

**SISTEM KENDALI *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN-TRACKING*
(LQG-T) PADA KAPAL PERANG**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh
AQSHAL TEGAR WIRATAMA
09010222002

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

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aqshal Tegar Wiratama
NIM : 09010222002
Program Studi : Matematika
Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "SISTEM KENDALI *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN-TRACKING* (LQG-T) PADA KAPAL PERANG". 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, 11 Maret 2026

Yang menyatakan,



Aqshal Tegar Wiratama
NIM. 09010222002

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Proposal skripsi oleh

Nama : Aqshal Tegar Wiratama
NIM : 09010222002
Judul proposal skripsi : SISTEM KENDALI *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN-TRACKING* (LQG-T) PADA KAPAL PERANG

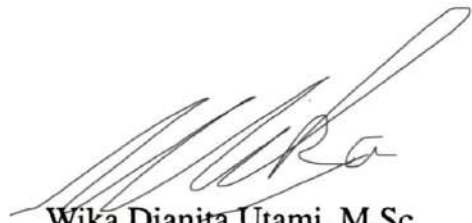
telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Pembimbing I



Dr. Ahmad Hanif Asyhar, M. Si
NIP. 198601232014031001

Pembimbing II



Wika Dianita Utami, M.Sc
NIP. 199206102018012003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Yuniar Fariha, M.T
NIP. 197905272014032002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi oleh:

Nama : Aqshal Tegar Wiratama

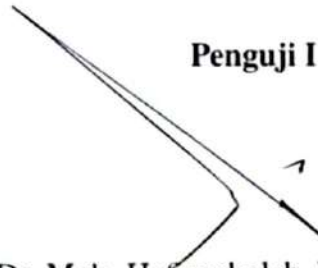
NIM : 09010222002

Judul : SISTEM KENDALI *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN-TRACKING* (LQG-T) PADA KAPAL PERANG

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 2 April 2026.

Mengesahkan,
Tim Penguji

Penguji I



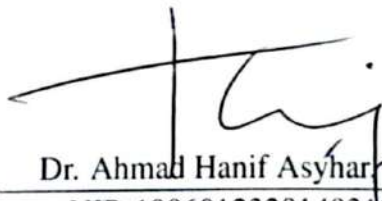
Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si., M.PMat
NIP. 198002042014031001

Penguji II



Dr. Dian Candra Rini Novitasari, M. Kom
NIP. 198511242014032001

Penguji III



Dr. Ahmad Hanif Asyhar, M. Si
NIP. 198601232014031001

Penguji IV



Wika Diamita Utami, M.Sc
NIP. 199206102018012003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Asep Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpustakaan@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 : Aqshal Tegar Wiratama
NIM : 09010222002
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi
E-mail address : aqshal.tegarw@gmail.com

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

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

System Kendali Linear Quadratic Gaussian-Tracking
(LQG-T) Pada Kapal Perang

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, 9 April 2026

Penulis

(Aqshal Tegar W)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

SISTEM KENDALI *LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN-TRACKING* (LQG-T) PADA KAPAL PERANG

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem kendali *Linear Quadratic Gaussian-Tracking* (LQG-T) pada kapal perang Fregat Merah Putih, khususnya dalam melakukan estimasi keadaan serta kemampuan tracking terhadap lintasan referensi. Permasalahan yang dikaji meliputi bagaimana hasil estimasi kecepatan *sway* dan kecepatan sudut *yaw*, serta bagaimana performa kendali LQG-T dalam mengendalikan pergerakan kapal agar mengikuti lintasan yang diinginkan. Model matematika kapal yang digunakan merupakan sistem dengan tiga derajat kebebasan, yaitu *surge*, *sway*, dan *yaw*. Lintasan referensi dibangkitkan menggunakan metode lintasan Dubins. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode LQG-T mampu mengestimasi kecepatan *sway* dan kecepatan sudut *yaw* dengan akurat, yang ditunjukkan oleh nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0.0054 untuk sudut ψ , 0.0054 untuk posisi x , dan 0.0057 untuk posisi y , serta nilai koefisien determinasi (R^2) masing-masing sebesar 1.0000, 0.9984, dan 0.9908. Selain itu, penerapan kendali LQG-T juga menunjukkan performa tracking yang baik, di mana kapal mampu mengikuti lintasan referensi dengan deviasi yang sangat kecil dan respon sistem yang stabil. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kendali LQG-T efektif digunakan sebagai sistem kendali kapal perang Fregat Merah Putih dalam melakukan estimasi keadaan dan pengendalian lintasan secara akurat.

