
Analisis Konsumsi Energi dan Emisi GRK terhadap Biaya Perusahaan Manufaktur di Indonesia

Analysis of Energy Consumption and GHG Emissions on the Costs of Manufacturing Companies in Indonesia

Septiana Sihombing¹, Dian Mahardi Lestari², Mutiah Fitriani Nasution³, Lamia Eva Rini⁴

^{1,4} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Indonesia

² Politeknik Lembaga Pendidikan dan Pengembangan Profesi Indonesia, Indonesia

³ Universitas Harapan Medan, Indonesia

* Correspondence e-mail; septiana@polman-babel-ac.id

Article history

Submitted: 2025/01/09; Revised: 2025/01/25; Accepted: 2025/02/07

Abstract

This study aims to analyze the impact of fossil fuel and electricity consumption on total costs, with greenhouse gas (GHG) emissions as an intervening variable in manufacturing firms in Indonesia. The manufacturing industry is one of the largest energy consumers, significantly contributing to GHG emissions and increasing environmental concerns. This study uses secondary data from the Central Bureau of Statistics (BPS) from 2020 to 2023, covering 96 manufacturing firms selected through purposive sampling. Data analysis was conducted using regression with path analysis through WarpPLS 7.0 software. The results show that: (1) GHG emissions have a positive and significant effect on coal, diesel, and other fuels (gasoline, kerosene, lubricants), a negative and significant effect on electricity, and a positive and significant effect on gas. (2) Total costs have a positive but insignificant effect on coal and diesel, a negative but insignificant effect on gas and other fuels (gasoline, kerosene, lubricants), and a negative and significant effect on GHG emissions. (3) Total costs through GHG emissions have a positive and significant influence on coal and diesel, a negative and insignificant effect on gas and other fuels, and a negative and significant effect on electricity. This study contributes to understanding how energy consumption affects corporate expenses and environmental impact. The findings suggest that increasing electricity use and reducing fossil fuel consumption can help lower emissions and optimize costs. Future research should explore the impact of government incentives on corporate energy efficiency strategies.

Keywords

Cost Analysis; Energy Consumption; Environmental Impact; GHG Emissions; Manufacturing Industry.



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY SA) license, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

1. PENDAHULUAN

Energi berperan penting dalam aktivitas bisnis perusahaan, baik sebagai bahan bakar untuk industrialisasi, bahan baku dalam produksi, maupun sebagai komoditas ekspor. Sumber energi yang digunakan untuk keperluan industri tersebut erat kaitannya dengan pembakaran bahan bakar fosil yang menghasilkan karbon yang dikenal dengan karbon dioksida (CO_2). Karbon dioksida adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca (GRK), yang memiliki kontribusi terhadap pemanasan global; dimana pemanasan global ini memicu perubahan iklim (Data et al., 2018).

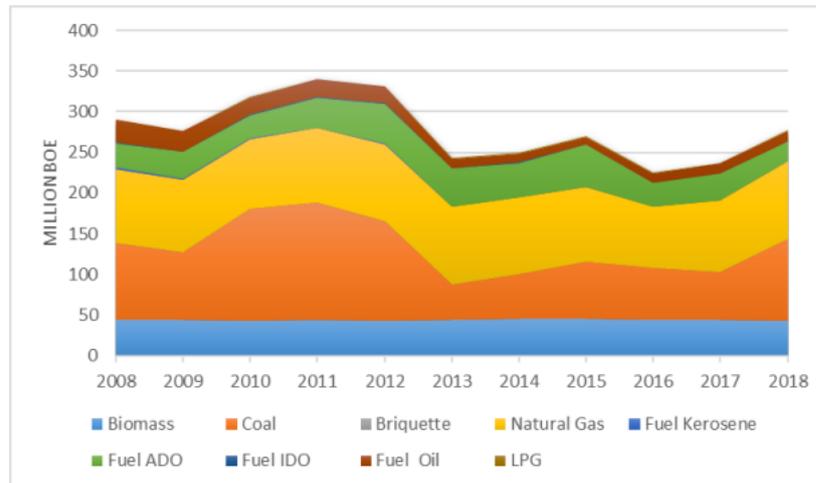
Seiring dengan meningkatnya perhatian masyarakat dunia akan isu perubahan iklim ini, emisi gas rumah kaca (GRK) menjadi salah satu tolak ukur kinerja lingkungan seluruh kegiatan perusahaan. Konsumsi bahan bakar minyak meningkat dari 1.244.000 Bdp naik hingga 1.628.000 Bdp di tahun 2023. Tingkat konsumsi minyak dan listrik ini diperkirakan akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi. Tren peningkatan pertumbuhan ekonomi ini mengakibatkan meningkatnya emisi GRK dari sektor energi dan sektor industri meningkat 5,7% per tahun (Agency, 2023).

