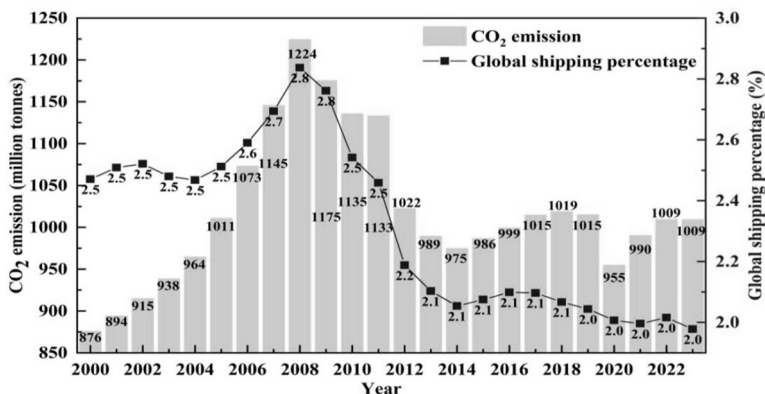


BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan Tanjung Priok merupakan pelabuhan terbesar dan tersibuk di Indonesia, serta memiliki peran vital dalam mendukung aktivitas perdagangan internasional. Berdasarkan data dari Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (2022), pelabuhan ini menangani lebih dari 50% volume kargo nasional. Tingginya aktivitas logistik di pelabuhan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian, namun juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, khususnya dalam bentuk emisi gas rumah kaca (GRK).

Emisi merupakan pelepasan zat atau gas ke atmosfer yang berpotensi membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Di lingkungan pelabuhan, sumber utama emisi berasal dari aktivitas kapal, kendaraan berat, serta alat bongkar muat. Gas-gas yang umum dilepaskan, seperti karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur oksida (SO_x), merupakan produk dari pembakaran bahan bakar fosil yang masih mendominasi sektor ini. Menurut International Maritime Organization (IMO), sektor pelayaran menyumbang sekitar 2,5% dari total emisi global ditunjukkan pada gambar 1, di mana pelabuhan menjadi salah satu kontributor penting (IMO, 2020).



Gambar 1.1 Total Emisi CO_2 dari Pelayaran Global (J.Wang,2024)

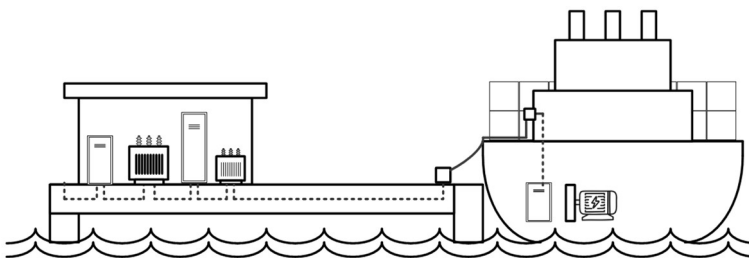
Sebagai pelabuhan komersial utama, Pelabuhan Tanjung Priok memproses lebih dari 7 juta TEUs kontainer per tahun (Minoru, 2021), menjadikannya salah satu pelabuhan tersibuk di Asia Tenggara. Aktivitas pelabuhan seperti pergerakan kapal dan kegiatan bongkar muat menyumbang signifikan terhadap pencemaran udara. Studi oleh Minoru (2021) mencatat bahwa emisi CO_2 dari pelabuhan ini mencapai 1,5 juta ton per tahun, dengan dampak langsung terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat sekitar.

Upaya pengurangan emisi di pelabuhan telah dilakukan di berbagai negara. Pelabuhan Rotterdam, misalnya, berhasil menurunkan emisi GRK hingga 30% dalam satu dekade melalui pemanfaatan energi terbarukan seperti angin dan surya (Port of

Rotterdam, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa pelabuhan dapat berperan sebagai pusat inovasi untuk penerapan teknologi ramah lingkungan, sekaligus mendukung transisi menuju ekonomi hijau.

