(Nomor Urut TA)

TUGAS AKHIR

Analisis Timbulan dan Potensi Reduksi Emisi CO_2e melalui Implementasi Skenario Substitusi Impor 35% pada Proses Pengiriman Bahan Baku di PT ALBA

"Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan"

Pradiptya Bagas Dea Rachmadi
20513009

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2024

TUGAS AKHIR

Analisis Timbulan dan Potensi Reduksi Emisi CO_2e melalui Implementasi Skenario Substitusi Impor 35% pada Proses Pengiriman Bahan Baku di PT ALBA

"Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan"

Disusun Oleh:

Pradiptya Bagas Dea Rachmadi
20513009

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.
NIK. 195130102
Tanggal: 21 Agustus 2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 23/8.24.

HALAMAN PENGESAHAN

Analisis Timbulan dan Potensi Reduksi Emisi CO_2e melalui Implementasi Skenario Substitusi Impor 35% pada Proses Pengiriman Bahan Baku di PT ALBA

Telah Diterima dan Disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Kamis

Tanggal: 22 Agustus 2024

Disusun Oleh:

Pradiptya Bagas Dea Rachmadi
20513009

Tim Penguji:

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. (21/8 2024)

Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc. (22/08/2024)

Ana Uswatun Hasanah., S.Si., M.T. (22/8/24)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 22 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Pradiptya Bagas Dea Rachmadi

NIM. 20513009

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Timbulan dan Potensi Reduksi Emisi CO_2e melalui Implementasi Skenario Substitusi Impor 35% pada Proses Pengiriman Bahan Baku di PT ALBA" dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun dengan maksud dan tujuan agar pembaca dapat menerima wawasan pengetahuan mengenai potensi reduksi emisi CO_2e dari implementasi substitusi impor 35% pada perusahaan manufaktur garmen. Selain itu, tugas akhir ini juga disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir, penulis banyak mendapatkan dukungan, semangat juga bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua beserta kakak atau mas penulis yang telah memberikan banyak doa juga dukungan sedari awal masuk perkuliahan hingga saat ini
2. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
3. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan arahan dan masukan baik dalam tugas akhir maupun perkuliahan
4. Prof. Dr.-Ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc. dan Ibu Ana Uswatun Hasanah., S.Si., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini
5. Seluruh dosen, pengajar, dan staf program studi Teknik Lingkungan yang telah banyak memberi ilmu dan membantu selama perkuliahan penulis hingga tugas akhir dapat terselesaikan

6. Bapak Rizal Tanzil Rakhman, S.ST. selaku mentor yang telah banyak memberi ilmu dan bimbingan juga kemudahan dalam mengambil dan mengolah data hingga penyusunan tugas akhir ini
7. Partner penulis yang telah menjadi teman cerita dan menemani perjalanan perkuliahan dan penyusunan tugas akhir hingga dapat terselesaikan
8. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang banyak memberikan memori baik sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
9. Teman-teman mahasiswa magang di PT ALBA yang banyak memberikan memori baik sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
10. Barista-barista di tempat penulis mengerjakan tugas akhir yang telah membuat kopi *latte* panas yang nikmat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
11. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama menyelesaikan laporan tugas akhir ini

Yogyakarta, 22 Agustus 2024

Pradiptya Bagas Dea Rachmadi

ABSTRAK

PT ALBA merupakan perusahaan yang bergerak pada industri manufaktur garmen. Dalam salah satu kegiatan operasionalnya terdapat emisi gas rumah kaca (GRK) yang ditimbulkan yaitu pada kegiatan pengiriman bahan baku. Di dalam GHG Protocol, kegiatan ini termasuk ke dalam *Scope 3* - Kategori 4. GHG Protocol merupakan metode perhitungan timbulan emisi GRK yang dalam penelitian ini yaitu emisi GRK berupa CO_2e. Timbulan emisi CO_2e dari kegiatan pengiriman bahan baku dapat dihitung melalui perkalian antara berat bruto, jarak tempuh, dan faktor emisi transportasi pengiriman bahan baku. Melalui metode perhitungan tersebut didapatkan bahwasanya PT ALBA pada tahun 2023 menimbulkan emisi CO_2e pada kategori 4 sebesar 18.418,14 tCO_2e. Besar angka timbulan emisi CO_2e ini bergantung pada jumlah pembelian bahan baku dan utilisasi mesin pada tahun dilakukannya perhitungan. Semakin banyak jumlah pembelian bahan baku dan tingginya utilisasi mesin akan menimbulkan emisi CO_2e yang semakin besar pula. Oleh karena itu, perusahaan memiliki target reduksi emisi CO_2e setiap tahunnya mulai tahun 2023 - 2032 yang dituangkan dalam *Science Based Targets initiative* (SBTi). Dalam usaha mencapai target tersebut diperlukan skenario strategi reduksi emisi CO_2e yang dalam penelitian ini berupa substitusi impor 35%. Melalui implementasi skenario tersebut didapatkan bahwasanya PT ALBA dapat mereduksi timbulan emisi CO_2e pada kategori 4 hingga 34,33% menjadi 12.095,47 tCO_2e. Selanjutnya, menggunakan proyeksi peningkatan jumlah pembelian bahan baku dan utilisasi mesin hingga tahun 2032, didapatkan implementasi skenario dapat mencapai SBTi perusahaan hingga tahun 2030.