Meningkatnya kekhawatiran masyarakat dunia internasional terhadap isu global akibat meningkatnya emisi GRK di atmosfer mendorong lahirnya kesepakatan internasional untuk menciptakan *green strategy* di bidang energi. Rencana aksi komitmen Pemerintah Indonesia tertuang dalam kesepakatan Paris Agreement disahkan melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 dengan tujuan menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% pada tahun 2030 secara mandiri, atau hingga 41% dengan dukungan internasional. Aturan ini mewajibkan sektor industri untuk melakukan 'manajemen energi', khususnya pada perusahaan yang mengkonsumsi lebih dari 6,000 *ton equivalent oil* (TOE) bahan bakar fosil per tahun. (Undang-Undang Nomor 16, 2016)

Secara umum konsumsi energi dibagi menjadi lima sektor yaitu sektor transportasi, sektor industri, sektor komersial, sektor rumah tangga, sektor pengguna serta sektor lainnya. Menurut data Agency (2023) pangsa terbesar penggunaan energi adalah sektor industri (34,8%) diikuti oleh sektor rumah tangga (30,7%), sektor transportasi (28,8%), sektor komersial (3,3%), dan sektor lainnya (2,4%). Sehingga sektor manufaktur berkewajiban merancang kebijakan manajemen energi dan ikut serta dalam penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

Berdasarkan (Data et al., 2018) energi final yang dikonsumsi tahun 2008-2018 adalah gas sebesar 43,7%, biomassa sebesar 16,4%, batubara sebesar 15,8%, listrik sebesar 14%, minyak solar (ADO) sebesar 7,8% dan bahan bakar lainnya sebesar 2,3%.

Jenis bahan bakar lainnya yang dikonsumsi di sektor ini antara lain minyak bakar (FO), LPG, minyak diesel (IDO), dan kerosin. Secara rinci, konsumsi energi final sektor industri manufaktur di Indonesia ditunjukkan pada gambar di bawah ini:

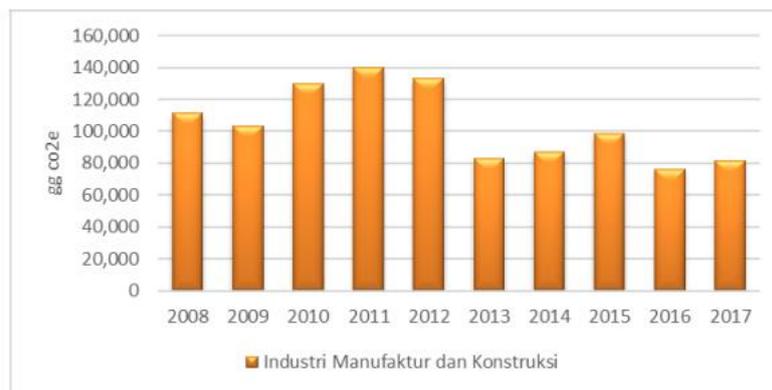


Gambar 1. Konsumsi Bahan Bakar pada Kategori Industri Manufaktur dan Kontruksi

Sumber : Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM, 2018

Meskipun dalam perkembangannya, batubara paling banyak dikonsumsi sampai di tahun 2018. Hal ini memungkinkan pertumbuhan konsumsi batubara akan lebih tinggi dari konsumsi gas di masa depan. Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan dari hal tersebut, teknologi yang dapat mengolah batubara menjadi lebih ramah lingkungan, seperti gasifikasi dan pencairan batubara dapat dipertimbangkan (Data et al., 2018).

Untuk menghitung besaran emisi GRK yang dihasilkan oleh suatu proses, sangat bergantung pada besarnya konsumsi energi yang digunakan, khususnya energi fosil. Sektor Industri menghasilkan emisi GRK sebesar 81,04 juta ton CO_2 pada tahun 2014. Emisi paling besar dihasilkan dari pembakaran gas sebesar 49%, lalu diikuti oleh batubara 32%, minyak solar (ADO) 15%, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas), dan LPG sebesar 4% dan listrik dengan nilai yang sangat kecil (di bawah 0,005%). Gambar berikut memperlihatkan secara rinci emisi GRK pada sektor Industri (Data et al., 2018).



Gambar 2. Emisi Gas Rumah Kaca pada Kategori Industri Manufaktur dan Kontruksi

Sumber : Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM, 2018

Emisi industri manufaktur dan konstruksi pada tahun 2017 mencapai 81.526 Gg CO₂e, meningkat 6,91%, meski rata-rata turun 2,48% per tahun. Penurunan ini sejalan dengan berkurangnya konsumsi bahan bakar sebesar 1,38% per tahun. Gambar 2 menunjukkan tren emisi sektor ini, dengan penurunan signifikan pada 2013 dibanding tahun sebelumnya.

Menurut (P. Zhang & Hao, 2023) dan (Lin et al., 2025) ada beberapa faktor-faktor paling umum yang mempengaruhi perubahan tingkat emisi GRK terkait energi yaitu efek output, efek struktural, efek intensitas energi dan efek bauran energi. Efek output mempertimbangkan perubahan produksi ekonomi atau tingkat output keseluruhan aktivitas ekonomi, dengan asumsi bahwa kenaikan pada tingkat output seluruh ekonomi melibatkan peningkatan konsumsi energi.

