapal penangkap ikan memiliki daerah tangkapan masing-masing. Apabila dalam suatu area penangkapan ikan terdapat lima atau lebih kapal yang beroperasi, maka semua kapal tersebut dianggap melakukan kegiatan yang mencurigakan meskipun penangkapan ikan legal pada area tersebut.



**Gambar 3.17** *Overcapacity / overfishing*

### 3.4.9 Kapal Berputar-Putar Di Lokasi Yang Sama

Apabila suatu kapal bergerak namun pergerakan tersebut tidak lebih dari radius 10 kilometer, maka kapal tersebut hanya berputar-putar di lokasi tertentu saja dan masuk kategori aktivitas anomali.



**Gambar 3.18** Kapal berputar-putar di lokasi yang sama

### 3.5 Visualisasi Kapal

Kapal yang ditampilkan pada peta direpresentasikan oleh suatu ikon dengan berbagai warna. Warna yang diberikan pada kapal disesuaikan dengan indikasi aktivitas anomali dari kapal tersebut berdasarkan *record* basis data yang sudah melalui tahap pengolahan data. Ikon-ikon yang digunakan ditunjukkan oleh gambar 3.19:



**Gambar 3.19** Tampilan ikon marker kapal

Ikon pada gambar 3.19 di sebelah kiri merepresentasikan kapal yang normal. Perubahan warna kapal dilakukan berdasarkan ada atau tidaknya indikasi aktivitas anomali yang dilakukan kapal tersebut. Ikon kapal yang berwarna abu-abu menunjukkan bahwa kapal tersebut bebas dari segala macam indikasi aktivitas anomali. Warna merah pada ikon kapal menunjukkan bahwa pada kapal tersebut terdapat suatu indikasi aktivitas anomali. Selain warna yang berubah menjadi merah, kapal yang terindikasi melakukan aktivitas anomali dibuat berkedip agar lebih mudah dalam melakukan pengawasan.

Sistem pemantauan kapal pada penelitian ini menampilkan hasil dari pengawasan terhadap kapal-kapal yang beroperasi dengan menggunakan peta yang berbasis web. Visualisasi peta menggunakan Google Map API. Sebuah file javascript pada klien bertugas melakukan persiapan tampilan peta serta melakukan permintaan / *request* data kapal dari server.

#### 3.5.1 Inisialisasi Peta

Ketika klien melakukan *request*, server melalui API akan melakukan inisiasi peta dengan titik tengah berupa *latitude* (garis lintang) serta *longitude* (garis bujur) yang telah ditentukan pada API. Kode 3.1 yang ditunjukkan di bawah ini bertugas untuk melakukan inisiasi pemanggilan peta untuk mendapatkan *viewport* dari *browser* klien.

```
function initialize() {
  map = new
  google.maps.Map(document.getElementById('map')
  {
    center: {lat: -7.186570, lng: 112.729828},
    zoom: 12,
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
  });
}
```

### **Kode 3.1** Inisiasi peta dengan Google Map API

Pada kode 3.1 di atas, peta dibuka dengan titik tengah berada di koordinat (-7.186570, 112.729828) pada garis lintang dan garis bujur.

Nilai *zoom* yang digunakan adalah 12 agar pengguna memperoleh tampilan provinsi Jawa Timur di sekitar Surabaya dan pulau Madura.

```
google.maps.event.addListener(map, 'idle',
function() {
  viewport = {
    lat1 :
map.getBounds().getNorthEast().lat(),
    lng1 :
map.getBounds().getNorthEast().lng(),
    lat2 :
map.getBounds().getSouthWest().lat(),
    lng2 : map.getBounds().getSouthWest().lng()
  }
}
```

### **Kode 3.2** Mendapatkan *viewport*

Selanjutnya Google Map API akan mendapatkan *viewport* atau daerah yang tampil pada layar browser. Tinggi dan lebar dari *viewport* akan berbeda tergantung dari perangkat yang digunakan oleh klien.

### 3.5.2 Menampilkan Kapal pada Peta

Klien melakukan permintaan kepada API server untuk menampilkan kapal. API merespon dengan mendapatkan *viewport* dari *browser* yang dan menampilkan kapal berdasarkan *viewport* yang telah diperoleh.

```
var getShip = function(){
  console.log('get')
  var params = {
    'lat1' : viewport.lat1, 'lng1' :
viewport.lng1,
    'lat2' : viewport.lat2, 'lng2' :
viewport.lng2
  }
  sendApiRequest("get_ships_by_viewport",
params, function(res){
  parseShip(res);
});
}
```

**Kode 3.3** Menampilkan kapal berdasarkan *viewport*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

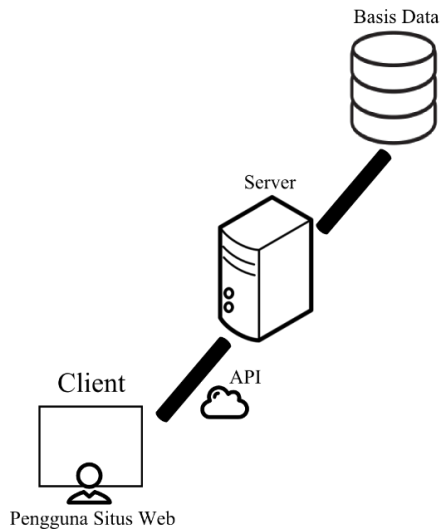


## BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini dibahas mengenai implementasi serta hasil pengujian situs web pemantauan kapal dari segi kemampuannya memberikan informasi dari hasil pengolahan data yang diterima dari *Automatic Identification System* (AIS) yang telah tersimpan pada basis data. Hasil dari analisa tersebut ditampilkan dalam peta yang memudahkan pengguna untuk mengetahui kapal mana saja yang dianggap mencurigakan.