Kata kunci: Kapal Perang; Kalman Filter; LQR; LQG-T; Pemodelan; Sistem Kendali

ABSTRACT

A LINEAR QUADRATIC GAUSSIAN-TRACKING (LQG-T) CONTROL SYSTEM FOR WARSHIPS

This study aims to analyze the performance of the *Linear Quadratic Gaussian-Tracking* (LQG-T) control system on Fregat Merah Putih, specifically in terms of state estimation and tracking capability relative to the reference trajectory. The issues examined include the results of the estimates of sway velocity and yaw angular velocity, as well as the performance of the LQG-T control in controlling the ship's movement to follow the desired trajectory. The mathematical model of the ship used is a system with three degrees of freedom: surge, sway, and yaw. Reference trajectory is generated using the Dubins trajectory method. The research results show that the LQG-T method is capable of accurately estimating sway velocity and yaw angular velocity, as indicated by Root Mean Square Error (RMSE) values of 0.0054 for the angle ψ , 0.0054 for the x position, and 0.0057 for the y position, as well as determination coefficients (R^2) of 1.0000, 0.9984, and 0.9908, respectively. Furthermore, the application of the LQG-T control also demonstrated good tracking performance, where the ship was able to follow the reference trajectory with very small deviations and a stable system response. Thus, it can be concluded that the LQG-T control is effective when used as a control system for Fregat Merah Putih in accurately estimating state and controlling the trajectory.

Keywords: Warship; Kalman Filter; LQR; LQG-T; Modeling; Control System

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO	v
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 Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Batasan Masalah	8
1.6. Sistematika Penulisan	8
II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Fregat Merah Putih	10
2.2. Model Matematika Dinamika Kapal	11
2.3. Model Matematika Kinematika Kapal	16
2.4. Model Matematika Gabungan Kapal	16
2.5. Lintasan Dubins	17
2.6. Analisis Sistem	18
2.7. Perancangan Kendali Optimal	21
2.7.1. Estimasi Kalman Filter	21
2.7.2. <i>Linear Quadratic Gaussian-Tracking (LQG-T)</i>	26
2.8. <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	27
2.9. Koefisien Determinasi (R^2)	28
2.10. Integrasi Keilmuan	29
III METODE PENELITIAN	32

3.1. Jenis Penelitian	32
3.2. Sumber Data	32
3.3. Tahapan Penelitian	32
3.3.1. Parameter Penelitian	33
3.3.2. Model Matematika Pergerakan Kapal	34
3.3.3. Analisis Sistem	34
3.3.4. Estimasi Kalman Filter	34
3.3.5. Penerapan <i>Linear Quadratic Gaussian-Tracking</i> (LQG-T)	34
3.3.6. Tahap Simulasi dan Evaluasi Hasil	35
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Parameter Penelitian	36
4.2. Model Matematika Pergerakan Kapal	41
4.2.1. Model Dinamika Kapal	41
4.2.2. Model Kinematika Kapal	44
4.2.3. Model Gabungan Pergerakan Kapal	45
4.3. Analisis Sistem	46
4.3.1. Linierisasi Model	46
4.3.2. Analisis Keteramatan	46
4.3.3. Analisis Keterkontrolan	48
4.4. Simulasi Kendali <i>Linear Quadratic Gaussian-Tracking</i> (LQG-T)	50
4.5. Diskusi	57
4.6. Integrasi Keilmuan	58
V PENUTUP	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR TABEL

2.1	Spesifikasi Fregat Merah Putih (Afandi, 2024)	11
2.2	Tabel Normalisasi Sistem Prime I (Fossen, 1994)	13
4.1	Parameter Kapal Fregat Merah Putih	36
4.2	Sampel data referensi dari lintasan Dubins	45
4.3	Data Variasi Diagonal Matriks Pembobotan	51
4.4	Sampel data hasil simulasi LQG-T	53



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

1.1	Derajat kebebasan kapal (Fossen, 1994)	6
2.1	Fregat Merah Putih	11
2.2	Derajat kebebasan kapal (Chen et al., 2018)	12
2.3	Lintasan CLC (Castaned et al., 2017)	17
2.4	Standar IMO (Asfihani, 2019)	18
3.1	Diagram alir (<i>flowchart</i>) penelitian	33
4.1	Lintasan Dubins	44
4.2	Hasil simulasi <i>sway</i> (v)	52
4.3	Hasil simulasi <i>yaw</i> (r)	53
4.4	Hasil simulasi sudut (ψ)	54
4.5	Hasil simulasi posisi (x)	54
4.6	Hasil simulasi posisi (y)	55
4.7	Perbandingan lintasan referensi dengan lintasan simulasi . .	56
4.8	<i>Running cost</i> kendali LQG-T	56



