

Rhaptiyani Herno Della, S.T., M.Eng., Ph.D.
M. Ashari Filra Rachmannullah, S.T., M.B.A., Ph.D.



KAPAL OTONOM

Konsep, Teknologi, dan Prospek
Transportasi Maritim



KAPAL OTONOM

Konsep, Teknologi, dan Prospek
Transportasi Maritim

Kapal Otonom: Konsep, Teknologi, dan Prospek Transportasi Maritim menawarkan eksplorasi mendalam tentang kapal otonom dalam konteks teknologi maritim yang berkembang pesat. Buku ini mengupas mulai dari konsep dasar dan manfaat potensial hingga tantangan dalam implementasi kapal otonom.

Dari pengantar yang membahas dasar-dasar kapal otonom hingga tantangan teknis, hukum, dan keamanan, buku ini memberikan wawasan menyeluruh tentang navigasi, system komunikasi, dan isu regulasi. Juga disorot adalah bagaimana kapal otonom dapat berkontribusi pada efisiensi energi dan kepatuhan lingkungan. Bagian tentang pertimbangan ekonomi dan operasional, serta prospek masa depan, mengeksplorasi aspek finansial, efisiensi, dan dampak pada tenaga kerja juga dibahas dalam buku ini.

Buku ini juga mencakup proyek-proyek kapal otonom yang ada dan yang direncanakan, menggambarkan kemajuan global dalam teknologi ini. Ideal untuk profesional maritim, penggemar teknologi, dan pembuat kebijakan. **Kapal Otonom: Konsep, Teknologi, dan Prospek Transportasi Maritim** merupakan referensi penting untuk memahami dan mengadopsi inovasi maritim terbaru.



0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362



KAPAL OTONOM: KONSEP, TEKNOLOGI, DAN PROSPEK TRANSPORTASI MARITIM

**Rhptyalyani Herno Della, S.T., M.Eng., Ph.D.
M. Ashari Fitra Rachmannullah, S.T., M.B.A, Ph.D.**



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

KAPAL OTONOM: KONSEP, TEKNOLOGI, DAN PROSPEK TRANSPORTASI MARITIM

Penulis : Rhaptyalyani Herno Della, S.T., M.Eng.,
Ph.D.
M. Ashari Fitra Rachmannullah,
S.T., M.B.A, Ph.D.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Endika Cahya Salsabila

ISBN : 978-623-516-466-3

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA,**
SEPTEMBER 2024
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan
Bojongsari Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau
seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara
apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan
teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dalam era teknologi maritim yang terus berkembang, kapal otonom muncul sebagai inovasi yang menjanjikan untuk mengubah cara kita melihat dan menjalankan operasi di laut. *Kapal Otonom: Konsep, Teknologi, dan Prospek Transportasi Maritim* hadir sebagai referensi untuk memahami teknologi kapal otonom yang semakin canggih, mengungkap potensi, tantangan, dan implikasi dari perubahan besar ini.

Buku ini dirancang untuk memberikan pembaca wawasan menyeluruh, mulai dari pengantar dasar tentang kapal otonom, keuntungan potensial, hingga detail teknis dan regulasi yang harus dihadapi. Kami menjelajahi berbagai aspek seperti navigasi otomatis, teknologi system komunikasi, serta tantangan hukum dan keamanan yang dihadapi oleh kapal otonom.