Di Indonesia, pemerintah telah merespons isu ini melalui berbagai kebijakan, salah satunya Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK. Melalui kebijakan ini, Indonesia menargetkan penurunan emisi sebesar 26% pada tahun 2020, dan hingga 41% dengan dukungan internasional. Sementara itu, studi dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT, 2021) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi ramah lingkungan seperti scrubber dan sistem manajemen emisi dapat menurunkan emisi CO₂ hingga 30% dalam lima tahun.

Salah satu solusi yang kini banyak diterapkan adalah sistem **Onshore Power Supply (OPS)**, yang memungkinkan kapal mematikan mesin diesel saat sandar dan menggunakan listrik dari jaringan darat, idealnya bersumber dari energi baru terbarukan. Implementasi OPS telah terbukti mampu mengurangi emisi CO₂ hingga 50% selama kapal berada di pelabuhan (EIA, 2020), serta menurunkan emisi NO_x dan SO_x hingga 90% (Wang et al., 2021). Selain mengurangi emisi, OPS juga mengurangi kebisingan dan getaran dari kapal, sehingga meningkatkan kualitas hidup masyarakat di sekitar pelabuhan (Bogdanowicz dan Kniaziewicz, 2020). Ilustrasi fasilitas OPS ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 1.2. Ilustrasi Fasilitas *On Shore Power Supply* di Pelabuhan

Pelabuhan-pelabuhan besar dunia seperti Hamburg, Rotterdam, Oslo, dan Los Angeles telah menunjukkan keberhasilan penerapan OPS dengan dukungan infrastruktur yang memadai. Pelabuhan Los Angeles, misalnya, berhasil mengurangi emisi NO_x hingga 45% dalam sepuluh tahun terakhir melalui investasi lebih dari USD 100 juta untuk OPS (Port of Los Angeles, 2021).

Pelabuhan Tanjung Priok sendiri telah memulai langkah awal melalui pilot project OPS dengan kapasitas 2 × 500 kVA sejak 2020, dan berencana mengembangkan 24 unit OPS tambahan pada 12 terminal domestik pada tahun 2025. Namun, tantangan teknis masih dihadapi, seperti perbedaan frekuensi listrik (50 Hz vs 60 Hz), kesiapan instalasi kapal, serta harmonisasi regulasi teknis dan standar internasional.

Selain infrastruktur, jenis bahan bakar yang digunakan oleh kapal juga menjadi faktor penting dalam besarnya emisi. Jenis-jenis bahan bakar seperti Heavy Fuel Oil (HFO), Marine Diesel Oil (MDO), Marine Gas Oil (MGO), dan Very Low Sulfur Fuel Oil (VLSFO) memiliki kandungan sulfur dan emisi yang bervariasi. Faktor emisi CO₂

dari bahan bakar ini, menurut data Marine Environment Protection Committee (MEPC, 2020), berkisar antara 3,114–3,206 kg CO₂ per kilogram bahan bakar.

Perhitungan emisi dapat dilakukan melalui rumus konsumsi bahan bakar:

$$FC = P \times SFOC \times t \quad (1)$$

di mana;

