

**IMPLEMENTASI MODEL *HYBRID ARIMAX-LSTM* DALAM
PREDIKSI TINGGI GELOMBANG LAUT DI LAUT NATUNA
UTARA**

TUGAS AKHIR



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

IMPLEMENTASI MODEL *HYBRID ARIMAX-LSTM* DALAM PREDIKSI TINGGI GELOMBANG LAUT DI LAUT NATUNA UTARA

Tugas Akhir

Skema Skripsi

Tugas Akhir diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana

Teknik pada Program Studi Teknik Informatika



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2026**

PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir berjudul “Implementasi Model *HYBRID ARIMAX-LSTM* dalam Prediksi Tinggi Gelombang Laut di Laut Natuna Utara” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji dan menerima sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Tanjungpinang, 1 Juli 2026



Faujiah Decika
NIM 2101020058



© Hak Cipta Milik Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tahun 2021

Hak Cipta Dilindungi Undang- Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Maritim Raja Ali Haji.



HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Implementasi Model *HYBRID ARIMAX-LSTM* dalam
Prediksi Tinggi Gelombang Laut di Laut Natuna Utara
Nama : Faujiah Decika
NIM : 2101020058
Program Studi : Teknik Informatika
Tanggal Persetujuan : 09 Februari 2026

Disetujui oleh,
Komisi Pembimbing



Nurfalinda, S.T., M.Cs.

(Ketua)



Feri Irawan, S.Kom., M.Kom

(Anggota)

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Implementasi Model *HYBRID ARIMAX-LSTM*
dalam Prediksi Tinggi Gelombang Laut di Laut
Natuna Utara

Nama : Faujiah Decika

NIM : 2101020058

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Komisi Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

KOMISI PENGUJI

Ketua	: Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc	(.....)
Anggota I	: Muhamad Fadli, M.Kom	(.....)
Anggota II	: Novrizal Fattah Fahmitra, S.Kom., M.kom	(.....)
Anggota III	: Nurfalinda, S.T., M.Cs	(.....)
Anggota IV	: Feri Irawan, S.Kom., M.Kom	(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Informatika


Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si
NIP. 198904012019031016

Tanggal Ujian: 20 Februari 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam tugas akhir yang akan dilaksanakan pada bulan Januari 2025 ini pembelajaran mesin, dengan judul “**Implementasi Model *HYBRID ARIMAX-LSTM* dalam Prediksi Tinggi Gelombang Laut di Laut Natuna Utara**”.

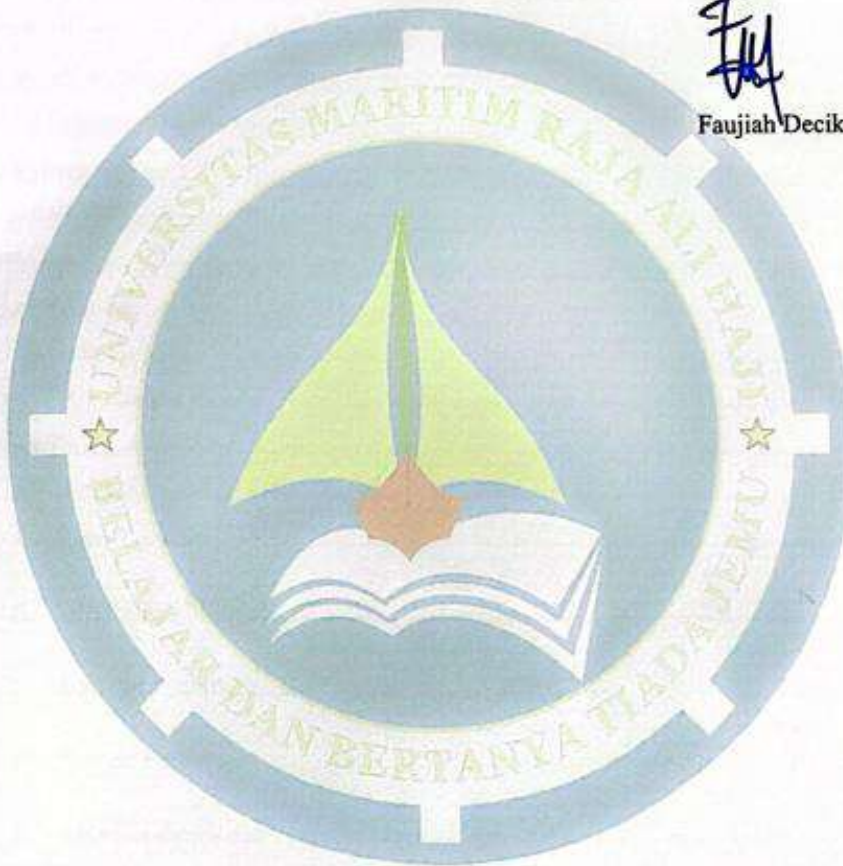
Penulis menyadari bahwa penyelesaian laporan tugas akhir ini tidak akan tercapai tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak berikut.

