

**ESTIMASI MODEL MATEMATIKA PADA NAVIGASI KAPAL KORVET
KRI DIPONEGORO MENGGUNAKAN *EXTENDED KALMAN FILTER*
(EKF)**

SKRIPSI



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh
GANESYA ARDANTIAN RINARTON
09010221010

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ganesya Ardantian Rinarton

NIM : 09010221010

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2021

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "ESTIMASI MODEL MATEMATIKA PADA NAVIGASI KAPAL KORVET KRI DIPONEGORO MENGGUNAKAN *EXTENDED KALMAN FILTER* (EKF)". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 23 Juni 2025

Yang menyatakan,



Ganesya Ardantian Rinarton
NIM. 09010221010

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

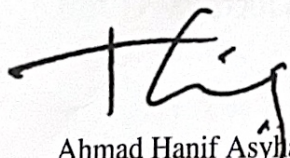
Nama : Ganesya Ardantian Rinarton

NIM : 09010221010

Judul Skripsi : ESTIMASI MODEL MATEMATIKA PADA
NAVIGASI KAPAL KORVET KRI DIPONEGORO
MENGUNAKAN *EXTENDED KALMAN FILTER*
(EKF)

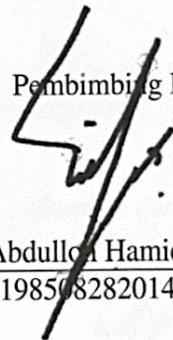
telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



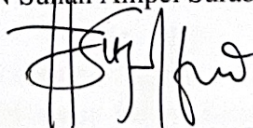
Ahmad Hanif Asyhar, M.Si.
NIP. 198601232014031001

Pembimbing II



Dr. Abdullo Hamid, M.Pd
NIP. 198508282014031003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Yuniar Farida, M.T.
NIP. 197905272014032002

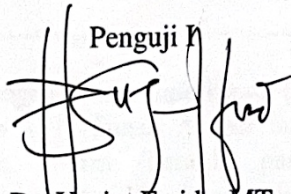
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh:

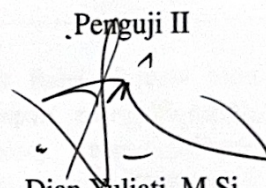
Nama : Ganesya Ardantian Rinarton
NIM : 09010221010
Judul Skripsi : ESTIMASI MODEL MATEMATIKA PADA
NAVIGASI KAPAL KORVET KRI DIPONEGORO
MENGUNAKAN *EXTENDED KALMAN FILTER*
(EKF)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 23 Juni 2025

Mengesahkan,
Tim Penguji

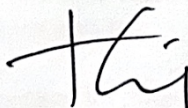
Penguji I


Dr. Yuniar Farida, MT
NIP. 197905272014032002

Penguji II


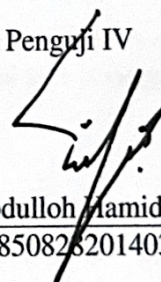
Dian Yuliati, M.Si
NIP. 198707142020122015

Penguji III



Ahmad Hanif Azyhar, M.Si
NIP. 198601232014031001

Penguji IV



Dr. Abdulloh Hamid, M.Pd
NIP. 198508282014031003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax. 031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ganesya Ardantana Prorodn
NIM : 08010221010
Fakultas/Jurusan : Fakultas Sains dan Teknologi / Matematika
E-mail address : _____

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

Estimasi Model Matematika Pada Transisi kepal Korvet ke Dironegoro

Menggunakan Extended Kalman Filter

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 23 Juni 2023

Penulis

(Ganesya Ardantana Prorodn)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

ESTIMASI MODEL MATEMATIKA PADA NAVIGASI KAPAL KORVET KRI DIPONEGORO MENGGUNAKAN *EXTENDED KALMAN FILTER* (EKF)