FC = konsumsi bahan bakar (g),

P = daya mesin (kW),

SFOC = konsumsi spesifik bahan bakar (g/kWh), dan

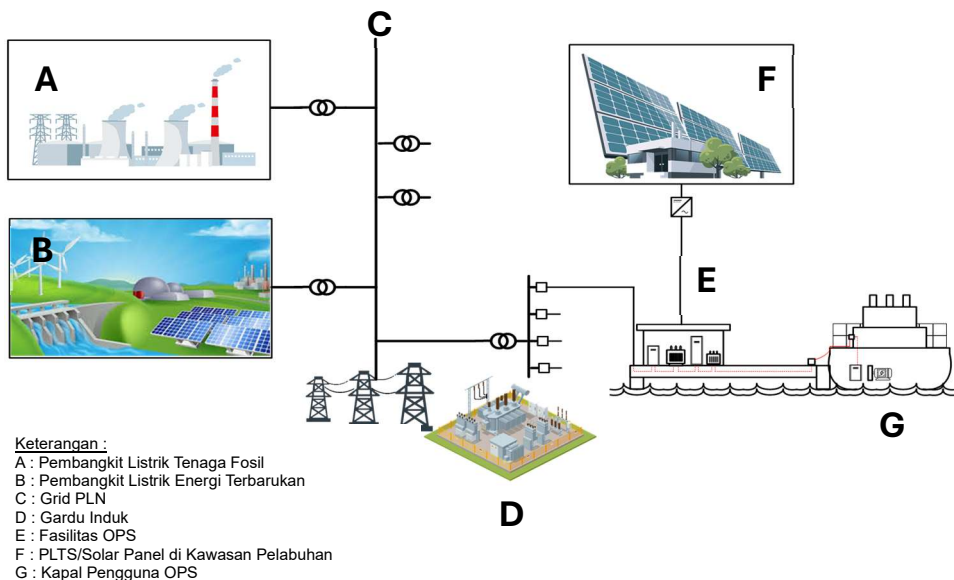
t = waktu operasi (jam)

Untuk perhitungan emisi CO₂:

$$Emisi\ CO_2 = FC \times Faktor\ Emisi \quad (2)$$

Dengan memahami karakteristik bahan bakar dan profil konsumsi energi saat kapal sandar, pelabuhan dapat merancang strategi mitigasi emisi yang lebih efektif. Penggunaan OPS berbasis energi terbarukan, seperti panel surya dan turbin angin, menjadi solusi yang tidak hanya mengurangi emisi GRK, tetapi juga mendukung transisi energi nasional menuju penggunaan sumber daya berkelanjutan.

Melalui kolaborasi antara pemerintah, otoritas pelabuhan, operator kapal, dan penyedia energi, serta adopsi teknologi ramah lingkungan, Pelabuhan Tanjung Priok diharapkan dapat menjadi model pelabuhan berkelanjutan di kawasan Asia Tenggara.



Gambar 1.3. Skema Bauran Energi dalam Grid PLN dan Fasilitas OPS

Gambar 1.3 diatas menunjukkan skema aliran energi dari berbagai sumber energi primer yang membentuk bauran energi dalam sistem kelistrikan PLN dan fasilitas OPS (Offshore Power Supply). Terlihat kontribusi dari berbagai jenis pembangkit, seperti pembangkit berbasis energi fosil (PLTU, PLTG, PLTD), energi baru dan terbarukan (PLTA, PLTS, PLTB, biomassa), serta integrasi sistem penyimpanan energi (battery storage) dan jaringan transmisi-distribusi. Fasilitas OPS ditampilkan sebagai pengguna akhir yang terhubung langsung atau melalui jaringan PLN, dengan potensi pemanfaatan energi terbarukan lokal untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pasokan listrik.

1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan Permasalahan dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Apa saja sumber utama emisi karbon di Pelabuhan Tanjung Priok?
2. Bagaimana implementasi Onshore Power Supply (OPS) berbasis energi terbarukan dapat berkontribusi terhadap pengurangan emisi di Pelabuhan Tanjung Priok?
3. Apa saja tantangan dan peluang yang dihadapi dalam penerapan OPS berbasis energi terbarukan di Pelabuhan Tanjung Priok?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi sumber utama emisi karbon yang terjadi di Pelabuhan Tanjung Priok.
2. Menganalisis kontribusi teknologi Onshore Power Supply berbasis energi terbarukan dalam upaya pengurangan emisi karbon di pelabuhan.
3. Mengkaji tantangan serta peluang yang dihadapi dalam implementasi OPS di lingkungan Pelabuhan Tanjung Priok.