Efek struktural mempertimbangkan pergeseran bahan bakar berkualitas rendah ke bahan bakar berkualitas tinggi yang akan mengubah komposisi input energi dan akan mengurangi emisi GRK. Dalam hal struktur energi, batubara dianggap sebagai energi utama di Beijing, Tianjin, dan Hebei. Melalui analisis hasil dekomposisi emisi karbon terkait energi, pengurangan batubara dapat mengurangi emisi GRK sampai batas tertentu. Dengan demikian, konservasi energi dan pengurangan emisi karbon harus difokuskan pada pengurangan proporsi batubara dan optimalisasi struktur konsumsi energi (Rokhmawati et al., 2023).

Efek intensitas mempertimbangkan perubahan intensitas energi. Intensitas energi didefinisikan sebagai besarnya jumlah daya energi yang digunakan per satuan output. Efek ini menjadi indikator perubahan efisiensi energi, di mana intensitas energi yang lebih rendah menunjukkan penggunaan energi yang lebih efisien dalam suatu negara (Su et al., 2024).

Efek Bauran energi adalah perpaduan antara penggunaan energi bahan bakar

fosil dan energi baru terbarukan (EBT); misalnya Industri di Korea menggunakan perpaduan energi dari sembilan teknologi pembangkit energi listrik seperti enam menggunakan teknologi konvensional dari sumber energi fosil dan tiga menggunakan teknologi terbarukan terdiri dari sumber energi hidro, fosil, nuklir dan pembangkit lainnya. Akan tetapi peneliti tidak memasukkan energi baru terbarukan (EBT) karena tidak ada kecukupan data yang tersedia di Indonesia, sehingga peneliti hanya akan menganalisis energi bahan bakar fosil (batubara, gas, solar, bensin, pelumas, kerosin) dan listrik (Karrabi et al., 2025).

Pemakaian energi secara tidak efisien tidak hanya berakibat pada meningkatnya biaya pemakaian energi juga peningkatnya emisi GRK. Menurut (Herlina et al (2025) analisis hubungan antara emisi gas rumah kaca dan kinerja keuangan terpolarisasi di sekitar dua pendekatan utama: penalaran *win-lose* dan *win-win solution*. Pendekatan pertama *win-lose*, yang tampaknya mendominasi dalam perdebatan internasional mengenai komitmen nasional untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, didasarkan pada penalaran menang-kalah yang menunjukkan bahwa upaya yang dilakukan perusahaan untuk mengurangi emisi karbon mereka menghasilkan biaya yang dapat mengurangi daya saing mereka. Pendekatan kedua didasarkan pada penalaran *win-win solution*, dengan alasan bahwa upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca membantu meningkatkan daya saing perusahaan (Wen et al., 2022); (Liu & Cao, 2024); (Luo & Cheng, 2023).

Sektor industri harus semakin kreatif dalam menyiasati kondisi yang ada dengan cara memanfaatkan sumber energi yang efektif dalam meminimalkan biaya konsumsi bahan bakar dan penurunan emisi GRK yang dihasilkan, sehingga biaya produksi juga dapat ditekan pada tingkat terendah sehingga menghasilkan *green product* dengan biaya rendah dan dapat dijual pada tingkat harga yang kompetitif.

Menurut (Data et al., 2018) biaya jenis energi listrik adalah jenis energi berkualitas tertinggi yang diikuti oleh gas, minyak bumi, batubara, dalam urutan kualitas bakar per unit energi ini. Namun, dalam hal biaya produksi, daya saing harga pembangkit listrik tenaga gas tetap lebih rendah daripada pembangkit listrik tenaga batu bara (L. Zhang et al., 2024). P. Zhang & Hao (2023) memperhatikan bahwa komposisi struktural penggunaan energi telah berubah secara signifikan dari waktu ke waktu, dan berpendapat bahwa penggunaan bahan bakar berkualitas tinggi mempengaruhi hubungan biaya energi karena adanya perbedaan intensitas energi. Bahan bakar berkualitas tinggi dapat mengurangi intensitas energi mengingat sedikit energi yang dapat dibutuhkan untuk menghasilkan unit per kalor energi.

Masih sedikit penelitian yang menguji dekomposisi bahan bakar dan listrik.

Salah satu penelitian yang meneliti dekomposisi bahan bakar dilakukan (Luo & Cheng, 2023) di negara-negara China, perubahan emisi GRK menunjukkan hubungan efek intensitas energi negatif dan efek struktural negatif. Artinya adanya penurunan emisi GRK akibat perubahan komposisi konsumsi bahan bakar berkualitas rendah ke bahan bakar berkualitas tinggi dan perbedaan daya energi yang dihasilkan oleh bahan bakar energi. Hal ini juga didukung penelitian (Rokhmawati et al., 2023) yang mendekomposisi konsumsi energi dan emisi GRK untuk industri manufaktur Indonesia menyimpulkan bahwa penurunan konsumsi energi bahan bakar (batubara, gas, kerosin, solar, bahan bakar minyak (*Fuel Oil*), NG, *bagasse*) dan listrik menyebabkan struktur energi, intensitas energi dan indeks karbon menurunkan emisi Gas rumah kaca (GRK).

