

PENGEMBANGAN SIMULASI LAMPU NAVIGASI BERBASIS MACHINE LEARNING YANG MERUPAKAN PEMANFAATAN MATERI AJAR DARI YOUTUBE PADA PEMBAHASAN COLREGS RULE

Vega F Andromeda

STIP Jakarta

e-mail: vega.meida@gmail.com

Iing Mustain

Akademi Maritim Suaka Bahari Cirebon

e-mail: iing.mustain@akmicirebon.ac.id;

Yeyen Herlina

Akademi Maritim Suaka Bahari Cirebon

e-mail: yeyen.herlina@akmicirebon.ac.id;

ABSTRACT

YouTube as a learning medium for transmitting knowledge about ship navigation equipment is an option, particularly for potential ship officers (cadets) during online learning. To understand ship navigation lights directly and in real-time based on the COLREGs Rules, it is important to develop a navigation light simulation system for cadets at vocational schools. The purpose of this study is to build cadet comprehension by simulating a tugboat navigation light prototype using machine learning and YouTube material. This study employs a research and development model that involves multiple steps, including IALA Rules analysis, tugboat design testing, tugboat prototype construction, and navigation light simulation testing. In order to give cadets a clear explanation of the Colregs rules specifically for navigation lights, research is being done to create a navigation tool simulation. There is a drawback to the way it is typically presented through YouTube material, namely that it is unsuitable for a discussion model during the learning process. The study's findings demonstrate that a prototype navigation light for a tugboat has been built through simulations, and seven regulations for navigation lights have been designed specifically for tugboats. It is simpler, safer, and the software can be customized to meet the demands of the anticipated learning process through the use of this navigation light simulation. It is also able to support conversation during the learning process.

Keywords : *Navigation lights, Machine learning, COLREGs*

ABSTRAK

Pemanfaatan Youtube menjadi media pembelajaran dalam penyampaian pengetahuan tentang alat navigasi kapal menjadi alternatif khususnya disampaikan kepada calon perwira kapal (cadet) saat pembelajaran daring. Namun bagi taruna pada sekolah vokasi perlu dibuatkan simulasi alat lampu navigasi untuk memahami lampu navigasi kapal secara langsung dan real time berdasarkan COLREGs Rules. Tujuan dari penelitian ini adalah pemanfaatan media youtube dalam pengembangan simulasi pada prototype lampu navigasi kapal tugboat berbasis machine learning untuk membangun pemahaman cadet. Penelitian ini menggunakan model penelitian dan pengembangan (Research and Development) yang dilakukan beberapa tahapan yaitu studi Aturan IALA, desain kapal tugboat, uji coba desain, pembuatan prototype kapal tugboat, uji coba pemrograman simulasi lampu navigasi. Penelitian mengembangkan simulasi alat navigasi diperuntukkan untuk memberikan penjelasan pemahaman bagi taruna mengenai aturan Colregs khusus lampu navigasi. Dimana secara umum disampaikan diantaranya melalui media youtube, namun terdapat kelemahan yaitu tidak cocok untuk model diskusi selama proses pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui simulasi pada prototype lampu navigasi kapal tugboat sudah dikembangkan dan beberapa aturan lampu navigasi untuk penelitian dibuat tujuh aturan pada untuk kapal tugboat. Melalui simulasi lampu navigasi ini lebih mudah, aman dan dapat disesuaikan programnya dengan kebutuhan untuk proses pembelajaran yang diharapkan, dan mampu memfasilitasi proses diskusi selama proses pembelajaran.