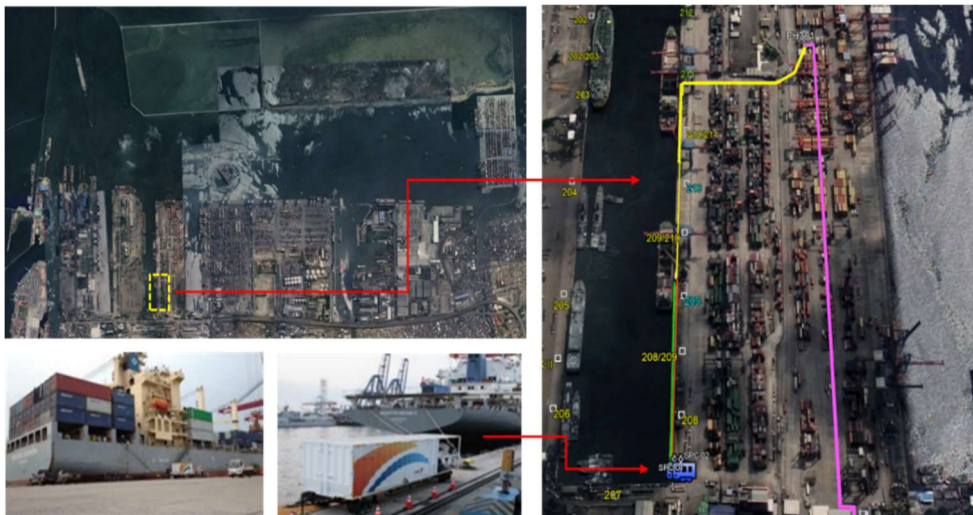
Penelitian ini diharapkan memberikan berbagai manfaat sebagai berikut:

- **Bagi Pemerintah:** Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi perumusan kebijakan pengurangan emisi di sektor pelabuhan. Rekomendasi yang dihasilkan dapat mendukung pengembangan regulasi yang lebih adaptif dan berbasis bukti ilmiah.
- **Bagi Operator Pelabuhan:** Penelitian ini memberikan panduan strategis dalam meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung pemenuhan regulasi lingkungan yang kian ketat. Studi oleh IMO (2019) menunjukkan bahwa penggunaan OPS dapat menurunkan konsumsi bahan bakar kapal saat bersandar hingga 20%, yang secara langsung berdampak pada efisiensi biaya operasional.
- **Bagi Masyarakat Sekitar:** Implementasi OPS diharapkan dapat meningkatkan kualitas udara dan mengurangi polusi suara di sekitar kawasan pelabuhan. Menurut World Health Organization (WHO, 2018), peningkatan kualitas udara dapat menurunkan insiden penyakit pernapasan dan kardiovaskular hingga 30%. Dengan demikian, proyek ini juga memberikan manfaat langsung bagi kesehatan masyarakat lokal.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pelabuhan Tanjung Priok, yang secara geografis terletak di Kecamatan Tanjung Priok, Kota Administrasi Jakarta Utara. Lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 4. Sebagai pelabuhan tersibuk dan terbesar di Indonesia, Tanjung Priok memegang peranan sentral dalam menunjang aktivitas logistik dan perdagangan nasional maupun internasional. Posisi strategis ini menjadikan pelabuhan tersebut sebagai titik yang krusial dalam upaya pengurangan emisi, terutama yang berasal dari kapal-kapal yang bersandar dan beroperasi di area pelabuhan.



Gambar 2.1. Lokasi OPS di Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta

Pelaksanaan penelitian dirancang berlangsung selama satu setengah tahun, dimulai pada bulan Januari 2024 sampai dengan bulan Juni 2025. Rentang waktu ini dipilih untuk memastikan proses observasi, wawancara, serta pengumpulan dan analisis data berjalan secara komprehensif dan mendalam. Kegiatan penelitian akan mencakup kunjungan lapangan, pendokumentasian aktivitas operasional, dan wawancara dengan berbagai pemangku kepentingan di pelabuhan.