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, N. M. and Ihsanuddin (2024). Dua kapal fregat merah putih tni al diharapkan bisa beroperasi pada 2028. <https://nasional.kompas.com/read/2024/07/02/10023991/dua-kapal-fregat-merah-putih-tni-al-diharapkan-bisa-beroperasi-pada-2028>, diakses pada 2 November 2025.
- Afandi, A. (2024). *Spesifikasi KRI Raja Haji Fisabilillah dan Lukas Rumkorem: Senjata Lengkap, Kecepatan Tinggi*. <https://lampung.inews.id/berita/spesifikasi-kri-raja-haji-fisabilillah-dan-lukas-rumkorem-senjata-lengkap-kecepatan-tinggi>, diakses pada 2 November 2025.
- Ahmad, N. B. (2013). *Linear Quadratic Gaussian (LQG) for Inverted Pendulum*. PhD thesis, University Tun Hussein Onn Malaysia.
- Aini, O. D. I. and Marlijah, M. (2016). *Sistem Pengendali Manuver Pada Kapal Perang Dengan Metode Sliding Mode Control*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Alifah, Z. N. (2022). *Desain Kontrol Pada Quadcopter Menggunakan Linear Quadratic Gaussian (LQG)*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Alozie, C. E., Akerele, J., Kamau, E., and Myllynen, T. (2024). Disaster Recovery in Cloud Computing: Site Reliability Engineering Strategies for Resilience and Business Continuity. *International Journal of Management and Organizational Research*. doi: 10.54660/IJMOR.2024.3.1.36-48.
- Anugrah, A. N. and Alfarizi, A. (2021). Literature Review Potensi dan Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Laut di Indonesia. *Jurnal Sains Edukatika Doi (JSEI)*, 3:31–36.
- Asfihani, T. (2019). *Panduan Dan Kendali Kapal Perang Menggunakan Pengembangan Model Predictive Control (MPC) Dengan Gangguan Gelombang*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Asfihani, T., Lutfiani, F. N. S. N., Syafi'i, A. M., Subchan, S., and Hasan, A. (2023). Adaptive Kalman Filter for Automated Actuator Fault Diagnosis in Unmanned Surface Vehicle. *International conference on mathematics: Pure, applied and computation*.
- Biegler, L. T. (1997). *Large-Scale Optimization with Applications: Optimal Design and Control, Part 2*. Springer Science and Business Media. ISBN: 9780387982878.
- Castaned, J. M., Zaharias, A. C. C., and Michel, A. T. (2017). Development and Implementation of a Computational Algorithm for The Generation of Trajectories Used by a UAV. *Journal of Quantitative and Statistical Analysis*.
- Chen, Y., Yu, S., Shen, Z., and Guo, G. (2018). Cooperative Tracking of Vessel Trajectories Based on Curved Dynamic Coordinates. *Asian Journal Of Control*. <https://doi.org/10.1002/asjc.2002>.
- Clarke, D. W., Mohtadi, C., and Tuffs, P. S. (1987). Generalized Predictive Control—Part I: The Basic Algorithm. *Automatica*, 23(2):137–148. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(87\)90087-2](https://doi.org/10.1016/0005-1098(87)90087-2).
- Damayanti, E. T. (2024). *Kendali Gerak Kapal Tanpa Awak Akibat Adanya Kesalahan Aktuator Dengan Adaptive Extended Kalman Filter-Model Predictive Control (AEKF-MPC)*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Davidson, K. S. and Schiff, L. I. (1946). Turning and Course Keeping Qualities of Ships. *Stevens Institute of Technology*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:106886432>.
- Dirhamsyah, D., Umam, S., and Arifin, Z. (2022). Maritime Law Enforcement: Indonesia's Experience Against Illegal Fishing. *Ocean & Coastal Management*, 229:106304. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106304>.
- 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(03).
<https://doi.org/10.2307/2372560>.
- Dul, F., Lichota, P., and Rusowicz, A. (2020). Generalized Linear Quadratic Control for a Full Tracking Problem in Aviation. *Sensors (Basel)*, 20(10):2955. doi: 10.3390/s20102955.
- Encarnacao, P. and Pascoal, A. (2001). Combined Trajectory Tracking and Path Following for Underwater Vehicles. *5th IFAC Conference on Maneuvering and Control of Marine Craft*.
[https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)35100-5](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)35100-5).
- Fahmizal, Nugroho, H. A., Cahyadi, A. I., and Ardiyanto, I. (2023). Trajectory tracking control of uav bicopter using linear quadratic gaussian. *arXiv preprint arXiv:2309.08226*.
- Fajar, S. N., Apriliani, E., and Soleha, S. (2016). *Desain dan Simulasi Sistem Kendali Linear Quadratic Gaussian (LQG) Untuk Kestabilan Gerak Pitch LSU-05*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Firdaus, A. Y. and Umar, H. (2022). Indonesia-Malaysia Border Conflict. *SIASAT*, 7:176–185. doi: 10.33258/siasat.v7i2.121.
- Fossen, T. I. (1994). *Guidance and Control of Ocean Vehicles*. John Wiley & Sons, Chichester, UK. Foundational Reference for Dynamic Modeling of Marine Vehicles.
- Gozali, N. L., Aisjah, A. S., and Apriliani, E. (2013). Estimasi Variabel Dinamik Kapal Menggunakan Metode Kalman Filter. *Teknik POMITS*.
- Hota, S. and Ghose, D. (2009). A Modified Dubins Method for Optimal Path Planning of a Miniature Air Vehicle Converging to a Straight Line Path. *Proceedings of the American Control Conference*. doi: 10.1109/ACC.2009.5160342.
- Kim, Y. and Bang, H. (2019). Introduction to Kalman Filter and Its Applications. *InTechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80600>.
- Lee, K., Jeon, S., Kim, H., and Kum, D. (2019). Optimal Path Tracking Control of Autonomous Vehicle: Adaptive Full-State Linear Quadratic

