

Implementasi *Onshore Power System* Terhadap Kapal Sandar pada Beberapa Pelabuhan di Pulau Jawa - Indonesia

Implementation of the Onshore Power System for Berthing Ships at Several Ports on the Island of Java - Indonesia

Febriyanti Febriyanti ^{a,1*}, Muhammad Thamrin ^{b,2}, Lira Agusinta ^{c,3}, Yosi Pahala ^{d,4}

^{abcd} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Cipinang Besar Selatan, Indonesia

^{1*}febrijku23@gmail.com, ²thamrinaroba7@gmail.com, ³agusinta@yahoo.com, ⁴yopahala@gmail.com

*corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

ABSTRACT

The lack of identification of new mitigation actions to reduce emissions in maritime transportation and the suboptimal collection of activity data remain major issues. This study aims to analyze the implementation, efficiency, and service rates of the Onshore Power System (OPS) at ports in Java Island, Indonesia, and conduct a Systematic Literature Review (SLR) to evaluate the impact of OPS on cost efficiency and the environment during berthing. The research method uses SLR with NVivo 12 for data coding, focusing on themes such as eco-friendly ports, cost efficiency, renewable energy, and fuel savings. The study focuses on Tanjung Perak, Tanjung Emas, and Tanjung Intan Ports. The results indicate that OPS implementation significantly reduces shipping companies' operational costs across various vessel types. However, service rates at the three ports show variations that influence shipping companies' decisions. This study has limitations, including limited direct activity data and the analysis scope restricted to ports in Java Island, making generalization to other ports require further research. The long-term impact of OPS on carbon emissions is also not analyzed. This study provides preliminary insights into the benefits of OPS and emphasizes the need for further research to broaden the analysis scope and improve data accuracy.

Keywords: *environmental costs and benefits, energy efficiency, cost efficiency, vessel docking, onshore power system*

ABSTRAK

Kurangnya identifikasi aksi mitigasi baru untuk menurunkan emisi transportasi laut dan belum optimalnya pengumpulan data aktivitas menjadi permasalahan utama. Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi, efisiensi, dan tarif layanan *Onshore Power System* (OPS) di pelabuhan Pulau Jawa, Indonesia, serta melakukan kajian *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengevaluasi dampak OPS terhadap efisiensi biaya dan lingkungan saat kapal bersandar. Metode penelitian menggunakan SLR dengan aplikasi NVivo 12 untuk pengkodean data berdasarkan tema seperti pelabuhan ramah lingkungan, efisiensi biaya, energi terbarukan, dan penghematan bahan bakar. Fokus penelitian pada Pelabuhan Tanjung Perak, Tanjung Emas, dan Tanjung Intan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi OPS mampu

mengurangi biaya operasional perusahaan pelayaran secara signifikan pada berbagai jenis kapal. Namun, tarif layanan OPS di tiga pelabuhan menunjukkan variasi yang memengaruhi keputusan perusahaan pelayaran. Penelitian ini memiliki batasan, seperti terbatasnya data aktivitas langsung dan cakupan analisis pada pelabuhan di Pulau Jawa, sehingga generalisasi ke pelabuhan lain memerlukan studi lanjutan. Dampak jangka panjang OPS terhadap emisi karbon juga belum dianalisis. Penelitian ini memberikan wawasan awal tentang manfaat OPS dan mendorong perlunya kajian lebih mendalam untuk memperluas cakupan analisis dan meningkatkan keakuratan data.

Kata Kunci: biaya dan manfaat lingkungan, efisiensi energi, efisiensi biaya, kapal sandar, sistem tenaga darat

A. Pendahuluan

Kurangnya keterlibatan dan pemahaman pemangku kepentingan dalam mengadopsi *Onshore Power System* (OPS) di pelabuhan Indonesia menjadi tantangan, motivasi, serta hambatan dalam implementasinya. Adopsi OPS sejalan dengan regulasi untuk mengurangi polusi udara maritim, sebagaimana diatur dalam protokol MARPOL 73/78 tahun 1997. Regulasi ini membatasi kandungan sulfur dalam bahan bakar menjadi 3,5% pada tahun 2012 dan 0,5% pada tahun 2020 untuk meminimalkan emisi sulfur oksida (SO_x) dan nitrogen oksida (NO_x) yang menyebabkan gangguan pernapasan dan hujan asam (IMO, 2023). OPS mengalihkan sumber energi kapal dari bahan bakar fosil ke listrik, menghasilkan efisiensi energi dan biaya hingga 95%, serta mengurangi emisi SO_x dan NO_x sebesar 75–93% saat kapal sandar (Pelindo & Maritim, 2024).

Penelitian ini menganalisis 50 artikel yang berasal dari Google Scholar, Elsevier, dan ScienceDirect. Dari jumlah tersebut, 43 artikel sesuai dengan kriteria penelitian, sementara 7 artikel tidak memenuhi syarat. Kriteria artikel yang digunakan meliputi publikasi antara tahun 2018 hingga 2023, terindeks di jurnal bereputasi, dan relevan dengan topik penelitian. Studi sebelumnya (Musyoka, 2019; Muthoora & Fischer, 2019; Rutherford et al., 2015; Sáenz, 2019; Santander et al., 2018; Tarnapowicz & German-Galkin, 2018) menunjukkan bahwa OPS mampu mengurangi emisi kapal yang bersandar di pelabuhan,

meskipun implementasinya masih tergolong rendah dan menghadapi berbagai hambatan kompleks.

Secara teoritis, OPS terbukti menjadi solusi efektif untuk mengurangi dampak negatif kapal terhadap lingkungan. Teknologi ini menggantikan listrik yang biasanya dihasilkan oleh mesin bantu kapal dengan pasokan listrik dari dermaga, sehingga kapal dapat mematikan mesinnya selama proses bongkar muat. Penerapan OPS dapat mengurangi polusi udara, emisi *gas rumah kaca* (GRK), kebisingan, dan getaran, serta menurunkan konsumsi bahan bakar fosil (Borkowski & Tarnapowicz, 2012, 2015). Manfaat lainnya mencakup penghematan biaya pemeliharaan kapal hingga 79,82% dan pengurangan CO_2 sebesar 24,55% (Silaksanti & Sudarmo, 2020; Silaksanti et al., 2021).

Gap penelitian terletak pada kurangnya analisis efisiensi biaya operasional kapal yang menggunakan OPS. Kebaruan penelitian ini memfokuskan pada perbandingan biaya operasional sebelum dan sesudah penggunaan OPS serta analisis berbasis *Systematic Literature Review* (SLR). Penelitian ini juga mengadopsi metode komparatif untuk mengevaluasi efisiensi biaya dan manfaat lingkungan OPS. Selain itu, penelitian ini mengidentifikasi tantangan implementasi OPS seperti kualitas listrik, kebutuhan sumber daya manusia, dan perhatian pemangku kepentingan yang belum optimal.

Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk mendorong pemanfaatan OPS dalam mengurangi emisi GRK di pelabuhan.

Strategi yang diajukan mencakup peningkatan regulasi, pelatihan sumber daya manusia, dan penyediaan infrastruktur OPS yang sesuai. Dengan ini, OPS diharapkan mampu memberikan solusi berkelanjutan bagi pelabuhan hijau di Indonesia.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama enam bulan, dari September 2023 hingga Februari 2024, dengan lokasi di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, dan Pelabuhan Tanjung Intan Cilacap, Pulau Jawa – Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed methods*) yang menggabungkan penelitian kuantitatif dan kualitatif (Creswell & Creswell, 2018). Metode kuantitatif digunakan untuk menghitung emisi yang dihasilkan kapal saat bersandar di pelabuhan dan emisi yang berasal dari sektor pembangkit listrik untuk mengevaluasi potensi penurunan emisi serta melakukan inventarisasi emisi. Metode kualitatif dilakukan melalui wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan informan, termasuk pihak regulator dan Lamong Energi Indonesia sebagai pemilik dan operator layanan OPS.

Populasi penelitian ini mencakup kapal-kapal yang menggunakan layanan OPS di pelabuhan-pelabuhan Pulau Jawa. Sampel diambil dengan teknik *purposive sampling*, melibatkan jenis kapal curah kering, kapal peti kemas, dan kapal *tug boat* yang telah menggunakan OPS di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, dan Pelabuhan Tanjung Intan Cilacap pada tahun 2021. Data primer dikumpulkan dari kunjungan kapal yang diperoleh melalui bagian teknis perusahaan pelayaran dan pengelola pelabuhan. Selain itu, data pengguna OPS diperoleh dari PT Pelabuhan Indonesia sebagai pengelola energi di pelabuhan-pelabuhan tersebut. Data yang dikumpulkan meliputi aspek teknis, operasional, dan finansial untuk analisis efisiensi pemanfaatan OPS serta

tarif layanannya. Jurnal-jurnal terkait topik penelitian ini juga dikaji menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mendapatkan ide orisinalitas dan sintesis hasil penelitian terdahulu.

Validasi data dilakukan dengan triangulasi sumber data dan metode. Data teknis dan operasional dibandingkan dengan wawancara mendalam dengan regulator serta operator OPS di pelabuhan. Selain itu, data sekunder dari jurnal yang diakses melalui Google Scholar, Elsevier, dan ScienceDirect digunakan untuk memperkuat hasil penelitian.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif untuk mengevaluasi profil emisi kapal dan pembangkit listrik, serta menghitung potensi penurunan emisi. Analisis kualitatif dilakukan dengan NVivo 12 untuk mengelola data hasil wawancara dan literatur terkait. SLR digunakan untuk menyintesis hasil penelitian terdahulu yang relevan, memberikan *insight*, dan memperkaya temuan penelitian ini. Analisis gabungan ini memberikan pemahaman mendalam tentang efisiensi layanan OPS serta tarif yang diberlakukan di pelabuhan-pelabuhan penelitian.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Tinjauan Emisi Gas Buang

Dalam melakukan perhitungan estimasi gas buang akibat penggunaan energi telah banyak dikembangkan variasi oleh berbagai asosiasi dan organisasi di seluruh dunia. Salah satu asosiasi yang bergerak dalam kajian emisi yang dihasilkan transportasi maritim untuk logistik dan penumpang adalah *Puget Sound Maritime Air Forum*. Pada analisis ini akan menggunakan sumber daya yang dimiliki oleh *Puget Sound Maritime Air Forum* yang berupa hasil kajian dari asosiasi tersebut dengan judul “*2016 Puget Sound Maritime Emissions Inventory*” yang diperbarui terakhir kali pada Februari 2018. Kajian ini memperkirakan jumlah gas rumah kaca, *particulate matter*, dan sejumlah polutan lainnya, seperti sulfur dioksida dan senyawa organik yang mudah menguap. Fokus utamanya terletak pada

polutan yang terkait dengan kapal, *harbour vessel*, peralatan penanganan kargo dan peralatan lainnya yang berkaitan dengan aktivitas maritim.

Dalam mengestimasi emisi yang dihasilkan oleh kapal atau disebut dengan *Ocean Going Vessel*, digunakan metodologi yang dikembangkan oleh *Puget Sound Maritime Air Forum* yang disebut *OGV Emissions Estimating Methodology*. Metodologi ini digunakan untuk memperhitungkan jumlah emisi berdasarkan aktivitas yang dilakukan oleh kapal pada daerah tersebut. Emisi diestimasi sebagai sebuah fungsi dari energi yang dibutuhkan dikalikan dengan faktor emisi dan faktor *fuel correction*. Perhitungan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut, untuk memperhitungkan jumlah emisi yang dihasilkan juga dilakukan perhitungan pada *auxiliary engine* dari kapal. Maka dalam perhitungan untuk *auxiliary engine* juga terdapat faktor emisi tersendiri dengan sedikit perbedaan dari faktor emisi *propulsion engine*. Diperlukan *fuel correction factor* atau faktor koreksi bahan bakar yang digunakan untuk menghitung variasi parameter bahan bakar antara berbagai jenis bahan bakar, sehingga variasi ini dapat diperhitungkan dalam perkiraan emisi.

2. Perhitungan Emisi Gas Buang (NOx dan SO2)

Emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin bantu dan OPS sebagai perbandingan untuk masing-masing jenis kapal pada tiga lokasi pelabuhan. emisi gas buang kapal petikemas (NOx & SO2). Polusi gas buang (NOx) untuk kapal petikemas di Pelabuhan Tanjung Perak dengan jumlah gas buang (NOx) di sebesar 254 kg (OPS) dan 1.347 kg (Non-OPS) pada tahun 2020. Polusi gas buang (SO2) di Pelabuhan Tanjung Perak (Kapal Petikemas) dengan Jumlah gas buang (SO2) di sebesar 14 kg (OPS) dan 77 kg (Non-OPS) pada tahun 2020. Tingkat pengurangan polusi gas buang sebesar 84,32% saat menggunakan layanan OPS. Polusi gas buang (NOx) di Pelabuhan Tanjung Emas (Kapal Curah Kering) dengan

Jumlah gas buang (NOx) di sebesar 4,8 ton (OPS) dan 38 ton (Non-OPS) di tahun 2020. Polusi gas buang (SO2) di Pelabuhan Tanjung Emas (Kapal Curah Kering) dengan Jumlah gas buang (SO2) di sebesar 278 kg (OPS) dan 2.184 kg (Non-OPS) pada tahun 2020. Tingkat pengurangan polusi gas buang sebesar 85,9 % saat menggunakan layanan OPS. Polusi gas buang (NOx) untuk kapal curah kering di Pelabuhan Tanjung Intan dengan Jumlah gas buang (NOx) di sebesar 90 kg (OPS) dan 763 kg (Non-OPS) pada tahun 2020.