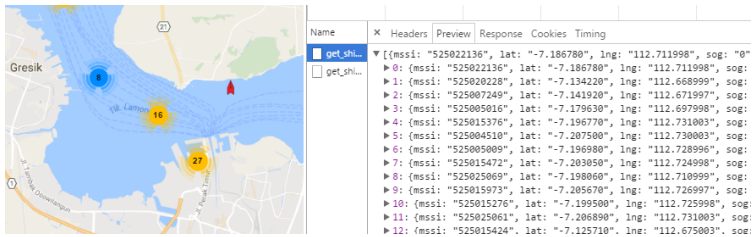
### 4.1 Implementasi Sistem

Server digunakan untuk menyimpan serta melakukan pengolahan basis data, kemudian menampilkan hasilnya pada klien seperti ditunjukkan gambar 4.1. Penelitian ini menggunakan satu klien dijalankan pada satu perangkat yang sama dengan bantuan mesin virtual.



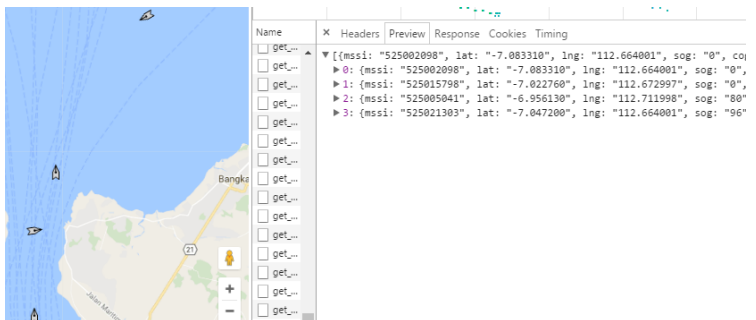
**Gambar 4.1** Ilustrasi implementasi sistem

Pertukaran data antara klien dan server dapat terjadi dengan baik. Pada *developer tool* yang disajikan pada gambar 4.2 dan 4.3 terlihat bahwa klien mendapatkan data berdasarkan jumlah kapal yang tampil pada layar atau pada viewport dari browser klien.



**Gambar 4.2** Data yang didapatkan klien pada cluster kapal

Pengamatan dapat dilakukan dengan lebih mudah ketika kapal yang berada dalam viewport jumlahnya sedikit. Gambar 4.3 dibawah ini memperlihatkan bahwa terdapat empat data yang didapatkan saat terdapat empat kapal yang ditampilkan pada browser.



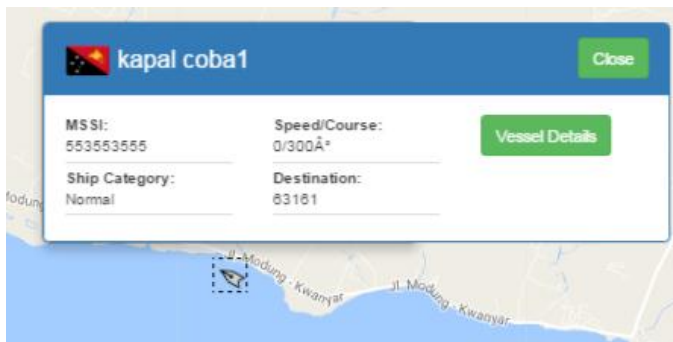
**Gambar 4.3** Data yang ditampilkan ketika jumlah kapal sedikit

## 4.2 Pengujian Aktivitas Anomali

Sistem yang diuji dijalankan pada server lokal dengan menggunakan data yang sebelumnya telah diambil dari AIS. Ada atau tidaknya indikasi aktivitas anomali pada sampel kapal yang berasal dari AIS dapat diamati dari ikon kapal yang terdapat pada peta. Identifikasi sampel yang melakukan aktivitas anomali dilakukan dengan cara mengamati perubahan warna ikon kapal. Berikut ini adalah uraian detail dari kriteria-kriteria yang dianggap mencurigakan serta langkah-langkah analisa yang dilakukan:

### 4.2.1 Kapal berdiam di suatu lokasi selama beberapa hari

Pengujian dilakukan dengan mengamati pergantian *latitude* dan *longitude* berdasarkan waktu. Kapal dikategorikan bergerak apabila terdapat perubahan *latitude* saja, *longitude* saja, atau perubahan keduanya sejauh 30 derajat bumi atau 200 meter. Definisi dari berdiam lama adalah apabila selama dua hari kapal tidak bergerak sejauh dua ratus meter atau berstatus selain *anchoring* atau *moored*. Kapal dengan status *anchoring* atau *moored* tidak dikategorikan sebagai aktivitas anomali meskipun berdiam selama beberapa hari karena sasaran dari percobaan ini adalah mencari kapal dengan potensi aktivitas anomali yang sedang berlayar secara normal. Gambar 4.6 menunjukkan kapal target sebelum uji coba dilakukan:



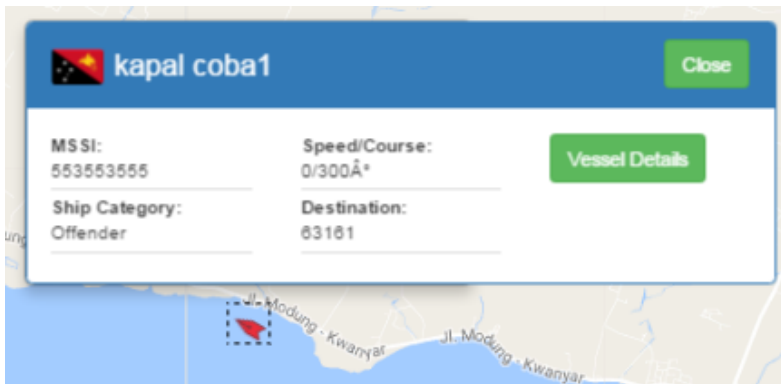
**Gambar 4.6** Target uji coba kapal berdiam

Untuk melakukan pengujian ini, dipilih kapal target yang dijadikan pelaku aktivitas anomali yakni kapal dengan MSSI 553553555. Kapal tersebut diambil catatan waktunya pada basis data selama bulan Desember 2016. Uji coba dilakukan menggunakan data posisi pada waktu yang ditentukan secara spesifik dengan hari yang berurutan. Kapal target memiliki *record* dengan rentang waktu tanggal 07-12-2016 hingga 09-12-2016 dan status '0' yang merupakan kode kapal sedang dalam perjalanan.