1. Ibu Martaleli Bettiza, S.Si., M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman dan penguji skripsi penulis;
2. Bapak Feri Irawan, S.Kom., M.Kom, selaku Koordinator Prodi Teknik Informatika dan pembimbing kedua penulis yang telah banyak memberikan kemudahan dan arahan;
4. Ibu Nurfalinda, S.T., M.Cs, selaku Pembimbing pertama penulis yang telah memberikan banyak masukan dan saran untuk kesempurnaan laporan tugas akhir ini;
5. Keluarga tercinta penulis terutama Ayah dan Ibu serta saudara-saudara yang senantiasa menudukung dan mendoakan penulis untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini;
6. Para penguji, rekan-rekan penulis, serta berbagai pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang turut membantu penulis menyelesaikan laporan akhir ini

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak yang membutuhkan informasi atau wawasan di dalamnya, dan semoga kesuksesan serta keselamatan senantiasa dilimpahkan kepada kita semua.

Tanjungpinang, 1 Juli 2026


Faujiah Decika



DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA	iii
HAK CIPTA	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Batasan Penelitian	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN LITERATUR	5
A. Tinjauan Pustaka	5
B. Landasan Teori	10
1. Prediksi	10
2. Gelombang Laut dan Angin	10

3. Data Deret Waktu (<i>Time series</i>).....	12
a. Analisis Deret Waktu	12
4. Normalisasi.....	13
5. Stasioner dan Non Stasioner	14
6. <i>Differencing</i>	16
7. <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA).....	17
8. <i>Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables</i> (ARIMAX).....	19
9. <i>Long Short Term Memory</i> (LSTM)	20
10. Denormalisasi.....	21
11. <i>Hybrid</i> ARIMAX LSTM.....	22
12. <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE).....	23
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
B. Bahan dan Alat	25
C. Prosedur Pelaksanaan Penelitian	26
1. Perancangan ARIMAX	27
2. Perancangan LSTM.....	30
3. Perancangan <i>Hybrid</i> ARIMAX-LSTM	32
D. Perancangan Sistem.....	35
1. Perancangan Basis Data	35

2. Perancangan Alur Sistem <i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD)	38
3. Perancangan Alur Sistem <i>Data Flow Diagram</i> (DFD)	40
4. <i>Wireframe</i> Tampilan	46
5. Implementasi	57
6. Pengujian Sistem	69
E. Analisis Data	77
1. Uji Stationer Berdasarkan Metode Grafik Dan Uji <i>Correlogram</i> (ACF dan PACF)	78
2. Menentukan Order ARIMAX (p,d,q)	82
3. Identifikasi Model ARIMAX (1,0,0)	82
4. Estimasi Parameter ϕ_1 dan ϕ	83
5. Prediksi	85
6. Pembentukan Model LSTM	87
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	99
A. Hasil	100
1. Tahapan ARIMAX	100
2. Tahapan LSTM	108
3. Evaluasi Model	113
4. Hasil Prediksi Tinggi Gelombang	117
5. Prediksi Ketinggian Gelombang Menggunakan Model <i>Hybrid</i> ARIMAX-LSTM	119
B. Pembahasan	120