Kata kunci : *Alat lampu navigasi, Machine learning, COLREGs .*

1. Pendahuluan

Media video dapat digunakan dalam proses pembelajaran dalam bentuk teks dan gambar (Rusman & Riyana, 2015), seperti penggunaan Youtube, TV edukasi, e-learning (Batubara & Ariani, 2016). Dimana untuk Youtube merupakan salah satu penyedia website video-sharing yang mengizinkan pengguna untuk berbagi video, menonton dan mengunggah video (Suwarno, 2017). Penggunaan video youtube pada penjelasan lampu navigasi masih sederhana dan terbatas pada aturan COLREGs tertentu. Ketika dibutuhkan penjelasan aturan lainnya maka harus mencari kembali tayangan video di youtube untuk ditampilkan, sehingga menjadi kurang efektif dalam pemberian penjelasan secara keseluruhan aturan. Maka pengembangan simulasi tentang lampu navigasi pada prototype kapal tugboat dilakukan untuk memperjelas yang dimaksud dalam video dan lebih mudah memahami aturan COLREGs secara langsung dan realtime.

Pemahaman tentang aturan COLREGs menjadi sangat penting karena peningkatan utama pada transportasi laut diantaranya adalah penambahan jumlah armada kapal yang terus bertambah dan memiliki resiko terhadap terjadinya kecelakaan kapal (Hasugian et al., 2018; Malisan, 2010; Saputra, 2021). Hal ini menjadi ancaman bagi pelaut, industri kapal, dan ekonomi pelayaran serta kerusakan lingkungan (Malisan 2013; Yahya 2021; Kendek et al. 2022). Hal ini senada dengan aturan *International Maritime Organization* (IMO) dan *National Maritime Safety Administrations* (MSAs) yang menjadi perhatian khusus bagi pengoperasian kapal di laut (Balkin 2006; Silber et al. 2012; Merk 2014).

Penggunaan Teknologi dalam operasional peralatan di kapal sudah banyak dikembangkan untuk meningkatkan keselamatan kapal (Masmilah et al., 2019; Maulidi, 2019; Nugroho et al., 2023; Setiawan et al., 2014; Syibli & Nuryaman, 2021). Teknologi pembuatan kapal (Ma'ruf, 2014; Muchtiwibowo et al., 2019) dan manajemen perkapalan (Ar, 2015; Sitorus et al., 2016) hingga proses pendidikan dan pelatihan awak kapal dapat melalui pemanfaatan teknologi (Hermawan et al., 2020; Listriyawati, 2020; Nurhasanah et al., 2015; A. A. I. S. Wahyuni et al., 2021). Perkembangan teknologi dalam maritim merupakan cara yang lebih canggih walaupun beberapa kasus kecelakaan ditemukan factor human error yang lebih banyak (Hermawan et al., 2020; Listriyawati, 2020; Nurhasanah et al., 2015; A. A. I. S. Wahyuni et al., 2021).

Pemanfaatan Teknologi pada alat navigasi kapal telah memudahkan penggunaan, pemeliharaan, dan pengembangan karena keterbatasan alat navigasi yang masih konvensional. Pengembangan alat navigasi untuk keselamatan berlayar dan mengurangi terjadi kecelakaan yang diharapkan *zero accident* (Ar, 2015). Studi menunjukkan bahwa penting untuk menggunakan teknologi baru untuk merepresentasikan informasi navigasi secara lebih efektif untuk memfasilitasi pemahaman (Andromeda et al., 2022) dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih akurat dan bekerja bagi pelaut saat di atas kapal (O. Wahyuni & Mustain, 2021).

Pemahaman dalam pengoperasian lampu navigasi kapal di laut sudah menjadi bahasa komunikasi yang biasa dilakukan oleh pelaut. Namun, untuk pembelajaran melalui produk baru yang berbeda sebagai media dalam pembelajaran dapat menumbuhkan pemahaman yang lebih mendalam seperti penggunaan lampu navigasi dan integrasi dengan *Augmented Reality* (Akçayır and Akçayır 2017; Pratt et al. 2018; Bandara et al. 2020). Peraturan tentang *International Regulations for Preventing Collisions at sea* (COLREGs)—Part C—Rules 20–31 bagian penting yang diajarkan kepada cadet tentang lampu navigasi harus terlihat dengan jelas dan dapat dipahami sebagai informasi petunjuk dalam berlayar.