Polusi gas buang (SO2) untuk kapal curah kering di Pelabuhan Tanjung Intan dengan Jumlah gas buang (SO2) di sebesar 5 kg (OPS) dan 43 kg (Non-OPS) di tahun 2020; dan Tingkat pengurangan polusi gas buang sebesar 87,39% saat menggunakan layanan OPS. Polusi gas buang (NOx) di Pelabuhan Tanjung Emas (Tug Boat) dengan Jumlah gas buang (NOx) di sebesar 30 kg (OPS) dan 45 kg (Non-OPS) pada tahun 2020. Polusi gas buang (SO2) untuk Tug Boat di Pelabuhan Tanjung Emas dengan Jumlah gas buang (SO2) di sebesar 1,7 kg (OPS) dan 2,5 kg (Non-OPS) pada tahun 2020; dan Tingkat pengurangan polusi gas buang sebesar 39,50% saat menggunakan layanan OPS. Polusi gas buang (NOx) untuk tug boat di Pelabuhan Tanjung Intan dengan Jumlah gas buang (NOx) di sebesar 56 ton (OPS) dan 64 ton (Non-OPS) pada tahun 2020. Polusi gas buang (SO2) di Pelabuhan Tanjung Intan (Tug Boat) dengan Jumlah gas buang (SO2) di sebesar 3,1 kg (OPS) dan 3,6 kg (Non-OPS) di tahun 2020. dan Tingkat pengurangan polusi gas buang sebesar 9,51% saat menggunakan layanan OPS.

3. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas produksi terhadap unit biaya adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk memahami bagaimana perubahan biaya per unit produk atau layanan dapat mempengaruhi jumlah produksi. Ini membantu manajer dan pengambil keputusan dalam memahami seberapa sensitifnya tingkat produksi terhadap perubahan biaya. Pada

hasil perhitungan unit biaya dengan kondisi eksisting menunjukkan dengan produksi OPS pada terminal nilai sebesar 25.293 kWh menghasilkan unit biaya sebesar 25.861 Rp/kWh. Dari hasil tersebut digunakan menunjukkan berapa unit biaya yang keluar jika produksi OPS tersebut mengalami kenaikan hingga 200% sehingga unit biaya yang diperoleh menjadi 11.517 Rp/kWh.

4. Systematic Literature Review (SLR)

a. Pemetaan Referensi

Untuk langkah pertama adalah mengidentifikasi topik yang digunakan serta bagian inklusi dan eksklusi pada penelitian ini. Adapun sumber database penelitian yang digunakan adalah *Google Classroom*, *Science direct*, dan *Springer* menggunakan *keyword* “OPS on Port” dengan sumber penelitian adalah “Journal” dan interval penelitian “2017-2023”. Langkah selanjutnya melakukan kurasi menggunakan aplikasi “*publish or perish*” sehingga kita mendapatkan informasi kualitas sumber yang kita dapatkan atau memilih H-Index penelitian atau sitasi yang tinggi dari peneliti lainnya. Setelah mendapatkan informasi tentang kualitas Jurnal tertinggi

dari *keyword* “OPS on Port” dapat dibuka www.connectedpapers untuk melihat visualisasi grafik yang berhubungan dengan jurnal tersebut. Semakin *bold*/tebal dengan Jurnal tersebut, maka Jurnal tersebut saling berkaitan dengan jurnal yang dituju. Langkah selanjutnya adalah mencari Jurnal-Jurnal yang berhubungan tersebut dengan topik penelitian ini di databases seperti *Google Scholar*, *Elsevier*, dan *Sciadirect*, serta dapat dimasukkan ke manajemen sitasi seperti *Mendeley* atau yang setara.

Setelah mendapatkan literasi penelitian yang ada, selanjutnya melakukan kurasi menggunakan “*Publish or Perish*”. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang literasi penelitian yang telah kita dapatkan sehingga memiliki kualitas yang tinggi dari Sitasi dan H-Index penelitiannya. Gambar 1 terlihat informasi tentang sumber penelitian yang memiliki H-Indeks atau sitasi yang tinggi serta link urlnya, kemudian dilakukan ekstrak informasi dari “*Publish or Perish*” ke dalam bentuk file *excel* untuk mengetahui informasi “jurnal yang berkualitas tinggi”.

Cites	Authors	Title	Year	Source
174	M Abdel-Basset, A Gamal, R A	A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable	2021	Journal of Cleaner ...
121	M Fasihi, C Breyer	Baseload electricity and hydrogen supply based on hybrid PV-wind power plants	2020	Journal of Cleaner Production
98	J Kumar, L Kumpulainen, K K	Technical design aspects of harbour area grid for shore to ship power: State of the art and	2019	... Journal of Electrical Power
92	J Chen, T Zheng, A Garg, L Xu	Alternative maritime power application as a green port strategy: Barriers in China	2019	Journal of Cleaner Production
85	MJ Santos, P Ferreira, M Ara	Scenarios for the future Brazilian power sector based on a multi-criteria assessment	2017	Journal of cleaner ...
84	AT Hoang, AM Foley, S Nizet	Energy-related approach for reduction of CO2 emissions: A critical strategy on the port-to-	2022	Journal of Cleaner ...
83	J Yang, Y Chang, L Zhang, Y H	The life-cycle energy and environmental emissions of a typical offshore wind farm in China	2018	Journal of Cleaner ...
74	C Schnuelle, T Wassermann,	Dynamic hydrogen production from PV & wind direct electricity supply-Modeling and tech	2020	International Journal of ...
65	X Liu, A Lindemann	Control of VSC-HVDC connected offshore windfarms for providing synthetic inertia	2017	IEEE Journal of Emerging and
60	GL Tortorella, R Miorando,	Implementation of lean supply chain: an empirical research on the effect of context	2017	The TQM Journal
58	M Kim, J Kim	An integrated decision support model for design and operation of a wind-based hydrogen	2017	International journal of hydro
55	J Ahn, SH Park, S Lee, Y Noh,	Molten carbonate fuel cell (MCFC)-based hybrid propulsion systems for a liquefied hydroge	2018	... journal of hydrogen energy
53	E Solomin, I Kirpichnikova, R	Wind-hydrogen standalone uninterrupted power supply plant for all-climate application	2019	International Journal of ...
53	M Huang, W He, A Incecik, A	Renewable energy storage and sustainable design of hybrid energy powered ships: A case s	2021	Journal of Energy ...
53	A Letafat, M Rafiei, M Sheikh	Simultaneous energy management and optimal components sizing of a zero-emission ferry	2020	Journal of Energy ...
51	N Sifakis, T Tsoutsos	Planning zero-emissions ports through the nearly zero energy port concept	2021	Journal of Cleaner Production
45	P Karamouz, M Biazari, M	Modeling the power of renewable energy sources in the context of electrical electricity net	2017	Journal of International Studi