Langkah selanjutnya adalah menghitung rata-rata perpindahan posisi kapal selama dua hari. Pada uji coba kasus anomali ini, status pada *backend* (gambar 4.7) menyatakan bahwa kapal masuk kategori aktivitas anomali karena rata-rata perpindahannya dalam dua hari kurang dari 200 meter. Gambar 4.8 menunjukkan kapal target berubah warna menjadi merah pada peta agar lebih mudah dilihat. Selain itu waktu penemuan kapal serta posisi kapal pada saat penetapan kapal sebagai pelaku aktivitas anomali dicatat pada tabel 'warning' seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9.

```
indikasi anomali : kapal diam
perpindahan: 0.000838446
```

**Gambar 4.7** Status dari kapal target



**Gambar 4.8** Target uji coba pelaku aktivitas anomali

| id | mssi        | lat       | lng        | type | time                |
|----|-------------|-----------|------------|------|---------------------|
| 1  | 553,553,555 | -7.204324 | 112.960007 | 2    | 2016-12-19 16:36:06 |

**Gambar 4.9** Record pada tabel ‘warning’

Uji coba berhasil mendeteksi kapal target sebagai pelaku aktivitas anomali. Uji coba dilakukan sebanyak dua kali lagi pada target yang sama dan mendapatkan hasil yang sama yaitu kapal terdeteksi melakukan aktivitas anomali.

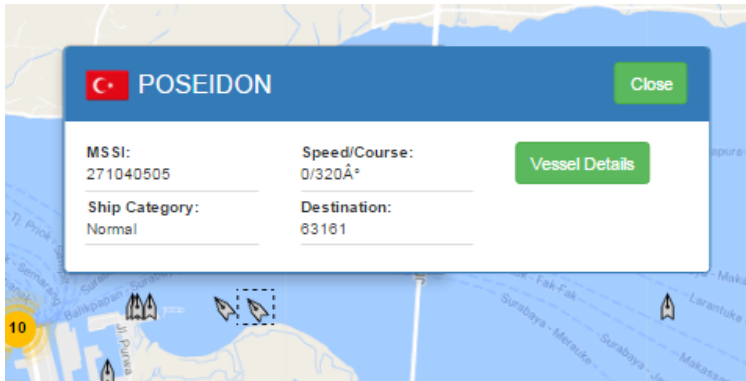
#### 4.2.2 AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan

Pengujian dilakukan dengan mengamati perbedaan waktu serta status kapal pada basis data. Pada pengujian yang dilakukan, diberikan beberapa *record* dari kapal sampel dengan interval waktu selama 1 (satu) jam. Berdasarkan interval tersebut, idealnya terdapat 24 *record* pada basis data dalam waktu satu hari atau 24 jam. Selain jumlah *record* kapal dalam satu hari, status kapal dari tabel ‘ship\_history’ juga diperiksa dan dianggap melakukan aktivitas anomali apabila status bernilai selain 1, 5, atau 6 karena kode tersebut menandakan kapal sedang memiliki status *at anchor*, *moored*, dan *aground*.

```
SELECT count(mssi) as hitung from ship_history where
mssi=271040505 and rt like '2016-12-07%' AND
(status1 !='1' OR status1 !='5' OR status1 !='6');
```

**Kode 4.1** Kueri menghitung *record* kapal tertentu

Kapal yang menjadi target pada pengujian ini adalah kapal dengan MSSI 271040505. Kapal tersebut diambil catatan waktunya pada basis data secara spesifik pada tanggal 7 Desember 2016. Kategori kapal target masih ‘normal’ ketika uji coba belum dilakukan (gambar 4.10).



**Gambar 4.10** Target sebelum uji coba dilakukan

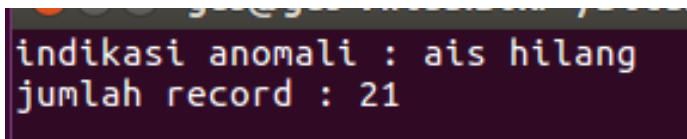
AIS mengirimkan data setiap 2-30 detik ketika kapal bergerak dan setiap 6 menit ketika kapal sedang diam. Kapal-kapal yang tercatat pada basis data tidak ada yang memiliki *record* lebih dari 100 dalam satu hari. Padahal dengan asumsi kapal diam, dalam satu hari satu kapal memiliki sebanyak 240 *record* pada basis data. Karena itu, uji coba dilakukan menggunakan data tambahan dengan interval pengiriman data selama 1 jam karena disesuaikan dengan standar minimal berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 42/PERMEN-KP/2015 Pasal 8. Dengan begitu, dalam satu hari idelanya terdapat 24 *record* untuk setiap kapal.

Saat uji coba dilakukan, kapal target disiapkan hanya memiliki 21 *record* pada tanggal 7 Desember 2016 seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.11. Sedangkan pada tanggal setelahnya terdapat lengkap 24 *record*.