Penelitian tentang lampu navigasi pada kapal telah dilakukan seperti sistem navigasi perairan untuk membantu kapal memasuki pelabuhan berbasis light emitting diodes (LED) (Zhang et al., 2018) menunjukkan bahwa prototipe yang dibuat dan hasil simulasi desain telah sesuai. Sudut divergensi balok dalam arah horizontal adalah 6°. Sistem navigasi air yang diusulkan dapat mempartisi perairan target dan membantu kapal memasuki pelabuhan dengan baik dan bersinar terang. Lampu-lampu penanda transportasi telah dilakukan penelitian dengan *smart traffic light* (Arifin & Zulkifli, 2021). Lampu lalu lintas dengan jenis mekanisme ini

dikenal sebagai lampu lalu lintas pintar. Pengaturan siklus lampu lalu lintas pintar dapat dikelompokkan berdasarkan kepadatan lalu lintas, skenario kendaraan darurat, dan kepentingan pejalan kaki sehingga pengembangan teknologi lampu lalu lintas pintar di masa depan.

Sistem lampu lalu lintas otomatis berdasarkan pemrosesan gambar dan teknik *machine learning* dilakukan juga dalam beberapa penelitian seperti melalui penggunaan arduino (Mamatha, 2018), realtime monitoring menggunakan raspberry phi (Zeng et al., 2019), penggunaan Machine Learning dalam navigasi untuk kapal prototype Autonomous Sailboat (Chacon Mosquera, 2021). Dari beberapa hasil studi literatur penulis melakukan analisis terhadap pentingnya pengembangan penggunaan machine learning pada lampu navigasi yang dapat menunjukkan petunjuk lampu kapal berdasarkan aturan IALA dan COLREGs yang dibuat secara langsung dan realtime.

Tujuan penelitian ini pemanfaatan dari media youtube dalam pengembangan simulasi lampu navigasi pada prototype kapal tugboat berbasis machine learning dalam membangun kompetensi cadet tentang COLREGs rule. Hal ini diperlukan karena lampu navigasi tidak hanya untuk menunjukkan status sebagai kapal untuk identifikasi kepada kapal lain di sekitarnya tetapi juga sebaliknya. Aspek yang paling penting ketika mematuhi COLREGS untuk memastikan status kapal manapun untuk mengambil tindakan yang sesuai sesuai dengan COLREGS. BAGIAN C dari COLREGS yang diterbitkan oleh IMO diberi judul LIGHTS AND SHAPES dan menjabarkan semua informasi yang diperlukan berkenaan dengan lampu dan kekhususan penggunaannya untuk berbagai jenis kapal. Bagi cadet melalui pengembangan simulasi ini untuk memberikan penjelasan pemahaman bagi taruna mengenai aturan Colregs khusus lampu navigasi.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan model penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) menurut Borg & Gall yang dimodifikasi oleh Sugiyono (Sugiyono, 2016). Pendekatan kami didasarkan pada paradigma *Practical Simulation*. Fokus pengamatan pada alat navigasi untuk alat keselamatan kapal diantaranya aturan Sistem *International Association of Lighthouse Authorities* (IALA). Hasil studi literatur dari aturan IALA kemudian melakukan pencarian sumber ajar dari media online yaitu youtube dan mengembangkan pemrograman untuk prototype kapal tugboat. Pemrograman dibuat dengan terprogram dan dapat dilihat langsung untuk proses pembelajaran bagi cadet. Objek pembuatan simulasi ini ditunjukkan untuk cadet sebagai media pembelajaran. Proyek ini terdapat dua kegiatan penelitian yaitu pertama membuat prototype melalui program komputer melalui program solidwork yaitu untuk desain prototype dan kedua membuat bahasa pemrograman arduino untuk menjalankan lampu-lampu navigasi sesuai dengan aturan yang dipakai COLREGS Rule 22. Langkah-langkah dalam penelitian ini digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian Model Model Borg And Gall..

