

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek Pipanisasi CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

**Mukhammad Sugiarto^{1*}, Muhammad Fikri Baharuddin², Cahyo Wardono³,
Kemas Satria Pratama⁴, Catur Yudo Leksono⁵, Fahmi Abdullah Yusuf⁶, Sutomo⁷**

PT. Pertamina Patra Niaga, Indonesia^{1,4,5,6,7}

Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia^{2,3}

Email: mukhammad.sugiarto@pertamina.com¹,

mukhammad.baharuddin@pertamina.com², cahyo.wardono@pertamina.com³,

kemas.pratama@pertamina.com⁴, catur.leksono@pertamina.com⁵,

fahmi.yusuf@pertamina.com⁶, sutomo@pertamina.com⁷

Abstract

Background: As part of the NZE global agenda and Indonesia's national target 2060, PT Pertamina supports the energy transition through efficiency and low-carbon technology. One of its main focuses is on reducing emissions from energy transportation systems, such as pipelines and fuel pumping facilities. **Objective:** This research aims to analyze the implementation of pump electromotivation innovation, namely the conversion of the pump drive system from a diesel engine and gas turbine to an electromotor in the CY III (Lomanis–Rewulu) pipeline project. **Methods:** The research used a quantitative approach using seven tools for operational quality analysis, including Pareto diagrams, fishbone diagrams, and energy efficiency and carbon emission reduction analyses. Data were obtained from project operational reports, energy consumption data, and carbon emission calculations verified by an independent institution. **Results:** The results of the study indicate that the use of diesel engines in the pumping system produces an average emission of 30.29 tons of CO₂e per day. The implementation of pump electrification can reduce carbon emissions by up to 4,133.57 tons of CO₂e per year and increase operational efficiency by reducing the cost of own-use fuel. In addition, the pumping capacity increased from 600 KL/hour to 900 KL/hour and resulted in operational savings of IDR 34.46 billion. These findings indicate that pumping system electrification is an effective strategy in supporting the energy industry decarbonization program. **Conclusion:** This research contributes to the development of energy efficiency strategies in the fuel transportation sector and supports the implementation of decarbonization policies in the national oil and gas industry.

Keywords:

fuel pipeline; pump
electrification; energy efficiency;
decarbonization; carbon
emissions; carbon trading

Abstrak

Latar belakang: Sebagai bagian dari agenda global NZE dan target nasional Indonesia 2060, PT Pertamina mendukung transisi energi melalui efisiensi dan teknologi rendah karbon. Salah satu fokus utamanya adalah mengurangi emisi dari sistem transportasi energi, seperti pipa dan fasilitas pompa bahan bakar. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi inovasi elmotisasi pompa, yaitu konversi sistem penggerak pompa dari diesel engine dan gas turbine menjadi electromotor pada proyek pipanisasi CY III

Kata Kunci:

pipeline BBM; elektrifikasi
pompa; efisiensi energi;
dekarbonisasi; emisi karbon;
carbon trading

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek Pipanisasi CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

(Lomanis – Rewulu). **Metode:** Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis kualitas operasional berbasis seven tools, termasuk diagram Pareto, fishbone diagram, serta analisis efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon. Data penelitian diperoleh dari laporan operasional proyek, data konsumsi energi, serta perhitungan emisi karbon yang diverifikasi oleh lembaga independen. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan diesel engine pada sistem pemompaan menghasilkan emisi rata-rata sebesar 30,29 ton CO₂e per hari. Implementasi elmotisasi pompa mampu menurunkan emisi karbon hingga 4.133,57 ton CO₂e per tahun serta meningkatkan efisiensi operasional melalui pengurangan biaya own use fuel. Selain itu, kapasitas pemompaan meningkat dari 600 KL/jam menjadi 900 KL/jam dan menghasilkan nilai penghematan operasional sebesar Rp 34,46 miliar. Temuan ini menunjukkan bahwa elektrifikasi sistem pemompaan merupakan strategi efektif dalam mendukung program dekarbonisasi industri energi. **Kesimpulan:** Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi efisiensi energi di sektor transportasi BBM serta mendukung implementasi kebijakan dekarbonisasi pada industri migas nasional.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia pada abad ke-21. Aktivitas industri yang bergantung pada bahan bakar fosil telah menyebabkan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang berdampak pada pemanasan global (Hanifah & Purbadharmaja, 2025; Irma & Gusmira, 2024; Ulum, 2025). Laporan Intergovernmental Panel on Climate Change menunjukkan bahwa sektor energi merupakan kontributor terbesar terhadap emisi karbon global dengan kontribusi lebih dari 70% terhadap total emisi gas rumah kaca dunia (Ardelia, 2023).

Kesepakatan internasional melalui Paris Agreement mendorong berbagai negara untuk menurunkan emisi karbon secara signifikan guna membatasi kenaikan suhu global di bawah 2°C (Hulu et al., 2024). Dalam konteks tersebut berbagai negara mulai menerapkan strategi dekarbonisasi pada sektor energi melalui peningkatan efisiensi energi, pengembangan energi terbarukan, serta penerapan teknologi rendah karbon.

Indonesia sebagai negara berkembang dengan konsumsi energi yang terus meningkat juga menghadapi tantangan besar dalam pengurangan emisi karbon (Wibowo, 2024). Pemerintah Indonesia telah menetapkan target Net Zero Emission pada tahun 2060 sebagai bagian dari komitmen global dalam mitigasi perubahan iklim (Sihotang, 2025). Target ini dituangkan dalam berbagai kebijakan energi nasional seperti pengembangan energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi industri, serta penerapan mekanisme carbon pricing (Harris & Ramadhan, 2022; Puspitasari et al., 2024; Rosiana et al., n.d.; Utama et al., 2025; Vico & Sianipar, 2024).

Salah satu instrumen kebijakan yang mulai dikembangkan untuk mendorong pengurangan emisi karbon adalah mekanisme carbon trading atau perdagangan karbon. Carbon trading merupakan sistem pasar yang memungkinkan perusahaan memperdagangkan kredit karbon yang dihasilkan dari aktivitas pengurangan emisi (Mentari et al., 2024). Perusahaan yang berhasil menurunkan emisi karbon di bawah batas yang ditetapkan dapat menjual kredit karbon kepada perusahaan lain yang memiliki emisi lebih tinggi.

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek Pipanisasi CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

Indonesia secara resmi meluncurkan **Bursa Karbon Indonesia (IDX Carbon)** pada tahun 2023 sebagai platform perdagangan kredit karbon nasional (Zefanya & Sibarani, 2024). Mekanisme ini memberikan peluang bagi perusahaan untuk memperoleh keuntungan ekonomi dari aktivitas pengurangan emisi karbon yang dilakukan melalui inovasi teknologi atau peningkatan efisiensi energi.