Selain itu, *Kapal Otonom: Konsep, Teknologi, dan Prospek Transportasi Maritim* mengulas dampak lingkungan dan keberlanjutan dari teknologi ini, serta mempertimbangkan aspek ekonomi, operasional, dan prospek masa depan industri pengiriman otonom. Melalui pembahasan tentang proyek-proyek yang ada dan yang direncanakan di seluruh dunia, buku ini memberikan gambaran jelas tentang kemajuan dan potensi kapal otonom. Semoga buku ini menjadi sumber pengetahuan yang berharga bagi profesional maritim, penggemar teknologi, dan pembuat kebijakan dalam memahami dan memanfaatkan inovasi maritim terbaru.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 PENGANTAR.....	1
A. Definisi dan Konsep Kapal Otonom	1
B. Potensi dan Manfaat Kapal Otonom.....	4
BAB 2 TEKNOLOGI KAPAL OTONOM	7
A. Sistem Navigasi dan Penghindaran Tabrakan	7
B. Sistem Komunikasi dan Identifikasi	15
C. Pusat Kendali Darat (Shore-Based Control Center)	17
BAB 3 HUKUM DAN REGULASI	20
A. Hukum dan Regulasi Maritim Internasional.....	20
B. Tanggung Jawab dan Kewajiban	23
C. Proses Sertifikasi dan Persetujuan	26
BAB 4 KEAMANAN DAN KESELAMATAN.....	29
A. Risiko dan Dampak Keamanan Siber	29
B. Tanggapan Darurat dan Perencanaan Kontinjensi	32
C. Perencanaan Kontinjensi	34
D. Implementasi Perencanaan Kontinjensi di Lapangan.....	35
E. Studi Kasus: Kegagalan Kontinjensi dalam Operasi Maritim	35
BAB 5 DAMPAK LINGKUNGAN DAN KEBERLANJUTAN.....	39
A. Efisiensi Energi dan Pengurangan Emisi Kapal Otonom	39
B. Efisiensi Energi dan Pengurangan Emisi Kapal Otonom	45
C. Kepatuhan dengan Regulasi Lingkungan.....	47

	D. Tantangan dan Pertimbangan Implementasi Kapal Otonom	49
BAB 6	PERTIMBANGAN EKONOMI DAN OPERASIONAL	52
	A. Pertimbangan Ekonomi.....	52
	B. Pertimbangan Operasional	56
	C. Keamanan dan Keselamatan	60
	D. Dampak terhadap Tenaga Kerja.....	65
BAB 7	PROSPEK MASA DEPAN	69
	A. Keberhasilan Implementasi Kapal Otonom.....	72
	B. Tantangan Implementasi Kapal Otonom.....	75
	C. Pentingnya Kolaborasi dan Inovasi dalam Menghadapi Tantangan	79
	D. Prospek Masa Depan Industri Pengiriman Menggunakan Kapal Otonom	84
BAB 8	KAPAL OTONOM SAAT INI DAN YANG DIRENCANAKAN	109
	A. Norwegia; Kapal Otonom untuk Mengurangi Emisi Karbon dan Efisiensi Pengiriman.....	110
	B. Swedia; Pelopor Kapal Otonom Inovatif	112
	C. Finlandia; Pusat Pengembangan Kapal Otonom.....	114
	D. Amerika; Basis Perusahaan Pengembang Kapal Otonom	116
	E. Jepang; Negara Pertama yang Mendemostrasikan Kapal Otonom.....	119
	F. Korea Selatan; Berkomitmen untuk Mengembangkan Solusi Teknologi yang dapat Diintegrasikan dengan Sistem Maritim Global	121
	G. China; Ambisi Pemimpin Global dalam Inovasi Maritim	123

DAFTAR PUSTAKA.....	127
TENTANG PENULIS	134

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Konsep Teknologi Pada Kapal Otonom	2
Gambar 2.1	Ilustrasi Sistem Penghindaran Tabrakan.....	9
Gambar 2.2	Prinsip Kerja LiDAR.....	10
Gambar 2.3	Tampilan AIS	16
Gambar 2.4	Ruang Pusat Kendali NTNU.....	18
Gambar 4.1	Trend Serangan Siber Pada Sektor Maritim....	30
Gambar 5.1	Bagaimana Pelayaran Dapat Melakukan Dekarbonisasi.....	42
Gambar 5.2	Konsep Emisi Zero-Carbon Dalam Pelayaran	43
Gambar 5.4	Dampak Potensial dari Pelayaran Konvensional	46
Gambar 6.1	Aspek Pertimbangan Ekonomi Implementasi Penggunaan Kapal Otonom	56
Gambar 6.2	Aspek Dalam Pertimbangan Operasional Implementasi Penggunaan Kapal Otonom	59
Gambar 6.3	Aspek Dalam Keamanan dan Keselamatan Implementasi Penggunaan Kapal Otonom	64
Gambar 7.1	Inovasi Dalam Menghadapi tantangan Implementasi Kapal Otonom.....	83
Gambar 7.2	Aspek Pembentuk Masa Depan Industri Pengiriman Menggunakan Kapal Otonom	84
Gambar 7.3	Aspek Regulasi dan Standar Internasional ...	100
Gambar 8.1	Autonomous Ship di Norwegia.....	112
Gambar 8.2	Feri Autonomous Ship di Sweden.....	113
Gambar 8.3	Sistem Integrasi Autonomous Ship Rolls Royce.....	115
Gambar 8.4	Sea Machines: Kapal Otonom Amerika	118
Gambar 8.5	Kapal Otonom Kargo Jepang yang Digunakan Sebagai Uji Coba Nippon Foundation	120