3. Hasil Dan Pembahasan

a. Studi Aturan IALA

Ada pola dimana lampu-lampu ini dipasang pada kapal dan sesuai dengan Sistem *International Association of Lighthouse Authorities (IALA)*. Polanya sebagai berikut:

- 1) Ada cahaya di sisi kanan kapal (sisi kanan ketika menghadap haluan kapal yang dikenal sebagai sisi kanan) yang berwarna hijau.
- 2) Ada cahaya di sisi kiri kapal (sisi kiri saat menghadap haluan kapal dikenal sebagai sisi pelabuhan) yang berwarna merah.
Kedua garis samping menunjukkan cahaya yang tidak terputus di atas lengkungan cakrawala 112,5 derajat sehingga dari kanan depan dapat dilihat 22,5 derajat poros di kedua sisi.
- 3) Lampu putih juga ditempatkan di bagian belakang kapal (dikenal sebagai sisi buritan). Ini menunjukkan cahaya yang tidak terputus pada lengkungan cakrawala 135 derajat dan diperbaiki untuk menunjukkan cahaya 67,5 derajat dari buritan kanan di setiap sisi.
- 4) Tiang kapal juga harus memiliki lampu malam. Warna cahaya ini putih. Dua lampu masthead ada di tempatnya, dengan poros kedua dan lebih tinggi dari yang pertama, ketika panjang kapal lebih besar dari 50 meter. Memerlihatkan cahaya yang tidak terputus di atas lengkungan cakrawala 225 derajat dan tetap untuk menunjukkan cahaya dari kanan ke depan hingga 22,5 derajat di kedua sisi.

Rentang visibilitas lampu seperti itu bervariasi antara tiga mil hingga enam mil. Lampu yang digunakan untuk kapal dan kapal yang lebih besar memiliki jarak pandang yang lebih panjang dibandingkan dengan kapal yang lebih kecil. Semua rentang dalam mil laut dan panjang dalam meter.

Definisi Lampu Masthead - lampu putih ditempatkan di atas garis tengah kapal dengan lengkungan visibilitas 225° ke depan yang tidak terputus. *Sidelights* - lampuhijau di sisi kanan dan lampu merah di sisi port, masing-masing dengan lengkungan jarak pandang 112,5° yang tak terputus. Sternlight - lampu putih yang terletak di dekat buritan dengan busur pandang 135° yang tidak terputus.

Pentingnya lampu telah disebutkan sehingga menjadi perhatian, tetapi untuk memahami penerapan praktisnya, situasi langsung (dua kapal pada jalur lawan arah); sesuai dengan COLREGS Rule 14, setelah melihat lampu yang diinformasikan untuk situasi tersebut, setiap kapal diperintahkan untuk mengubah arahnya ke kanan sehingga dapat melewati sisi-sisi pelabuhan satu sama lain. Untuk keperluan penerapan sinyal cahaya, penting juga untuk memahami konsep cahaya kita sendiri seperti yang dilihat oleh kapal lain.

b. Desain Kapal Tugboat

Dalam pembuatan desain kapal tugboat pada penelitian ini menggunakan Solidworks 2020. Hasil desain ditunjukkan pada gambar 2. Pembuatan desain melihat model gambar yang diperoleh dari internet sehingga belum dilakukan spesifikasi pada jenis tugboat tersebut.



Gambar 2. Desain *Prototype* Kapal Tugboat

c. Uji Coba Desain

Desain kapal tugboat diawali dengan melihat gambar tugboat di internet dengan mempertimbangkan kemudahan dalam pembuatan tugboat. Dalam pemilihan tugboat tidak menentukan jenis tertentu sehingga tidak ada ketentuan pemilihan jenis kapal tugboat yang dibuat.