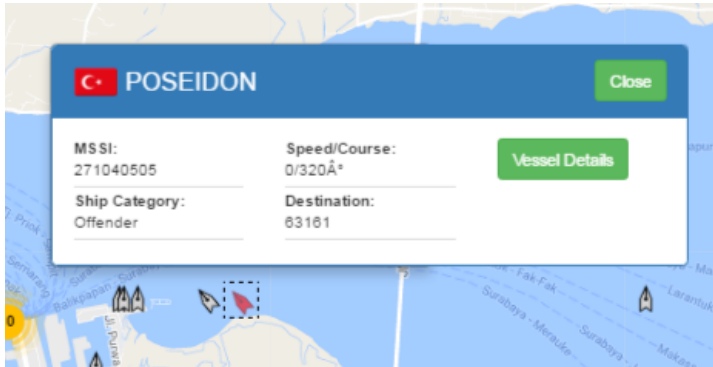
| id    | mssi        | lat       | lng        | rt                  | status |
|-------|-------------|-----------|------------|---------------------|--------|
| 7,254 | 271,040,505 | -7.193940 | 112.756004 | 2016-12-07 00:00:00 | 0      |
| 7,255 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 01:00:00 | 0      |
| 7,256 | 271,040,505 | -7.193880 | 112.756004 | 2016-12-07 02:00:00 | 0      |
| 7,257 | 271,040,505 | -7.193890 | 112.756004 | 2016-12-07 06:00:00 | 0      |
| 7,258 | 271,040,505 | -7.193900 | 112.756004 | 2016-12-07 07:00:00 | 0      |
| 7,259 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 08:00:00 | 0      |
| 7,260 | 271,040,505 | -7.193900 | 112.756004 | 2016-12-07 09:00:00 | 0      |
| 7,261 | 271,040,505 | -7.193900 | 112.756004 | 2016-12-07 10:00:00 | 0      |
| 7,262 | 271,040,505 | -7.193920 | 112.756004 | 2016-12-07 11:00:00 | 0      |
| 7,263 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 12:00:00 | 0      |
| 7,264 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 13:00:00 | 0      |
| 7,265 | 271,040,505 | -7.193920 | 112.756004 | 2016-12-07 14:00:00 | 0      |
| 7,266 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 15:00:00 | 0      |
| 7,267 | 271,040,505 | -7.193950 | 112.756004 | 2016-12-07 16:00:00 | 0      |
| 7,268 | 271,040,505 | -7.193930 | 112.756004 | 2016-12-07 17:00:00 | 0      |
| 7,269 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 18:00:00 | 0      |
| 7,270 | 271,040,505 | -7.193900 | 112.756004 | 2016-12-07 19:00:00 | 0      |
| 7,271 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 20:00:00 | 0      |
| 7,272 | 271,040,505 | -7.193930 | 112.756004 | 2016-12-07 21:00:00 | 0      |
| 7,285 | 271,040,505 | -7.193940 | 112.756004 | 2016-12-07 22:00:00 | 0      |
| 7,286 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-07 23:00:00 | 0      |
| 7,287 | 271,040,505 | -7.193880 | 112.756004 | 2016-12-08 00:00:00 | 0      |
| 7,288 | 271,040,505 | -7.193890 | 112.756004 | 2016-12-08 01:00:00 | 0      |
| 7,289 | 271,040,505 | -7.193900 | 112.756004 | 2016-12-08 02:00:00 | 0      |
| 7,290 | 271,040,505 | -7.193910 | 112.756004 | 2016-12-08 03:00:00 | 0      |
| 7,291 | 271,040,505 | -7.193900 | 112.756004 | 2016-12-08 04:00:00 | 0      |

**Gambar 4.11** Record kapal target

Record yang kurang dari 24 menyebabkan kapal masuk kategori aktivitas anomali. Gambar 4.12 dan gambar 4.13 secara berurutan menunjukkan hasil dari *screenshot* pada konsol *backend* serta tampilan kapal pada peta:



**Gambar 4.12** Hasil dan deskripsi



**Gambar 4.13** Target setelah uji coba dilakukan

Kapal target berubah warna menjadi merah agar lebih mudah dilihat. Selain itu waktu penemuan kapal serta posisi kapal pada saat penetapan kapal sebagai pelanggar dicatat pada tabel ‘warning’.

| mssi        | lat       | lng        | des  | time                |
|-------------|-----------|------------|--|---------------------|
| 271,040,505 | -7.193940 | 112.756004 | AIS kapal tiba-tiba menghilang dari pantauan       | 2017-01-18 10:17:43 |
| 525,003,001 | -7.193930 | 112.750198 | Kapal dengan tiri berlayar hampir habis            | 2017-01-05 08:00:02 |
| 555.802.563 | -5.005216 | 129.979935 | Kapal memasuki area terlarang untuk menangkan ikan | 2017-01-05 07:10:48 |

**Gambar 4.14** Target pada tabel ‘warning’

Berdasarkan gambar 4.14, uji coba yang dilakukan berhasil mengkategorikan kapal sebagai pelaku aktivitas anomali ketika *record* yang dimiliki kurang dari 24.

#### 4.2.3 Kapal besar dikelilingi kapal-kapal kecil

Kapal besar ditentukan sebagai kapal-kapal yang memiliki ukuran panjang lebih dari 100 meter, atau lebar lebih dari 50 meter. Sedangkan yang ditentukan sebagai kapal kecil adalah kapal-kapal yang memiliki dimensi yang lebih kecil dari kapal besar namun lebih besar dari kapal nelayan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan



Nomor 42 tahun 2015, kapal nelayan adalah kapal dengan bobot maksimal hingga 5 GT (*Gross-Tonnage*).

Kueri untuk mencari kapal besar ditunjukkan oleh kode 4.2

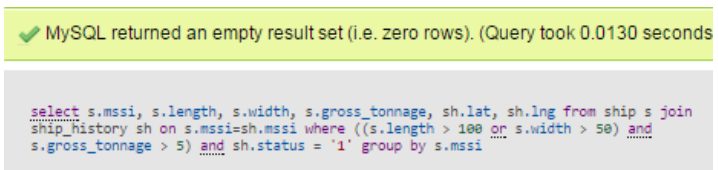
```
SELECT s.mssi, s.length, s.width,  
s.gross_tonnage, sh.lat, sh.lng FROM ship s  
JOIN ship_history sh ON s.mssi=sh.mssi WHERE  
(s.length > 100 OR s.width > 50) AND  
s.gross_tonnage > 5 GROUP BY s.mssi;
```

**Kode 4.2** Kueri mencari kapal besar

Posisi latitude dan longitude dari salah satu kapal digunakan pada langkah selanjutnya yaitu mencari kumpulan kapal yang berada di sekitar salah satu kapal besar.