- Gaussian (LQG) Control. *IEEE Access*, 7:109120–109133. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2933895.
- Lewis, F. L. (1992). *Applied Optimal Control and Estimation: Digital Design and Implementation*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Lewis, F. L., Xie, L., and Popa, D. (2011). *Optimal and Robust Estimation: With an Introduction to Stochastic Control Theory*. Taylor & Francis Group, New York, 2nd edition.
- Machmud, N., Al-Mubaroq, H. Z., and Duarte, E. P. (2024). Strategi Integrasi Sosial dan Ekonomi Imigran Ilegal Rohingya di Wilayah Perbatasan Indonesia-Myanmar. *Jurnal Kewarganegaraan*, 8. <https://doi.org/10.31316/jk.v8i1.6065>.
- Maliki, M. (2018). Perancangan Instrumen Sistem Navigasi dengan Kalman Filter dan Algoritma Smoothing Savitzky-Golay. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Manyam, S. G., Casbeer, D., Moll, A. V., and Fuchs, Z. (2019). Shortest Dubins Path to a Circle. *AIAA Scitech 2019 forum*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.07238>.
- Mulyana, D. I. and Marjuki (2022). Optimasi Prediksi Harga UDang Vaname dengan Metode RMSE dan MAE Dalam Algoritma Regresi Linier. *Jurnal Ilmiah Betrik*. doi: 10.36050/betrik.v13i1.439.
- Mustofa, M. A., Tiyono, A., and Nugroho, A. S. (2025). Prediksi Luas Panen di Kecamatan Purwodadi Menggunakan Algoritma Regresi Linear Berganda. *Julia: Jurnal Ilmu Komputer An Nuur*. <https://julia.ejournal.unan.ac.id/index.php/1/article/view/23>.
- Nababan, W. M. C. (2025). *Mengintip Pembangunan Fregat Merah Putih, Kapal Perang "Tercanggih" Indonesia*.
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 5th edition. ISBN: 9780136156734.