Gambar 1. Hasil Informasi Jurnal

Gambar 1, terlihat bahwa Jurnal yang memiliki kualitas tinggi seputar “*OPS on Port*” adalah, *authors* (Abdel-Basset, Manogaran, et al., 2018; Abdel-Basset, Mohamed, et al., 2018). Indeks Sitasi, 174 x. *Title A New Hybrid Multi Criteria decision making approach for location selection offshore wind energy sitations*. Setelah mendapatkan informasi tentang kualitas jurnal tertinggi dari keyword “*OPS on Port*” dibuka www.connectedpapers untuk melihat visualisasi grafik yang berhubungan jurnal tersebut. Langkah selanjutnya adalah mencari jurnal-jurnal yang berhubungan dengan topik penelitian ini di databases *Google Scholar*, *Elsevier*, dan *Sciencedirect* lalu dimasukkan ke manajemen sitasi yaitu Mendeley atau setara.

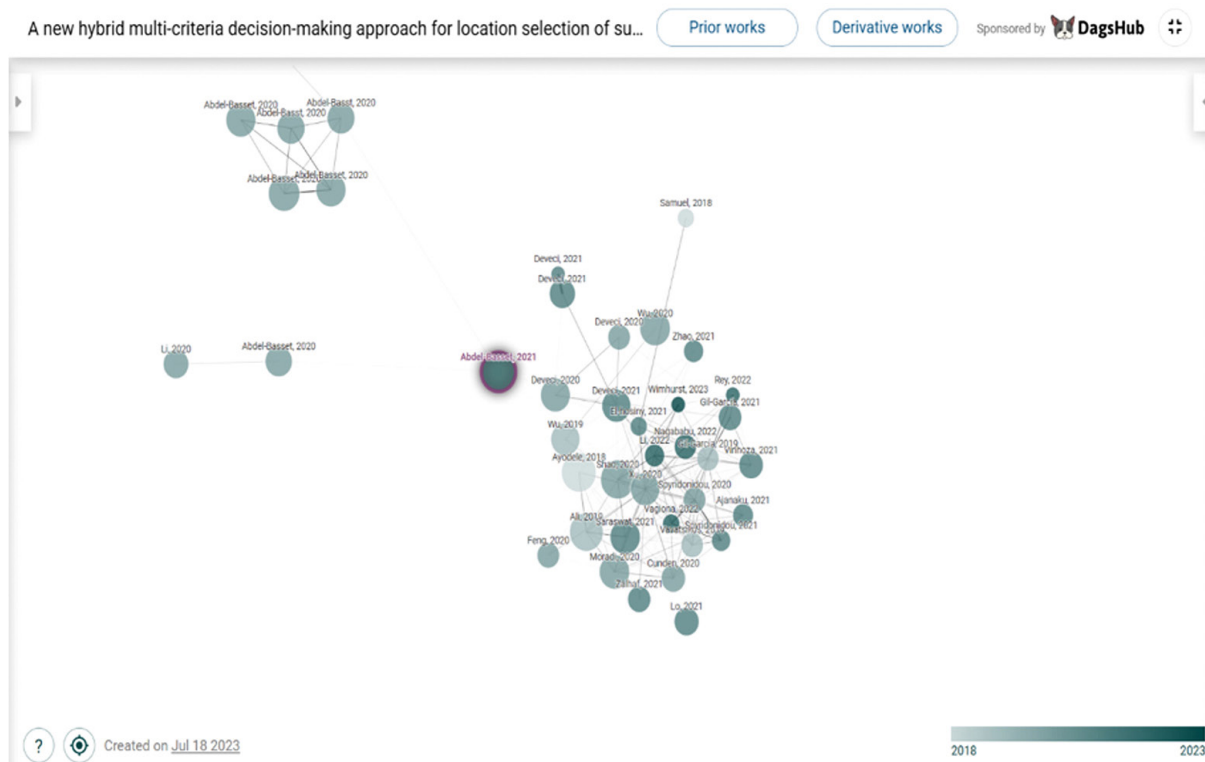
b. Manajemen Referensi, *Skimming* dan *Scanning* Isi Referensi

Setelah *download* Jurnal yang kita dapatkan, Langkah selanjutnya mengimpor sitasi tersebut ke dalam format mendeley, dan bertujuan, agar informasinya tidak

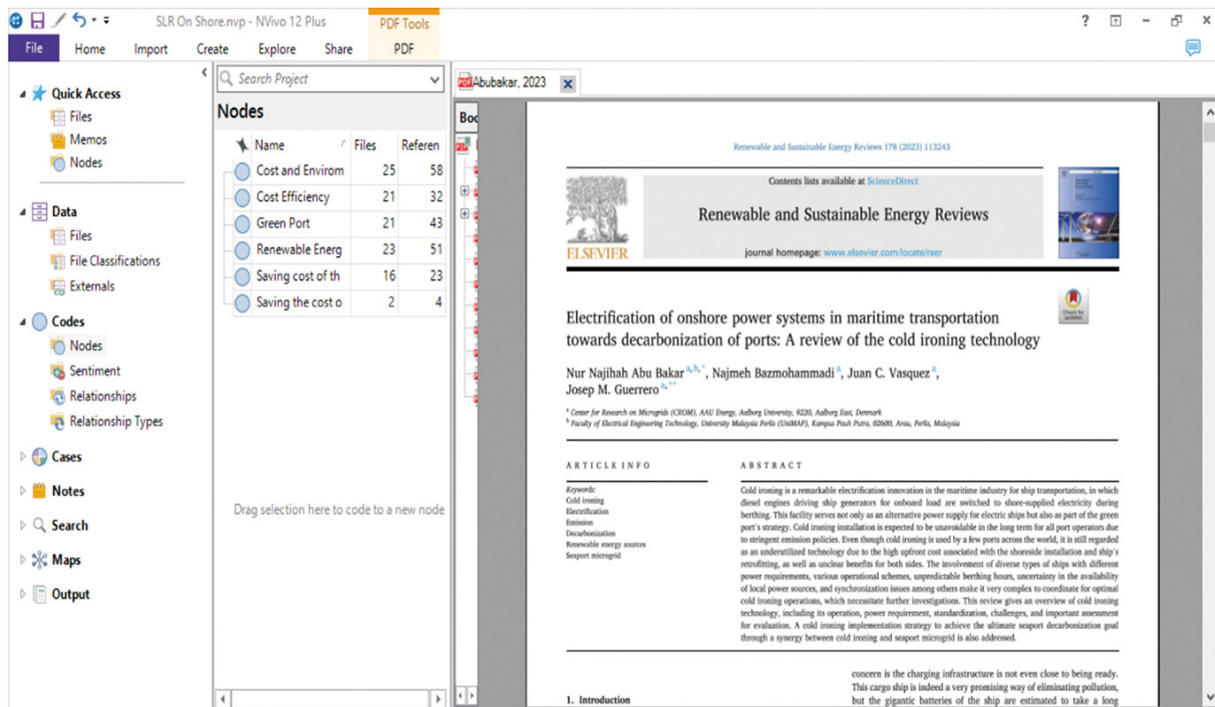
tertinggal selama penulisan dan terhindari dari plagiarisme. Memudahkan proses melakukan pengkodean saat dimasukkan ke aplikasi Nvivo juga harus dimasukkan dalam satu Folder tertentu.