Kata kunci: gas rumah kaca, GHG Protocol, reduksi emisi GRK, SBTi, substitusi impor

ABSTRACT

PT ALBA is a garment manufacture industry company. In one of its operational activities there are greenhouse gases (GHG) emissions that generated, the activity is raw material shipments. In GHG Protocol, this activity is included in Scope 3 - Category 4. GHG Protocol is a GHG calculating method, in this research the GHG is CO_2e. Generated CO_2e emission from raw material shipments activity can be calculated by multiplying gross weight, distance traveled, and transportation emission factor in delivery raw material. By using the calculation method, it is found that PT ALBA in 2023 have generated CO_2e emission in category 4 of 18.418,14 tCO_2e. The amount of CO_2e emission depends on the amount of purchased raw materials and machine utilization in the year of calculation. The more the number of purchased raw materials and higher machine utilization would generate more CO_2e emissions. Therefore, company has a CO_2e emissions target each year starting in 2023 - 2032 which is outlined in the Science Based Targets initiative (SBTi). In order to achieve the target, the scenario of CO_2e emissions reduction needed which is in this research is 35% import substitution. By implementing the scenario, it is found that PT ALBA can reduce CO_2e emissions on category 4 in 2023 up 34,33% to 12.095,47 tCO_2e. Furthermore, by using the projection of machine utilization and the amount of raw material purchases until 2032, it is found that the implementation of the scenario could achieve SBTi in 2030.

Keyword: *greenhouse gases, GHG Protocol, GHG emission reduction, SBTi, import substitution*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
PENGANTAR iv
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Gas Rumah Kaca (GRK) 5
2.1.1 Emisi CO_2e 6
2.1.2 Sumber Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) 7
2.1.3 GHG Protocol 9
2.1.4 Nationally Determined Contribution (NDC) 12
2.1.5 Dampak Gas Rumah Kaca (GRK) 14
2.2 Dekarbonisasi 16
2.2.1 Science Based Targets Initiative (SBTi) 17

2.3 PT ALBA 18
2.3.1 Substitusi Impor 19
2.4 Penelitian Terdahulu 21
BAB III METODE PENELITIAN 24
3.1 Diagram Alir Penelitian 24
3.2 Pengumpulan Data 25
3.2.1 Data/Variabel 25
3.2.2 Waktu dan Lokasi 28
3.3 Analisis Data 28
3.3.1 Pengolahan Data 28
3.3.2 Potensi Reduksi Emisi CO_2e 32
3.3.3 Proyeksi Timbulan Emisi CO_2e 32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA 34
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian 34
4.2 Supplier PT ALBA 34
4.3 Aktivitas Pengiriman Bahan Baku PT ALBA 37
4.4 Timbulan Emisi CO_2e Pengiriman Bahan Baku 38
4.4.1 Perhitungan Emisi CO_2e Pengiriman Impor Eksisting 39
4.4.2 Perhitungan Emisi CO_2e Implementasi Substitusi Impor 35% 42
4.4.3 Total Emisi CO_2e dari 100% Impor dan Substitusi Impor 35% 47
4.5 Potensi Reduksi Emisi CO_2e dari Implementasi Substitusi Impor 35% 48
4.5.1 Efektivitas Implementasi Substitusi Impor 35% 51
4.6 Proyeksi Timbulan Emisi CO_2e Tahun 2023 – 2032 53
BAB V KESIMPULAN 61
5.1 Kesimpulan 61

5.2 Saran 61
DAFTAR PUSTAKA 63
LAMPIRAN 68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai GWP setiap Gas Rumah Kaca 7
Tabel 2.2 NDC Indonesia yang disampaikan kepada UNFCCC 13
Tabel 2.3 Proyeksi *Business as Usual* (BaU) dan Reduksi Emisi Setiap Sektor .. 14
Tabel 2.4 Target Reduksi Emisi CO_2e SBTi pada PT ALBA..... 17
Tabel 2.5 Indikator Kinerja Utama Kemenperin Tahun 2020-2024 20
Tabel 2.6 Penelitian terdahulu..... 21
Tabel 3.1 Macam dan metode perolehan data..... 26
Tabel 3.2 Variabel penelitian 27
Tabel 3.3 Anak perusahaan PT ALBA di bidang industri garmen 28
Tabel 3.4 Faktor emisi untuk transportasi yang digunakan PT ALBA..... 31
Tabel 4.1 Daftar negara *supplier* pada pengiriman impor 35
Tabel 4.2 Daftar *supplier* lokal dan pabrik yang dilayani..... 36
Tabel 4.3 Tipe transportasi yang digunakan pada pengiriman bahan baku 37
Tabel 4.4 Kebutuhan data pada perhitungan emisi CO_2e dari 100% impor 39
Tabel 4.5 Timbulan emisi CO_2e dari perhitungan 100% impor..... 41
Tabel 4.6 Kebutuhan data perhitungan timbulan emisi CO_2e dari pengiriman 65% impor..... 43
Tabel 4.7 Kebutuhan data perhitungan timbulan emisi CO_2e dari pengiriman melalui 35% *supplier* lokal 45
Tabel 4.8 Timbulan emisi CO_2e dari implementasi substitusi impor 35%..... 46
Tabel 4.9 Timbulan emisi CO_2e dari perhitungan emisi 100% impor dan substitusi impor 35% setiap pabrik..... 47
Tabel 4.10 Potensi reduksi emisi CO_2e dari substitusi impor 35% di setiap pabrik 50
Tabel 4.11 Target reduksi emisi CO_2e pada *Scope 3* 51
Tabel 4.12 Target reduksi emisi CO_2e pada *Scope 3* – Kategori 4 52
Tabel 4.13 Penjualan bersih PT ALBA selama 5 tahun terakhir 53
Tabel 4.14 Penurunan utilisasi mesin, bahan baku, dan emisi CO_2e antara tahun 2022 dan 2023 54