Untuk hasil yang lebih optimal, perlu juga memperhitungkan parameter status yang berasal dari tabel 'ship\_history'. Hal ini karena untuk dapat dianggap sebagai anomali, kapal harus dalam keadaan melepas jangkar di tengah laut / *anchoring*. Status *anchoring* direpresentasikan dengan angka '1' pada AIS.

Namun, apabila parameter status ikut diperhitungkan, hasilnya adalah *empty set* karena tidak ada *record* yang memiliki nilai status sama dengan '1' (satu).



**Gambar 4.15** Hasil dari kueri

Apabila terdapat kapal besar yang sedang diam / berstatus *anchoring* di tengah laut, sistem memeriksa apakah pada radius 500 meter terdapat minimal tiga kapal kecil di sekitarnya. Sistem akan mengkategorikan kapal-kapal tersebut ke dalam aktivitas anomali.

#### 4.2.4 Kapal berlayar tidak sesuai rute yang direncanakan

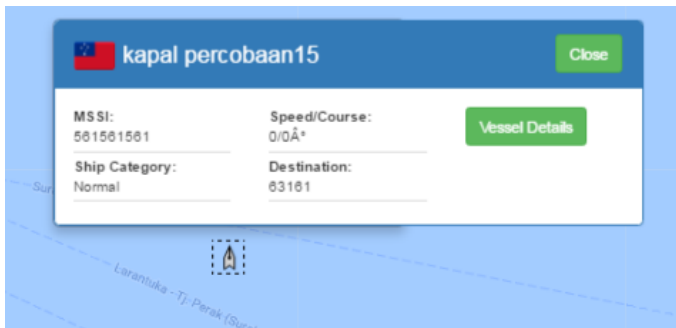
Setiap kapal memiliki catatan yang mencakup pelabuhan asal, pelabuhan tujuan, serta posisi terbaru kapal. Apabila posisi terbaru kapal berada lebih jauh dari pelabuhan tujuan, yang dihitung dari poin latitude dan longitude, maka kapal dimasukkan ke dalam kategori aktivitas anomali.

Perhitungan jarak kapal ke pelabuhan tujuan dilakukan dengan rumus Haversine yang ditunjukkan oleh kode 4.3, dimana hasilnya memiliki satuan kilometer:

```
6371 * acos(cos(radians(kapal.lat)) *  
cos(radians(port.lat)) * cos(radians(port.lng) -  
radians(kapal.lng)) + sin(radians(kapal.lat)) *  
sin(radians(port.lat)))
```

#### Kode 4.3 Menghitung jarak kapal dengan port

Hasil akhir yang diinginkan adalah kapal tidak masuk kategori mencurigakan bila jaraknya terhadap pelabuhan semakin mendekati 0 (nol) karena menandakan bahwa kapal mendekati port tujuan. Kueri dapat lebih optimal apabila melibatkan *field* 'destination' dari tabel 'ship\_history'. Gambar 4.16 menunjukkan kapal target sebelum percobaan dilakukan. Kapal tersebut memiliki pelabuhan tujuan dengan kode 63161.



Gambar 4.16 Target sebelum uji coba dilakukan

Uji coba yang dilakukan berhasil mendeteksi kapal yang melakukan aktivitas anomali karena rute yang dilalui menjauhi posisi pelabuhan.

```
indikasi anomali : rute menyimpang
jarak terbaru: 10.1424
jarak sebelumnya: 1.71401
beda jarak: 8.42842
```

**Gambar 4.17** Hasil target melakukan aktivitas anomali

Gambar 4.17 di atas menunjukkan bahwa kapal target masuk dalam kategori aktivitas anomali karena jarak terbaru dengan port menunjukkan hasil 10.1424 kilometer sedangkan jarak yang terdapat pada record sebelumnya adalah 1.7140 kilometer. Ini menunjukkan bahwa kapal tersebut semakin menjauhi port tujuan dengan selisih jarak 8.4284 kilometer. Berdasarkan perhitungan jarak, didapat bahwa kapal target menjauhi pelabuhan tujuan sehingga tampilannya pada peta berubah menjadi warna merah sesuai gambar 4.18 berikut:



**Gambar 4.18** Target setelah uji coba dilakukan

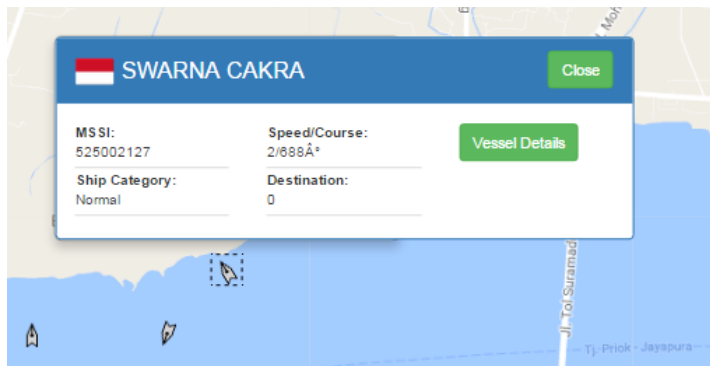
Kapal target dituliskan ke dalam tabel ‘warning’ setelah terdeteksi melakukan aktivitas anomali. Gambar 4.19 menunjukkan kapal target pada tabel ‘warning’ dengan kapal-kapal lainnya yang memiliki indikasi anomali.

| id | mssi        | lat       | lng        | type | time                |
|----|-------------|-----------|------------|------|---------------------|
| 1  | 553,553,555 | -7.204324 | 112.960007 | 2    | 2016-12-19 16:36:06 |
| 2  | 561,561,561 | -7.193920 | 112.825005 | 9    | 2016-12-19 16:36:06 |
| 3  | 553,553,556 | -7.193910 | 112.756004 | 4    | 2016-12-19 16:36:06 |
| 4  | 553,553,556 | -7.193910 | 112.756004 | 4    | 2016-12-19 16:39:53 |