Dari gambar 3, terlihat bahwa proses scanning dan skimming dari jurnal. Langkah yang dilakukan adalah proses scanning dilakukan dengan menuju ke abstrak jurnal, karena abstrak jurnal sudah memuat *summary* dari isi jurnal yang berisi pendahuluan, metodologi, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dari jurnal. Bahan materi yang tidak sesuai dengan kepentingan penelitian seperti *thesis*, isi *conference*, tidak digunakan dan yang digunakan hanyalah jurnal.

Terdapat enam kategori coding dari penelitian ini yakni *cost and enviromental benefit*, *cost efficiency*, *green port*, *renewable energy*, *saving cost of the ship machine maintenance*, dan *saving the cost of the fuel*. Dari keenam topik coding penelitian tersebut, hasil SLR dari penelitian ini, jumlah paling banyak berbicara tentang hasil dari “*Cost*



Gambar 2 *Connected Paper* dari Jurnal Berkualitas Tinggi



Gambar 3 Hasil Scanning dan Skimming dari Jurnal

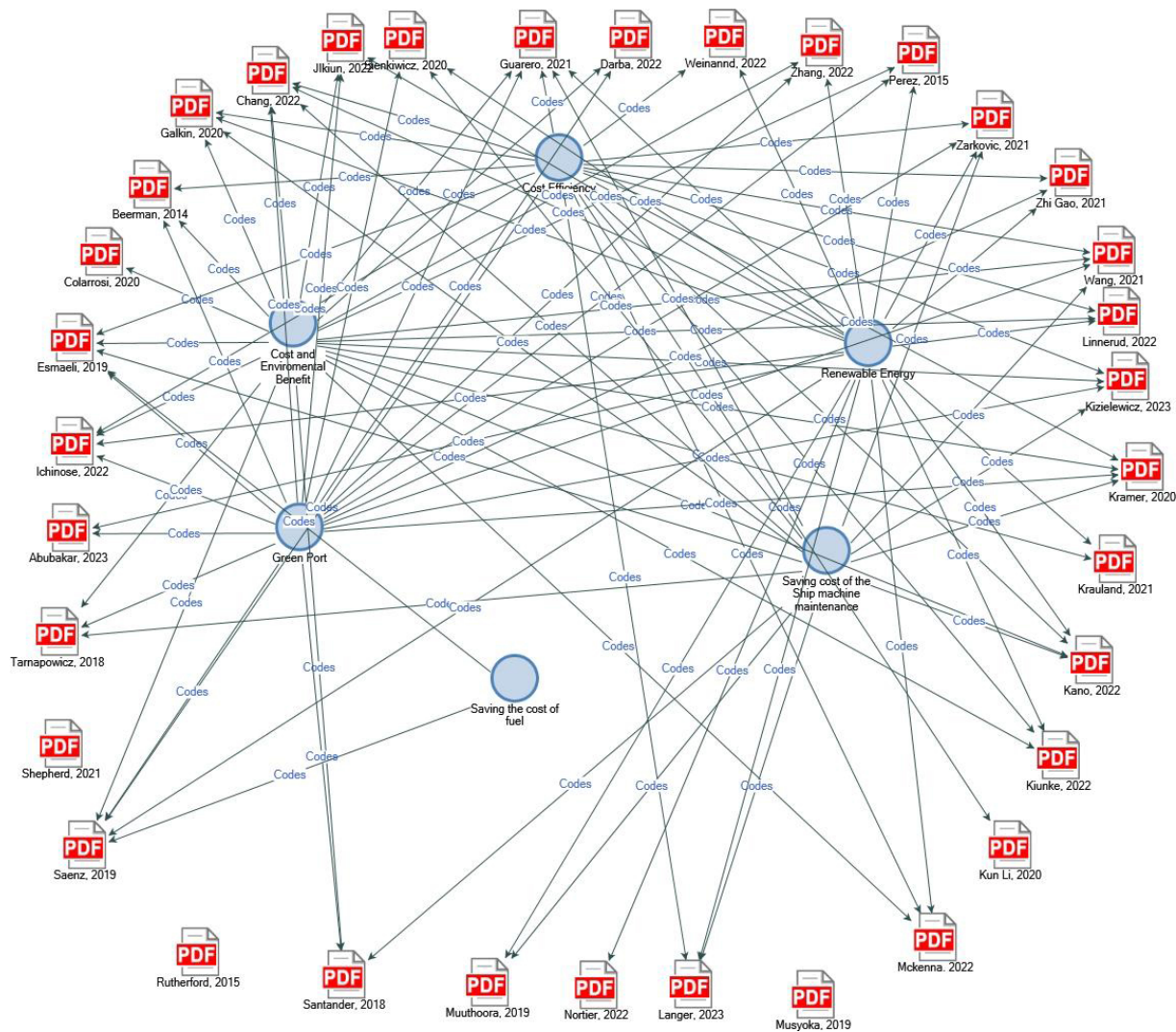
Tabel 1 Kriteria Pemilihan Data

No	Fokus	Pengecualian
1	Search keyword in Database Google Scholar, Sciencedirect, dan Elseiver. Title : <i>OPS on Port</i> N = 50, Sumber Journal, Interval tahun : 2018-2023 (5 Tahun Terakhir).	Sumber bukan Jurnal (Thesis, Isi conference, dll), Artikel Jurnal bukan dari Interval 2018-2023
2	Artikel Open Akses (50) N = 43 Total Artikel yang diteliti adalah N = 43	N = 7

and Enviromental Benefit” artinya ada harga yang didapat ketika berbicara instalasi OPS di Pelabuhan dan manfaat dari lingkungan yang diperoleh sebanyak 58x, *renewable energy* sebanyak 51 x, *green port* sebanyak 43 x, *cost efficiency* sebanyak 32 x, *saving the cost of the ship machine maintenance* adalah sebanyak 28 x, dan *saving the cost of the fuel* sebanyak 4x.