Tabel 4.15 Proyeksi utilisasi mesin, bahan baku, dan timbulan emisi CO_2e pada kategori 4 tahun 2023 – 2032 56
Tabel 4.16 Potensi reduksi emisi pada hasil proyeksi terhadap emisi CO_2e di *Scope 3* - Kategori 4 57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tren emisi GRK antropogenik tahun 1990 - 2019 8
Gambar 2.2 Sektor penghasil emisi GRK 8
Gambar 2.3 Pengkategorian setiap *scopes* pada GHG Protocol 10
Gambar 2.4 Pohon pengambilan keputusan metode perhitungan emisi *Scope 3* - Kategori 4 11
Gambar 3.1 Kerangka penelitian..... 24
Gambar 4.1 Total emisi CO_2e 100% impor setiap pabrik..... 42
Gambar 4.2 Total emisi CO_2e substitusi impor 35% setiap pabrik..... 47
Gambar 4.3 Total emisi CO_2e sebelum dan setelah substitusi impor 35%..... 48
Gambar 4.4 Perbandingan total emisi CO_2e sebelum dan setelah substitusi impor 35% pada setiap pabrik 49
Gambar 4.5 Perbandingan proyeksi emisi CO_2e dengan target SBTi pada kategori 4 59
Gambar 4.6 Perbandingan proyeksi emisi CO_2e sebelum dan setelah substitusi impor 35%..... 60

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri merupakan salah satu sektor penopang kehidupan masyarakat. Masyarakat tidak hanya bergantung terhadap sektor ini tetapi juga menjadi salah satu kunci berjalannya sektor industri khususnya industri padat karya. Industri padat karya merupakan industri yang melibatkan lebih banyak tenaga kerja dibandingkan dengan tenaga mesin. Industri ini selain dapat membuka lapangan pekerjaan dalam jumlah besar juga berkontribusi dalam meningkatkan perekonomian nasional. Salah satu bentuk industri padat karya yaitu industri padat karya berorientasi ekspor. PT ALBA merupakan salah satu contoh perusahaan tersebut yang bergerak pada bidang tekstil dan produk tekstil khususnya pada manufaktur garmen. PT ALBA telah mengekspor berbagai macam jenis pakaian ke berbagai wilayah negara seperti Amerika Serikat, Eropa Barat & Timur, Kanada, Asia, dan wilayah negara lainnya. Selain itu, perusahaan ini juga sudah melayani berbagai macam merek dagang dengan pasar luar negeri.

PT ALBA memperoleh bahan baku untuk proses produksi melalui proses impor dari *supplier* yang berada di luar negara Indonesia. Hal ini karena terdapat standar dan spesifikasi tertentu yang dibutuhkan oleh *buyer* perusahaan. Di dalam proses impor tersebut tentunya memakan waktu yang tidak sedikit dan jarak tempuh yang sangat jauh. Akibatnya, selama proses tersebut akan dihasilkan emisi gas rumah kaca berupa CO_2e. Emisi CO_2e merupakan matriks dari emisi CO_2 dengan potensi pemanasan global yang sama menjadi satu matriks ton dari berbagai gas rumah kaca (US EPA, 2013). Timbulan emisi CO_2e yang dihasilkan selama proses impor tersebut meskipun dihasilkan oleh pihak ketiga tetapi secara tidak langsung juga menjadi tanggung jawab perusahaan. Berdasarkan GHG Protocol, emisi jenis ini termasuk ke dalam emisi pada *Scope 3* - Kategori 4 yaitu *Upstream Transportation & Distribution*. Artinya emisi tersebut merupakan emisi dari pengiriman bahan dan produk yang dibeli perusahaan pelapor dari perusahaan lain.

Emisi ini berdampak buruk bagi lingkungan karena dapat mengakibatkan perubahan iklim berupa kenaikan suhu bumi.

Berdasarkan data impor nasional Badan Pusat Statistik (BPS) periode Februari 2024, volume impor tekstil dan barang tekstil golongan barang XI (kode HS 50-63) selama lima tahun terakhir mengalami penurunan rata-rata sebesar 4,93% (BPS, 2024). Penurunan volume impor yang terjadi sejalan dengan program Kementerian Perindustrian (Kemenperin) berupa substitusi impor. Substitusi impor merupakan program yang bertujuan untuk mengurangi kegiatan impor dengan mengalihkan kepada *supplier* dalam negeri/lokal dalam pengadaan bahan baku produksi. Program ini diupayakan untuk meningkatkan kemandirian sektor industri Indonesia pasca pandemi Covid-19 baik dalam bahan baku maupun produksi guna menumbuhkan industri dalam negeri dan sektor tekstil dan busana merupakan salah satu sektor yang menjadi prioritas (Kementerian Perindustrian RI, 2021). Kemenperin menargetkan substitusi impor sebesar 35% untuk industri non migas pada tahun 2023 dan 2024. Sementara itu, pada tahun 2023 PT ALBA masih mengandalkan impor dalam melakukan pengadaan bahan baku produksinya.

Tugas akhir ini berupaya untuk menganalisis timbulan dan potensi reduksi emisi CO_2e dari implementasi skenario berupa substitusi impor 35% pada kegiatan pengiriman bahan baku di setiap pabrik PT ALBA menggunakan acuan dasar metode perhitungan GHG Protocol. Hasil dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat membantu PT ALBA dalam mengetahui besaran emisi CO_2e yang dihasilkan serta potensi reduksi emisi CO_2e pada kegiatan pengiriman bahan baku melalui implementasi skenario. Hal ini dilakukan sebagai upaya dalam mencapai target penurunan emisi CO_2e pada perusahaan yang mendukung program *Nationally Determined Contribution* (NDC) Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, terdapat beberapa rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini.