Gambar 4.19 Target pada tabel ‘warning’

#### 4.2.5 Kapal tanpa surat laik operasi

Pemerintah Republik Indonesia mewajibkan setiap kapal memiliki memiliki serta membawa dokumen-dokumen yang diperlukan ketika melaut, salah satunya adalah Surat Laik Operasi (SLO). Pada penelitian ini, tabel yang menyimpan informasi kapal-kapal yang memiliki SLO resmi dibuat secara manual dengan nama tabel ‘slo’ karena belum ada pada data dari penelitian sebelumnya. Sistem memeriksa apakah suatu kapal dengan MMSI tertentu tercatat pada tabel ‘slo’. Kapal dianggap melakukan aktivitas anomali apabila tidak tercatat pada tabel ‘slo’.



Gambar 4.20 Kapal target tanpa SLO

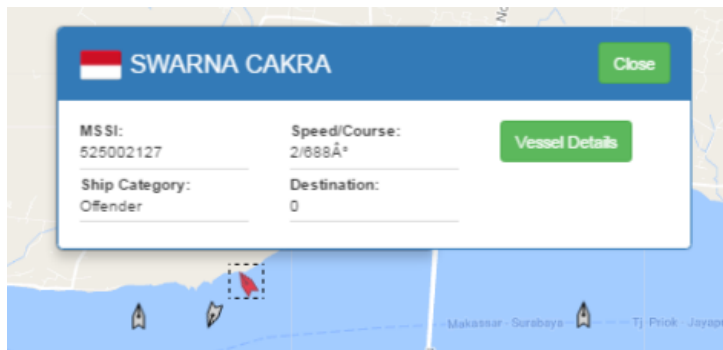
Uji coba dilakukan dengan cara memeriksa apakah MMSI kapal target, yaitu 525002127 sesuai yang ditunjukkan pada gambar 4.20, terdaftar pada tabel 'slo'. MMSI kapal target diperiksa keberadaannya pada tabel 'slo' yang menyimpan daftar kapal-kapal yang terdaftar memiliki Surat Laik Operasi.

Hasil uji coba pemeriksaan MMSI pada gambar 4.21 menunjukkan bahwa kapal target tidak tercatat pada tabel 'slo'.

```
indikasi anomali : kapal tanpa surat laik operasi  
slo_check : 0
```

**Gambar 4.21** Kapal terdeteksi tanpa surat laik operasi

Kapal target diubah tampilannya pada peta menjadi berwarna merah seperti pada gambar 4.22 karena memiliki indikasi aktivitas anomali. Kapal target selanjutnya dicatat pada tabel 'warning'.



**Gambar 4.22** Kapal target tanpa SLO pada peta

#### 4.2.6 Kapal dengan izin berlayar hampir habis

Setiap kapal penangkap ikan yang melaut diwajibkan memiliki kelengkapan surat-surat izin yaitu: SKAT, SIPI, dan SIKPI. Pada uji coba ini, sistem melakukan pemeriksaan terhadap kapal-kapal yang tidak memiliki SIPI. Informasi tentang kapal-kapal yang memiliki SIPI legal tidak dapat diperoleh dari AIS, sehingga dibuat sebuah tabel yang

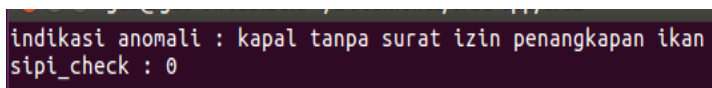
bernama 'sipi' untuk menampung *record* kapal-kapal yang memiliki SIPI.

Uji coba menggunakan kapal dengan MSSSI 525003001 sebagai sampel kapal yang tidak memiliki SIPI atau masa berlaku SIPI habis. Sampel kapal sebelum uji coba dilakukan ditunjukkan oleh gambar 4.23:



**Gambar 4.23** Kapal target uji coba tanpa SIPI

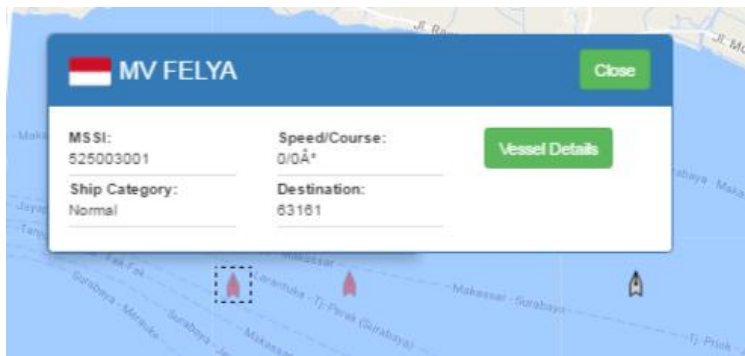
Setelah MSSSI kapal target diperiksa keberadaannya serta status masa berlakunya pada tabel 'sipi', hasil uji coba yang ditunjukkan oleh gambar 4.24 menunjukkan kapal target tidak memiliki catatan bahwa kapal target telah terdaftar sebagai kapal yang memiliki SIPI



**Gambar 4.24** Kapal terdeteksi tanpa SIPI

Uji coba hanya memeriksa ada atau tidaknya MSSSI kapal pada tabel 'sipi'. Jika ada, masa berlaku dari SIPI diperiksa. Proses ini berjalan secara serempak. Uji coba tidak memeriksa sisa masa berlaku kapal berdasarkan informasi dari tabel 'sipi'.

. Kapal hasil uji coba tersebut kemudian diubah warnanya pada peta menjadi merah untuk memudahkan pengamatan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.25.