Dalam konteks industri energi nasional, PT Pertamina memiliki peran strategis dalam mendukung program dekarbonisasi nasional. Sebagai perusahaan energi terbesar di Indonesia, Pertamina menjalankan berbagai program pengurangan emisi karbon melalui peningkatan efisiensi energi operasional, pengembangan energi terbarukan, serta penerapan teknologi rendah karbon pada fasilitas industri (Jofanka & Bayangkara, 2024).

Salah satu sektor operasional yang memiliki potensi pengurangan emisi karbon adalah sistem transportasi bahan bakar minyak melalui jaringan pipa. Proses transportasi BBM melalui jaringan pipa memerlukan sistem pemompaan yang berfungsi untuk mempertahankan tekanan fluida agar produk dapat dialirkan dari satu terminal ke terminal lainnya (Rindraputra et al., 2024). Pada kondisi operasional eksisting, sistem pemompaan pada jalur distribusi BBM masih menggunakan penggerak berbasis diesel engine dan gas turbine. Sistem ini memerlukan konsumsi bahan bakar dalam jumlah besar sehingga menghasilkan emisi gas buang yang signifikan. Data operasional menunjukkan bahwa penggunaan diesel engine pada sistem pemompaan menghasilkan emisi karbon rata-rata sebesar **30,29 ton CO₂e per hari**. Emisi tersebut berasal dari proses pembakaran bahan bakar diesel yang digunakan untuk menggerakkan pompa selama proses distribusi BBM.

Selain menghasilkan emisi karbon yang tinggi, penggunaan diesel engine juga meningkatkan biaya operasional karena memerlukan konsumsi bahan bakar yang besar. Biaya konsumsi bahan bakar diesel untuk kegiatan pemompaan mencapai sekitar **Rp 26,5 miliar per tahun**.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pemompaan berbasis mesin diesel tidak hanya berdampak terhadap lingkungan tetapi juga mempengaruhi efisiensi operasional perusahaan. Oleh karena itu diperlukan inovasi teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi energi sekaligus menurunkan emisi karbon pada sistem transportasi energi.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah elektrifikasi sistem pemompaan melalui inovasi **elmotisasi pompa**, yaitu konversi sistem penggerak pompa dari diesel engine menjadi electromotor (Norhidayah et al., 2025). Sistem elektromotor memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan mesin pembakaran internal serta tidak menghasilkan emisi gas buang secara langsung selama proses operasi (Zaini, 2026).

Implementasi teknologi elmotisasi pompa dilakukan pada proyek pengembangan pipanisasi **CY III Lomanis–Rewulu** sebagai bagian dari program dekarbonisasi operasional PT Pertamina. Inovasi ini bertujuan untuk menurunkan emisi karbon pada sistem pemompaan BBM sekaligus meningkatkan efisiensi operasional sistem distribusi energi. Selain memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan emisi karbon, inovasi teknologi ini juga memiliki potensi ekonomi melalui mekanisme carbon trading. Penurunan emisi karbon yang dihasilkan dari implementasi teknologi dapat dikonversi menjadi kredit karbon yang dapat diperdagangkan pada pasar karbon nasional.

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan pentingnya elektrifikasi dalam meningkatkan efisiensi sistem pemompaan dan menurunkan emisi. Pertama, penelitian oleh Zhang, Liu, dan Chen (2022) menyatakan bahwa elektrifikasi pada sistem pompa industri mampu meningkatkan efisiensi energi secara signifikan dibandingkan sistem konvensional berbasis bahan bakar fosil. Penelitian tersebut menegaskan bahwa penggunaan elektromotor mampu menurunkan kehilangan energi operasional dan meningkatkan performa sistem secara keseluruhan. Kedua, penelitian oleh Li, Wang, dan Zhao (2023) menunjukkan bahwa strategi elektrifikasi pada sistem pemompaan di sektor minyak dan gas memiliki kontribusi yang besar terhadap pengurangan emisi karbon dan efisiensi distribusi energi. Studi ini menekankan bahwa penggantian penggerak berbahan bakar fosil dengan sistem berbasis listrik merupakan langkah strategis dalam mendukung dekarbonisasi infrastruktur energi. Ketiga, penelitian oleh Norhidayah et al. (2025) mengenai analisis unjuk kerja pompa pada motor listrik dan motor diesel menunjukkan bahwa penggunaan motor listrik memberikan performa operasional yang lebih baik dibandingkan motor diesel, terutama dari sisi kestabilan kerja dan efisiensi energi. Temuan ini memperkuat argumen bahwa elektrifikasi sistem pemompaan bukan hanya relevan secara lingkungan, tetapi juga unggul secara teknis.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas mengenai efisiensi energi pada sistem pemompaan industri, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada optimalisasi desain pompa atau peningkatan efisiensi mekanis peralatan. Penelitian yang secara spesifik membahas konversi sistem pemompaan berbasis bahan bakar fosil menjadi sistem listrik dalam konteks transportasi BBM melalui jaringan pipa masih relatif terbatas. Selain itu penelitian mengenai potensi monetisasi pengurangan emisi karbon melalui mekanisme carbon trading pada sektor transportasi energi juga masih jarang dilakukan di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi inovasi elektrifikasi (elmosisasi) pompa sebagai strategi dekarbonisasi pada sistem transportasi Bahan Bakar Minyak (BBM), dengan fokus pada evaluasi faktor penyebab tingginya emisi karbon, dampak implementasi terhadap efisiensi energi dan kinerja operasional, serta perhitungan potensi pengurangan emisi karbon yang dapat dihasilkan. Lebih lanjut, penelitian ini juga menganalisis potensi ekonomi dari pengurangan emisi karbon melalui mekanisme perdagangan karbon (carbon trading). Secara akademis, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan strategi dekarbonisasi di sektor transportasi energi, sekaligus memberikan rekomendasi praktis bagi industri migas dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi karbon.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian deskriptif analitis dan evaluatif. Pendekatan kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada paradigma postpositivisme dalam proses pengembangan ilmu pengetahuan (Risnita, 2024). Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada analisis numerik terhadap konsumsi energi, emisi karbon, serta kinerja operasional sistem pemompaan bahan bakar minyak (BBM).

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

Desain penelitian deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi operasional sistem pemompaan sebelum dan sesudah implementasi inovasi teknologi elmotisasi pompa. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran empiris mengenai perubahan performa sistem pemompaan yang terjadi setelah implementasi inovasi.

Selain itu penelitian ini juga menggunakan pendekatan analitis untuk mengidentifikasi faktor penyebab utama tingginya emisi karbon pada sistem pemompaan. Analisis dilakukan menggunakan metode root cause analysis yang dikombinasikan dengan pendekatan seven tools quality control. Metode ini umum digunakan dalam penelitian peningkatan kualitas operasional industri karena mampu mengidentifikasi penyebab masalah secara sistematis.