Dalam pelaksanaannya, peneliti akan berkoordinasi dengan otoritas pelabuhan dan operator kapal guna memperoleh data yang diperlukan, seperti frekuensi kapal bersandar, jenis kapal, profil konsumsi bahan bakar, serta data awal implementasi Onshore Power Supply (OPS). Informasi ini akan menjadi dasar dalam menganalisis potensi pengurangan emisi melalui teknologi OPS berbasis energi terbarukan.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (mixed methods), yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif untuk memperoleh pemahaman yang menyeluruh terkait efektivitas implementasi OPS. Pendekatan ini dipilih untuk menjawab pertanyaan penelitian yang bersifat deskriptif dan analitis, serta untuk menghasilkan rekomendasi yang berbasis data dan konteks empiris.

Metode Pengumpulan Data:

1. Wawancara
Teknik wawancara digunakan untuk menggali perspektif dari para stakeholder, seperti pengelola pelabuhan, operator kapal, dan perwakilan lembaga lingkungan. Wawancara ini bertujuan untuk memahami hambatan, peluang, serta persepsi mereka terhadap penggunaan OPS dalam konteks pengurangan emisi.
2. Observasi
Observasi dilakukan secara langsung di terminal pelabuhan yang telah menerapkan OPS. Data yang dikumpulkan mencakup jumlah kapal yang menggunakan OPS, durasi koneksi, jenis kapal, serta perilaku operasional saat sandar.
3. Dokumentasi dan data sekunder
Data sekunder diperoleh dari laporan resmi Otoritas Pelabuhan Tanjung Priok, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta publikasi akademik dan teknis lainnya yang relevan. Data ini melengkapi informasi primer yang diperoleh dari lapangan.
4. Studi Literatur
Literatur yang dikaji meliputi jurnal internasional, kebijakan nasional dan global terkait green port, serta studi-studi terdahulu tentang implementasi OPS di berbagai pelabuhan di dunia.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan kombinasi antara studi deskriptif kualitatif dan analisis kuantitatif. Secara kualitatif, penelitian bertujuan untuk memahami faktor sosial, teknis, dan kebijakan yang memengaruhi implementasi OPS. Wawancara dan observasi akan memberikan insight mengenai dinamika di lapangan, termasuk resistensi atau dukungan terhadap kebijakan baru ini.

Sementara secara kuantitatif, penelitian akan menghitung potensi reduksi emisi karbon dari kapal saat bersandar jika menggunakan OPS. Data tersebut dihitung berdasarkan volume bahan bakar yang biasanya dikonsumsi kapal saat menggunakan Auxiliary Engine (genset), dan dikonversi ke dalam satuan emisi (ton CO₂).

Sebagai tambahan, analisis SWOT digunakan untuk memetakan kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang dihadapi dalam implementasi OPS. Analisis ini akan menjadi dasar dalam menyusun strategi implementasi OPS yang lebih efektif dan berkelanjutan. Misalnya, peluang seperti meningkatnya tekanan global terhadap penerapan energi bersih dapat dioptimalkan sebagai momentum untuk percepatan teknologi OPS di Indonesia.

2.3.1 Populasi dan Sampel

Populasi. Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh kapal yang bersandar di Pelabuhan Tanjung Priok selama periode penelitian. Berdasarkan data Otoritas Pelabuhan tahun 2023, rata-rata terdapat 1.500 kapal per bulan yang melakukan aktivitas bongkar muat di pelabuhan ini.

Sampel. Sampel penelitian ditentukan dengan metode Purposive Sampling, yaitu dengan memilih terminal yang telah dilengkapi dengan fasilitas OPS, yakni dua unit OPS berdaya 500 kVA. Selain itu, *shipping line* yang telah menggunakan OPS selama tahun 2024 akan dijadikan responden kunci dalam wawancara.