d. Pembuatan Prototype Kapal Tugboat

Prototype yang dibuat dengan menyertakan lampu navigasi yang akan dilakukan simulasi dengan menggunakan pemrograman. Prototype kapal tugboat menyesuaikan dengan desain yang sudah dibuatkan sebelumnya. Hasil pembuatan prototype ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. *Prototype Tugboat Yang Sudah Dibuat*

e. Uji Coba Pemrograman Simulasi Lampu Navigasi

Simulasi lampu navigasi dibuat dengan menggunakan program dan *microcontroller* arduino dan beberapa aturan tentang isyarat-isyarat lampu navigasi. Dalam menentukan aturan/isyarat lampu navigasi, penulis menggunakan sumber informasi dari youtube, dimana beberapa isyarat di kapal tugboat dijadikan sebagai acuan dalam membuat simulasi lampu navigasi. Beberapa simulasi yang dibuat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Lampu navigasi kapal tugboat yang sedang berjalan tapi tidak menggandeng atau menarik tongkat (tidak towing) (ditunjukkan gambar 4)



Gambar 4. *Isyarat Lampu Tugboat Sedang Jalan Tidak Towing*

- 2) Lampu navigasi kapal tugboat sedang berjalan dan sedang menggandeng atau menarik tongkat (sedang towing) (ditunjukkan gambar 5)



Gambar 5. Isyarat Lampu *Tugboat* Sedang Jalan Dan Sedang *Towing*

- 3) Lampu navigasi kapal tugboat sedang berlabuh dan sedang karantina (ditunjukkan gambar 6)



Gambar 6. Isyarat Lampu *Tugboat* Sedang Karantina

- 4) Lampu navigasi kapal tugboat yang sedang berjalan tidak menggandeng atau menarik tongkang (tidak towing) yang sedang dipandu (pandu berada di atas kapal). (ditunjukkan gambar 7)



Gambar 7. Isyarat Lampu *Tugboat* Sedang Jalan, Tidak *Towing*, Dan Dipandu

- 5) Lampu navigasi kapal tugboat yang sedang berjalan sedang menggandeng atau menarik tongkang (towing) yang sedang dipandu (pandu sedang berada di atas kapal). (ditunjukkan gambar 8)



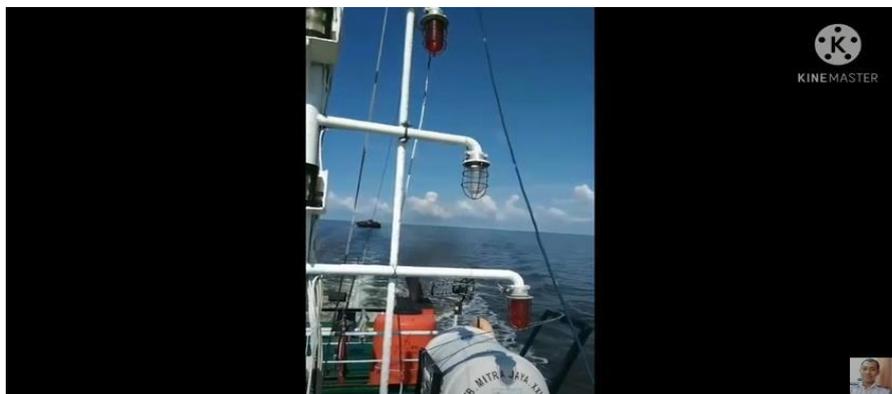
Gambar 8. Isyarat Lampu *Tugboat* Sedang Jalan, Tidak *Towing*, Dan Dipandu

- 6) Lampu kapal tugboat yang sedang masuk Negara lain (imigrasi) (ditunjukkan gambar 9).



Gambar 9. Isyarat Lampu *Tugboat* Sedang Imigrasi

- 7) Lampu kapal tugboat yang sedang mengisi bahan bakar (bunker) (ditunjukkan gambar 9).



Gambar 9. Isyarat Lampu *Tugboat* Sedang *Bunker*

f. Hasil Produk.

Sistem lampu navigasi dibuat dalam program simulasi untuk mengaplikasikan beberapa hasil pengamatan dari sumber video youtube sebagaimana ditunjukkan pada pembahasan sebelumnya. Beberapa simulasi yang dibuat melalui pemrograman ditunjukkan pada table 1.