Penelitian ini juga menggunakan pendekatan evaluatif untuk menilai dampak implementasi inovasi teknologi terhadap efisiensi energi, pengurangan emisi karbon, serta potensi nilai ekonomi dari pengurangan emisi melalui mekanisme carbon trading.

Dengan demikian desain penelitian ini menggabungkan analisis operasional, analisis lingkungan, serta analisis ekonomi karbon untuk memberikan evaluasi yang komprehensif terhadap implementasi teknologi elmotisasi pompa.

Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sistem transportasi BBM melalui jaringan pipa pada jalur **Lomanis – Rewulu** yang merupakan bagian dari infrastruktur distribusi energi PT Pertamina. Sistem transportasi ini berfungsi untuk mendistribusikan produk BBM dari terminal penyimpanan menuju fasilitas distribusi di wilayah operasional perusahaan.

Objek penelitian dalam studi ini adalah sistem pemompaan yang digunakan pada proyek pengembangan pipanisasi **CY III**. Sistem pemompaan tersebut sebelumnya menggunakan penggerak berbasis diesel engine dan gas turbine untuk menggerakkan pompa sentrifugal yang berfungsi memindahkan BBM melalui jaringan pipa.

Data operasional menunjukkan bahwa penggunaan diesel engine pada sistem pemompaan menghasilkan emisi karbon rata-rata sebesar **30,29 ton CO₂e per hari** yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar diesel selama proses distribusi BBM.

Selain menghasilkan emisi karbon yang tinggi penggunaan diesel engine juga meningkatkan biaya operasional karena memerlukan konsumsi bahan bakar dalam jumlah besar.

Sebagai bagian dari program dekarbonisasi operasional perusahaan dilakukan inovasi teknologi berupa **elmotisasi pompa**, yaitu konversi sistem penggerak pompa dari diesel engine menjadi elektromotor. Inovasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus menurunkan emisi karbon pada sistem transportasi BBM.

Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data utama yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung dari kegiatan operasional sistem pemompaan serta implementasi inovasi teknologi elmotisasi pompa. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- data konsumsi bahan bakar diesel pada sistem pemompaan
- data kapasitas pemompaan BBM sebelum implementasi inovasi

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

- data kapasitas pemompaan BBM setelah implementasi inovasi
- data konsumsi energi listrik pada sistem elektromotor
- data operasional pompa selama proses distribusi BBM
- data hasil pengujian sistem pemompaan setelah implementasi inovasi

Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap sistem pemompaan serta pencatatan data operasional dari unit operasional yang mengelola sistem transportasi BBM.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari berbagai dokumen operasional perusahaan serta sumber literatur akademik. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- laporan operasional sistem pemompaan
- laporan konsumsi energi
- laporan evaluasi inovasi teknologi
- dokumen perhitungan value creation inovasi
- laporan verifikasi pengurangan emisi karbon

Selain itu penelitian ini juga menggunakan referensi ilmiah dari jurnal akademik serta laporan lembaga internasional yang berkaitan dengan dekarbonisasi energi dan carbon trading.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh sistem pemompaan yang digunakan dalam kegiatan transportasi BBM pada jaringan pipa distribusi energi.

Namun penelitian ini secara khusus mengambil sampel pada sistem pemompaan yang digunakan dalam proyek PIPANISASI CY III karena proyek ini memiliki potensi emisi karbon terbesar dibandingkan proyek PIPANISASI lainnya.

Hasil stratifikasi masalah menunjukkan bahwa proyek CY III menyumbang sekitar **99,70% dari total potensi emisi karbon** dibandingkan proyek PIPANISASI lainnya. Oleh karena itu proyek ini dipilih sebagai fokus penelitian karena memiliki potensi pengurangan emisi karbon yang paling signifikan.

Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah **purposive sampling**, yaitu teknik pemilihan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode yaitu observasi, dokumentasi, dan studi literatur.

1. Observasi

Observasi dilakukan secara langsung terhadap sistem pemompaan BBM yang digunakan dalam kegiatan distribusi energi. Observasi bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi operasional sistem pemompaan sebelum dan sesudah implementasi inovasi teknologi.

2. Dokumentasi

Metode dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data sekunder yang berkaitan dengan kegiatan operasional sistem pemompaan. Dokumen yang digunakan meliputi laporan operasional, laporan konsumsi energi, serta laporan evaluasi inovasi teknologi.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh referensi akademik yang relevan dengan topik penelitian. Referensi yang digunakan meliputi jurnal ilmiah mengenai dekarbonisasi energi, efisiensi energi industri, elektrifikasi sistem industri, serta carbon trading.

Metode Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa metode analisis kuantitatif yang umum digunakan dalam penelitian operasional industri dan studi dekarbonisasi energi.

1. Seven Tools Quality Control

Seven tools quality control merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah operasional serta menentukan solusi perbaikan. Metode ini meliputi beberapa alat analisis seperti check sheet, Pareto diagram, fishbone diagram, scatter diagram, histogram, control chart, dan stratification.

Dalam penelitian ini seven tools digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama tingginya emisi karbon pada sistem pemompaan.

2. Analisis Pareto

Diagram Pareto digunakan untuk menentukan faktor yang memberikan kontribusi terbesar terhadap emisi karbon pada sistem pemompaan.

Analisis Pareto menunjukkan bahwa diesel engine merupakan penyumbang emisi karbon terbesar pada sistem pemompaan BBM sehingga menjadi fokus utama dalam implementasi inovasi teknologi.

3. Fishbone Diagram

Fishbone diagram digunakan untuk mengidentifikasi berbagai faktor penyebab tingginya emisi karbon pada sistem pemompaan.

Analisis ini mengelompokkan penyebab masalah berdasarkan beberapa kategori yaitu manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan.

4. Analisis Korelasi Pearson

Analisis korelasi Pearson digunakan untuk mengukur hubungan antara variabel konsumsi energi, kapasitas pemompaan, serta emisi karbon.

Koefisien korelasi Pearson dihitung menggunakan rumus:

$$r = \frac{\sum[(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})]}{\sqrt{(\sum(X - \bar{X})^2) \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

Nilai korelasi digunakan untuk mengetahui kekuatan hubungan antara variabel penelitian.

Analisis Efisiensi Energi

Efisiensi energi sistem pemompaan dihitung dengan membandingkan energi output terhadap energi input menggunakan persamaan:

$$\eta = (\text{Output energi} / \text{Input energi}) \times 100\%$$

Metode ini digunakan untuk mengevaluasi peningkatan efisiensi energi yang dihasilkan dari penggunaan elektromotor sebagai penggerak pompa.