Seluruh hasil SLR penelitian saling *connected* dengan enam kategori yang dipilih artinya adalah pemilihan isi dari coding adalah tepat dan sesuai (Gambar 4). Berdasarkan

analisis SLR, penelitian ini menyajikan suatu kerangka kerja untuk mengkategorikan hambatan dan pendorong dalam implementasi OPS serta mengidentifikasi area-area potensial untuk penelitian mendatang. Pemetaan OPS sangat berguna untuk pemahaman secara literatur yang dapat mendukung penelitian ke depan. Tidak hanya itu temuan bahwa *OPS on Port* pada lingkup transportasi dan kepelabuhanan dominan untuk meneliti pada *cost and environmental benefit* Penelitian cenderung menilai manfaat ekonomi dan lingkungan dari penerapan OPS. Hal ini



Gambar 4 Hasil Sintesis *Project Map SLR*

mencakup potensi pengurangan biaya operasional dan dampak positif terhadap lingkungan, *cost efficiency* penelitian juga melihat efisiensi biaya dari penerapan OPS. Ini termasuk analisis mengenai investasi awal, biaya operasional jangka panjang, dan potensi penghematan. Konsep pelabuhan hijau atau "green port" menjadi fokus, dengan OPS sebagai salah satu solusi untuk mencapai tujuan ini. Penelitian juga menyoroti penggunaan energi terbarukan (*Renewable Energy*) dalam OPS, yang dapat membantu mengurangi dampak lingkungan lebih lanjut. Penerapan OPS dapat mengurangi jumlah jam kerja dan tekanan pada mesin kapal, mengakibatkan penghematan biaya perawatan

(*Saving Cost of Ship Machine Maintenance*). Penggunaan listrik darat dari OPS mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, yang berpotensi menghemat biaya bahan bakar (*Saving the Cost of Fuel*).

Penelitian telah mengidentifikasi solusi potensial untuk hambatan-hambatan tertentu, namun kompleksitas OPS menyoroti perlunya pendekatan kolaboratif dalam menghadapi OPS. Selain itu, karena tekanan regulasi semakin meningkat, lebih banyak penelitian diperlukan mengenai implikasi sistemik dari OPS serta potensi penggunaan insentif, penetapan harga, dan model bisnis untuk mengatasi biaya implementasi yang tinggi. Perkembangan dan pelaksanaan OPS

di pelabuhan Indonesia telah menjadi topik yang semakin penting dalam beberapa tahun terakhir. OPS adalah solusi yang diadopsi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara yang dihasilkan oleh kapal-kapal yang berlabuh di pelabuhan, dengan mengganti penggunaan mesin pembakaran internal kapal dengan pasokan listrik daratan ketika kapal berada di dermaga. Di Indonesia, pelaksanaan OPS di pelabuhan masih dalam tahap awal, namun upaya untuk mengembangkan dan menerapkan solusi ini terus meningkat.

5. Implementasi *Onshore Power System* di Pelabuhan Pulau Jawa-Indonesia

Secara total terdapat peningkatan tren penggunaan layanan jasa OPS sebesar 42% pada Tahun 2021 (sd Oktober) dibandingkan tahun sebelumnya. Kontribusi produksi Pelabuhan Tanjung Perak sebesar 11% (99.962 kWh), Tanjung Emas 86% (789.666 kWh) dan Tanjung Intan 3% (31.100 kWh). Penggunaan OPS memberikan keuntungan seperti Ramah Lingkungan, Efisiensi Energi, Efisiensi Biaya dan Efisiensi Waktu Perawatan Mesin. Penggunaan OPS dapat mengurangi penggunaan energi rata rata pada setiap jenis kapal sebagaimana berikut : (1) Kapal Petikemas di Tanjung Perak 81,2% dan Terminal Teluk Lamong 92,7%, (per *Shipcall*), (2) Kapal Curah Kering di Tanjung Emas 87,3% dan Tanjung Intan 88,2%) (per *Shipcall*) dan (3) Kapal Tunda di Tanjung Emas 33,0% dan Tanjung Intan 12,3% (per *Shipcall*). Dari pembahasan di atas dapat dikatakan terdapat peningkatan tren penggunaan layanan jasa OPS sebesar 42% pada Tahun 2021 (hingga Oktober) dibandingkan tahun sebelumnya. Pelabuhan Tanjung Perak, Tanjung Emas, dan Tanjung Intan masing-masing memberikan kontribusi yang berbeda terhadap total produksi. Penggunaan OPS memberikan keuntungan dalam hal ramah lingkungan, efisiensi energi, efisiensi biaya, dan efisiensi waktu perawatan mesin. Penggunaan OPS dapat mengurangi penggunaan energi rata-rata pada setiap jenis kapal, serta mengurangi emisi gas buang

SO₂ dan NO_x pada setiap jenis kapal yang menggunakan layanan tersebut.

6. Efisiensi pemanfaatan *Onshore Power System* di Pelabuhan Pulau Jawa-Indonesia

Penggunaan OPS dapat mengurangi emisi gas buang SO₂ (*Sulfur Dioksida*) dan NO_x (*Nitrogen Oksida*) rata rata pada setiap jenis kapal yaitu kapal petikemas di Tanjung Perak 81,2% dan Terminal Teluk Lamong 92,7% (per *Shipcall*), kapal curah kering setara di Tanjung Emas 87,3 % dan Tanjung Intan 88,2% (per *Shipcall*) dan kapal tunda setara di Tanjung Emas 33,0 % dan Tanjung Intan 12,3% (per *Shipcall*). Penggunaan OPS juga akan mengurangi biaya operasional perusahaan pelayaran rata rata pada setiap jenis kapal sebagaimana berikut: Kapal Petikemas di Tanjung Perak lebih murah 85,5%/ *Shipcall* dan TTL Lebih Murah 93,6% / *Shipcall*; kapal curah kering di Tanjung Emas lebih murah 84,6% / *Shipcall* dan Tanjung Intan lebih murah 70,8% / *Shipcall*; dan Kapal Tunda di Tanjung Emas lebih murah 48,2% / *Shipcall* dan Tanjung Intan lebih murah 32,5% / *Shipcall*.