2.4 Parameter Pengamatan

2.4.1 Analisis Deskriptif Kualitatif dan Kuantitatif

Analisis deskriptif kualitatif digunakan untuk menginterpretasi hasil wawancara dan observasi lapangan. Hasil ini akan mendeskripsikan persepsi, hambatan implementasi, dan efektivitas penggunaan OPS secara naratif.

Sementara analisis kuantitatif akan digunakan untuk menghitung estimasi pengurangan emisi dari penggunaan OPS. Sebagai contoh, jika satu kapal dapat mengurangi emisi hingga 30 ton CO₂ per kunjungan melalui penggunaan OPS, maka potensi pengurangan secara agregat dapat dihitung berdasarkan total kapal pengguna OPS selama periode tertentu.

Formulasi perhitungan emisi akan mengacu pada metode standar IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) serta pedoman dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

2.4.2 Analisis SWOT

Analisis SWOT merupakan salah satu metode strategis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi empat elemen utama dalam suatu proyek atau organisasi, yaitu kekuatan (Strengths), kelemahan (Weaknesses), peluang (Opportunities), dan ancaman (Threats). Dalam konteks pengurangan emisi karbon di Pelabuhan Tanjung Priok melalui implementasi teknologi Onshore Power Supply (OPS) berbasis energi terbarukan, pendekatan SWOT ini menjadi penting untuk merumuskan strategi implementasi yang tepat sasaran dan berkelanjutan.

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode SWOT. Tahapan analisis SWOT meliputi:

1. Identifikasi Faktor Internal

- Strengths (Kekuatan): Faktor internal yang mendukung penerapan OPS, misalnya adanya dukungan kebijakan pemerintah, potensi energi baru terbarukan, serta infrastruktur pelabuhan yang terus berkembang.
- Weaknesses (Kelemahan): Faktor internal yang menjadi hambatan, seperti keterbatasan biaya investasi, teknologi yang belum merata, dan kurangnya pemahaman stakeholder.

2. Identifikasi Faktor Eksternal

- Opportunities (Peluang): Faktor eksternal yang dapat dimanfaatkan, misalnya tren global green port, dukungan regulasi IMO, serta potensi insentif pemerintah.
- Threats (Ancaman): Faktor eksternal yang dapat menjadi tantangan, seperti biaya operasional yang tinggi, resistensi operator kapal, dan keterbatasan regulasi yang spesifik.

3. Penyusunan Matriks SWOT

Matriks SWOT disusun untuk memetakan keempat aspek tersebut. Melalui matriks, dapat dirumuskan strategi yang tepat, yaitu:

- SO Strategy: Strategi memanfaatkan kekuatan untuk mengambil peluang.
- WO Strategy: Strategi meminimalkan kelemahan dengan memanfaatkan peluang.
- ST Strategy: Strategi menggunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman.
- WT Strategy: Strategi defensif untuk meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman.

Dengan mempertimbangkan seluruh elemen SWOT tersebut, implementasi OPS di Pelabuhan Tanjung Priok dapat diarahkan secara strategis untuk mengoptimalkan keunggulan yang dimiliki dan mengantisipasi tantangan yang ada.

Analisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) digunakan untuk mengevaluasi berbagai faktor yang mempengaruhi keberhasilan implementasi *Onshore Power Supply* (OPS) di Pelabuhan Tanjung Priok. Pendekatan ini mempertimbangkan empat dimensi utama, yaitu aspek teknis, kebijakan, ekonomi, dan sosial. Penyusunan matriks SWOT dilakukan berdasarkan triangulasi data dari hasil wawancara dengan pemangku kepentingan, pengamatan lapangan, serta kajian literatur relevan.

Tujuan utama dari analisis ini adalah merumuskan strategi implementasi OPS yang tidak hanya ideal secara konseptual, tetapi juga realistis dan sesuai dengan kondisi aktual pelabuhan. Dengan mempertimbangkan faktor internal dan eksternal, strategi yang dirumuskan diharapkan mampu memaksimalkan potensi dan mengantisipasi hambatan dalam penerapan sistem kelistrikan kapal saat bersandar.