Perhitungan Emisi Karbon

Perhitungan emisi karbon dilakukan menggunakan metode faktor emisi yang direkomendasikan oleh Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

Emisi karbon dihitung menggunakan persamaan:

Emisi CO₂ = Konsumsi bahan bakar × Faktor emisi

Pengurangan emisi karbon dihitung dengan membandingkan emisi karbon sebelum dan sesudah implementasi inovasi teknologi.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa implementasi elmotisasi pompa mampu menurunkan emisi karbon hingga **4.133,57 ton CO₂e per tahun** pada sistem pemompaan BBM.

Metodologi Perhitungan Carbon Trading

Untuk mengevaluasi potensi nilai ekonomi dari pengurangan emisi karbon penelitian ini menggunakan pendekatan perhitungan carbon credit berdasarkan mekanisme carbon trading.

Carbon credit dihitung berdasarkan jumlah emisi karbon yang berhasil dikurangi oleh suatu proyek. Setiap satu ton CO₂e yang berhasil dikurangi dapat dikonversi menjadi satu unit kredit karbon.

Potensi nilai ekonomi dari kredit karbon dapat dihitung menggunakan persamaan:

Nilai karbon = Pengurangan emisi (tCO₂e) × Harga karbon

Harga karbon yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada harga pasar karbon internasional serta harga karbon pada Bursa Karbon Indonesia.

Metode ini digunakan untuk mengevaluasi potensi monetisasi pengurangan emisi karbon yang dihasilkan dari implementasi inovasi teknologi.

Software Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan beberapa perangkat lunak analisis data yaitu:

Microsoft Excel untuk pengolahan data operasional serta perhitungan efisiensi energi

Minitab untuk analisis statistik serta pembuatan diagram Pareto dan fishbone diagram

SPSS untuk analisis korelasi Pearson

Penggunaan perangkat lunak ini memungkinkan proses analisis data dilakukan secara sistematis dan akurat.

Validitas dan Reliabilitas Data

Validitas data dalam penelitian ini dijamin melalui penggunaan data operasional yang telah diverifikasi oleh unit operasional perusahaan serta lembaga independen.

Selain itu reliabilitas data juga dijamin melalui penggunaan metode analisis yang konsisten serta pengumpulan data dari sumber yang terpercaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kondisi Awal Sistem Pemompaan

Sistem transportasi bahan bakar minyak melalui jaringan pipa merupakan bagian penting dalam rantai distribusi energi. Sistem ini membutuhkan peralatan pemompaan yang mampu mempertahankan tekanan fluida agar produk dapat mengalir dari terminal penyimpanan menuju fasilitas distribusi. Pompa sentrifugal yang digunakan dalam sistem transportasi energi biasanya digerakkan oleh diesel engine, gas turbine, atau elektromotor.

Pada kondisi operasional awal sistem pemompaan pada jalur **Lomanis–Rewulu** menggunakan penggerak berbasis diesel engine dan gas turbine. Sistem ini memerlukan

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga konsumsi bahan bakar dalam jumlah besar sehingga menghasilkan emisi gas buang yang signifikan.

Data operasional menunjukkan bahwa penggunaan diesel engine pada sistem pemompaan menghasilkan emisi karbon sebesar **30,29 ton CO₂e per hari** yang berasal dari pembakaran bahan bakar diesel selama proses distribusi BBM.

Emisi tersebut termasuk dalam kategori **Scope 1 emission** yaitu emisi langsung dari pembakaran bahan bakar fosil pada fasilitas operasional. Menurut laporan International Energy Agency, penggunaan mesin pembakaran internal pada peralatan industri merupakan salah satu sumber emisi karbon terbesar dalam sektor energi.

Selain dampak lingkungan, penggunaan diesel engine juga meningkatkan biaya operasional karena memerlukan konsumsi bahan bakar dalam jumlah besar. Data operasional menunjukkan bahwa biaya konsumsi bahan bakar untuk sistem pemompaan mencapai sekitar **Rp 26,5 miliar per tahun**.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pemompaan berbasis diesel engine memiliki dua kelemahan utama yaitu:

1. menghasilkan emisi karbon yang tinggi
2. meningkatkan biaya operasional akibat konsumsi bahan bakar

Oleh karena itu diperlukan inovasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus menurunkan emisi karbon.

Analisis Pareto Permasalahan

Analisis Pareto digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memberikan kontribusi paling besar terhadap emisi karbon pada sistem pemompaan. Metode ini membantu peneliti memetakan berbagai sumber emisi yang muncul dalam proses operasional, kemudian menentukan komponen mana yang memiliki pengaruh paling dominan. Dengan menggunakan pendekatan ini, perusahaan dapat memfokuskan upaya perbaikan pada faktor yang paling signifikan sehingga strategi pengurangan emisi dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien.

Prinsip dasar dari analisis Pareto dikenal dengan konsep 80/20 rule, yaitu sekitar 80% permasalahan biasanya disebabkan oleh sekitar 20% faktor utama. Dalam konteks manajemen operasional dan peningkatan kualitas industri, metode ini sering digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan dengan cara mengidentifikasi sumber masalah yang paling berdampak terhadap kinerja sistem. Oleh karena itu, analisis Pareto menjadi alat yang sangat berguna dalam pengambilan keputusan karena memungkinkan organisasi untuk mengalokasikan sumber daya secara lebih terarah pada faktor yang memberikan pengaruh terbesar.

Berdasarkan hasil analisis Pareto terhadap berbagai sumber emisi pada sistem pemompaan, ditemukan bahwa diesel engine merupakan kontributor utama emisi karbon dibandingkan dengan komponen lainnya dalam sistem tersebut. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil pada mesin diesel yang menghasilkan emisi karbon dalam jumlah besar selama proses pembakaran. Sementara itu, komponen lain seperti sistem mekanis pompa atau peralatan pendukung memiliki kontribusi emisi yang relatif lebih kecil. Temuan ini menunjukkan bahwa penggantian sistem penggerak pompa dari diesel engine menjadi

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga
elektromotor melalui program elmotisasi merupakan langkah strategis yang tepat dalam upaya mengurangi emisi karbon secara signifikan pada sistem pemompaan BBM.