1) Bagaimana timbulan emisi CO_2e dari kegiatan pengiriman bahan baku pada PT ALBA?
2) Bagaimana potensi reduksi emisi CO_2e dari implementasi skenario substitusi impor 35% pada PT ALBA?
3) Apakah skenario substitusi impor 35% efektif dalam mereduksi timbulan emisi CO_2e dari kegiatan pengiriman bahan baku pada PT ALBA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dirumuskan, berikut merupakan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan:

1) Menganalisis timbulan emisi CO_2e dari kegiatan pengiriman bahan baku pada PT ALBA
2) Mengukur potensi reduksi emisi CO_2e dari implementasi skenario substitusi impor 35% pada PT ALBA
3) Mengetahui efektifitas skenario substitusi impor 35% dalam mereduksi timbulan emisi CO_{2e} dari kegiatan pengiriman bahan baku pada PT ALBA

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1) Bagi Penulis

   Menambah pengetahuan dan pemahaman mengenai perhitungan emisi CO_2e pada GHG Protocol *Scope 3* - Kategori 4 tentang *Upstream Transportation and Distribution*, serta dapat mengetahui potensi reduksi emisi CO_2e dari skenario substitusi impor 35%.

2) Bagi Perusahaan

   Perusahaan dapat mengetahui emisi CO_2e yang dihasilkan selama kegiatan pengiriman bahan baku serta dapat mengetahui potensi reduksi emisi CO_2e dari skenario substitusi impor 35% dalam usaha mencapai target

penurunan emisi GRK perusahaan yang mendukung program NDC Indonesia.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Penelitian dilakukan pada *holding* atau perusahaan induk PT ALBA
2) Parameter gas rumah kaca yang dihitung dan diukur adalah CO_2e
3) Emisi CO_2e yang dihitung yaitu pada kegiatan pengiriman bahan baku di tahun 2023
4) Dasar perhitungan emisi menggunakan GHG Protocol *Scope 3* - Kategori 4 tentang *Upstream Transportation and Distribution*
5) Faktor emisi yang digunakan mengacu pada DEFRA (Department for Environment, Food & Rural Affairs) & DESNZ (Department for Energy Security and Net Zero) tahun 2023
6) Jenis transportasi yang dihitung emisinya mengacu pada pembagian kategori oleh DEFRA & DESNZ yaitu *cargo ship (general cargo)*, *international freight flight*, dan *all HGV (average laden)*

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Rumah Kaca (GRK)

Gas Rumah Kaca (GRK) didefinisikan sebagai kelompok gas tertentu yang berada di atmosfer bumi sebagai pelindung bumi karena dapat menyerap sinar matahari dan menjaga suhu bumi. Akan tetapi, kelompok gas ini juga memiliki kemampuan untuk memancarkan kembali radiasi inframerah ketika keberadaannya berlebih pada atmosfer bumi (Rahmadania, 2022). Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 98 Tahun 2021, gas rumah kaca atau GRK didefinisikan sebagai gas baik dalam bentuk alami maupun antropogenik yang berada di dalam atmosfer dan memiliki kemampuan untuk menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah.

Terdapat enam unsur GRK yang telah diidentifikasi di dalam Protokol Kyoto dan ditargetkan untuk dapat direduksi. Keenam gas tersebut yaitu karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (N_2O), metana (CH_4), perfluorokarbon (PFC), hidrofluorokarbon (HFC), dan sulfur heksafluorida (SF_6) (United Nations, 1998). Kelompok gas tersebut ditargetkan untuk direduksi karena dianggap sebagai penyebab terjadinya pemanasan global atau biasa dikenal dengan *global warming*. Keberadaan GRK sangat mempengaruhi ekologi lingkungan dan kesehatan manusia (Manisalidis dkk., 2020). Ketika keberadaannya terus-menerus bertambah di atmosfer bumi, maka akibat yang dapat ditimbulkan adalah kerusakan sumber daya alam dan ekosistem (Lajuardi dkk., 2023). Hal ini berkontribusi terhadap terganggunya pasokan makanan, cuaca ekstrim hingga peningkatan kebakaran hutan akibat perubahan cuaca (Chen dkk., 2021).

Intergovermental Panel on Climate Change of the United Nations (IPCC) merilis sebuah laporan "Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change" yang menyatakan bahwa rata-rata emisi GRK tahunan mulai tahun 2010 – 2019 merupakan level tertinggi dalam sejarah manusia. Angka ini tumbuh rata-rata 1,3% per tahun dalam beberapa dekade terakhir. Pada negara-negara berkembang

terdapat hubungan positif yang kuat antara emisi CO_2 dan pertumbuhan ekonomi di negara tersebut (Long & Feng, 2024; Romero & Gramkow, 2021). Pembangunan berbagai sektor pengurangan emisi dan peningkatan penyerapan emisi karbon melalui investasi merupakan tujuan *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) atau konvensi rangka kerja PBB dalam mengatasi perubahan iklim dan mengharapkan peran serta partisipasi Indonesia sebagai negara berkembang untuk dapat menjembatani hal tersebut dengan negara maju (Wardhani & Kawedar, 2019).

2.1.1 Emisi CO_2e

Menurut U.S. Environmental Protection Agency (2013), CO_2e merupakan matriks dari emisi CO_2 dengan potensi pemanasan global yang sama menjadi satu matriks ton dari berbagai gas rumah kaca. CO_2e atau *carbon dioxide equivalent* merupakan istilah untuk menyatakan atau mendeskripsikan gas rumah kaca (GRK) yaitu karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (N_2O), metana (CH_4), *perfluorocarbon* (PFC), hidrofluorokarbon (HFC), dan sulfur heksafluorida (SF_6) dalam satu unit yang sama.