Unit biaya layanan OPS rata-rata sebesar Rp/kWh, secara lebih detail pada masing-masing pelabuhan yaitu : pelabuhan Tanjung Perak (Nilai Rp, 21.861/kWh, Berlian Rp, 29.169/kWh, TTL 67.135/kWh), Pelabuhan Tanjung Emas (Rp, 2.211,-/kWh) dan Pelabuhan Tanjung Intan (Rp, 23.262,-/kWh). Komponen biaya layanan OPS memiliki proporsi sebagai berikut: Biaya Variabel (13,86 %), Biaya Tetap (86,14%) terdiri dari Depresiasi (50,03%), *Maintenance* (8,65%), Asuransi (2,59%), SDM (24,88%). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan OPS dapat mengurangi biaya operasional perusahaan pelayaran rata-rata pada setiap jenis kapal di berbagai pelabuhan. Unit biaya layanan OPS bervariasi antara pelabuhan, dengan rincian biaya yang disampaikan untuk masing-masing pelabuhan. Komponen biaya layanan OPS memiliki proporsi tertentu antara biaya variabel dan biaya tetap, dengan rincian

yang meliputi depresiasi, *maintenance*, asuransi, dan sumber daya manusia. Dengan demikian, penerapan OPS dipelabuhan-pelabuhan di Pulau Jawa memberikan dampak positif baik dari segi lingkungan maupun ekonomi, dengan potensi untuk terus meningkatkan efisiensi dan pengurangan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh industri pelayaran.

7. Tarif Layanan OPS

Uraian per pelabuhan terkait dengan tarif layanan OPS di Pelabuhan Pulau Jawa, Indonesia. Terminal Nilam menawarkan tarif yang cukup fleksibel dengan rentang antara Rp. 2.000 hingga Rp. 2.500 per kWh, memberikan kesempatan bagi pengguna untuk memilih sesuai dengan kebutuhan dan anggaran mereka. Terminal Berlian memiliki rentang tarif yang cukup luas, tetapi tarif batas atas yang tinggi mungkin membatasi aksesibilitas layanan bagi beberapa pengguna. Namun, tarif batas bawah yang rendah memberikan opsi bagi pengguna dengan anggaran terbatas. Terminal Teluk Lamong menawarkan tarif yang kompetitif dengan rentang yang sama dengan terminal lainnya di Pulau Jawa. Hal ini dapat meningkatkan daya tarik layanan OPS di pelabuhan ini. Tanjung Emas menawarkan tarif yang cukup bersaing, dengan kisaran antara Rp. 2.500 hingga Rp. 3.000 per kWh. Ini memberikan fleksibilitas yang baik bagi pengguna OPS. Tanjung Intan juga menawarkan tarif yang kompetitif dengan kisaran yang sama seperti Tanjung Emas. Ini memberikan pilihan yang baik bagi pengguna OPS yang beroperasi di pelabuhan ini. Secara keseluruhan, tarif layanan OPS di Pelabuhan Pulau Jawa menunjukkan variasi yang cukup signifikan, tetapi mayoritas pelabuhan menawarkan tarif yang kompetitif dan fleksibel, yang dapat mendukung adopsi lebih lanjut dari teknologi ini di industri pelayaran.

8. *Systematic Literature Review* pada Implementasi OPS Terhadap Efisiensi Biaya dan Lingkungan Saat Kapal

Sandar

Analisis coding deskriptif *Systematic Literature Review* dari penelitian ini adalah : (1) *Cost and enviromental benefit* = 58, (2) *renewable energy* = 51, (3) *green port* = 43, (4) *cost efficiency* = 32, (5) *saving the cost of the ship machine maintenance* = 27, dan (6) *Saving the cost of fuel* = 4. Dari pencarian sumber Artikel yang diteliti (Sebanyak N = 50) dari sumber (Google Scholar, Elseiver, dan Scencedirect), sebanyak A = 43 yang diteliti, B = 7 (tidak sesuai prasyarat penelitian). Persyaratan berkas penelitian yang diteliti yaitu, Interval Penelitian (2018-2023), Merupakan Jurnal Penelitian (nasional atau Internasional Berindeks H tinggi) dan Sesuai dengan *keyword* pencarian *OPS on Port. Trend* penggunaan OPS di Pelabuhan kian meningkat. Karena selain mendukung aktivitas menuju *Green Port* (Pelabuhan berwawasan lingkungan).

Manfaat instalasi OPS di Pelabuhan adalah dapat mengurangi emisi gas kaca, penghematan biaya operasional dari pembelian bahan bakar, serta penghematan biaya pemeliharaan mesin kapal. Maka, instalasi OPS harus dibuat suatu kebijakan umum sehingga dapat diterapkan di Pelabuhan dunia mengingat besarnya manfaat yang dapat dirasakan aktivitas melaut kapal di Pelabuhan. Peraturan tentang Impelentasi instalasi OPS di Pelabuhan dimuat pada Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 8 tahun 2023 tentang penetapan aksi mitigasi perubahan iklim sektor transportasi (KM RI, 2023). Bentuk aksi mitigasinya seperti implementasi OPS di Pelabuhan, pembuatan regulasi, pemantauan implementasi, menggunakan indikator keberhasilan dan yang berdampak pada berkurangnya konsumsi bahan bakar kapal selama bersandar pada beberapa Pelabuhan di pulau Jawa.

D. Simpulan

Implementasi *Onshore Power System* (OPS) di Pelabuhan Pulau Jawa – Indonesia khususnya Pelabuhan Tanjung Perak, Tanjung

Emas, dan Tanjung Intan menyatakan terdapat peningkatan tren penggunaan layanan jasa OPS sebesar 42% pada Tahun 2021 dibandingkan tahun sebelumnya. Pelabuhan Tanjung Perak, Tanjung Emas, dan Tanjung Intan masing-masing memberikan kontribusi yang berbeda terhadap total produksi. Penggunaan OPS memberikan keuntungan dalam hal ramah lingkungan, efisiensi energi, efisiensi biaya dan lamanya perawatan mesin. Penggunaan OPS dapat mengurangi penggunaan energi rata-rata pada setiap jenis kapal, serta mengurangi emisi gas buang SO₂ dan NO_x pada setiap jenis kapal yang menggunakan layanan tersebut.

Efisiensi pemanfaatan *Onshore Power System* di Pelabuhan Pulau Jawa-Indonesia khususnya Pelabuhan Tanjung Perak, Tanjung Emas, dan Tanjung Intan menunjukkan penggunaan OPS dapat mengurangi biaya operasional perusahaan pelayaran rata-rata pada setiap jenis kapal di berbagai pelabuhan. Unit biaya layanan OPS bervariasi antara pelabuhan, dengan rincian biaya yang disampaikan untuk masing-masing pelabuhan. Komponen biaya layanan OPS memiliki proporsi tertentu antara biaya variabel dan biaya tetap, dengan rincian yang meliputi depresiasi, perawatan, asuransi, dan sumber daya manusia. Dengan demikian, penerapan OPS di pelabuhan-pelabuhan di Pulau Jawa memberikan dampak positif baik dari segi lingkungan maupun ekonomi, dengan potensi untuk terus meningkatkan efisiensi dan pengurangan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh industri pelayaran.