Gambar 1. Pareto Emission Sources

Hasil analisis menunjukkan bahwa sumber emisi karbon terbesar dalam sistem pemompaan berasal dari penggunaan diesel engine, dengan kontribusi sekitar 99,7% dari total emisi karbon yang dihasilkan oleh sistem tersebut. Persentase yang sangat dominan ini menunjukkan bahwa sebagian besar emisi karbon pada sistem pemompaan BBM disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar fosil pada mesin diesel yang digunakan sebagai penggerak pompa. Proses pembakaran tersebut menghasilkan gas rumah kaca, terutama karbon dioksida (CO₂), dalam jumlah besar sehingga menjadi faktor utama yang mempengaruhi tingginya tingkat emisi karbon pada sistem operasional pemompaan.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. yang menyatakan bahwa mesin diesel pada sistem pemompaan industri menghasilkan emisi karbon yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sistem yang menggunakan elektromotor (Zhang et al., 2022). Hal ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik energi yang digunakan. Mesin diesel mengandalkan pembakaran bahan bakar fosil secara langsung, sehingga menghasilkan emisi karbon selama proses operasional berlangsung. Sebaliknya, elektromotor bekerja dengan memanfaatkan energi listrik yang tidak menghasilkan emisi secara langsung pada titik penggunaan (point of use), sehingga secara operasional lebih bersih dan efisien dari sisi emisi karbon.

Selain itu, hasil stratifikasi masalah dalam penelitian ini juga menunjukkan bahwa proyek PIPANISASI CY III memiliki kontribusi emisi karbon yang paling besar dibandingkan proyek PIPANISASI lainnya, yaitu sekitar 99,70% dari total potensi emisi karbon yang teridentifikasi. Besarnya kontribusi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pemompaan pada proyek CY III memiliki intensitas penggunaan mesin diesel yang jauh lebih tinggi dibandingkan proyek lainnya. Oleh karena itu, proyek ini menjadi prioritas utama dalam program pengurangan emisi karbon, khususnya melalui implementasi program elektrifikasi atau elmotisasi pompa. Dengan memfokuskan upaya dekarbonisasi pada proyek yang memiliki kontribusi emisi terbesar, perusahaan dapat mencapai pengurangan emisi karbon yang lebih signifikan secara lebih efektif dan terarah.

Analisis Root Cause dengan Fishbone Diagram

Untuk mengidentifikasi penyebab utama tingginya emisi karbon dilakukan analisis root cause menggunakan fishbone diagram.

Gambar 2. Fishbone Diagram Penyebab Emisi Karbon

Fishbone diagram menunjukkan bahwa penyebab utama emisi karbon pada sistem pemompaan dapat dikelompokkan menjadi beberapa faktor utama yaitu:

- metode pembangkitan energi
- kondisi mesin
- kualitas bahan bakar
- prosedur operasional
- kondisi lingkungan operasi
- sistem perawatan peralatan

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa faktor **metode pembangkitan energi pada diesel engine** merupakan penyebab utama tingginya emisi karbon.

Analisis lebih lanjut dalam penelitian ini menunjukkan bahwa metode pembangkitan energi pada diesel engine merupakan faktor utama yang menyebabkan tingginya emisi karbon pada sistem pemompaan. Mesin diesel bekerja dengan prinsip pembakaran internal yang menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama. Dalam proses operasionalnya, energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan pompa dihasilkan melalui proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar mesin. Proses ini secara langsung menghasilkan berbagai gas buang, termasuk karbon dioksida (CO_2), yang merupakan salah satu gas rumah kaca utama penyebab perubahan iklim.

Secara kimiawi, proses pembakaran bahan bakar diesel melibatkan reaksi antara hidrokarbon yang terkandung dalam bahan bakar dengan oksigen dari udara. Reaksi pembakaran ini menghasilkan energi panas yang kemudian dikonversi menjadi energi mekanik untuk menggerakkan pompa. Namun, sebagai produk sampingan dari reaksi pembakaran hidrokarbon tersebut, dihasilkan karbon dioksida dan beberapa gas lainnya. Semakin besar konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh mesin diesel, maka semakin besar pula emisi karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Hal inilah yang menyebabkan sistem pemompaan yang menggunakan diesel engine memiliki tingkat emisi karbon yang relatif tinggi.

Sebaliknya, penggunaan motor listrik pada sistem pemompaan menawarkan alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Motor listrik tidak memerlukan proses pembakaran bahan bakar secara langsung untuk menghasilkan energi mekanik, sehingga tidak menghasilkan emisi karbon pada titik penggunaan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh International Energy Agency (IEA), penggunaan motor listrik pada berbagai peralatan industri dapat menurunkan konsumsi energi hingga sekitar 20–30% dibandingkan dengan mesin pembakaran internal. Efisiensi yang lebih tinggi ini disebabkan oleh kemampuan motor listrik dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan tingkat kehilangan energi yang jauh lebih kecil. Oleh karena itu, elektrifikasi peralatan industri, termasuk pada sistem pemompaan, menjadi salah satu strategi yang sangat efektif untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus menurunkan emisi karbon dalam sektor industri.

Implementasi Elmotisasi Pompa

Solusi yang dipilih untuk mengatasi permasalahan emisi karbon pada sistem pemompaan adalah melalui implementasi teknologi elmotisasi pompa, yaitu proses konversi sistem penggerak pompa dari yang sebelumnya menggunakan diesel engine menjadi elektromotor. Elmotisasi merupakan salah satu bentuk elektrifikasi peralatan industri yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap mesin berbahan bakar fosil. Dengan mengganti sistem penggerak berbasis pembakaran dengan sistem berbasis listrik, emisi karbon yang dihasilkan selama proses operasional dapat ditekan secara signifikan. Selain itu, penggunaan elektromotor juga memberikan keuntungan dari sisi operasional, seperti tingkat efisiensi energi yang lebih tinggi, biaya perawatan yang lebih rendah, serta tingkat keandalan sistem yang lebih baik dalam jangka panjang.

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek Pipanisasi CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

Elektrifikasi sistem pemompaan saat ini menjadi salah satu strategi utama dalam upaya dekarbonisasi sektor industri. Motor listrik memiliki tingkat efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan mesin pembakaran internal karena mampu mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik dengan kehilangan energi yang relatif lebih kecil. Berbeda dengan mesin diesel atau turbin gas yang menghasilkan energi melalui proses pembakaran bahan bakar, motor listrik bekerja tanpa proses pembakaran sehingga tidak menghasilkan emisi karbon secara langsung selama proses operasional. Oleh karena itu, penerapan motor listrik pada sistem pemompaan tidak hanya berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan energi dalam kegiatan operasional industri.

Hasil implementasi inovasi menunjukkan bahwa kapasitas pemompaan meningkat dari: **600 KL/jam → 900 KL/jam**

Gambar 3. Flowrate Improvement

Peningkatan kapasitas pemompaan yang terjadi setelah implementasi elektromotor menunjukkan bahwa penggunaan teknologi ini tidak hanya memberikan manfaat dari sisi efisiensi energi, tetapi juga berdampak positif terhadap performa operasional sistem distribusi BBM. Elektromotor memiliki karakteristik operasional yang lebih stabil dan responsif dibandingkan mesin pembakaran internal, sehingga mampu menghasilkan tenaga yang lebih konsisten untuk menggerakkan pompa. Hal ini memungkinkan proses pemompaan berjalan lebih optimal, meningkatkan kapasitas aliran bahan bakar yang dapat didistribusikan, serta mengurangi potensi gangguan operasional yang sering terjadi pada sistem berbasis mesin diesel. Dengan demikian, sistem distribusi BBM menjadi lebih andal, efisien, dan mampu mendukung kebutuhan operasional yang lebih besar.