Gambar 8.6	Rencana Kapal Otonom Korea Selatan	123
Gambar 8.7	Zhi Fei; Kapal Kontainer Otonom Pertama China.....	124
Gambar 8.8	Desain The Zhu Hai Yun; Kapal Otonom China yang Terintegrasi Dengan Otonomous Aircraft	125

BAB

1

PENGANTAR

Kendaraan otonom adalah salah satu inovasi teknologi yang sedang berkembang pesat saat ini. Inovasi ini didorong oleh tujuan keselamatan dan keberlanjutan, menjadikan kendaraan otonom sebagai pijakan masa depan dalam transportasi. Pengenalan kendaraan otonom dimulai dengan fitur-fitur semi-otonom seperti bantuan pengemudi, deselerasi otomatis, dan kendali jelajah adaptif yang diterapkan pada mobil. Fitur-fitur ini menjadi dasar untuk pengembangan kendaraan otonom dalam berbagai jenis transportasi, baik darat, udara, maupun laut.

A. Definisi dan Konsep Kapal Otonom

Di dunia maritim, teknologi otonom saat ini sedang diterapkan pada kapal-kapal niaga, seperti kapal kontainer. Kapal-kapal ini menggunakan teknologi canggih seperti kecerdasan buatan (AI), sensor, sistem navigasi otomatis, dan komunikasi terintegrasi (Gambar 1.1). Kapal otonom juga dikenal sebagai Autonomous Ships atau Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), yang dilengkapi dengan sistem teknologi canggih untuk merespons kondisi lingkungan, mengambil keputusan, dan menavigasi jalur dengan aman berdasarkan data yang diperoleh dari sensor dan teknologi AI yang beragam.

BAB

2

TEKNOLOGI KAPAL OTONOM

Kapal otonom menawarkan peluang besar dalam meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan efektivitas biaya dalam industri pelayaran. Penerapan dan penggunaan teknologi canggih pada kapal otonom merupakan hal yang sangat penting. Bab ini membahas teknologi utama yang digunakan untuk merealisasikan potensi penuh kapal otonom. Teknologi tersebut meliputi navigasi dan penghindaran tabrakan (collision avoidance), sistem komunikasi dan identifikasi, serta pusat control darat (shore-based control center).

A. Sistem Navigasi dan Penghindaran Tabrakan

Sistem penghindaran tabrakan adalah teknologi yang dirancang untuk mendeteksi, menganalisis, dan merespons potensi bahaya tabrakan pada kendaraan, seperti kapal, pesawat, atau mobil, untuk menghindari kecelakaan. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan berbagai sensor dan teknologi, seperti radar, sonar, kamera, dan LiDAR, untuk memantau lingkungan sekitar secara real-time. Berdasarkan data yang dikumpulkan, sistem ini dapat memprediksi jalur objek lain yang bergerak atau stasioner, menghitung risiko tabrakan, dan kemudian mengambil tindakan korektif secara otomatis,

BAB 3

HUKUM DAN REGULASI

Dalam era perkembangan teknologi yang semakin pesat, kapal otonom menjadi salah satu inovasi revolusioner yang mampu mengubah lanskap industri maritim. Namun, dengan potensi tersebut muncul tantangan dalam hal hukum dan regulasi yang harus diperhatikan untuk memastikan operasional kapal otonom berjalan sesuai dengan standar keselamatan, keamanan, dan perlindungan lingkungan yang berlaku. Bab ini akan membahas aspek-aspek penting dari hukum dan regulasi yang berlaku untuk kapal otonom, mencakup hukum dan regulasi maritim internasional, tanggung jawab dan kewajiban, serta proses sertifikasi dan persetujuan.