Tarif layanan OPS di Pelabuhan Pulau Jawa-Indonesia khususnya Pelabuhan Tanjung Perak, Tanjung Emas, dan Tanjung Intan secara keseluruhan menunjukkan variasi yang cukup signifikan. Mayoritas pelabuhan di Pulau Jawa menawarkan tarif yang kompetitif dan fleksibel, yang dapat mendukung adopsi lebih lanjut dari teknologi ini di industri pelayaran. Penelitian ini dapat memperhatikan dampak sosial dari penggunaan OPS terhadap masyarakat sekitar pelabuhan, termasuk peningkatan kualitas udara dan kesehatan

masyarakat. Dengan mengurangi polusi udara di sekitar pelabuhan, implementasi OPS juga dapat meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat setempat, serta mengurangi risiko penyakit yang terkait dengan polusi udara.

E. Daftar Pustaka

- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., & Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. *Future Generation Computer Systems*, 86(9), 614-628.
- Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP-SWOT analysis for strategic planning and decision-making. *Symmetry*, 10(4), 116.
- Ahmadi, N., Kusumastanto, T., & Siahaan, E. I. (2016). Development Strategy of Green port Study: Cigading Port-Indonesia. *Jurnal Warta Penelitian Perhubungan*, 28(1), 9-26.
- Borkowski, T., & Tarnapowicz, D. (2012). Powertrain and Transport. *Journal of KONES*, 19(3), 49-58.
- Borkowski, T., & Tarnapowicz, D. (2015). "Shore To Ship" System – an Alternative Electric Power Supply in Port. *Journal of KONES. Powertrain and Transport*, 19(3), 49-58. <https://doi.org/10.5604/12314005.1137943>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Mixed Methods Procedures. In *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publishing:USA.
- Dyah, B., & Bandur, A. (2018). *Validitas dan Relibilitas Penelitian*. Jakarta. Mitra wacana media.
- GHD Pty Ltd. (2013). *Environmental Best Practice Port Development: An Analysis*

- of International Approaches, report prepared for the Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities. June, 132.*
- Gurning, R. O. S., & Budiyanto, E. H. (2017). *Manajemen Bisnis Pelabuhan* (Cetakan 1). PT. Andhika Prasetya Ekawahana.
- Hiranandani, V. (2014). Sustainable development in seaports: A multi-case study. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 13(1), 127–172. <https://doi.org/10.1007/s13437-013-0040-y>
- IMO. (2023). *Interim Guidelines on Safe Operation of Onshore Power Supply (OPS) Service in Port For Ships Engaged on International Voyages (Vol. 44, Issue 0)*. (Vol. 44).
- Kitchenham, B. A. (2007). Systematic review in software engineering: where we are and where we should be going. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Evidential Assessment of Software Technologies*, (pp. 1-2).
- KM RI. (2023). *Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor 8 tahun 2023 tentang penetapan aksi mitigasi perubahan iklim sektor transportasi untuk pencapaian target kontribusi bagian pemanfaatan Energi Baru Terbarukan*.
- Musyoka, M. D. (2019). *Monetary and ecological cost-benefit analysis of onshore power supply : a case study of the port of Mombasa*. World Maritime University The Maritime Commons: Digital Repository of the World Maritime University.
- Muthoora, T., & Fischer, T. B. (2019). Power and perception – From paradigms of specialist disciplines and opinions of expert groups to an acceptance for the planning of onshore windfarms in England – Making a case for Social Impact Assessment (SIA). *Land Use Policy*, 89, 104198. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2019.104198>
- Najoan, D. J., Ariesta, A. B., & Pahala, Y. (2018). Pengaruh Kecepatan Terhadap Biaya Angkutan Kapal Tanker. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik (JMBTL)*, 5(1), 33–40.
- Pambudi, D. S. A., Hidayat, E. P., & Yankumara, A. N. (2021). Analisis Teknis Penggunaan Shore Connection Di Pelabuhan Terminal Teluk Lamong. *Jurnal Teknologi Maritim*, 1(1), 1–5.
- Ritonga, R. A., Ahmadi, N., Kusumastanto, T., Suwandi, R., Suwito, S. R., Hasriningtyas, S., Arafat, H., & Soleh, A. (2022). Kesiapan Implementasi Smart Port Di Indonesia. *Coastal and Ocean Journal (COJ)*, 6(1), 8–23. <https://doi.org/10.29244/coj.6.1.8-23>
- Rutherford, D., Wang, H., & Mao, X. (2015). *Costs and benefits of shore power at the port of Shenzhen. The International Council on Clean Transportation (ICCT). December.*
- Sáenz, J. G. (2019). *Energy analysis and costs estimation of an On-shore Power Supply system in the Port of Gävle* (Issue June). Faculty of Engineering and Sustainable Development Department of Building Engineering, Energy Systems and Sustainability Science.
- Samosir, D. H., Markert, M., & Busse, W. (2017). The Technical and Business Analysis of Using Shore Power Connection in The Port of Hamburg. In *Jurnal Teknik ITS* (Vol. 5, Issue 2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18860>
- Santander, A., Aspuru, I., & Fernandez, P. (2018). OPS Master Plan for Spanish Ports Project . Study of potential acoustic benefits of on-shore power supply at berth. *Euronoise 2018 - Conference Proceedings*, 1(1), 2887–2894.
- Silaksanti, D., & Sudarmo, S. T. (2020). Cost and Environmental Benefit in the Use of

- Shore Connection in Bjt Port. *Advances in Transportation and Logistics Research*, 3(1), 38–45.
- Silaksanti, D., Sudarmo, S. T., Marina, S., Ricardianto, P., Abidin, Z., & Perwitasari, E. P. (2021). Cost and Environmental Benefit to Take Advantage in Utilizing Shore Connection. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 6(9), 17–24.
- Tarnapowicz, D., & German-Galkin, S. (2018). International Standardization in The Design of “Shore To Ship” - Power Supply Systems of Ships in Port. *Management Systems in Production Engineering*, 26(1), 9–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.2478/mspe>
- Wang, L., Liang, C., Shi, J., Molavi, A., Lim, G., & Zhang, Y. (2021). A bilevel hybrid economic approach for optimal deployment of onshore power supply in maritime ports. *Applied Energy*, 292, 116892. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.116892>
- Yustiano, O. Y. (2014). *Cost and benefit analysis of shore side electricity in the Port of Tanjung Perak, Indonesia*.
- Zulfikar, H., Rizki Saputra, D., Maulana, A., Ananda Cahyono, Y., Manajemen Pelabuhan dan Logistik Maritim, P., & Teknik, F. (2023). Implementasi Perkembangan Pelabuhan Hijau di Dunia Pada Pelabuhan Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Mei*, 9(9), 533–544.