**Gambar 4.25** Kapal tanpa surat izin terdeteksi

#### **4.2.7 Kapal memasuki daerah terlarang untuk menangkap ikan**

Pemerintah Republik Indonesia telah menetapkan batas-batas wilayah pengelolaan dan penangkapan ikan, namun terdapat wilayah tertentu dimana penangkapan ikan dilarang dilakukan. Uji coba anomali ini menetapkan bahwa kapal-kapal yang berada diantara 4-6° lintang selatan dan 126-132° bujur timur sebagai kapal yang melakukan aktivitas anomali karena daerah tersebut merupakan lokasi perembangbiakan ikan tuna sirip kuning.

Luasnya wilayah larangan penangkapan ikan ditunjukkan pada gambar 4.26 dengan kapal di ujung kiri atas dan ujung kanan bawah sebagai acuan batas dari wilayah larangan penangkapan ikan. Uji coba yang dilakukan berhasil mendeteksi semua kapal yang berada pada wilayah tersebut sebagai pelaku aktivitas anomali (gambar 4.27) namun hanya kapal yang berada di tengah yang berubah warnanya. Gambar 4.28 menunjukkan hasil bahwa bukan hanya kapal yang berada di tengah, namun juga kapal yang berada di tepi batas didapatkan sebagai pelaku aktivitas anomali.



**Gambar 4.26** Area larangan penangkapan ikan



**Gambar 4.27** Kapal target terdeteksi melakukan aktivitas anomali

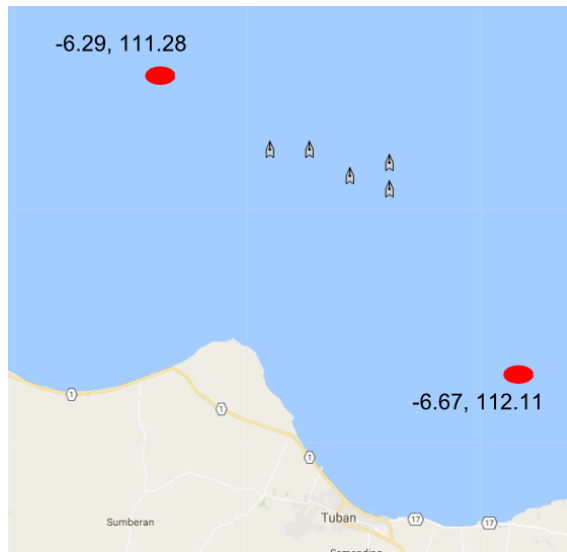
```
indikasi anomali : masuk area terlarang  
ship_id: 555802563  
lat: -5.00522  
lng: 129.98  
  
ship_id: 563021440  
lat: -4  
lng: 126  
  
ship_id: 563028540  
lat: -6  
lng: 132
```

**Gambar 4.28** Kapal yang berada dalam area terlarang



#### 4.2.8 Overfishing/Overcapacity

Kapal-kapal yang memiliki izin melakukan penangkapan ikan pada wilayah tertentu juga dapat dikategorikan melakukan aktivitas anomali. Uji coba dilakukan diantara  $6.29-6.67^{\circ}$  lintang selatan dan  $111.28-112.11^{\circ}$  bujur timur yang termasuk dalam WPP 712 yang meliputi Laut Jawa untuk mendeteksi kapal-kapal yang sedang berkerumun (gambar 4.29). Uji coba dilakukan menggunakan wilayah yang lebih kecil dari wilayah penangkapan yang sebenarnya untuk memudahkan mendeteksi kapal yang sedang berkerumun. Uji coba berhasil mendeteksi kapal-kapal tersebut melakukan anomali *overfishing* dan mengubah tampilannya menjadi berwarna merah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.30.



**Gambar 4.29** Kapal uji coba *overfishing*



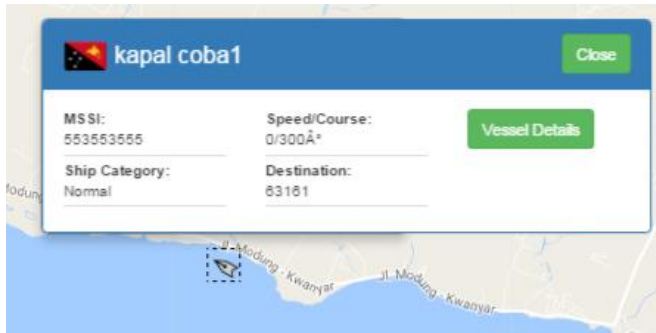
**Gambar 4.30** Kapal terdeteksi berkerumun

Uji coba yang dilakukan menghitung jumlah kapal pada area yang telah ditentukan. Apabila jumlah kapal pada area tersebut terdapat sebanyak 5 (lima) kapal atau lebih, maka seluruh kapal tersebut terindikasi melakukan aktivitas anomali *overfishing* karena membentuk kerumunan dalam suatu lokasi.

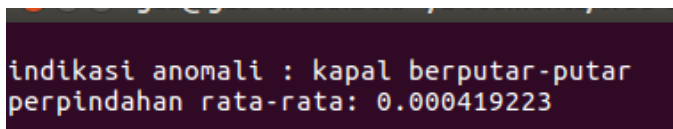
#### **4.2.9 Kapal berputar-putar di lokasi yang sama**

Aktivitas anomali ini mendeteksi kapal-kapal dengan pergerakan yang tidak lazim. Setiap jenis kapal penangkap ikan maupun kapal jenis lain memiliki pola pergerakan masing-masing. Uji coba yang dilakukan mengabaikan jenis kapal yang diujikan dan fokus pada perhitungan rata-rata perpindahan kapal.