KRI Diponegoro adalah salah satu kapal perang tipe korvet milik TNI Angkatan Laut yang masih beroperasi hingga saat ini. Pada saat melakukan navigasi di lautan, sebuah kapal perang memerlukan manuver khusus untuk pergerakan kapal yang optimal dalam menjalankan misinya sebagai menjaga kemaritiman Indonesia. Pembuatan model matematika menjadi dasar dalam perancangan pergerakan kapal yang mampu mengoptimalkan kinerja manuver pada suatu kapal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem model matematika pergerakan kapal korvet KRI Diponegoro serta untuk mengetahui hasil estimasi pada haluan pada kapal korvet KRI Diponegoro dengan menggunakan metode *Extended Kalman Filter* (EKF). Metode EKF digunakan untuk mengoptimalkan estimasi pada model pergerakan kapal yang bersifat nonlinear pada saat melakukan navigasi di lautan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada analisis keteramatan memenuhi syarat *observer* yaitu $\text{Rank}(M_0) = 5$. Hasil estimasi pada simulasi pergerakan kapal korvet KRI Diponegoro dengan menggunakan EKF diperoleh nilai estimasi secara akurat yaitu dengan nilai RMSE pada lintasan horizontal x sebesar 0,0105 serta pada lintasan vertikal y sebesar 0,001, dengan kecepatan rata-rata 8,84 m/s dan dengan kecepatan sudut sekitar 5,44 derajat selama 72 detik. Dengan demikian, hal ini menunjukkan bahwa model mampu merepresentasikan pergerakan kapal secara presisi dan optimal pada suatu lintasan.

Kata kunci: *Extended Kalman Filter*, KRI Diponegoro, Navigasi Kapal.

ABSTRACT

ESTIMATION OF MATHEMATICAL MODELS IN CORVETTE NAVIGATION KRI DIPONEGORO USING EXTENDED KALMAN FILTER (EKF)

KRI Diponegoro is one of the Navy's corvette-type warships that is still operating today. When navigating in the ocean, a warship requires special maneuvers for optimal ship movement in carrying out its mission as guarding Indonesia's maritime. Mathematical modeling is the basis for designing ship movements that can optimize the performance of maneuvers on a ship. This study aims to analyze the mathematical model system of the movement of the KRI Diponegoro corvette and to determine the results of the estimation of the bow on the KRI Diponegoro corvette using the Extended Kalman Filter (EKF) method. The EKF method is used to optimize the estimation of nonlinear ship movement models when navigating in the ocean. The estimation results on the simulation of the movement of the KRI Diponegoro corvette using EKF obtained an accurate estimation value, namely with an RMSE value on the horizontal x trajectory of 0.0105 and on the vertical y trajectory of 0.001, with an average speed of 8.84 m / s and with an angular velocity of about 5.44 degrees for 72 seconds. Thus, this shows that the model is able to represent ship movements precisely and optimally on a trajectory.

Keywords: Extended Kalman Filter, KRI Diponegoro, Ship Navigation.

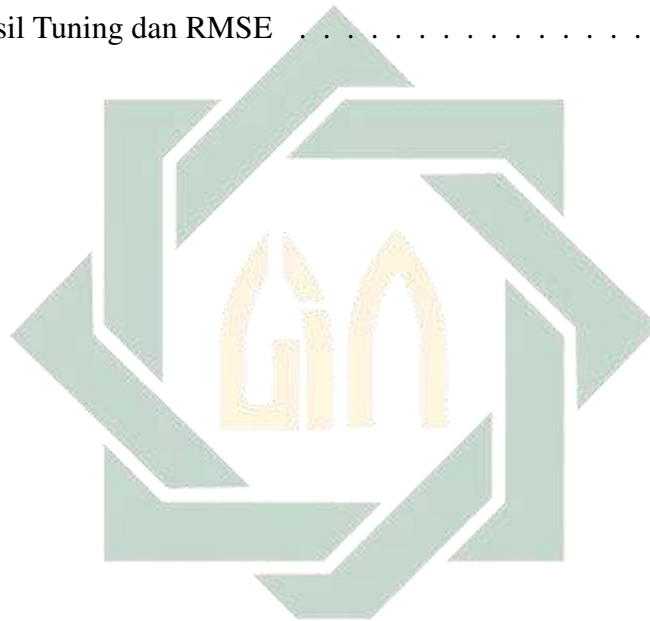
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	8
1.3. Tujuan Penelitian	8
1.4. Manfaat Penelitian	8
1.5. Batasan Masalah	9
1.6. Sistematika Penulisan	10
II TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1. KRI Diponegoro	12
2.2. Model Matematika Kapal	13
2.2.1. Model Matematika Dinamika Kapal	13
2.2.2. Model Matematika Kinematika Kapal	16
2.3. Lintasan Dubins	16
2.4. Kriteria Standar IMO	17
2.5. Linearisasi Model	19