A. Hukum dan Regulasi Maritim Internasional

Hukum maritim internasional adalah kerangka hukum yang mengatur penggunaan laut dan kegiatan maritim di tingkat global. Hukum ini mencakup berbagai konvensi, perjanjian, dan standar yang disusun oleh organisasi internasional, terutama Organisasi Maritim Internasional (IMO). Peran utama dari hukum maritim internasional adalah untuk memastikan bahwa semua kapal yang beroperasi di laut terbuka, termasuk kapal otonom, mematuhi standar keselamatan, keamanan, dan

BAB

4

KEAMANAN DAN KESELAMATAN

Dalam dunia maritim, keamanan dan keselamatan selalu menjadi prioritas utama. Dengan munculnya teknologi kapal otonom, tantangan dalam menjaga kedua aspek ini meningkat secara signifikan terutama dalam hal keamanan siber. Dengan demikian, bab ini akan membahas mengenai berbagai tantangan terkait keamanan dan keselamatan yang berpotensi muncul pada penggunaan kapal otonom, serta solusi yang dapat diimplementasikan untuk mengurangi risiko keamanan tersebut. Fokus utama bab ini terletak pada risiko keamanan siber, tanggapan darurat dan perencanaan kontinjensi, serta peran pengawasan dan intervensi manusia dalam operasi kapal otonom.

A. Risiko dan Dampak Keamanan Siber

Kapal otonom bergantung pada jaringan kompleks sistem komputer yang terintegrasi untuk operasi sehari-hari, mulai dari navigasi hingga manajemen kargo. Ketergantungan ini membuat kapal otonom sangat rentan terhadap ancaman keamanan siber. Serangan siber dapat mencakup peretasan terhadap sistem navigasi, pengendalian jarak jauh, dan bahkan sabotase terhadap sistem komunikasi yang vital.

BAB

5

DAMPAK LINGKUNGAN DAN KEBERLANJUTAN

Industri perkapalan global tengah mengalami transformasi besar dengan diperkenalkannya kapal otonom, yaitu kapal yang dapat beroperasi tanpa awak kapal atau dengan intervensi manusia yang minimal. Seiring dengan perkembangan teknologi ini, perhatian terhadap dampak lingkungan dan keberlanjutan menjadi semakin penting. Kapal otonom menawarkan peluang signifikan untuk mengurangi jejak lingkungan sektor maritim melalui efisiensi energi yang lebih baik, pengurangan emisi gas rumah kaca, dan penurunan dampak negatif terhadap ekosistem laut. Namun, inovasi ini juga menimbulkan tantangan baru dalam hal regulasi lingkungan, produksi teknologi, dan potensi dampaknya terhadap lingkungan laut. Dalam konteks ini, penting untuk mengeksplorasi bagaimana kapal otonom dapat berkontribusi terhadap keberlanjutan, serta bagaimana industri perkapalan dapat mengatasi tantangan yang muncul untuk memastikan bahwa teknologi ini benar-benar mendukung tujuan keberlanjutan global.

A. Efisiensi Energi dan Pengurangan Emisi Kapal Otonom

Kapal otonom (autonomous ships) berpotensi membawa revolusi dalam efisiensi energi di industri maritim. Salah satu keuntungan utama dari kapal otonom

BAB 6 | PERTIMBANGAN EKONOMI DAN OPERASIONAL

Implementasi kapal otonom merupakan langkah inovatif dalam industri maritim yang menjanjikan peningkatan efisiensi dan keselamatan operasional. Teknologi ini menawarkan prospek pengurangan biaya, pengoptimalan rute, serta minimisasi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh human error. Namun, adopsi kapal otonom juga membawa tantangan tersendiri, terutama dalam hal biaya investasi awal, adaptasi infrastruktur, dan regulasi yang belum matang. Oleh karena itu, sebelum menerapkan teknologi ini, penting untuk mempertimbangkan secara komprehensif berbagai aspek ekonomi dan operasional guna memastikan kelancaran dan keberlanjutan implementasinya.