Selain meningkatkan kapasitas dan stabilitas sistem pemompaan, penggunaan elektromotor juga berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional secara keseluruhan. Motor listrik memiliki tingkat efisiensi konversi energi yang lebih tinggi serta memerlukan perawatan yang relatif lebih sederhana dibandingkan mesin berbahan bakar fosil. Kondisi ini membuat biaya operasional menjadi lebih terkendali, baik dari sisi konsumsi energi maupun biaya pemeliharaan peralatan. Peningkatan efisiensi tersebut pada akhirnya berdampak pada optimalisasi kinerja sistem distribusi BBM dalam jangka panjang.

Temuan ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Li et al. yang menyatakan bahwa elektrifikasi sistem pemompaan industri mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus menurunkan biaya energi (Li et al., 2023). Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa penggunaan elektromotor dapat mengurangi konsumsi energi yang tidak efisien serta memaksimalkan pemanfaatan daya listrik dalam proses operasional industri. Oleh karena itu, elektrifikasi sistem pemompaan tidak hanya memberikan manfaat dalam aspek lingkungan melalui pengurangan emisi karbon, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi melalui peningkatan efisiensi operasional dan penghematan biaya energi.

Pengurangan Emisi Karbon

Implementasi elmotisasi pompa memberikan dampak yang signifikan terhadap upaya pengurangan emisi karbon pada sistem pemompaan BBM. Dengan mengganti sistem penggerak pompa yang sebelumnya menggunakan mesin berbahan bakar fosil, seperti diesel engine atau gas turbine, menjadi elektromotor, sumber emisi karbon dari proses pembakaran

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

bahan bakar dapat dihilangkan secara langsung pada titik operasional. Perubahan ini menjadikan sistem pemompaan lebih ramah lingkungan karena elektromotor tidak menghasilkan emisi karbon selama proses operasional berlangsung, berbeda dengan mesin pembakaran internal yang menghasilkan gas buang sebagai hasil sampingan dari proses pembakaran bahan bakar.

Selain itu, penggunaan elektromotor juga meningkatkan efisiensi penggunaan energi sehingga kebutuhan energi untuk menjalankan sistem pemompaan dapat lebih optimal. Efisiensi ini berkontribusi pada penurunan konsumsi energi berbasis bahan bakar fosil yang sebelumnya digunakan untuk mengoperasikan mesin diesel. Dengan berkurangnya penggunaan bahan bakar fosil, maka jumlah emisi karbon yang dilepaskan ke atmosfer juga mengalami penurunan secara signifikan.

Hasil evaluasi terhadap implementasi inovasi ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi elmotisasi pompa mampu menurunkan emisi karbon hingga sebesar 4.133,57 ton CO_{2e} per tahun. Angka tersebut menunjukkan kontribusi yang cukup besar dalam mendukung program dekarbonisasi sektor energi, khususnya pada sistem distribusi BBM melalui jaringan pipanisasi. Pengurangan emisi karbon dalam jumlah tersebut tidak hanya memberikan manfaat bagi lingkungan melalui penurunan emisi gas rumah kaca, tetapi juga memperkuat komitmen perusahaan dalam mendukung target transisi energi dan pembangunan industri yang lebih berkelanjutan.

Gambar 4. Emission Reduction

Pengurangan emisi karbon ini berasal dari pengurangan penggunaan bahan bakar diesel pada sistem pemompaan.

Penurunan emisi ini memberikan kontribusi signifikan terhadap program dekarbonisasi perusahaan serta mendukung pencapaian target **Net Zero Emission 2060**.

Analisis Potensi Carbon Credit

Pengurangan emisi karbon yang dihasilkan dari inovasi elmotisasi pompa juga memiliki potensi nilai ekonomi melalui mekanisme **carbon trading**.

Dalam mekanisme perdagangan karbon setiap **1 ton CO_{2e} yang berhasil dikurangi dapat dikonversi menjadi 1 carbon credit**.

Dengan pengurangan emisi sebesar:

4.133,57 ton CO_{2e} per tahun

maka potensi kredit karbon yang dihasilkan adalah:

4.133 carbon credit per tahun

Jika harga karbon diasumsikan sebesar **USD 10 per ton CO_{2e}** pada pasar karbon regional maka potensi nilai ekonomi dari carbon credit dapat dihitung sebagai berikut:

Carbon Credit Value =

$4.133 \times 10 \text{ USD}$

≈ USD 41.335 per tahun

Gambar 5. Carbon Credit Potential

Penelitian yang dilakukan oleh Wang dan Chen menunjukkan bahwa mekanisme carbon trading atau perdagangan karbon dapat menjadi instrumen ekonomi yang efektif dalam mendorong perusahaan untuk berinvestasi pada teknologi rendah karbon (Wang & Chen,

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

2021). Dalam mekanisme ini, perusahaan yang mampu menurunkan emisi gas rumah kaca di bawah batas yang telah ditetapkan akan memperoleh kredit karbon. Kredit tersebut dapat diperdagangkan kepada perusahaan lain yang memiliki emisi lebih tinggi atau belum mampu memenuhi target pengurangan emisi. Dengan adanya sistem ini, perusahaan memiliki motivasi ekonomi untuk mengadopsi teknologi yang lebih ramah lingkungan karena setiap pengurangan emisi dapat dikonversikan menjadi nilai finansial melalui perdagangan karbon.

Selain berfungsi sebagai alat pengendalian emisi, carbon trading juga menciptakan insentif pasar yang mendorong inovasi teknologi di sektor industri. Perusahaan yang berinvestasi pada teknologi rendah karbon, seperti elektrifikasi peralatan industri atau penggunaan energi yang lebih efisien, tidak hanya memperoleh manfaat berupa pengurangan emisi dan peningkatan efisiensi operasional, tetapi juga berpotensi mendapatkan pendapatan tambahan dari penjualan kredit karbon. Hal ini membuat investasi pada teknologi ramah lingkungan menjadi lebih menarik secara ekonomi.

Inovasi teknologi seperti implementasi elmotisasi pompa tidak hanya memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan emisi karbon, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi melalui peluang monetisasi pengurangan emisi karbon dalam mekanisme carbon trading. Pendekatan ini menunjukkan bahwa upaya dekarbonisasi dapat berjalan seiring dengan peningkatan nilai ekonomi bagi perusahaan, sehingga mendukung terciptanya model bisnis industri yang lebih berkelanjutan.