Penelitian-penelitian terdahulu hanya menguji pengaruh langsung komposisi konsumsi bahan bakar dan listrik terhadap emisi GRK (Herlina et al., 2025); (L. Zhang et al., 2024); (Lou et al., 2025); (Zuberi et al., 2024); (Wang et al., 2024); (Lin et al., 2025); (P. Zhang & Hao, 2023). Sebaliknya penelitian ini menguji pengaruh langsung dan tidak langsung komposisi konsumsi bahan bakar terhadap emisi GRK sebagai variabel *intervening* dan total biaya perusahaan manufaktur di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) untuk periode 2020-2023 yang mengumpulkan data melalui survey yang dibagikan ke perusahaan industri manufaktur di Indonesia. Populasi dalam penelitian ini adalah semua perusahaan manufaktur yang terdaftar di Indonesia pada tahun 2020-2023 sebanyak 219 perusahaan manufaktur terdaftar di Bursa Efek Indonesia. Lalu diperoleh jumlah sampel 96 perusahaan manufaktur terbuka yang mengkonsumsi bahan energi lebih dari atau sama dengan lebih dari 6,000 TOE pada tahun 2020-2023. Metode analisis data menggunakan WarpPLS 7.0. SEM.

Tabel 1 Ringkasan Variabel-Variabel Yang Digunakan Dalam Penelitian

Variabel	Definisi	Pengukuran	Skala
Biaya (Y ₂)	Penurunan nilai ekonomi dalam bentuk uang yang telah, sedang, atau berpotensi terjadi untuk keperluan tertentu, termasuk biaya energi.	$Total\ biaya = \frac{Ei}{Ri}$ E : Biaya energi yang dikeluarkan individu perusahaan. R : Penjualan perusahaan dalam Rupiah (Lin et al., 2025)	Rasio
Emisi GRK (Y ₁)	Gas yang dikeluarkan dari hasil pembakaran yang mengandung karbon seperti pembakaran bahan bakar fosil dan listrik. Karbon dioksida adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca (GRK), yang memiliki kontribusi terhadap pemanasan global ; dimana pemanasan global ini memicu perubahan iklim.	$CO2e = \frac{CO2e}{penjualan}$ (Defra, 2011)	Rasio
Bahan bakar dan listrik Batubara (X ₁) Gas (X ₂) Solar (X ₃) Bahan bakar lainnya (X ₄) Listrik (X ₅)	Suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dan dimanipulasi seperti batubara (X ₁), gas (X ₂), solar (X ₃), bahan bakar lainnya (X ₄), dan listrik (X ₅)	Energi yang dikonsumsi dari batubara (X ₁), gas (X ₂), solar (X ₃), bahan bakar lainnya (X ₄), dan listrik (X ₅) Lin et al., 2025)	Rasio

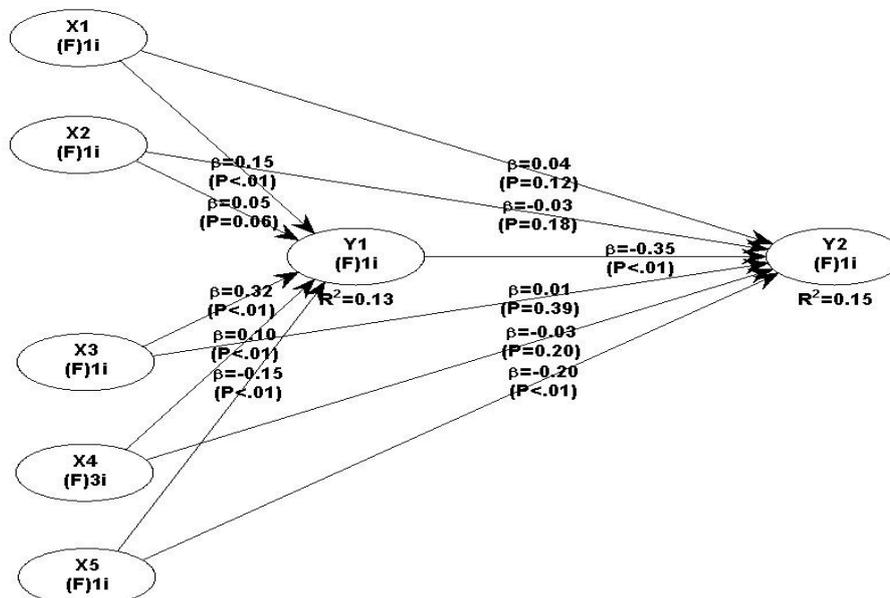
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Statistik deskriptif pada penelitian ini mencakup variabel independen, variabel *intervening*, dan variabel dependen. Variabel independen pada penelitian ini adalah batubara (X₁), gas (X₂), solar (X₃), bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) (X₄), dan listrik (X₅). Variabel *intervening* pada penelitian ini adalah emisi GRK (Y₁), sedangkan variabel dependen pada penelitian ini adalah total biaya (Y₂).