A. Pertimbangan Ekonomi

Salah satu pertimbangan ekonomi utama dalam implementasi kapal otonom adalah biaya investasi awal yang tinggi. Pengembangan dan produksi kapal otonom memerlukan teknologi canggih, seperti sistem navigasi otonom, sensor, radar, dan perangkat lunak kecerdasan buatan (AI) (Li & Fung, 2019). Selain itu, infrastruktur pendukung seperti pusat kendali dan komunikasi maritim juga harus disiapkan. Biaya penelitian dan pengembangan (R&D) untuk teknologi baru ini tidak hanya mencakup

BAB

7

PROSPEK MASA DEPAN

Di masa depan, kapal otonom diperkirakan akan menghadirkan efisiensi operasional yang lebih tinggi dan keberlanjutan lingkungan yang lebih baik. Dengan kemampuan untuk mengoptimalkan rute pelayaran dan mengurangi konsumsi bahan bakar, kapal otonom dapat membantu industri maritim dalam mencapai target pengurangan emisi karbon. Teknologi seperti propulsi listrik dan sistem pengelolaan energi yang canggih, yang sudah mulai diterapkan pada kapal otonom, diharapkan akan menjadi lebih umum. Hal ini tidak hanya akan mengurangi dampak lingkungan dari pengangkutan laut tetapi juga meningkatkan efisiensi biaya operasional secara keseluruhan. Di masa depan, penggunaan kapal otonom diharapkan akan menjadi standar baru dalam industri maritim yang berkelanjutan.

Prospek masa depan kapal otonom sangat bergantung pada kemajuan teknologi dan kecerdasan buatan (AI) (Statheros dkk., 2008). Teknologi sensor yang lebih canggih, algoritma AI yang lebih baik, dan sistem komunikasi yang lebih aman akan memungkinkan kapal otonom untuk beroperasi dengan lebih efektif dan aman. Perkembangan dalam machine learning dan analitik data besar akan memungkinkan kapal otonom untuk belajar dari pengalaman

BAB

8

KAPAL OTONOM SAAT INI DAN YANG DIRENCANAKAN

Industri maritim sedang mengalami transformasi besar-besaran dengan munculnya teknologi kapal otonom. Sejumlah proyek kapal otonom telah diluncurkan, sementara yang lain sedang dalam tahap perencanaan dan pengembangan. Inovasi ini tidak hanya menjanjikan efisiensi dan keselamatan yang lebih tinggi, tetapi juga perubahan signifikan dalam cara kapal beroperasi di masa depan.

Proyek-proyek kapal otonom saat ini dan yang direncanakan menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki potensi besar untuk merevolusi industri maritim. Meskipun masih ada tantangan yang harus diatasi, seperti regulasi dan keamanan, proyek-proyek ini memberikan pandangan optimis tentang masa depan kapal otonom. Dengan terus berkembangnya teknologi, kapal otonom dapat menjadi solusi yang berkelanjutan dan efisien untuk berbagai masalah yang dihadapi industri pengiriman dan transportasi laut.

Inovasi dalam teknologi kapal otonom tidak hanya terbatas pada satu negara, melainkan melibatkan upaya kolaboratif dari berbagai negara di seluruh dunia. Beberapa negara telah menjadi pelopor dalam pengembangan dan implementasi kapal otonom, memanfaatkan teknologi terbaru untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan di industri maritim. Beberapa negara utama