Diskusi dan Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Elektrifikasi sistem pemompaan merupakan salah satu strategi yang efektif dalam mendukung upaya pengurangan emisi karbon di sektor industri energi. Penggantian sistem penggerak pompa yang sebelumnya menggunakan mesin berbahan bakar fosil, seperti diesel, dengan elektromotor mampu mengurangi konsumsi bahan bakar secara signifikan serta menekan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses operasional. Selain itu, penggunaan elektromotor juga memberikan keuntungan dari sisi efisiensi operasional karena memiliki tingkat efisiensi energi yang lebih tinggi, perawatan yang relatif lebih sederhana, serta stabilitas kinerja yang lebih baik dalam jangka panjang.

Temuan dalam penelitian ini sejalan dengan beberapa hasil penelitian terdahulu yang menyoroti manfaat elektrifikasi dalam sistem industri. Salah satunya adalah penelitian oleh Zhang et al (2022). yang menyatakan bahwa penggunaan elektromotor pada sistem pemompaan industri mampu meningkatkan efisiensi energi hingga sekitar 30% dibandingkan dengan penggunaan mesin diesel. Peningkatan efisiensi tersebut terjadi karena elektromotor memiliki tingkat konversi energi yang lebih optimal serta kehilangan energi yang lebih rendah selama proses operasional. Dengan demikian, penerapan elmotisasi pompa tidak hanya mendukung tujuan dekarbonisasi melalui pengurangan emisi, tetapi juga meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan operasional perusahaan dalam jangka panjang.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Li et al (2023). menunjukkan bahwa penerapan elektrifikasi pada sistem transportasi energi, termasuk pada sistem distribusi minyak dan gas, mampu memberikan kontribusi yang signifikan dalam menurunkan emisi karbon. Elektrifikasi memungkinkan proses operasional yang sebelumnya bergantung pada bahan bakar fosil digantikan oleh sistem berbasis listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Pada distribusi

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

minyak dan gas, penggunaan peralatan berbasis listrik seperti elektromotor pada pompa dan sistem penggerak lainnya dapat mengurangi pembakaran bahan bakar secara langsung di lokasi operasi, sehingga emisi karbon yang dihasilkan dari proses distribusi dapat ditekan secara signifikan. Selain itu, jika sumber listrik yang digunakan berasal dari energi yang lebih bersih atau terbarukan, maka potensi penurunan emisi karbon akan semakin besar.

Sejalan dengan temuan tersebut, penelitian dan laporan dari International Energy Agency (IEA) juga menegaskan bahwa elektrifikasi peralatan industri merupakan salah satu strategi paling efektif dalam mendukung upaya dekarbonisasi global. Elektrifikasi memungkinkan sektor industri untuk beralih dari penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil menuju sistem energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan mengganti mesin konvensional berbahan bakar dengan peralatan listrik seperti elektromotor, industri dapat meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi gas rumah kaca, serta mendukung transisi menuju sistem energi yang lebih bersih. Oleh karena itu, elektrifikasi peralatan industri menjadi salah satu langkah strategis yang banyak direkomendasikan dalam berbagai kebijakan dan roadmap dekarbonisasi di tingkat global.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya karena tidak hanya berfokus pada analisis efisiensi energi yang dihasilkan dari penerapan elektrifikasi sistem pemompaan, tetapi juga mengevaluasi potensi nilai ekonomi dari pengurangan emisi karbon yang dihasilkan. Sebagian besar penelitian terdahulu umumnya hanya menilai manfaat elektrifikasi dari aspek teknis dan operasional, seperti peningkatan efisiensi energi, pengurangan konsumsi bahan bakar fosil, serta penurunan emisi gas rumah kaca. Sementara itu, penelitian ini memperluas perspektif analisis dengan memasukkan dimensi ekonomi melalui mekanisme monetisasi pengurangan emisi karbon.

Evaluasi tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan peluang pemanfaatan mekanisme carbon trading atau perdagangan karbon, di mana pengurangan emisi yang dihasilkan dari implementasi elektrifikasi sistem pemompaan dapat dikonversikan menjadi kredit karbon yang memiliki nilai ekonomi. Kredit karbon tersebut berpotensi diperdagangkan pada pasar karbon yang saat ini semakin berkembang, baik di tingkat nasional maupun internasional. Selain memberikan manfaat dalam bentuk efisiensi energi dan kontribusi terhadap program dekarbonisasi, implementasi teknologi ini juga dapat memberikan tambahan nilai finansial bagi perusahaan. Pendekatan ini menjadikan penelitian lebih komprehensif karena tidak hanya menilai dampak teknis dan lingkungan, tetapi juga mengkaji peluang ekonomi yang dapat diperoleh dari upaya pengurangan emisi karbon.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yaitu:

1. Analisis dilakukan pada satu lokasi operasional sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasi untuk seluruh sistem transportasi BBM.
2. Penelitian ini hanya menganalisis dampak jangka pendek dari implementasi teknologi elmotisasi pompa.
3. Analisis harga karbon menggunakan asumsi harga pasar karbon global sehingga nilai ekonomi carbon credit dapat berubah sesuai kondisi pasar.

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek Pipanisasi CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

Implikasi Penelitian

Hasil penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting yaitu:

1. Elektrifikasi sistem pemompaan dapat menjadi strategi utama dalam dekarbonisasi operasional industri energi.
2. Implementasi teknologi rendah karbon dapat memberikan manfaat ekonomi melalui mekanisme carbon trading.
3. Inovasi teknologi seperti elmotisasi pompa memiliki potensi untuk direplikasi pada berbagai fasilitas distribusi energi lainnya.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi elmotisasi pompa pada sistem pemompaan BBM jalur Lomanis–Rewulu efektif sebagai strategi dekarbonisasi operasional karena mampu menggantikan sistem penggerak berbasis *diesel engine* yang menjadi sumber utama emisi karbon. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan elektromotor tidak hanya meningkatkan kapasitas pemompaan dari 600 KL/jam menjadi 900 KL/jam, tetapi juga menurunkan emisi karbon sebesar 4.133,57 ton CO_{2e} per tahun serta menghasilkan penghematan biaya operasional sebesar Rp34,46 miliar. Selain itu, pengurangan emisi tersebut juga berpotensi memberikan nilai ekonomi tambahan melalui mekanisme *carbon trading*, dengan estimasi lebih dari USD40.000 per tahun. Dengan demikian, inovasi elmotisasi pompa terbukti memberikan manfaat teknis, lingkungan, dan ekonomi sekaligus, serta dapat menjadi solusi strategis dalam mendukung program dekarbonisasi industri energi dan pencapaian target *Net Zero Emission 2060*.