Tabel 2. Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Batubara	96	.00	1079074082.00	6536645.4092	52278357.77441
Gas	96	.00	124873247.00	511180.0427	5139856.67772
Solar	96	.00	551684298.00	3931507.0673	22637689.82495
Bahan Bakar Lainnya	96	.00	72710291.00	942155.8900	4750136.35828
Listrik	96	.00	4321404713.00	16753171.4220	153787166.18160
GRK	96	.00	1.17	.0986	.15503
Total Biaya	96	.00	1.39	.5193	.24675
Valid N (listwise)	96				

Hasil perhitungan dengan menggunakan analisis path WarpPLS 5.0, maka dapat digambarkan diagram model jalur sebagai berikut :



Gambar 3. Hasil Diagram Model Jalur dengan Perhitungan

Sumber : WarPLS, 2024

Tabel 3. Pengaruh Langsung, Pengaruh Tidak Langsung Dan Pengaruh Total

Hubungan Struktural	Pengaruh Langsung	Pengaruh tidak Langsung	Pengaruh total	Pengaruh
$X_1 \rightarrow Y_1$	0,149	-	0,149	Signifikan
$X_2 \rightarrow Y_1$	0,051	-	0,051	Tidak Signifikan
$X_3 \rightarrow Y_1$	0,322	-	0,322	Signifikan
$X_4 \rightarrow Y_1$	0,099	-	0,099	Signifikan
$X_5 \rightarrow Y_1$	-0,150	-	-0,150	Signifikan
$X_1 \rightarrow Y_2$	0,039	-	0,039	Tidak Signifikan
$X_2 \rightarrow Y_2$	-0,030	-	-0,030	Tidak Signifikan
$X_3 \rightarrow Y_2$	0,009	-	0,009	Tidak Signifikan
$X_4 \rightarrow Y_2$	-0,027	-	-0,027	Tidak Signifikan
$X_5 \rightarrow Y_2$	-0,197	-	-0,197	Signifikan
$Y_1 \rightarrow Y_2$	-0,347	-	-0,347	Signifikan
$X_1 \rightarrow Y_1 \rightarrow Y_2$	0,039	-0,052	-0,013	Signifikan
$X_2 \rightarrow Y_1 \rightarrow Y_2$	-0,030	-0,018	-0,048	Tidak Signifikan
$X_3 \rightarrow Y_1 \rightarrow Y_2$	0,009	0,112	-0,103	Signifikan
$X_4 \rightarrow Y_1 \rightarrow Y_2$	-0,027	-0,034	-0,061	Tidak Signifikan
$X_5 \rightarrow Y_1 \rightarrow Y_2$	-0,197	0,052	-0,145	Signifikan

Sumber : WarPLS 7.0, 2024

3.1 Pengaruh secara langsung batubara, gas, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dan listrik terhadap emisi GRK perusahaan manufaktur.

Hasil statistik dari penelitian menunjukkan batubara, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) berpengaruh positif dan signifikan secara langsung terhadap emisi GRK. Jadi apabila perusahaan ingin menurunkan emisi GRKnya maka perusahaan harus menurunkan penggunaan batubara solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dalam kegiatan produksinya. Hasil penelitian batubara, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) terhadap emisi GRK ini konsisten teori competitive advantage (keunggulan daya saing) yaitu strategi overall low cost menurut (Porter & van der Linde, 1995) bahwa polusi sering dikaitkan dengan pemborosan sumber daya (material, energi, dan lain-lain).

Sedangkan gas berpengaruh positif dan tidak signifikan secara langsung terhadap emisi GRK. Hasil penelitian gas yang bertanda positif dan tidak signifikan tidak mendukung teori *competitive advantage* (keunggulan daya saing) yaitu strategi *overall low cost* menurut (Porter & van der Linde, 1995). Meskipun bertanda positif, tanda tidak signifikan pada gas menunjukkan sinyal gas bumi memiliki kandungan emisinya yang rendah dibandingkan bahan bakar fosil lainnya. Sehingga seharusnya peningkatan penggunaan gas akan menyebabkan penurunan emisi GRK.

Hasil penelitian listrik berpengaruh negatif dan signifikan secara langsung terhadap emisi GRK. Jadi apabila perusahaan ingin menurunkan emisi GRKnya maka perusahaan harus meningkatkan penggunaan listrik dalam kegiatan produksinya. Hasil penelitian listrik terhadap emisi GRK ini konsisten mendukung teori *competitive advantage* (keunggulan daya saing) yaitu strategi *overall low cost* menurut (Porter & Van Der Linde, 1995) bahwa polusi sering dikaitkan dengan pemborosan sumber daya (material, energi, dan lain-lain). Tanda estimasi koefisien listrik negatif ini sesuai karena energi listrik adalah jenis energi berkualitas tertinggi yang memiliki paling sedikit emisi GRK yang dihasilkan dibandingkan gas, minyak bumi, batubara (Burkhardt et al., 2023).

Berdasarkan temuan penelitian ini, emisi GRK secara signifikan mempengaruhi semua variabel batubara, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dan listrik kecuali gas. Hasil penelitian ini yang membuktikan bahwa batubara, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dan listrik yang berpengaruh signifikan terhadap emisi GRK mendukung penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Porter & Van Der Linde, 1995) bahwa polusi sering dikaitkan dengan pemborosan sumber daya (material, energi, dan lain-lain). Sehingga perusahaan harus mulai melakukan manajemen energi. Dengan melakukan manajemen energi, akan mendorong perusahaan selain lebih kreatif, perusahaan juga dituntut untuk memilih konsumsi bahan bakar dan listrik yang efisien terhadap emisi GRK (Rokhmawati, 2023).