BAB V SIMPULAN DAN SARAN	122
A. Simpulan.....	122
B. Saran	122
DAFTAR PUSTAKA	124
LAMPIRAN.....	128



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar MAPE	23
Tabel 2. Titik Koordinat Penelitian.....	25
Tabel 3. Alat dan Bahan.....	25
Tabel 4. Pembagian <i>Dataset</i>	33
Tabel 5. Tabel tb_data.....	35
Tabel 6. Tabel tb_pengguna.....	36
Tabel 7. Tabel tb_hasil_prediksi	36
Tabel 8. Tabel tb_validation_data	37
Tabel 9. Tabel tb_Training_data	37
Tabel 10. Tabel tb_test_data.....	38
Tabel 11. Pengujian <i>Form Login</i>	70
Tabel 12. Pengujian <i>Form</i> Daftar.....	70
Tabel 13. Pengujian Halaman Olah Data (<i>Input Data</i>)	71
Tabel 14. Pengujian Halaman Olah Data – Hasil Data Latih	71
Tabel 15. Pengujian Halaman Olah Data (Hasil Data Uji)	71
Tabel 16. Pengujian ARIMAX – Uji Stasioner Grafik (Grafik <i>Time series</i>).....	72
Tabel 17. Pengujian ARIMAX – Uji Stasioner Grafik (<i>Differencing</i> Grafik).....	72
Tabel 18. Pengujian ARIMAX – ACF/PACF.....	73
Tabel 19. Pengujian ARIMAX – Identifikasi Model (Daerah yang Diterima).....	73
Tabel 20. Pengujian ARIMAX –Estimasi Parameter Model ARIMAX.....	74
Tabel 21. Pengujian ARIMAX – Hasil Pengujian Model ARIMAX	74
Tabel 22. Pengujian ARIMAX – Hasil <i>Training</i> ARIMAX.....	75
Tabel 23. Pengujian Halaman Prediksi <i>Hybrid</i>	76
Tabel 24. Pengujian Halaman Evaluasi <i>Hybrid</i>	76
Tabel 25. Pengujian Halaman Prediksi Gelombang	77
Tabel 26. Sampel Data Latih.....	77
Tabel 27. Data Uji.....	78
Tabel 28. Rekapitulasi Hasil Perhitungan.....	81
Tabel 29. Perhitungan Estimasi Parameter	83
Tabel 30. Perhitungan koefisien regresi.....	84
Tabel 31. Perhitungan prediksi	85

Tabel 32. Prdiksi dan Residual.....	87
Tabel 33. Normalisasi residual.....	88
Tabel 34. Hasil perhitungan nilai <i>gate</i> dan <i>state</i>	90
Tabel 35. Normalisasi dan Denormalisasi	92
Tabel 36. Perhitungan Residual ARIMAX	93
Tabel 37. Hasil Perhitungan LSTM <i>Single-step</i>	95
Tabel 38. Denormalisasi output LSTM.....	95
Tabel 39. Hasil perhitungan <i>Hybrid</i> ARIMAX-LSTM.....	96
Tabel 40. Data Latih yang Digunakan	99
Tabel 41. ACF PACF Non Stasioner	102
Tabel 42. Data <i>Differencing</i> dan Normalisasi.....	102
Tabel 43. ACF PACF Stasioner	103
Tabel 44. Hasil Estimasi Parameter Model ARIMAX.....	105
Tabel 45. Hasil Uji Signifikansi Parameter Model ARIMAX	106
Tabel 46. Evaluasi Parameter Model ARIMAX	106
Tabel 47. MAPE Hasil Pengujian Model ARIMAX	107
Tabel 48. Estimasi Model Terbaik ARIMAX.....	107
Tabel 49. Hasil Residual <i>Training</i> ARIMAX.....	108
Tabel 50. Uji Coba Variasi <i>Learning Rate</i>	109
Tabel 51. Rangkuman Parameter	110
Tabel 52. Progres Pelatihan LSTM.....	110
Tabel 53. Sampel Hasil Prediksi LSTM Terhadap Data Uji.....	111
Tabel 54. Hasil Uji Coba Residual Prediksi LSTM dan Hybrid.....	112
Tabel 55. Perbandingan MAPE ARIMAX & <i>Hybrid</i> Parameter Tertinggi.....	114
Tabel 56. Perbandingan MAPE ARIMAX & <i>Hybrid</i> Parameter Terendah.....	115
Tabel 57. Hasil Prediksi <i>Hybrid</i> (ARIMAX–LSTM).....	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola <i>constant</i>	12
Gambar 2. Pola <i>seasonal</i> (musiman)	13
Gambar 3. Pola siklis	13
Gambar 4. Pola <i>trand</i>	13
Gambar 5. Arsitektur Dasar LSTM.....	20
Gambar 6. Lokasi Penelitian	24
Gambar 7. Tahapan Penelitian	26
Gambar 8. Perancangan ARIMAX	27
Gambar 9. Perancangan LSTM.....	30
Gambar 10. Perancangan <i>Hybrid</i> ARIMAX-LSTM.....	32
Gambar 11. Rancangan <i>Entity Relantionship Diagram</i> (ERD)	39
Gambar 12. <i>Data Flow Diagram</i> (DFD) Level 0	41
Gambar 13. DFD Level 1	42
Gambar 14. DFD Level 2 Kelola Data Utama.....	43
Gambar 15. DFD Level 2 Proses ARIMAX	44
Gambar 16. DFD Level 2 Proses <i>Hybrid</i> ARIMAX-LSTM.....	45
Gambar 17. <i>Wireframe Form Login</i>	46
Gambar 18. <i>Wireframe Form</i> Daftar.....	47
Gambar 19. <i>Wireframe Dashboard</i>	48
Gambar 20. <i>Wireframe Input Data</i>	48
Gambar 21. <i>Wireframe Input Data Lanjutan</i>	49
Gambar 22. <i>Wireframe Olah Data Hasil Data Latih</i>	49
Gambar 23. <i>Wireframe Olah Data Hasil Data Validasi</i>	50
Gambar 24. <i>Wireframe Olah Data Hasil Data Uji</i>	51
Gambar 25. <i>Wireframe ARIMAX Uji Stasioner Grafik</i> (Grafik <i>Time series</i>).....	51
Gambar 26. <i>Wireframe ARIMAX Uji Stasioner Grafik</i> (<i>Differencing</i> Grafik)....	52
Gambar 27. <i>Wireframe ARIMAX ACF/PACF</i>	53
Gambar 28. <i>Wireframe Identifikasi Model</i> (Daerah yang Diterima).....	53
Gambar 29. <i>Wireframe ARIMAX Identifikasi Model</i> (Estimasi Parameter Model ARIMAX).....	54