2.6. Keteramatan Sistem	19
2.7. Rank Matriks	20
2.8. Extended Kalman Filter (EKF)	20
2.9. <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	22
2.10. Integrasi Keilmuan	22
2.10.1. Bela Negara menurut Pandangan Islam	22
2.10.2. Armada Laut Kapal Perang	25
2.10.3. Estimasi dalam Perspektif Islam	26
III METODE PENELITIAN	30
3.1. Jenis Penelitian	30
3.2. Jenis dan Sumber Data	30
3.3. Tahapan Penelitian	31
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Nilai Parameter Model dan Data Lintasan	35
4.2. Linearisasi	36
4.3. Analisis Keteramatan	37
4.4. Simulasi Model Pergerakan Kapal	40
4.4.1. Estimasi Pergerakan kapal	42
4.4.2. Estimasi Posisi x	43
4.4.3. Estimasi Posisi y	43
4.4.4. Estimasi Kecepatan v	44
4.4.5. Estimasi Sudut θ	45
4.4.6. Estimasi Kecepatan Sudut ω	46
4.5. Diskusi Penelitian	47
4.6. Integrasi Keilmuan	48
V PENUTUP	52
5.1. Simpulan	52
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

2.1	Normalisasi Parameter (Fossen, 2011)	15
3.1	Data Lintasan	31
3.2	Parameter Kapal KRI Diponegoro Sumber : (Military Factory, 2023)	31
4.1	Hasil Tuning dan RMSE	41



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

1.1	Gerakan 6 derajat kebebasan (Akbar, 2014).	4
2.1	KRI Diponegoro (365) (Military Factory, 2023).	12
2.2	Model Dinamika Kapal	14
2.3	Lintasan Dubins CLC dan CCC (Dubins, 1957)	17
2.4	Kriteria Standar IMO (Asfihani, 2019)	18
3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian.	31
3.2	Algoritma Extended Kalman Filter.	33
4.1	Lintasan Pengujian.	36
4.2	Estimasi EKF pada Lintasan.	42
4.3	Estimasi Posisi x	43
4.4	Estimasi Posisi y	44
4.5	Estimasi Kecepatan v	45
4.6	Estimasi Sudut Θ	46
4.7	Estimasi Kecepatan Sudut ω	47

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, O. D. I. & Mardlijah, M. (2016). *Sistem Pengendali Maneuver Pada Kapal Perang Dengan Metode Sliding Mode Control*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aisjah, A. S. & Widodo, B. S. (2009). Design of Smart Course Control System Based on Fuzzy Logic in the Tracking Ship At Tanjung Perak. *Senta 2009*, (1), 1–4.
- Akbar, R. (2014). Pemodelan kapal perang kelas sigma extended skala 3 meter berbasis eksperimen.
- Aprilia, R., Apriliani, E., & Nurhadi, H. (2020). Estimasi gerak proyektil dengan metode extended kalman filter (ekf) pada inisial kondisi pesawat udara bergerak.
- Arifin, Z. (2015). Sistem Pengendali Keputusan. (1), 512.
- Asfihani, T. (2019). *Panduan dan Kendali Kapal Perang Menggunakan Pengembangan Model Predictive Control (MPC) dengan Gangguan Gelombang*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Cahyaningtias, S. (2014). *Penerapan Disturbance Compensating Model Predictive Control (DC-MPC) Pada Sistem Kendali Kapal*. PhD thesis, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dubins, L. E. (1957). On curves of minimal length with a constraint on average curvature, and with prescribed initial and terminal positions and tangents. *American Journal of mathematics*, 79(3), 497–516.

Firdaus, N., Budi Djatmiko, E., Walujo Prastianto, R., & Muhammad Fajariansyah Ismail, D. (2021). Analisis Respon Gerak Floating Crane Barge Untuk Decommissioning Struktur Lepas Pantai Motion Response Analysis of a Floating Crane Barge for the Decommissioning of Offshore Structures. *Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 15(1), 31–44.

Fossen, T. I. (2011). Handbook of marine craft hydrodynamics and motion control. *John Willy & Sons Ltd.*

Gozali, N. L., Aisjah, A. S., & Apriliani, E. (2013). Estimasi Variabel Dinamik Kapal Menggunakan Metode Kalman Filter. *Teknik POMITS*, 2(1).

Haryanto, D., Febriawan, H. K., Safi', A. F., & Irfan, M. (2020). Survei Dimensional Dan Kalibrasi Sistem Multibeam Laut Dalam Di Kapal Riset Baruna Jaya I. *Geomatika*, 26(2), 95.

Hastuti, L. (2022). Diplomasi Maritim Sebagai Upaya Mewujudkan Indonesia Sebagai Poros Maritim Dunia: Harapan dan Tantangan. *Media Iuris*, 5(1SpecialIssue), 91–106.

Hota, S. & Ghose, D. (2009). A modified dubins method for optimal path planning of a miniature air vehicle converging to a straight line path. In *2009 American Control Conference* (pp. 2397–2402).: IEEE.