DAFTAR PUSTAKA

- Alsos, O. A., Veitch, E., Pantelatos, L., Vasstein, K., Eide, E., Petermann, F.-M., & Breivik, M. (2022). NTNU Shore Control Lab: Designing shore control centres in the age of autonomous ships. *Journal of Physics: Conference Series*, 2311(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2311/1/012030>
- Balbi, A., Repetto, M. P., Kammouh, O., & Cimellaro, G. P. (2018). Resilience framework for seaport infrastructure: Theory and application. *Maintenance, Safety, Risk, Management and Life-Cycle Performance of Bridges - Proceedings of the 9th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS 2018*, 1928-1933. <https://doi.org/10.1201/9781315189390-262>
- Beighton, R. (2021). *World's first crewless, zero emissions cargo ship will set sail in Norway*. <https://edition.cnn.com/2021/08/25/world/yarabirkeland-norway-crewless-container-ship-spc-intl/index.html>
- Blain, L. (2022). *China launches an autonomous mothership full of autonomous drones*. New Atlas. <https://newatlas.com/marine/china-autonomous-mothership/>
- Bolbot, V., Theotokatos, G., Boulougouris, E., & Vassalos, D. (2020). Safety related cyber-attacks identification and assessment for autonomous inland ships. *Proceedings of the International Seminar on Safety and Security of Autonomous Vessels (ISSAV) and European STAMP Workshop and Conference (ESWC) 2019, September*, 95-109. <https://doi.org/10.2478/9788395669606-009>

- Chun, D.-H., Roh, M.-I., Lee, H.-W., Ha, J., & Yu, D. (2021). Deep reinforcement learning-based collision avoidance for an autonomous ship. *Ocean Engineering*, 234, 109216. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109216>
- CORDIS - EU. (2016). *Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks | MUNIN | Project | News & Multimedia | FP7 | CORDIS | European Commission*. <https://cordis.europa.eu/project/id/314286/reporting>
- Chulkov, O., Danilenko, A., & Sirgiya, A. (2022). Analyzing Scientific Publications on Costa Concordia Accident: Towards an Integrative Understanding. Dalam A. Manakov & A. Edigarian (Ed.), *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia - 2021* (hal. 1426–1435). Springer International Publishing.
- Deling, W., Dongkui, W., Changhai, H., & Changyue, W. (2020). *Marine Autonomous Surface Ship - A Great Challenge to Maritime Education and Training*. 6(1), 10–16. <https://doi.org/10.11648/j.ajwse.20200601.12>
- Deling, W., Dongkui, W., Changhai, H., Changyue, W., Koul, S., Eydgahi, A., Statheros, T., Howells, G., McDonald-Maier, K., Bolbot, V., Theotokatos, G., Boulougouris, E., Vassalos, D., Vos, J. de, Hekkenberg, R., Felski, A., Zwolak, K., Ramos, M. A., Thieme, C. A., ... Ouyang, K. (2020). Costs and benefits of autonomous shipping – a literature review. *Proceedings of the International Seminar on Safety and Security of Autonomous Vessels (ISSAV) and European STAMP Workshop and Conference (ESWC) 2019*, 48(1), 106697. <https://doi.org/10.1017/S037346330700447X>

- Erbe, C., Smith, J. N., Redfern, J. V., & Peel, D. (2020). Editorial: Impacts of Shipping on Marine Fauna. *Frontiers in Marine Science*, 7(August), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00637>
- Felski, A., & Zwolak, K. (2020). The Ocean-Going Autonomous Ship – Challenges and Threats. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8. <https://doi.org/10.3390/jmse8010041>
- Graziano, A., Teixeira, A. P., & Guedes Soares, C. (2016). Classification of human errors in grounding and collision accidents using the TRACER taxonomy. *Safety Science*, 86, 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.026>
- Hogg, T., & Ghosh, S. (2016). Autonomous merchant vessels: examination of factors that impact the effective implementation of unmanned ships. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 8(3), 206–222. <https://doi.org/10.1080/18366503.2016.1229244>
- Howard, M. (2024). *Sea Machine: Unmanned Autonomous Workboat*. Marine Link. <https://www.marinelink.com/news/autonomous-unmanned401680>
- IMO. (1972). *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs)*. <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/COLREG.aspx>
- IMO. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974*. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx)