Perancangan sistem navigasi pada kapal melalui prototype ini membantu dalam pemahaman aturan IALA dan ketentuan COLREGs untuk keselamatan kapal. Melalui penyampaian simulasi memudahkan untuk mempelajari isyarat-isyarat lampu navigasi secara berulang-ulang dengan aman minim resiko kecelakaan dibandingkan ketika belajar langsung di kapal saat berada di laut (Zaky et al., 2018). Melalui simulasi ini juga lebih murah dibandingkan pembelajaran melalui youtube sebagaimana dibanyak ditayangkan karena melalui youtube peserta harus online ketika mengakses youtube (Yudela et al., 2020). Simulasi dari isyarat kapal kemudian dilakukan validasi oleh ahli seorang Master Mariner yang mengampu mata kuliah Navigasi.

Table 1. Simulasi Lampu Navigasi Pada Kapal *Tugboat* Berdasarkan Pengamatan

Keterangan lampu	Gambar lampu	Keterangan lampu	Gambar lampu
1) Lampu navigasi kapal tugboat yang sedang berjalan tapi tidak menggandeng atau menarik tongkat (tidak towing).		2) Lampu navigasi kapal tugboat yang sedang berjalan tidak menggandeng atau menarik tongkat (tidak towing) yang sedang dipandu (pandu berada di atas kapal).	
3) Lampu navigasi kapal tugboat sedang berjalan dan sedang menggandeng atau menarik tongkat (sedang towing)		4) Lampu navigasi kapal tugboat yang sedang berjalan sedang menggandeng atau menarik tongkat (towing) yang sedang dipandu (pandu sedang berada di atas kapal).	
5) Lampu navigasi kapal tugboat sedang berlabuh dan sedang karantina		6) Lampu kapal tugboat yang sedang masuk Negara lain (imigrasi)	
7) Lampu kapal tugboat yang sedang mengisi bahan bakar (bunker).			

Keterbatasan media youtube dalam akses dari tayangan tentang lampu navigasi pada kapal terdapat beberapa sumber yang satu sama lain terkadang tidak secara utuh. Instruktur menyampaikan isyarat kapal melalui lampu navigasi saat kapal jalan/berlayar harus pada posisi yang sebenarnya sehingga pada saat penyampaian di youtube tidak bisa sembarang karena akan membayakan kapal lain yang sedang melintas. Namun dengan simulasi ini kondisi kapal dan isyarat lampu dapat diprogram sesuai kebutuhan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan media youtube tentang aturan COLREGs untuk pengembangan simulasi lampu navigasi pada prototype kapal tugboat sudah dikembangkan dan beberapa aturan lampu navigasi untuk penelitian dibuat tujuh aturan pada untuk kapal tugboat. Pengembangan simulasi lampu navigasi ini digunakan untuk proses pembelajaran langsung dan secara realtime untuk membangun pemahaman cadet tentang aturan COLREGs dan IALA. Melalui simulasi lampu navigasi ini lebih mudah, aman dan dapat disesuaikan programnya dengan kebutuhan untuk proses pembelajaran yang diharapkan, dan mampu memfasilitasi proses diskusi selama proses pembelajaran.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang atas dukungan finansialnya pada penelitian ini dan Dosen Akademi Maritim Suaka Bahari Cirebon atas dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini.

Daftar Pustaka

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11.
- Andromeda, V. F., Mustain, I., & Herlina, Y. (2022). Efektivitas Penggunaan Multimedia Berbasis Web sebagai Tolak Ukur dalam Peningkatan Aspek Kognitif Taruna Calon Perwira Kapal. 6(2), 91–97.
- Ar, H. T. (2015). Manajemen keselamatan maritim dan upaya pencegahan kecelakaan kapal Ke titik nol (Zero accident). *Jurnal Ilmiah Widya*, 3(2), 110–116.
- Arifin, A. S., & Zulkifli, F. Y. (2021). Recent development of smart traffic lights. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 10(1), 224.
- Balkin, R. (2006). The International Maritime Organization and Maritime Security. *Tul. Mar. LJ*, 30, 1.
- Bandara, D., Woodward, M., Chin, C., & Jiang, D. (2020). Augmented Reality Lights for Compromised Visibility Navigation. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/jmse8121014>
- Batubara, H. H., & Ariani, D. N. (2016). Pemanfaatan video sebagai media pembelajaran Matematika SD/MI. *Muallimuna*, 2(1), 47–66.