Besaran nilai GRK dapat dinyatakan dalam CO_2e dengan melakukan konversi nilai GRK menggunakan nilai *global warming potential* (GWP). Contohnya yaitu apabila terhitung 1 kg emisi sulfur heksafluorida (SF_6) maka dapat juga dinyatakan dengan 25.200 kgCO_2e (Nilai GWP SF_6 = 25.200 kgCO_2e). CO_2e menjadi satuan unit yang sangat berguna karena memudahkan dalam membandingkan antar GRK. Oleh karena itu, ketika membandingkan antar GRK perlu untuk memperhatikan unit yang digunakan agar perbandingan yang dilakukan setara (Brander, 2023). Nilai GWP setiap GRK ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai GWP setiap Gas Rumah Kaca

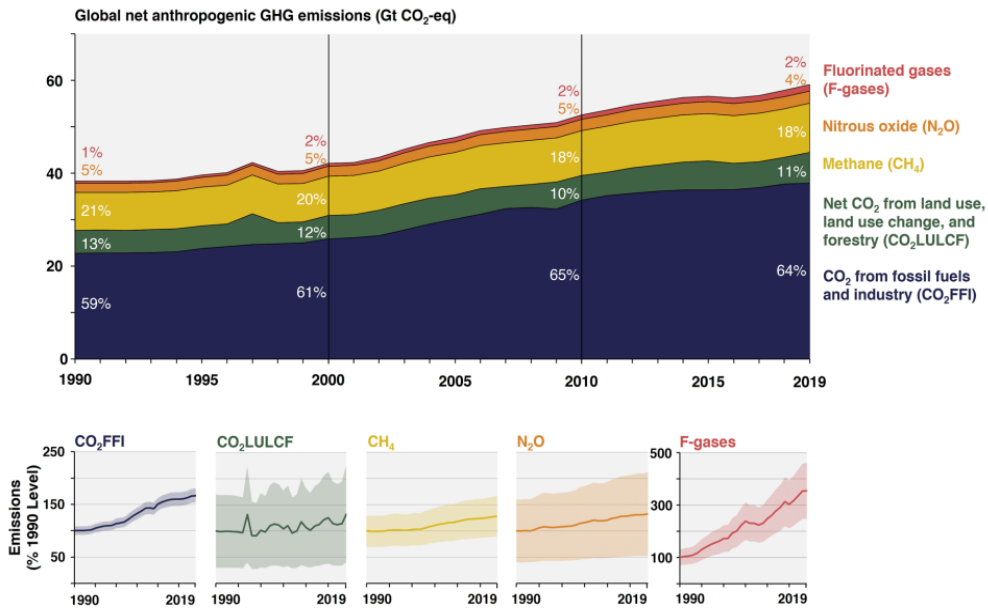
Gas Rumah Kaca	***Global Warming Potential* (GWP)**
Karbon dioksida (CO_2)	1
Metana (CH_4)	29,8
Nitro Oksida (N_2O)	273
Hidrofluorkarbon (HFC_s)	5 - 14.600
Perfluokarbon (PFC_s)	78 - 12.400
Sulfur heksafluorida (SF_6)	25.200

Sumber: Kyoto Gases (IPCC 2021)

2.1.2 Sumber Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)

Sumber emisi GRK terbagi menjadi dua yaitu emisi *natural*/alami dan antropogenik. Perbedaan keduanya adalah pada penyebab timbulannya. Emisi alami merupakan emisi yang dihasilkan akibat proses alamiah seperti kebakaran hutan, lautan, lapisan es, lahan basah, gunung berapi, dan gempa bumi. Emisi jenis ini memiliki ketidakpastian yang tinggi sehingga perlu diteliti secara ilmiah (YUE & GAO, 2018).

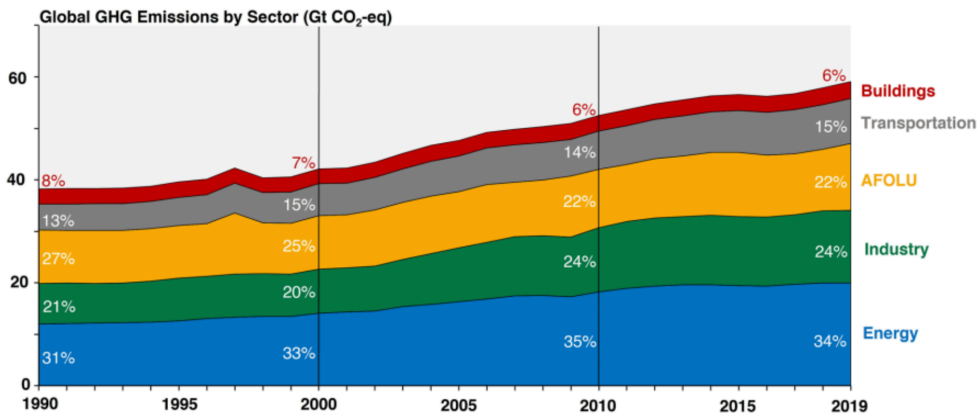
Sementara itu, emisi antropogenik merupakan emisi GRK yang dihasilkan melalui aktivitas manusia. Aktivitas tersebut seperti produksi ternak, penggunaan dan perubahan lahan, pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, pengelolaan limbah, dan proses industri (IPCC, 2022). Lebih lanjut, berdasarkan Sixth Assessment Report (AR6) oleh IPCC diperkirakan bahwa telah terjadi kenaikan suhu permukaan bumi pada era industri mencapai 1,4°C akibat peningkatan konsentrasi GRK berupa CH_4, CO_2, dan N_2O di atmosfer bumi. Dari angka tersebut, sebesar 1,1°C disebabkan oleh aktivitas manusia (Jones dkk., 2023). Pada Gambar 2.1 ditunjukkan tren pada tahun 1990 - 2019 untuk emisi GRK antropogenik.



Gambar 2.1 Tren emisi GRK antropogenik tahun 1990 - 2019

Sumber: IPCC (2022)

Pada Gambar 2.1 dapat diketahui bahwa bahan bakar fosil dan kegiatan industri menyumbang sebanyak 64% emisi GRK berupa gas CO_2 pada tahun 2019. Pada laporan IPCC juga ditemukan bahwa aktivitas ekonomi penghasil emisi CO_2e global terbesar kedua pada tahun 2019 yaitu ada pada sektor industri (IPCC, 2022). Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2 yang menunjukkan kontribusi setiap sektor terhadap timbulan emisi GRK global.