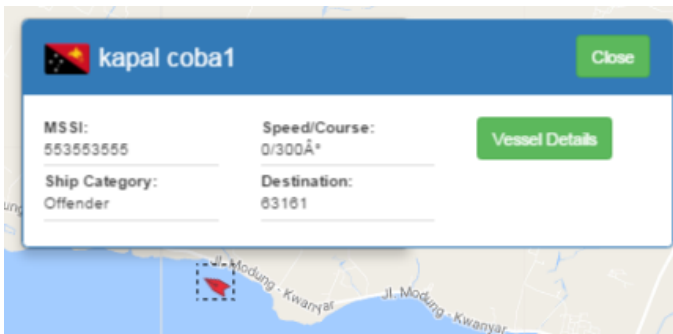
Uji coba dilakukan menggunakan kapal target yang sama dengan uji coba anomali kapal diam selama beberapa hari, namun cara perhitungan perpindahan yang dilakukan berbeda. Gambar 4.31 menunjukkan kapal target sebelum uji coba dilakukan. Kapal tersebut terdeteksi melakukan anomali karena perpindahan rata-ratanya kurang dari 10 kilometer. Perpindahan rata-rata kapal target bahkan kurang dari 1 kilometer (gambar 4.32). Kapal tersebut terindikasi melakukan aktivitas anomali dan tampilannya pada peta diubah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.33.



**Gambar 4.31** Keadaan sebelum uji coba anomali kapal berputar-putar



**Gambar 4.32** Kapal terdeteksi berputar-putar di lokasi yang sama



**Gambar 4.33** Kapal telah berubah tampilannya

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 5 PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perancangan, percobaan, dan pengujian seluruh sistem dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Kapal dengan pergerakan kurang dari 200 meter dalam satu hari dapat dikategorikan sebagai anomali diam selama beberapa hari.
2. Kapal tetap masuk kategori anomali diam selama beberapa hari meskipun kapal sudah berpindah posisi namun kembali ke posisi awalnya.
3. Data AIS yang tidak lengkap pada basis data ketika status kapal sedang berlayar dapat dijadikan kriteria bahwa kapal menghilang dari pemantauan. Percobaan dilakukan sebanyak 5 (lima) kali dan semuanya menghasilkan kapal masuk kategori aktivitas anomali.
4. Akurasi untuk perhitungan kapal yang berlayar tidak sesuai rute dipengaruhi oleh bentuk elips permukaan bumi.

### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, penulis menyarankan :

1. Penelitian selanjutnya berkolaborasi dengan lembaga terkait agar diperoleh data perizinan operasional kapal serta wilayah penangkapan ikan agar hasil yang diperoleh lebih maksimal.
2. Penelitian selanjutnya lebih fokus dengan sedikit anomali saja karena banyak faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya sebuah anomali agar anomali yang diteliti dapat dibahas secara lebih detail.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://kbbi.web.id/anomali>; diakses pada Januari 2017. (Dikutip pada halaman 6).
- [2] V. Chandola, A. Banerjee, V. Kumar, “Anomaly Detection: A Survey, *ACM Computing Surveys*, 2009. (Dikutip pada halaman 7).
- [3] I.K.E. Purnama, “Pengembangan Intelligent Maritime Transportation System untuk Penegakan Kedaulatan Maritim Indonesia”, Kompetitif Nasional – Pengembangan IPTEK, 2015. (Dikutip pada halaman 7,23).
- [4] Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor PER.01/MEN/2009 Tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia. (Dikutip pada halaman 8,9).
- [5] CAMINO-108 AIS User Manual V1.14\_201409. (Dikutip pada halaman 14).
- [6] J. Carson, *et al*, “Satellite AIS - developing technology or existing capability?”, Journal of Navigation, University of Wollongong, 2012. (Dikutip pada halaman 14).
- [7] <http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=mtMmsi>. Diakses pada September 2016. (Dikutip pada halaman 14).
- [8] B. Purmadipta, et al, Sistem Informasi Geografis Perumahan dan Fasilitas Sosial Terdekat dengan Metode Haversine Formula, Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JUSTIN) Vol. 1, No. 1, 2016. (Dikutip pada halaman 17).

- [9] Current and Planned Global and Regional Navigation Satellite Systems and Satellite-Based Augmentation Systems, International Committee on Global Navigation Satellite Systems Provider's Forum, 2010. (Dikutip pada halaman 17).
- [10] <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>. Diakses pada Desember 2016. (Dikutip pada halaman 18).
- [11] [https://developers.google.com/maps/articles/phpsqlsearch\\_v3](https://developers.google.com/maps/articles/phpsqlsearch_v3). Diakses pada September 2016. (Dikutip pada halaman 19).
- [12] <http://lotsofprojects.com/reveal/kraken.html>. Diakses pada September 2016. (Dikutip pada halaman 20).
- [13] REST API resources  
[https://github.com/tfredrich/RestApiTutorial.com/raw/master/media/RESTful%20Best%20Practices-v1\\_2.pdf](https://github.com/tfredrich/RestApiTutorial.com/raw/master/media/RESTful%20Best%20Practices-v1_2.pdf) . Diakses pada September 2016. (Dikutip pada halaman 21).
- [14] S. Famulaqih, "Intelligent Maritime Transportation System : Visualisasi Data Kapal Berbasis AIS Menggunakan Peta Daring", 2016. (Dikutip pada halaman 29).



## BIOGRAFI PENULIS



**Gustisatya Perdana** dilahirkan di Jakarta pada tanggal 26 Juli 1992. Penulis menghabiskan masa kecilnya di Semarang. Kemudian melanjutkan pendidikan di SD Sumbangsih Jakarta, lalu meneruskan ke SMPN 75 Jakarta. Sempat menghadapi berbagai tantangan demi masuk ke SMA idamannya, hingga akhirnya berhasil diterima di SMAN 8 Jakarta. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan tinggi di institut terbaik di Indonesia, yakni Institut Teknologi Sepuluh

Nopember pada jurusan Teknik Elektro. Penulis memilih bidang studi Teknik Komputer dan Telematika dan menjadi anggota asisten di laboratorium telematika. Berbagai tekanan dan rintangan selama menjalani masa mahasiswa telah menempa penulis menjadi pribadi yang tabah dan tangguh.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*