- Chacon Mosquera, E. F. (2021). *Autonomous Sailboat Prototype Sensors and Electronics Implementation with Machine Learning for Navigation*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Hasugian, S., Wahyuni, A. A. I. S., Rahmawati, M., & Arleiny, A. (2018). Pemetaan Karakteristik Kecelakaan Kapal di Perairan Indonesia Berdasarkan Investigasi KNKT. *Warta Penelitian Perhubungan*, 29(2), 229–240.
- Hermawan, C. M., Anwar, M. S., & Junius, E. (2020). Peningkatan Pemahaman para Mualim Terhadap Penggunaan ECDIS Guna Menunjang Keselamatan Pelayaran. *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, 2(1), 36–42.
- Kendek, M., Iskandar, I., Satria, I. D., & Bayuntara, A. W. (2022). Studi Kasus Analisis Hasil Investigasi Komite Nasional Keselamatan Transportasi (Knkt) Terhadap Penyebab Tubrukan Kapal Di Perairan Indonesia. *Jpb: Jurnal Patria Bahari*, 2(2).
- Listriyawati, N. A. (2020). Implikasi Kemampuan Berkomunikasi Dan Penggunaan Kode Isyarat Internasional Terhadap Keselamatan Pelayaran Kapal Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, 20(2), 147–159.
- Ma'ruf, B. (2014). Strategi Pengembangan Industri Kapal Nasional Berbasis Teknologi Produksi dan Pasar Domestik. *Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Teknik Maritim, Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Jakarta*, 17.
- Malisan, J. (2010). Analisis Kecenderungan Kecelakaan Kapal di Indonesia. *Warta Penelitian Perhubungan*, 22(1), 72–83.
- Malisan, J. (2013). *Keselamatan Transportasi Laut Pelayaran Rakyat: Studi Kasus Armada Phinisi*. Universitas Hasanuddin.
- Mamatha, A. (2018). Automated Traffic Light System Based on Image Processing and Machine Learning Techniques. *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology*, 2(8), 27.
- Masmilah, M., Setiawan, H., Hermawansyah, W., & Haryadi, R. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kapal Menggunakan Data Automatic Identification System (AIS) Dengan Geographic Information System (GIS). *Prosiding TAU SNAR-TEK Seminar Nasional Rekayasa Dan Teknologi*, 1(1), 24–29.
- Maulidi, A. (2019). Disain Sistem Navigasi Automatic Identification System (Ais) Transceiver Berbasis Mini Computer Pada Kapal Nelayan Tradisional Di Madura. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 9(1), 12–17.
- Merk, O. (2014). *The role of the International Maritime Organization*. OECD, International Regulatory Co-operation and International Organisations
- Muchtiwibowo, R. L., Octavian, A., & Soediro, D. (2019). Manajemen Teknologi PT PAL Indonesia Dalam Pembangunan Kapal Perusak Kawal Rudal. *Industri Pertahanan*, 1(1), 75–94.
- Nugroho, S., Djatmiko, E. B., Mustain, M., Wardhana, W., & Ardi, E. W. (2023). Peningkatan Keselamatan Kapal Niaga dengan Sistem Pemuatan Berbasis Komputer. *Sewagati*, 7(3), 339–352.
-