- IMO. (1978). *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978*. <https://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/Pages/STCW-Convention.aspx>
- IMO. (2021, May 25). *Autonomous ships: regulatory scoping exercise completed*. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/MASSRSE2021.aspx>
- IMO. (2023). *2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships*. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHG-Emissions-from-Ships.aspx>
- Kessler, G. C. (2020). Protected AIS: A Demonstration of Capability Scheme to Provide Authentication and Message Integrity. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 14(2), 279–286. <https://doi.org/10.12716/1001.14.02.02>
- Koroneos, S., & Bennett, P. (2017). An open framework for smart ship applications development. *RINA, Royal Institution of Naval Architects - Smart Ship Technology 2017, January*, 24–25.
- Li, S., & Fung, K. S. (2019). Maritime autonomous surface ships (MASS): implementation and legal issues. *Maritime Business Review*, 4(4), 330–339. <https://doi.org/10.1108/MABR-01-2019-0006>
- Lirn, T. C., Rachmannullah, A. F., & Herno Della, R. (2023). Autonomous Ship: Review of Concept, Definition, and Challenging. *AIP Conference Proceedings*, 2689(1). <https://doi.org/10.1063/5.0126891>

- Lloyd's List. (2024). *South Korea Sets Sights on Fully Autonomous Ships by 2030*. Lloyd's List. <https://www.lloydslist.com/LL1149739/South-Korea-sets-sights-on-fully-autonomous-ships-by-2030>
- Mandra, J. O. (2023). *Japan takes its autonomous shipping to the next level*. Offshore Energy. <https://www.offshore-energy.biz/japan-takes-its-autonomous-shipping-to-the-next-level/>
- Mayflower400. (2022). *Mayflower Autonomous Shipping*. <https://www.mayflower400uk.org/mayflower-autonomous-ship/>
- Mizokami, K. (2024). *America's 'Ghost Fleet': A Ship-by-Ship Breakdown of the Autonomous Ships Boosting Navy Firepower*. Popular Mechanics. <https://www.popularmechanics.com/military/navy-ships/a46428373/americas-ghost-fleet/>
- Munim, Z. H. (2019). *Autonomous ships: a review, innovative applications and future maritime business models*. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(4), 266–279. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1631714>
- Safety4Sea. (2020, October 20). *MOL conducts research on autonomous collision avoidance - SAFETY4SEA*. <https://safety4sea.com/mol-conducts-research-on-autonomous-collision-avoidance/>
- Safety4Sea. (2018). *Maritime history: Costa Concordia disaster*. <https://safety4sea.com/maritime-history-costa-concordia-disaster/>
- Safety4Sea. (2022a). *Four New Autonomous Ship Ferries to Start Operation in Sweden*. <https://safety4sea.com/four-new-autonomous-ferries-to-start-operation-in-sweden/>

- Safety4Sea. (2022b). *Yara Birkeland, world's first electric, autonomous containership, christened*. Yara Birkeland, world's first electric, autonomous containership, christened
- Sinclair, J. (2022). *Launching autonomous vessels in our waters*. <https://www.aalto.fi/en/news/launching-autonomous-vessels-in-our-waters>
- Simon, A. (2014). *ReVolt – next generation short sea shipping - DNV GL*. <https://www.dnvgl.com/news/revolt-next-generation-short-sea-shipping-7279>
- Smith, A. O. (2018). *Finferries and Rolls Royce successfully test world's first fully-autonomous ferry off the coast of Turku*. Helsinki Times. <https://www.helsinkitimes.fi/finland/finland-news/domestic/149-finland/16068-finferries-and-rolls-royce-successfully-test-world-s-first-fully-autonomous-ferry-off-the-coast-of-turku.html>
- Statheros, T., Howells, G., & McDonald-Maier, K. (2008). Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques. *Journal of Navigation*, 61(1), 129–142. <https://doi.org/10.1017/S037346330700447X>
- Song, H., Lee, K., & Kim, D. H. (2018). Obstacle Avoidance System with LiDAR Sensor Based Fuzzy Control for an Autonomous Unmanned Ship. *2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)*, 718–722. <https://doi.org/10.1109/SCIS-ISIS.2018.00119>