Gambar 2.2 Sektor penghasil emisi GRK

Sumber: IPCC (2022)

2.1.3 GHG Protocol

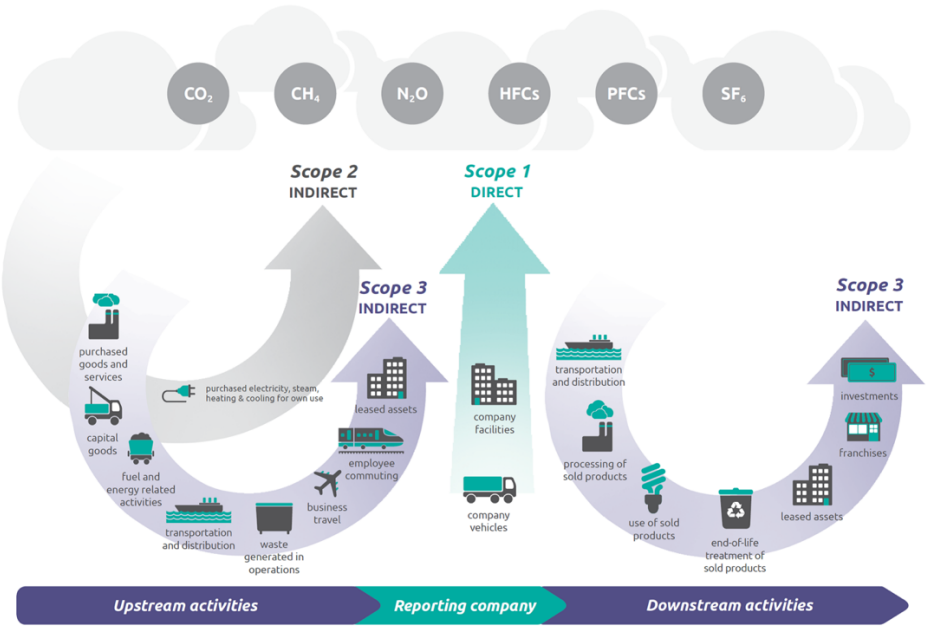
Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) merupakan kerja sama bisnis antara Non-Governmental Organizations (NGO), pemerintah, dan diselenggarakan oleh World Resources Institute (WRI) serta World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). WRI merupakan organisasi non pemerintah di Amerika Serikat berbasis lingkungan. Sementara itu, WBCSD merupakan sebuah koalisi yang terdiri dari 170 perusahaan internasional yang berbasis di Jenewa. GHG Protocol muncul pada tahun 1998 yang memiliki misi awal untuk mengembangkan perhitungan dan pelaporan gas rumah kaca (GRK) yang dapat diterima secara global pada bisnis (WRI & WBCSD, 2004).

GHG Protocol merupakan standar acuan atau alat dalam menghitung jumlah emisi GRK perusahaan serta berbagai macam organisasi untuk dapat dilakukan inventarisasi emisi GRK. Inventarisasi tersebut mencakup karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (N_2O), metana (CH_4), perfluorokarbon (PFC), hidrofluorokarbon (HFC), dan sulfur heksafluorida (SF_6). Hasil dari inventarisasi tersebut dapat digunakan perusahaan untuk dapat melakukan pengelolaan resiko emisi GRK (WRI & WBCSD, 2013)

Pada GHG Protocol digunakan beberapa prinsip yaitu relevansi, kelengkapan, konsistensi, transparansi, dan akurasi (WRI & WBCSD, 2004). Di dalamnya terdapat batasan operasional atau yang biasa dikenal dengan *scopes*. Tujuannya adalah untuk membedakan antar sumber emisi langsung dan tidak langsung sehingga regulasi yang disusun oleh perusahaan dapat disesuaikan sesuai kegiatan operasional dan tujuan bisnisnya.

Terdapat tiga pembagian batasan/*scopes* yaitu *scope* 1 (sumber emisi langsung), *scope* 2 (sumber emisi tidak langsung), dan *scope* 3 (sumber emisi tidak langsung). Perbedaan diantara ketiganya yaitu *scope* 1 berupa emisi langsung yang sumbernya dimiliki dan dikontrol oleh perusahaan, *scope* 2 berupa emisi tidak langsung yang bersumber dari pembelian energi, dan *scope* 3 berupa emisi tidak langsung dari hasil operasional perusahaan yang sumbernya bukan milik dan di bawah kontrol perusahaan (Ranganathan dkk.,

2004). Setiap *scope* di dalam GHG Protocol dibagi dan dirinci kembali menjadi beberapa kategori untuk sumber emisi yang dihasilkan oleh perusahaan. Pada Gambar 2.3 ditunjukkan pembagian kategori-kategori tersebut.



Gambar 2.3 Pengkategorian setiap *scopes* pada GHG Protocol

Sumber: EPA (Environmental Protection Agency)