- Nurhasanah, N., Joni, A., & Shabrina, N. (2015). *Persepsi crew dan manajemen dalam penerapan ISM Code bagi keselamatan pelayaran dan perlindungan lingkungan laut*.
- Pratt, P., Ives, M., Lawton, G., Simmons, J., Radev, N., Spyropoulou, L., & Amiras, D. (2018). Through the HoloLens™ looking glass: augmented reality for extremity reconstruction surgery using 3D vascular models with perforating vessels. *European Radiology Experimental*, 2, 1–7.
- Rusman, D. K., & Riyana, C. (2015). *Pembelajaran Berbasis Teknologi Informatika*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Saputra, A. D. (2021). Studi Kecelakaan Kapal di Indonesia dari Tahun 2003-2019 Berdasarkan Data Investigasi Komite Nasional Keselamatan Transportasi. *Warta Penelitian Perhubungan*, 33(2), 87–94.
- Setiawan, H., Rachman, M. D., Yara, G. D., Aprillisianti, A., & Amanda, S. (2014). TEKWAN (Teknologi Wireless Automatic Nahkoda) For Ship. *Program Kreativitas Mahasiswa-Karsa Cipta*.
- Silber, G. K., Vanderlaan, A. S. M., Arceredillo, A. T., Johnson, L., Taggart, C. T., Brown, M. W., Bettridge, S., & Sagarminaga, R. (2012). The role of the International Maritime Organization in reducing vessel threat to whales: Process, options, action and effectiveness. *Marine Policy*, 36(6), 1221–1233.
- Sitorus, B., Sitorus, T. I. H., & Ricardianto, P. (2016). Evaluasi Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi Informasi Pelabuhan. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 3(3), 367–377.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suwarno, M. (2017). Potensi youtube sebagai sumber belajar matematika. *Pi: Mathematics Education Journal*, 1(1), 1–7.
- Syibli, Y. M., & Nuryaman, D. (2021). Peranan Alat Navigasi Di Kapal Untuk Meningkatkan Keselamatan Pelayaran Di Atas Kapal. *Dinamika Bahari*, 2(1), 39–48.
- Wahyuni, A. A. I. S., Wahdiana, D., Hasugian, S., & Paramitha, A. A. I. S. B. (2021). Analisis Human Error terhadap penggunaan Peralatan Komunikasi dan Navigasi Kapal Sebagai Penyebab Kecelakaan Kerja. *Infokes: Jurnal Ilmiah Rekam Medis Dan Informatika Kesehatan*, 11(1), 59–64.
- Wahyuni, O., & Mustain, I. (2021). The Effectiveness of STEM for Sea Project to Improve Cadets' Performance as Preparation for Onboard Training. *SAR Journal - Science and Research*, 4(4), 160–166. <https://doi.org/10.18421/sar44-02>
- Yahya, S. (2021). *HUMAN ERROR DALAM KECELAKAAN KAPAL Antar Kejadian Risiko dan Akar Penyebab*. CV Literasi Nusantara Abadi.
- Yudela, S., Putra, A., & Laswadi, L. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis YouTube Pada Materi Perbandingan Trigonometri. *Imajiner: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 2(6), 526–539. <https://doi.org/10.26877/imajiner.v2i6.7089>
- Zaky, M., Mufti, A., & Rahman, A. (2018). Perancangan Sistem Kendali Berbasis Gps (Global
-

Positioning System) Pada Kapal Tanpa Awak. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 3(2), 60–67.

- Zeng, X., Guo, H., & Hu, W. (2019). Design and implementation of shipping video surveillance equipment based on raspberry Pi. *Proceedings - 22nd IEEE International Conference on Computational Science and Engineering and 17th IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, CSE/EUC 2019*. <https://doi.org/10.1109/CSE/EUC.2019.00022>
- Zhang, J., Guo, W., Xia, M., Yang, K., & Li, W. (2018). Design and Implementation of Navigation System for Assisting Ships in Entering Port Based on Light-Emitting Diodes; [一种辅助船舶入港的发光二极管导航系统设计与实现]. *Guangxue Xuebao/Acta Optica Sinica*, 38(10). <https://doi.org/10.3788/AOS201838.1022003>