- The Maritime Executive. (2015). *Finland Funds Autonomous Ship Project*. <https://maritime-executive.com/article/finland-funds-autonomous-ship-project>
- The Maritime Executive. (2022a). *China Launches its First Autonomous Container Ship Service*. The Maritime Executive. <https://maritime-executive.com/article/china-reports-first-autonomous-containership-entered-service>
- The Maritime Executive. (2022b). *Japan Demonstrates Long Distance Autonomous Ship Operations*. The Maritime Executive. <https://maritime-executive.com/article/japan-demonstrates-long-distance-autonomous-ship-operations>
- The Writing Lab & The OWL at Purdue and Purdue University. (n.d.). *Reference List: Electronic Sources*. Purdue Online Writing Lab: College of Liberal Arts.
- UCL Energy Institute. (2019). *New infographics from our Shipping Team highlight how carbon emissions could be cut by 2050*. <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/energy/news/2019/jun/new-infographics-our-shipping-team-highlight-how-carbon-emissions-could-be-cut-2050>
- YARA. (2024). *Yara Birkeland, two years on*. <https://www.yara.com/knowledge-grows/yara-birkeland-two-years-on/>
- Zis, T. P. V., Psaraftis, H. N., & Reche-Vilanova, M. (2023). Design and application of a key performance indicator (KPI) framework for autonomous shipping in Europe. *Maritime Transport Research*, 5, 100095. <https://doi.org/10.1016/j.martra.2023.100095>

TENTANG PENULIS



Rhaptyalyani Herno Della, S.T., M.Eng., Ph.D. Menyelesaikan pendidikan Strata Satu pada Jurusan Teknik Sipil di Universitas Sriwijaya tahun 2007. Kemudian melanjutkan kuliah Magister di bidang Teknik Transportasi di Asian Institute of Technology, Thailand dengan beasiswa dari Asian Development Bank dan AIT-Thailand, selesai pada tahun 2012. Terakhir mulai melanjutkan studi lanjutnya dengan beasiswa dari Elite Scholarship yang dikhususkan untuk tenaga pengajar dari Kementerian Pendidikan Taiwan pada tahun 2017. Menyelesaikan pendidikan Doktoral di bidang Shipping and Transportation Management di National Taiwan Ocean University dengan bidang keahlian manajemen keselamatan dan kualitas pelayanan pelayaran pada tahun 2021. Penulis juga pernah mengikuti internship program mengenai Rekayasa & Kebijakan untuk Lingkungan Regional Daerah Dingin di Hokkaido University, Japan tahun 2010. Di akhir tahun 2020 terpilih sebagai delegasi Indonesia untuk mengikuti Southeast Asia International Joint-Research and Training Program on Sustainable Development yang diikuti oleh perwakilan dari delapan negara Asia Tenggara dan Asia Selatan yang diselenggarakan oleh Ministry of Science and Technology Taiwan. Penulis aktif menulis karya-karya tulis ilmiah baik berupa karya tulis ilmiah di beberapa jurnal baik nasional dan internasional maupun dalam beberapa pertemuan ilmiah. email : rhapty@unsri.ac.id



M. Ashari Fitra Rachmannullah, S.T., M.B.A, Ph.D. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata Satu di Jurusan Teknik Sipil di Universitas Sriwijaya pada tahun 2015. Setelah itu, penulis melanjutkan kuliah Magister di National Taiwan Ocean University (NTOU) dengan jurusan Shipping and Transportation Management dan mendapatkan beasiswa dari NTOU. Penulis menyelesaikan gelar Magister pada tahun 2019. Pada tahun 2024, penulis menyelesaikan pendidikan Doktor di National Taiwan Ocean University dengan fokus pada bidang Shipping and Transportation Management. Minat penelitian penulis terutama berfokus pada perilaku penumpang dan adopsi teknologi transportasi. Penulis juga aktif dalam menulis karya ilmiah dan telah menerbitkan beberapa artikel di jurnal nasional dan internasional, serta berpartisipasi dalam beberapa pertemuan ilmiah.
email : masharifitar@gmail.com