3.2 Pengaruh secara langsung batubara, gas, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dan listrik terhadap total biaya perusahaan manufaktur

Hasil penelitian batubara, solar berpengaruh positif dan tidak signifikan secara langsung terhadap total biaya. Sedangkan hasil penelitian gas, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) berpengaruh negatif dan tidak signifikan secara langsung terhadap total biaya. Jadi apabila perusahaan ingin menurunkan total biayanya maka perusahaan harus meningkatkan penggunaan batubara, gas, solar bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dalam kegiatan produksinya namun pengaruhnya tidak signifikan terhadap total biaya. Hal ini menolak hipotesis batubara, gas, solar

bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) yang berpengaruh terhadap total biaya dan tidak sesuai dengan teori *competitive advantage* (keunggulan daya saing) menurut (Porter & Van Der Linde, 1995), perusahaan dapat mengurangi dampak lingkungan mereka tanpa melukai kinerja keuangan mereka dengan menerapkan strategi biaya rendah dan strategi *differentiation*.

Hasil penelitian listrik berpengaruh negatif dan signifikan secara langsung terhadap total biaya. Jadi apabila perusahaan ingin menurunkan total biayanya maka perusahaan harus meningkatkan penggunaan listrik dalam kegiatan produksinya. Hasil penelitian listrik negatif dan signifikan mendukung teori *competitive advantage* (keunggulan daya saing) strategi biaya paling rendah (*low cost*) dan strategi *differentiation* (Porter & Van Der Linde, 1995). Artinya perusahaan dapat menghasilkan peningkatan pendapatan atau mengurangi biaya dengan efisiensi penggunaan listrik dan *Eco-branding* (praktik pengelolaan lingkungan karakteristik produk dan pasar produk dalam menekankan prestise dan *brand image*) dibandingkan energi lain (P. Zhang & Hao, 2023).

Berdasarkan temuan penelitian ini, total biaya secara signifikan hanya mempengaruhi listrik sedangkan batubara, gas, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) tidak berpengaruh signifikan terhadap total biaya. Hasil penelitian variabel batubara, gas, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) yang tidak signifikan tidak mendukung teori *competitive advantage* (keunggulan daya saing) menurut (Porter & Van Der Linde, 1995) perusahaan dapat mengurangi dampak lingkungan mereka tanpa melukai kinerja keuangan mereka dengan menerapkan strategi biaya rendah (*low cost*) dan strategi *differentiation*. Hipotesis batubara, gas, solar dan bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) terhadap total biaya ditolak dikarenakan, penelitian ini dilakukan di tahun 2020-2023 dimana program subsidi energi fosil masih diberikan pemerintah Indonesia kepada sektor industri (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2021). Subsidi energi adalah kendala kebijakan untuk peningkatan efisiensi energi. Subsidi menyebabkan harga bahan bakar fosil lebih rendah daripada harga pasar, perusahaan menjadi tidak kreatif berkaitan melakukan penghematan energi. Selain itu, keterlambatan administrasi telah menghambat dimulainya pengadaan dana bergulir untuk peralatan modal hemat energi atau teknologi dan produk rintisan yang hemat energi yang digunakan oleh industri, melalui kementerian keuangan. Ini termasuk isentif yang berhubungan dengan pajak pendanaan, pajak penjualan, pajak impor dan penyusutan (Undang-Undang Nomor 16, 2016).

3.3 Pengaruh secara langsung emisi GRK terhadap total biaya

Hasil penelitian emisi GRK berpengaruh negatif dan signifikan secara langsung terhadap total biaya. Tanda negatif koefien statistik emisi GRK terhadap total biaya tidak mendukung teori *stakeholder instrumental* (Porter & Van Der Linde, 1995) yang mengatakan tidak mempedulikan kepentingan *stakeholdernya* (pemegang saham, kreditor, konsumen, *supplier*, pemerintah, masyarakat, analis dan pihak yang lain) akan membuat perusahaan kesulitan dalam mencapai tujuannya. Dalam konteks Indonesia, menyiratkan bahwa dibawah *paris agreement* yaitu pemberian isentif keuangan, strategi biaya rendah (*low cost*) tampaknya memiliki sedikit relevansi untuk perusahaan manufaktur di Indonesia. Hasilnya menyediakan bukti bahwa ada keuntungan finansial dari penurunan total biaya dari peningkatan emisi GRKnya. Selain itu, hasil ini menguatkan hasil dari (de Soysa, 2025) mencatat bahwa perusahaan memiliki kesulitan mengakses pembiayaan biaya hutang/bunga yang rendah dari bank komersial. Hal ini karena bank sulit menilai proyek-proyek hijau industri sehingga justru memiliki preferensi untuk tidak menyediakan pendanaan pada proyek tersebut. Sehingga tambahan biaya lebih besar dibandingkan manfaat isentif yang diperoleh perusahaan dalam melakukan usaha-usaha penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

Bahkan, hasil penelitian ini tampaknya mendukung (Lin et al., 2025) lihat bahwa perusahaan fokus untuk memaksimalkan keuntungan dengan memenuhi persyaratan peraturan hingga minimum. Singkatnya, perusahaan harus memaksimalkan keuntungan dengan memenuhi persyaratan minimum dari undang-undang tetapi tidak membahayakan keuangan, kecuali denda untuk ketidakpatuhan lebih besar daripada manfaat untuk ketidakpatuhan. Temuan dari studi ini menunjukkan bahwa perusahaan manufaktur yang terdaftar di Indonesia tampaknya mengikuti tindakan ini.