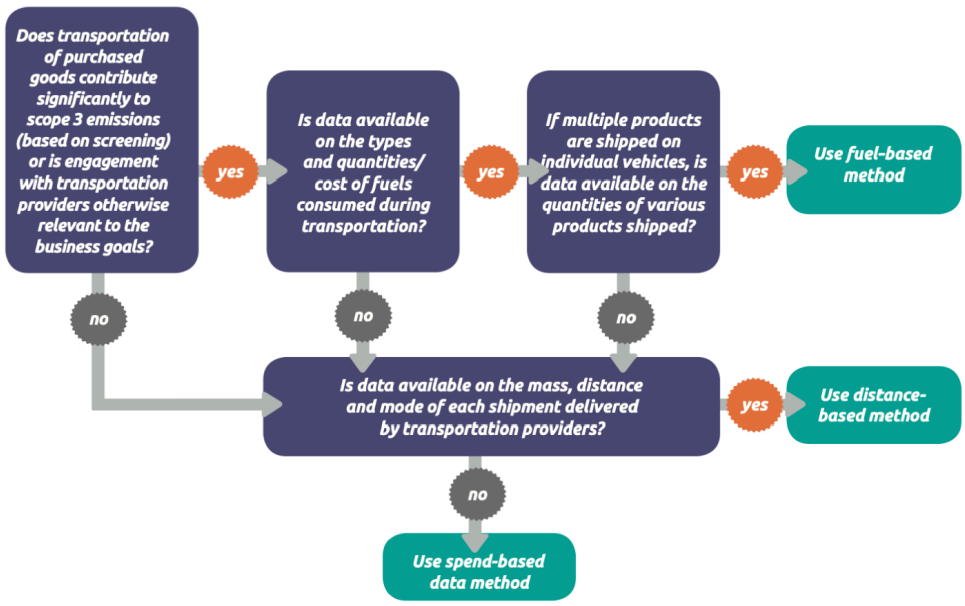
Pada penelitian ini akan fokus membahas mengenai *scope 3* - kategori 4 yaitu emisi GRK yang berasal dari *upstream transportation and distribution*. *Upstream* merupakan proses pada hulu berupa pembelian barang atau jasa (Shkoukani dkk., 2013). Sementara pada model bisnis PT ALBA, aktivitas yang termasuk di dalam proses tersebut adalah pembelian bahan baku berupa kain dan aksesoris.

Pada GHG Protocol *scope 3* - kategori 4, terdapat dua macam *supplier* yaitu *supplier tier* 1 dan *tier* 2. Perbedaannya adalah *supplier tier* 1 adalah *supplier* yang menyuplai barang atau jasa kepada perusahaan pelapor. Sementara, *supplier tier* 2 merupakan *supplier* yang menyuplai barang atau jasa kepada *supplier tier* 1 (WRI & WBCSD, 2013). Berdasarkan studi yang dilakukan UNFCCC, sektor transportasi pengangkutan barang tercatat sebagai

salah satu sektor terbesar dan tercepat dalam penghasil emisi gas rumah kaca (GRK) (Mechouar dkk., 2022).

Sumber emisi kategori ini berasal dari operasi kendaraan yang bukan milik perusahan pelapor melainkan pihak ketiga yaitu kurir atau pengangkut yang mendistribusikan barang menuju fasilitas milik perusahaan pelapor. Beberapa aktivitas yang termasuk ke dalam sumber emisi kategori ini yaitu transportasi udara, rel, darat, laut, dan fasilitas penyimpanan pembelian produk di gudang, pusat distribusi serta fasilitas *retail*.

Perhitungan emisi kategori ini dapat dilakukan dengan tiga metode perhitungan yaitu metode berbasis bahan bakar, berbasis jarak, dan berbasis uang yang dikeluarkan. Pada Gambar 2.4 dapat dilihat alur pertimbangan penentuan metode yang akan digunakan melalui pohon keputusan (WRI & WBCSD, 2013).



Gambar 2.4 Pohon pengambilan keputusan metode perhitungan emisi *Scope 3* - Kategori 4

Sumber: GHG Protocol

Berdasarkan Gambar 2.4, pada penelitian ini digunakan metode perhitungan berdasarkan jarak atau *distance based*. Hal ini menyesuaikan dengan ketersediaan data pada perusahaan yaitu berupa data massa atau

volume dari produk yang dibawa dalam satu kali pengiriman, jarak pengiriman, dan tipe transportasi yang digunakan dalam pengiriman.

2.1.4 Nationally Determined Contribution (NDC)

Nationally Determined Contribution (NDC) merupakan suatu komitmen nasional yang ditujukan melalui kontribusi penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) dan pencegahan kenaikan temparatur rata-rata global jauh di bawah 2^{o}C, bahkan tidak melebihi 1,5 ^{o}C oleh negara-negara pihak yang menyepakati Persetujuan Paris. Persetujuan Paris atau *Paris Agreement* merupakan hasil kesepakatan dalam Konferensi Perubahan Iklim Conference of Parties (COP) ke-21 tahun 2015 di Paris. Indonesia sendiri melalui Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia telah mengesahkan menjadi UU Paris Agreement atau UU Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengeasahan *Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change* (IRID, 2023).

Satu tahun sebelum NDC disepakati pada COP21 tepatnya pada COP20 di Lima, para negara-negara pihak telah menyepakati hal-hal atau informasi minimum yang perlu dicantumkan di dalam *Intended Nationally Determined Contribution* (INDC). Informasi minimum tersebut disampakaian oleh United Nations Framework on Climate Change Conference (UNFCCC) melalui *Desicion* 1/CP.20 tentang *Lima Call for Climate Action* pada tahun 2015.

1) Titik referensi seperti tahun dasar yang digunakan
2) Waktu dan/atau periode
3) Lingkup dan cakupan
4) Perencanaan
5) Asumsi-asumsi yang digunakan
6) Metodologi yang digunakan seperti pada perhitungan emisi GRK serta serapannya
7) Penilaian negara pihak terhadap kesesuaian INDC dengan kondisi nasional serta adil dan ambisius
8) INDC milik negara pihak dapat berkontribusi dalam mencapai tujuan Konvensi Perubahan Iklim

Indonesia sendiri terakhir memperbarui dokumen NDC yaitu pada September tahun 2022 (IRID, 2023). NDC pertama yang disampaikan adalah *Intended Nationally Determined Contribution* (INDC) pada tahun 2015. Selama 2015 – 2022 telah terdapat empat pembaruan. Pada pembaruannya yang terakhir terdapat perbedaan target penurunan emisi GRK. Detail pembaruan dokumen NDC beserta target penurunan emisi GRK di tahun 2030 ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 NDC Indonesia yang disampaikan kepada UNFCCC

