

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Keaslian dan Kontribusi Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori .....	12
2.2.1 <i>Automatic Identification System (AIS)</i> .....	13
2.2.2 <i>Satelit Low Earth Orbit (LEO)</i> .....	16
2.2.3 <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i> .....	18
2.2.4 <i>Bidirectional Gated Recurrent Unit (BiGRU)</i> .....	19
2.2.5 Metrik Evaluasi.....	20
2.3 Pertanyaan Penelitian.....	22
2.4 Hipotesis .....	22
BAB III METODE PENELITIAN .....	23
3.1 Alat dan Bahan.....	23
3.1.1 Alat Penelitian.....	23

3.1.2	Bahan .....	23
3.2	Tahapan Penelitian.....	24
3.2.1	Akuisisi Data ( <i>Data Acquisition</i> ).....	24
3.2.2	Pengumpulan Data ( <i>Data Collection</i> ).....	26
3.2.3	Pembersihan Data ( <i>Data Cleaning</i> ).....	26
3.2.4	Pra Pemrosesan Data ( <i>Data Pre-processing</i> ) .....	27
3.2.5	Perancangan dan Pelatihan Model .....	30
3.2.6	Model Perbandingan .....	31
3.2.7	Evaluasi Model dengan Data Sampel .....	32
3.2.8	Hasil dan Pembahasan .....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		35
4.1	Hasil .....	35
4.1.1	Hasil Akuisisi Data LAPAN-A2 dan LAPAN-A3 .....	35
4.1.2	Hasil Pembersihan Data.....	41
4.1.3	Hasil Pelatihan Model dan Pencarian <i>Hyperparameter</i> .....	42
4.1.4	Hasil Pengujian Model pada Data Sampel .....	51
4.2	Pembahasan .....	61
4.3	Temuan Penelitian .....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		69
5.1	Kesimpulan .....	69
5.2	Saran .....	70
DAFTAR PUSTAKA .....		71
LAMPIRAN.....		75
Lampiran 1: Statistik deskriptif selisih jarak posisi aktual vs prediksi single-step untuk semua lintasan kapal terpilih di berbagai model.....		75

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Keaslian Penelitian.....	4
Tabel 2. 1 Karakteristik protokol AIS .....	13
Tabel 2. 2 Jenis pesan AIS .....	14
Tabel 3. 1 Kueri SQL pengumpulan data AIS .....	26
Tabel 3. 2 Ruang eksplorasi <i>hyperparameter</i> PSO .....	30
Tabel 3. 3 Konfigurasi parameter PSO untuk eksperimen.....	30
Tabel 3. 4 Konfigurasi <i>hyperparameter</i> model perbandingan .....	31
Tabel 3. 5 Kumpulan data pengujian sembilan data sampel kapal terpilih.....	32
Tabel 4. 1 Perbandingan kinerja model pada data uji 20%.....	42
Tabel 4. 2 Perbandingan nilai metrik evaluasi (MSE, AED, FD) hasil prediksi <i>single-step</i> (posisi aktual sebagai input) berbagai model pada lintasan kapal terpilih .....	48
Tabel 4. 3 Perbandingan nilai metrik evaluasi (MSE, AED, FD) hasil akumulasi eror pada prediksi <i>single-step</i> dengan iterasi <i>5-step</i> dan <i>10-step</i> berulang yang menggunakan output prediksi sebelumnya sebagai input di berbagai model pada lintasan kapal terpilih .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi kerangka <i>slot time</i> data AIS [41].....	13
Gambar 2. 2 Cakupan radius LAPAN-A2 .....	17
Gambar 2. 3 Cakupan radius LAPAN-A3 .....	18
Gambar 3. 1 Tahapan penelitian .....	24
Gambar 3. 2 Orbit satelit LAPAN-A2 dan LAPAN-A3 pada peta dua dimensi.....	25
Gambar 3. 3 Skema prediksi berbasis <i>time step</i> untuk data berurutan pergerakan kapal	29
Gambar 4. 1 Kepadatan data AIS hasil akuisisi dari satelit LAPAN-A2 pada bulan Juli 2019 .....	35
Gambar 4. 2 Kepadatan data AIS hasil akuisisi dari satelit LAPAN-A3 pada bulan Juli 2019 .....	35
Gambar 4. 3 Kepadatan data AIS hasil gabungan akuisisi dari satelit LAPAN-A2 dan LAPAN-A3 pada bulan Juli 2019 .....	36
Gambar 4. 4 Kepadatan data AIS di perairan sekitar pulau Papua .....	37
Gambar 4. 5 Frekuensi sampling data AIS satelit LAPAN-A2 dan LAPAN-A3 pada bulan Juli 2019 di perairan sekitar Pulau Papua .....	39
Gambar 4. 6 Persebaran temporal data AIS satelit LAPAN-A2 pada tanggal 22 Juli 2019 di rentang waktu 11:16:17 hingga 11:28:25 saat mencakup wilayah perairan sekitar Pulau Papua.....	40
Gambar 4. 7 Hasil pembersihan data AIS .....	41
Gambar 4. 8 Visualisasi pra proses data AIS dengan 200 data per kapal .....	42
Gambar 4. 9 Perbandingan nilai MSE pada data uji untuk berbagai model .....	43
Gambar 4. 10 Arsitektur model prediksi posisi kapal menggunakan jaringan saraf <i>Bidirectional</i> GRU (BiGRU) .....	43
Gambar 4. 11 Visualisasi 5D proses eksplorasi dan eksploitasi <i>hyperparameter</i> pada eksperimen PSO 1.....	44
Gambar 4. 12 Visualisasi 5D proses eksplorasi dan eksploitasi <i>hyperparameter</i> pada eksperimen PSO 2.....	45
Gambar 4. 13 Visualisasi 5D proses eksplorasi dan eksploitasi <i>hyperparameter</i> pada eksperimen PSO 3.....	45
Gambar 4. 14 Grafik proses eksplorasi dan eksploitasi <i>hyperparameter</i> optimal per iterasi pada eksperimen PSO 1 .....	47
Gambar 4. 15 Grafik proses eksplorasi dan eksploitasi <i>hyperparameter</i> optimal per iterasi pada eksperimen PSO 2 .....	47
Gambar 4. 16 Grafik proses eksplorasi dan eksploitasi <i>hyperparameter</i> optimal per iterasi pada eksperimen PSO 3 .....	47
Gambar 4. 17 Visualisasi sembilan data uji lintasan kapal terpilih .....	51
Gambar 4. 18 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal A.....	52
Gambar 4. 19 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal B.....	53
Gambar 4. 20 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal C.....	54
Gambar 4. 21 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal D .....	55
Gambar 4. 22 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal E.....	56



Gambar 4. 23 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal F .....	57
Gambar 4. 24 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal G .....	58
Gambar 4. 25 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal H .....	59
Gambar 4. 26 Visualisasi geospasial lintasan, plot selisih jarak, dan posisi aktual dan prediksi posisi <i>single-step</i> dan <i>multi-step</i> (5 dan 10 langkah) kapal I .....	60