3.4 Pengaruh secara tidak langsung batubara, gas, solar, bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dan listrik terhadap total biaya melalui emisi GRK perusahaan manufaktur

Hasil penelitian batubara, solar dan listrik melalui emisi GRK terhadap biaya perusahaan bernilai negatif dan signifikan. Hasil penelitian batubara, solar dan listrik melalui emisi GRK mendukung teori keunggulan kompetitif (keunggulan daya saing) yaitu strategi biaya terendah dan strategi *differentiation* (Porter & Van Der Linde, 1995) dan teori *stakeholder instrumental*. Melalui emisi GRK secara tidak langsung

menggambarkan peningkatan penggunaan energi batubara, solar dan listrik sangat maksimal dalam pengurangan biaya dan polusi.

Hasil penelitian gas dan bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) melalui emisi GRK terhadap biaya perusahaan bernilai negatif dan tidak signifikan. Jadi apabila perusahaan ingin menaikkan total biayanya maka perusahaan harus menurunkan penggunaan gas dan bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) dalam kegiatan produksinya melalui emisi GRKnya. Meskipun tidak signifikan, tetapi tanda negatif pada koefisien gas dan bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) terhadap total biaya sejalan dengan teori keunggulan kompetitif (keunggulan daya saing) yaitu strategi biaya terendah dan strategi *differentiation* (Porter & Van Der Linde, 1995). Lebih lanjut, koefisien tanda negatif penelitian gas dan bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) mendukung teori *stakeholder instrumental* yang menggambarkan aktivitas respon negatif stakeholder pada upaya-upaya kepedulian perusahaan terhadap lingkungan hidup perusahaan akan berdampak pada meningkatnya biaya yang harus ditanggung perusahaan, dan sebaliknya.

Berdasarkan temuan penelitian ini emisi GRK secara signifikan mampu *mengintervening* hubungan antara batubara, solar, dan listrik terhadap total biaya. Sedangkan emisi GRK tidak signifikan *mengintervening* gas dan bahan bakar lainnya (bensin, kerosin, pelumas) terhadap total biaya. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Luo & Cheng, 2023) menunjukkan pemakaian energi secara tidak efisien tidak hanya berakibat pada meningkatnya biaya pemakaian energi juga peningkatnya emisi GRK. Sehingga hasil penelitian penggunaan batubara, solar, dan listrik yang signifikan terhadap total biaya melalui emisi GRK mendukung teori keunggulan kompetitif (keunggulan daya saing) yaitu strategi biaya terendah (*low cost*) dan strategi *differentiation*. Strategi *overall low cost*, dapat dicapai dari kesepakatan *paris agreement* yaitu pemberian isentif bagi perusahaan yang berhasil menurunkan emisi GRK yang mendorong perusahaan untuk lebih kreatif berkaitan efisiensi energi pemakaian bahan bakar dan listriknya. Strategi *differentiation* dapat dicapai dengan strategi *eco-branding* yang menekankan pada produk ramah lingkungan. Lebih lanjut, penelitian ini mendukung *Instrumental Stakeholder Theory* yang mengatakan bahwa jika perusahaan ingin sukses dalam jangka panjang, manajer harus memperhatikan kepentingan *stakeholder*. Hubungan yang baik dengan *stakeholder* (pemegang saham, kreditor, konsumen, *supplier*, pemerintah, masyarakat, analis dan pihak yang lain) akan memberikan dampak baik bagi perusahaan dalam menjaga keberlanjutan perusahaan. Tidak mempedulikan kepentingan mereka akan membikin perusahaan kesulitan dalam mencapai tujuannya karena respon negatif dari stakeholder pada

upaya-upaya perusahaan akan berdampak pada meningkatnya biaya yang harus ditanggung perusahaan, dan sebaliknya.

4. KESIMPULAN

Perusahaan manufaktur yang terdaftar di Indonesia cenderung mematuhi peraturan terkait efisiensi energi dan penurunan emisi gas rumah kaca (GRK), terutama ketika manfaat dari kepatuhan lebih besar dibandingkan dengan potensi denda akibat ketidakpatuhan. Namun, upaya ini memerlukan investasi yang signifikan untuk pengadaan mesin dan teknologi yang lebih efisien serta ramah lingkungan. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia, sebagaimana diatur dalam peraturan menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2018 perlu mempercepat pembentukan modal dana bergulir guna mendukung transisi industri menuju teknologi hijau. Juga mendorong penggunaan bahan bakar biodiesel dan sumber energi terbarukan. Sehingga sektor industri dapat menggunakan bahan bakar secara efisien dan bertanggung jawab, serta berkontribusi dalam upaya konservasi energi dan pengurangan emisi di Indonesia.

Penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi efektivitas kebijakan insentif keuangan, seperti pemberian pinjaman berbunga rendah atau skema subsidi, dalam mendorong investasi perusahaan manufaktur terhadap teknologi ramah lingkungan. Selain itu, studi lanjutan dapat meneliti dampak dari kebijakan energi terbarukan terhadap kinerja keuangan dan daya saing perusahaan dalam jangka panjang.

REFERENCES

- Agency, E. E. (2023). CO₂ Emission. *Encyclopedia of Sustainable Management*, 600–600. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25984-5_300288
- Burkhardt, J., Gillingham, K. T., & Kopalle, P. K. (2023). Field Experimental Evidence on the Effect of Pricing on Residential Electricity Conservation. *Management Science*, 69(12), 7784–7798. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2020.02074>
- Data, P., Teknologi, D. A. N., Dan, E., Daya, S., Energi, K., Sumber, D. A. N., & Mineral, D. (2018). *Inventarisasi Emisi GRK*.
- de Soysa, I. (2025). Green with envy? The effects of inequality and equity within and across social groups on greenhouse gas emissions, 1990–2020. *World Development*, 188(December 2024), 106885. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106885>
- Defra. (2011). Guidelines to DEFRA / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting. London: The Department for Environment, Food and Rural Affairs, August.

- Herlina, L., Saka, D., Muji, T., Haris, A., Nardey, S., & Ardhyarini, N. (2025). Indonesia ' s country-specific CO 2 emission factor based on gas fuels for greenhouse gas inventory in the energy sector ☆. *Environmental Pollution*, 368(October 2024), 125749. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.125749>
- Karrabi, M., Jabari, F., & Foroud, A. A. (2025). A green ammonia and solar-driven multi-generation system: Thermo-economic model and optimization considering molten salt thermal energy storage, fuel cell vehicles, and power-to-gas. *Energy Conversion and Management*, 323(PA), 119226. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.119226>
- Lin, T., Chiu, Y., Chen, C., & Ji, L. (2025). *Geoenergy Science and Engineering Renewable energy consumption efficiency , greenhouse gas emission efficiency , and climate change in Europe*. 247(July 2024). <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2025.213665>
- Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, K. (2021). Permen LHK No.04 Tahun 2021`. *Ministry of Environment and Forestry Republic of Indonesia*, 3, 1–319.
- Liu, T., & Cao, X. (2024). Going Green: How Executive Environmental Awareness and Green Innovation Drive Corporate Sustainable Development. *Journal of the Knowledge Economy*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-01788-1>
- Lou, J., Hu, G., Shen, X., & Cui, R. Y. (2025). Quantifying the economy-wide employment effects of coal-fired power plants: Two different cases China and the United States. *Applied Energy*, 377(April 2024). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124561>
- Luo, W., & Cheng, J. (2023). Transition to sustainable business models for green economic recovery: role of financial literacy, innovation and environmental sustainability. *Economic Change and Restructuring*, 56(6), 3787–3810. <https://doi.org/10.1007/s10644-022-09408-1>
- Porter, M. E., & Van Der Linde, C. (1995). American Economic Association Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Source: The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118. <http://www.jstor.org/stable/2138392>
- Rokhmawati, A. (2023). *The Effects of Carbon Taxes on Firms' Carbon Emission: Simulation Model in Indonesia* (Vol. 2022). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-284-2_63
- Rokhmawati, A., Sugiyono, A., Efni, Y., & Wasnury, R. (2023). Quantifying social costs of coal-fired power plant generation. *Geography and Sustainability*, 4(1), 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2022.12.004>
- Su, Z., Wang, H., Zhao, G., & Xie, C. (2024). How digital government mediate the influence of fossil fuels on green innovation : Evidence from China ' s a-share industrial enterprises ☆ , ☆☆. *Resources Policy*, 91(March), 104958. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104958>
- Undang-Undang Nomor 16. (2016). Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement To The United Nations Framework Convention On Climate Change (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja

- Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim). *Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 71. <https://jdih.setneg.go.id/Produk>
- Wang, K., Zhong, C., & Yu, R. (2024). The greenhouse gas reduction effect of critical peak pricing for industrial electricity: Evidence from 285 Chinese cities, 2003–2019. *Energy Policy*, 190(May), 114147. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114147>
- Wen, J., Ali, W., Hussain, J., Khan, N. A., Hussain, H., Ali, N., & Akhtar, R. (2022). Dynamics between green innovation and environmental quality: new insights into South Asian economies. *Economia Politica*, 39(2), 543–565. <https://doi.org/10.1007/s40888-021-00248-2>
- Zhang, L., Chen, X., & Xu, Z. (2024). Can development zones reduce energy consumption and carbon emissions of enterprises? Evidence from China. *Journal of Asian Economics*, 95(November), 101845. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2024.101845>
- Zhang, P., & Hao, D. (2023). Enterprise financial management and fossil fuel energy efficiency for green. *Resources Policy*, 84(March), 103763. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103763>
- Zuberi, M. J. S., Shehabi, A., & Rao, P. (2024). International Journal of Greenhouse Gas Control Cross-sectoral assessment of CO₂ capture from U.S. industrial flue gases for fuels and chemicals manufacture. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 135(May), 104137. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2024.104137>