- Perera, L. P., Oliviera, P., and Soares, C. G. (2011). Dynamic Parameter Estimation of a Nonlinear Vessel Steering Model for Ocean Navigation. *Proceedings of the ASME 2011 30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering. Volume 6: Ocean Engineering*, pages 881–888. <https://doi.org/10.1115/OMAE2011-50249>.
- Perera, L. P. and Soares, C. G. (2010). Ocean Vessel Trajectory Estimation and Prediction Based on Extended Kalman Filter. *ADAPTIVE 2010: The Second International Conference on Adaptive and Self-Adaptive Systems and Applications*.
- Praptodiyono, S., Maghfiroh, H., Saputro, J. S., and Ramelan, A. (2021). Integral State Feedback Control Using Linear Quadratic Gaussian in DC-drive System. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 21:79. doi: 10.14203/jet.v21.79-84.
- Puspitawati, D., Aminuddin, M. F., and Prakoso, L. Y. (2021). Sea Defense Strategy the Indonesian Navy in Dealing with the South China Sea Conflict. *Italienisch*, pages 120–126. doi: 10.1115/italienisch.v11i2.103.
- Putro, H. S. and Sumiyati, S. (2022). Peran TNI AL Dalam Pertahanan Keamanan dan Penegakan Hukum di Laut Guna Mendukung Perpindahan Ibu Kota Negara Dalam Rangka Mewujudkan Poros Maritim Dunia. *Jurnal Maritim Indonesia*, 10. <https://doi.org/10.52307/jmi.v10i2.112>.
- Riyanto, A. B. (2017). *Kendali Sudut Pada Gerak Kapal Untuk Pelacakan Lintasan Dubins Menggunakan Metode Disturbance Compensating Model Predictive Control (DC-MPC)*. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Safitri, R. D. (2025). Menanti Fregat Merah Putih, Kapal Perang Modern Buatan PT PAL. <https://tirto.id/menanti-fregat-merah-putih-kapal-perang-modern-buatan-pt-pal-hdAG>, diakses pada 2 November 2025.
- Sasangka, R. B. A. (2024). *Kapal Tempur Canggih Buatan Dalam Negeri, Fregat Merah Putih ke-2 Resmi Memasuki Tahap Konstruksi*.

<https://kemhan.go.id/2024/11/16/kapal-tempur-canggih-buatan-dalam-negeri-fregat-merah-putih-ke-2-resmi-memasuki-tahap-konstruksi.html>, diakses pada 2 November 2025.

Sholehurrohman, R., Habibi, M. R., Iman, I. S., Taufiq, R., and Muhaqiqin, M. (2023). Analisis Metode Kalman Filter, Particle Filter dan Correlation Filter Untuk Pelacakan Objek. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*. <https://doi.org/10.34010/komputika.v12i2.9567>.

Simanjuntak, M. (2021). Pembentukan Bintara Pembina Potensi Maritim (Babinpotmar) di Pos Angkatan Laut (Posal). *Jurnal Maritim Indonesia*, 9. <https://doi.org/10.52307/jmi.v9i2.77>.

Sorbo, E. H. (2013). *Vehicle Collision Avoidance System*. PhD thesis, Norwegian University of Science and Technology.

Subiono (2013). *Sistem Linier dan Kontrol Optimal*. Jurusan Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Sulisetyono, A. (2014). Development of a Fish Tail Rudder to Improve a Ship's Maneuverability in Seaway. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 1(1):1–6. <http://dx.doi.org/10.12962>

Yoon, H. K., Son, N. S., and Lee, G. J. (2007). Estimation of The Roll Hydrodynamic Moment Model of a Ship by Using The System Identification Method and The Free Running Model Test. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*. doi: 10.1109/JOE.2007.909840.

Yoshimura, Y. and Nakao, M. (2002). Course-Keeping Control System Design for Ships Based on a 3-DoF Model. *Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers*, 192:113–122. doi: 10.2534/jjasnaoe.192.113.

Yunizar, S. (2024). *KSAL Umumkan Nama Dua Kapal Perang Baru TNI AL, KRI Lukas Rumkorem-392 dan KRI Raja Haji Fisabilillah-391*. <https://www.jawapos.com/hankam/015110399/ksal-umumkan-nama-dua-kapal-perang-baru-tni-al-kri-lukas-rumkorem-392-dan-kri-raja-haji-fisabilillah-391>.

Zakariyah, M., Silvia, N., Masitoh, F., and Yuniarti, K. N. A. (2025). Penentuan Batas Wilayah Pengelolaan Laut Pada Berbagai Bentuk dan Kondisi Wilayah (Studi Kasus: Wilayah Berbentuk Pulau, Wilayah Saling Berhadapan, dan Wilayah Saling Berdampingan). *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 8:11. doi: 10.22146/jgise.96765.

Zein, Y. A., Syapriah, A., and Idris, R. (2023). The Regulations for Management of Coastal Natural Resource Conflicts in Indonesia-Malaysia Border. *Bestuur*, 11:192–216. <https://doi.org/10.20961/bestuur.v11i2.69205>.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A