Konatowski, S., Kaniewski, P., & Matuszewski, J. (2017). Comparison of Estimation Accuracy of EKF, UKF and PF Filters. *Annual of Navigation*, 23(1), 69–87.

Kusuma, E., Anwar, S., Risman, H., & Arief, R. (2021). Relevansi Peran Pangkalan TNI Angkatan Laut Terhadap Terwujudnya Wilayah Pertahanan yang Bertumpu

- pada Pulau-Pulau Besar (Studi Kasus pada Lantamal III/Jakarta). *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(5).
- Madyastha, V. K., Ravindray, V. C., Mallikarjunan, S., & Goyal, A. (2011). Extended Kalman filter vs. error state Kalman filter for aircraft attitude estimation. *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference 2011*, (August), 1–23.
- Maliki, M. (2018). *Perancangan Instrumen Sistem Navigasi Dengan Kalman Filter Dan Algoritma Smoothing Savitzky-Golay*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Manyam, S. G., Casbeer, D., Von Moll, A. L., & Fuchs, Z. (2019). Shortest dubins path to a circle. In *AIAA scitech 2019 forum* (pp. 0919).
- Maulana, R. et al. (2022). Rancang bangun aplikasi pengenalan kapal perang indonesia menggunakan augmented reality. *Journal of Information Technology*, 4(2), 07–11.
- Military Factory (2023). KRI Diponegoro (365).
- Nadzilah, A., Gandana, D. M., Muliadi, J., & Daryanto, Y. (2017). Application of kalman filter to track ship maneuver. In *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)* (pp. 1–5).
- Nikawanti, G. & Aca, R. (2021). Ecoliteracy : Membangun Ketahanan Pangan dari Kekayaan Maritim Indonesia. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 2(2), 149–166.
- Pangaribuan, M., Aritonang, S., & Anwar, S. (2020). Manajemen Operasi PT.

- Janata Marina Indah Semarang Dalam Melakukan Perbaikan Kapal Perang Tni Angkatan Laut. *Jurnal Industri Pertahanan*, 2(1), 21–46.
- Putri, D. K. R. (2016). Kendali sudut kemudi pada mobil untuk pelacakan lintasan dubins dengan menggunakan model predictive control. (*Final Project, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*).
- Risdhayanti, A. D. (2017). *Desain dan Simulasi Gerak Kontrol Kedalaman Pada MARES AUV Menggunakan Nonlinear Model Predictive Control*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sabir, M. R. P. & Mokodompit, E. A. (2023). Analisis Potensi Maritim Indonesia. *OSF Preprints*, (pp. 1–9).
- Shi, C., Zhao, D., Peng, J., & Shen, C. (2009). Identification of ship maneuvering model using extended kalman filters. In *Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* (pp. 355–360). CRC Press.
- Sholikhah, S. A. & Subchan, S. (2012). Penerapan model predictive control (mpc) pada kapal autopilot dengan lintasan tertentu. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), A45–A50.
- Silaban, R. A. S., Zahrina, N., Yanfeto, B., & Agassi, R. N. (2023). Validasi gelombang laut di perairan teluk terima kabupaten buleleng provinsi bali dengan software mike 21: Validation of ocean waves in the waters of the bay of acceptance, buleleng district, bali province with mike 21 software. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 5(1), 37–46.
- Sirmareza, T. (2017). Naval diplomacy dalam pengiriman satuan tugas maritim

tentara nasional indonesia di united nations interim force in lebanon. *Jurnal Diplomasi Pertahanan*, 3(1).

Strang, G. (2019). *Linear Algebra*.

Suharyo, O. S. & Bastari, A. (2021). Review Strategis Upaya Pengamanan Laut Nasional Menuju Keamanan Maritim dan Pengelolaan Ruang Laut Indonesia. *Rekayasa Journal of Science and Technology*, 14(3), 443–449.

Winggari, I. (2018). *Kendali Sudut Haluan Kapal Untuk Pelacakan Lintasan Dubins Dengan Halangan Statis Menggunakan Metode Model Predictive Control*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wulandari, L., Farida, Y., Fanani, A., & Syai'in, M. (2020). Optimization of autoregressive integrated moving average (arima) for forecasting indonesia sharia stock of index (issi) using kalman filter. In *Built Environment, Science and Technology International Conference* (pp. 295–303).

Zakiah, K. U. (2021). *Estimasi Posisi Kapal Perang Extended Korvet SIGMA Menggunakan Metode Unscented Kalman Filter (UKF)*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.