Secara keseluruhan penelitian ini menunjukkan bahwa elektrifikasi sistem pemompaan melalui inovasi elmotisasi pompa merupakan strategi yang efektif dalam mendukung program dekarbonisasi industri energi. Implementasi teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi energi, menurunkan emisi karbon secara signifikan, serta memberikan manfaat ekonomi melalui pengurangan biaya operasional dan potensi perdagangan karbon. Penelitian ini juga memberikan kontribusi akademik terhadap pengembangan strategi dekarbonisasi pada sektor transportasi energi khususnya pada sistem distribusi BBM melalui jaringan pipa. Namun demikian penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian ini hanya dilakukan pada satu lokasi operasional sehingga hasil penelitian belum sepenuhnya dapat digeneralisasi untuk seluruh sistem transportasi BBM yang ada di Indonesia. Selain itu analisis potensi carbon trading masih menggunakan asumsi harga karbon pasar sehingga nilai ekonomi carbon credit dapat berubah sesuai dengan dinamika pasar karbon. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis yang lebih komprehensif terhadap dampak jangka panjang dari implementasi teknologi elektrifikasi pada sistem transportasi energi serta mengevaluasi integrasi sistem pemompaan berbasis elektromotor dengan sumber energi terbarukan untuk mendukung sistem distribusi energi yang lebih berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardelia, E. (2023). Proyeksi penerapan pajak karbon dalam upaya menekan emisi gas rumah kaca pada sektor pertanian dan perkebunan di Indonesia. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 3(4), 9070–9080.
- Hanifah, P. R., & Purbadharmaja, I. B. P. (2025). Analisis pengaruh konsumsi listrik dan

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek PIPANISASI CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

- konsumsi bahan bakar fosil terhadap eksternalitas negatif emisi gas rumah kaca di Indonesia. *Jurnal Visi Manajemen*, 11(2), 298–314.
- Harris, R. F., & Ramadhan, M. F. A. (2022). Formulasi yuridis terhadap urgensi perancangan kebijakan pajak karbon sebagai pendorong transisi energi baru terbarukan berdasarkan Pancasila. *Ikatan Penulis Mahasiswa Hukum Indonesia Law Journal*, 2(2), 157–171.
- Hulu, H. B., Nau, N. U., & Seba, R. O. (2024). Analisis efektivitas Paris Agreement terhadap Indonesia sebagai anggota G20 dalam menangani climate change. *Jurnal Niara*, 17(2), 280–298.
- Irma, M. F., & Gusmira, E. (2024). Tingginya kenaikan suhu akibat peningkatan emisi gas rumah kaca di Indonesia. *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 2(1).
- Jofanka, A. D., & Bayangkara, I. B. (2024). Strategi pengelolaan lingkungan dalam penerapan ekonomi hijau pada PT Pertamina Patra Niaga Tbk. *Jurnal Akuntansi, Manajemen dan Ilmu Ekonomi (Jasmien)*, 4(3), 80–89.
- Li, J., Wang, Q., & Zhao, Y. (2023). Electrification strategies for oil and gas pipeline pumping systems. *Applied Energy*, 321, 119387. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119387>
- Mentari, N., Rafiqi, I. D., & Zein, T. (2024). Implementasi pengaturan perdagangan karbon di Indonesia dalam perspektif investasi hijau dan konstitusi ekonomi. *JATISWARA*, 39(3), 283–294.
- Norhidayah, S., Kusmianto, H., Anoi, Y. H., & Muliawan, A. (2025). Analisis unjuk kerja pompa P-8340A pada motor listrik dan motor diesel di tangki T-8320A/B. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, 5(1), 6–18.
- Puspitasari, A., Maylani, S., Cindy, C. N., & Putri, R. K. (2024). Peran carbon capture and storage dalam kebijakan cap and tax: Analisis strategi untuk pengurangan emisi dan transisi energi. *Prosiding Seminar Nasional Ekonomi dan Perpajakan*, 4(1), 115–126.
- Rindraputra, A. M., Setiono, B. A., & Saputra, T. D. (2024). Analysis of causes and treatment of leaks pipe in the process of loading and discharging liquid bulk commodities types of fuel: Case study at Tanjung Wangi Port. *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan*, 15(1), 55–65.
- Risnita, R. (2024). Pendekatan penelitian kuantitatif dan kualitatif serta tahapan penelitian. *Jurnal Genta Mulia*, 15(1), 82–92.
- Rosiana, L. S. I. F. S., Natali, A. R. D., & Anggusti, M. H. M. (n.d.). Perbandingan penerapan carbon capture and storage di Indonesia dan Singapura.
- Sihotang, F. M. (2025). Kontribusi aktor nonnegara terhadap lingkungan global dalam perdagangan karbon melalui penerapan sistem registri nasional-pengendalian perubahan iklim di Indonesia (SRN-PPI). *Padjadjaran Journal of International Relations*, 7(2), 137–153.
- Ulum, A. M. (2025). Pemanasan global: Penyebab, dampak, dan upaya penanggulangannya. *Jetrin*, 1(1), 1–7.
- Utama, I. M. A. W., Ramadhani, N. T., & Srikanti, N. A. (2025). Analisis kebijakan carbon tax dalam mendorong transisi energi berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(7.B), 100–111.
- Vico, N., & Sianipar, J. (2024). Dekonstruksi transisi energi melalui optimalisasi energi terbarukan dengan akselerasi pajak karbon: Deconstructing the energy transition through renewable energy optimization with carbon tax acceleration. *Constitution Journal*, 3(1), 99–114.
- Wang, M., & Chen, L. (2021). Carbon trading and industrial decarbonization: Evidence from global energy markets. *Energy Policy*, 158, 112537. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112537>
- Wibowo, K. (2024). Kontribusi pembangkit listrik energi terbarukan dalam mengurangi emisi

Mukhammad Sugiarto*, Muhammad Fikri Baharuddin, Cahyo Wardono, Kemas Satria Pratama, Catur Yudo Leksono, Fahmi Abdullah Yusuf, Sutomo

Implementasi Elmotisasi Pompa untuk Mendukung Program Dekarbonisasi Energi pada Sistem Pemompaan BBM: Studi Kasus Proyek Pipanisasi CY III Lomanis – Rewulu PT Pertamina Patra Niaga

karbon. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 4(6), 5140–5153.

Zaini, M. (2026). *Analisis pengaruh angka oktan bahan bakar dan catalytic converter terhadap unjuk kerja mesin Mitsubishi Xpander Cross dan kadar emisi gas buang* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surabaya).

Zefanya, A., & Sibarani, M. (2024). Analisis perdagangan di Bursa Karbon Indonesia: Studi kasus periode semester I tahun 2024. *IKRAITH-EKONOMIKA*, 7(3), 219–229.

Zhang, K., Liu, Y., & Chen, H. (2022). Energy efficiency improvement of industrial pump systems through electrification. *Energy Reports*, 8, 1025–1034.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.11.234>