Gambar 30. <i>Wireframe</i> ARIMAX Identifikasi Model (Hasil Pengujian Model ARIMAX)	55
Gambar 31. <i>Wireframe</i> ARIMAX Identifikasi Model (Hasil <i>Training</i>).....	55
Gambar 32. <i>Wireframe Interface Hybrid</i> Prediksi <i>Hybrid</i>	56
Gambar 33. <i>Wireframe Interface Hybrid</i> Evaluasi <i>Hybrid</i>	57
Gambar 34. <i>Wireframe Interface Hybrid</i> Prediksi Gelombang	57
Gambar 35. Tampilan <i>Login</i>	58
Gambar 36. Tampilan <i>Daftar</i>	59
Gambar 37. Tampilan <i>Dashboard</i>	59
Gambar 38. Tampilan <i>Olah Data</i>	60
Gambar 39. Tampilan <i>Olah Data (2)</i>	60
Gambar 40. Tampilan <i>Hasil Data Latih</i>	61
Gambar 41. Tampilan <i>Hasil Data Validasi</i>	62
Gambar 42. Tampilan <i>Hasil Data Uji</i>	62
Gambar 43. Tampilan Halaman ARIMAX – Uji Stasioner Grafik <i>Time series</i> ...	63
Gambar 44. Tampilan Halaman ARIMAX – Uji Stasioner Grafik <i>Differencing</i> .	64
Gambar 45. Tampilan ARIMAX – ACF/PACF	64
Gambar 46. Tampilan ARIMAX – Identifikasi Model (Daerah yang Diterima) .	65
Gambar 47. Tampilan ARIMAX – Estimasi Parameter Model	66
Gambar 48. Tampilan ARIMAX – Hasil Pengujian Model	66
Gambar 49. Tampilan ARIMAX – Hasil <i>Training</i>	67
Gambar 50. Tampilan <i>Prediksi Hybrid</i>	68
Gambar 51. Tampilan <i>Evaluasi Hybrid</i>	68
Gambar 52. Tampilan <i>Prediksi Gelombang</i>	69
Gambar 53. Uji Metode Grafik	79
Gambar 54. Plot <i>time series</i> ACF dan PACF.....	81
Gambar 55. Uji Stasioner Data	100
Gambar 56. ACF dan PACF Non Stasioner.....	101
Gambar 57. <i>Differencing</i> Data	103
Gambar 58. ACF PACF Stasioner	104
Gambar 59. Hasil Pengujian ARIMAX & <i>Hybrid</i> dengan Parameter Terbaik... 114	
Gambar 60. Hasil Pengujian ARIMAX & <i>Hybrid</i> dengan Parameter Terburuk 116	

Gambar 61. Grafik Hasil Pengujian	118
Gambar 62. Halaman Prediksi Skema <i>Input</i> Kecepatan Angin Konstan.....	119
Gambar 63. Halaman Prediksi Skema <i>Input Time-Varying</i>	120



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lampiran Balasan Izin Penelitian.....	128
---	-----