Jenis Komitmen	**Tanggal Dikeluarkan**	**Target Penurunan Emisi**
Intended Nationally Determined Contribution	2015	*29% unconditional* *41% conditional*
First Nationally Determined Contribution	November 2016	*29% unconditional* *41% conditional*
Updated Nationally Determined Contribution	April 2021	*29% unconditional* *41% conditional*
Enhanced Nationally Determined Contribution	September 2022	*31,89% unconditional* *43,20% conditional*

Sumber: Indonesia Research Institute for Decarbonization

Dalam upaya menurunkan emisi GRK, terdapat dua jenis upaya yang dapat dilakukan oleh negara pihak yaitu *conditional* dan *unconditional*. *Conditional* memiliki arti bahwa dalam upaya menurunkan emisi GRK dapat dilakukan dengan dukungan dari pihak luar atau internasional baik berupa pendanaan, teknologi ataupun kapasitas yang diberikan. Sementara itu, *unconditional* memiliki pengertian bahwa upaya yang dilakukan dalam menurunkan emisi GRK dilakukan sendiri dengan kemampuan yang dimiliki oleh masing-masing negara (pendanaan, teknologi maupun kapasitas) (UNFCCC, 2022).

Proyeksi penurunan emisi secara *unconditional* (CM1) dan *conditional* (CM2) terbagi menjadi lima sektor yaitu energi, limbah, IPPU (*Industrial Processing and Product Use* atau Proses Industri dan Penggunaan Produk), pertanian serta kehutanan dan penggunaan lahan lainnya. Berdasarkan dokumen *Enhanced Nationally Determined Contribution* (ENDC) Indonesia, proyeksi penurunan emisi setiap sektornya ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Proyeksi *Business as Usual* (BaU) dan Reduksi Emisi Setiap Sektor

Sektor	**Level emisi GRK Tahun 2010**	**GHG Emission Level 2030**			**Reduksi Emisi GRK**				**Rata-rata Tahunan Pertum-buhan BaU (2010 - 2030)**	**Rata-rata Pertumbuhan 2000 - 2012**
		MTon CO_2-eq			**MTon CO_2-eq**		**% Total BaU**			
	MTon CO_2-eq	**BaU**	**CM1**	**CM2**	**CM1**	**CM2**	**CM1**	**CM2**		
Energi*	453,2	1.669	1.311	1.223	358	446	12,5%	15,5%	6,7%	4,5%
Limbah	88	296	256	253	40	43,5	1,4%	1,5%	6,3%	4,0%
IPPU	36	69,6	63	61	7	9	0,2%	0,3%	3,4%	0,1%
Pertanian	110,5	119,66	110	108	10	12	0,3%	0,4%	0,4%	1,3%
Kehutanan dan peng-gunaan lahan lainnya**	647	714	214	-15	500	729	17,4%	25,4%	0,5%	2,7%
TOTAL	**1.334**	**2.869**	**1.953**	**1.632**	**915**	**1.240**	**31,89%**	**43,20%**	**3,9%**	**3,2%**

Sumber: Dokumen ENDC Indonesia

Catatan:

- CM = *Counter Measure*
- * = termasuk kebocoran
- ** = termasuk emisi dari perkebunan dan perkebunan kayu

2.1.5 Dampak Gas Rumah Kaca (GRK)

Cahaya matahari yang dipancarkan ke permukaan bumi tidak akan sepenuhnya tinggal di bumi. Sebagian dari cahaya tersebut akan dipantulkan kembali dan menjadi radiasi inframerah. Sementara itu, sebagian dari pantulan

cahaya tersebut akan diserap oleh gas-gas yang disebut dengan Gas Rumah Kaca (GRK) (Pratama, 2019). Gas-gas tersebut memiliki kemampuan untuk membentuk selimut dan memerangkap radiasi inframerah keluar dari bumi yang mengakibatkan suhu di permukaan bumi menjadi lebih panas. Fenomena ini dikenal sebagai "Efek Rumah Kaca" (Kweku dkk., 2018).

Pemanasan yang terjadi akibat dari efek rumah kaca atau ERK menjadi alasan bumi layak untuk ditempati karena suhu bumi menjadi lebih hangat. Tanpa adanya efek tersebut suhu bumi jauh lebih dingin dan memiliki rata-rata suhu sekitar -19^{o}C (Cassia dkk., 2018). Akan tetapi, ERK yang terjadi secara intens akan menyebabkan dampak berupa pemanasan global. Hal ini dapat terjadi ketika jumlah GRK yang terdapat di atmosfer berlebih dan tidak dapat diabsorpsi oleh tumbuh-tumbuhan dan laut karena melampaui kemampuannya (Pratama, 2019).

Keberadaan GRK dalam jumlah yang berlebih tentunya akan menjadi berbahaya bagi manusia itu sendiri. Akan tetapi, saat ini banyak aktivitas manusia yang menyumbang keberadaan gas-gas tersebut. Aktivitas tersebut seperti konsumsi bahan bakar fosil, penggunaan bahan-bahan kimia pada pertanian serta aktivitas industri lainnya yang meningkatkan jumlah GRK di atmosfer. Para ilmuwan memperkirakan akan terdapat dampak yang sangat besar yang dapat terjadi apabila kondisi ini dibiarkan dan terjadi secara terus-menerus (Kweku dkk., 2018).

Dampak besar yang terjadi merupakan dampak yang luas terutama terhadap lingkungan dan kesehatan. GRK berkontribusi terhadap perubahan iklim dan penyakit pernapasan dari kabut asap dan polusi udara. Perubahan iklim yang terjadi dapat membawa pada dampak lainnya mulai dari cuaca ekstrim, gangguan pasokan makanan, kepunahan beberapa spesies hingga peningkatan kebakaran hutan (Christina Nunez, 2019). Selain itu, dampak negatif lainnya yaitu berupa kenaikan permukaan air laut. Fenomena ini terjadi melalui dua proses yaitu melalui pemuaian air laut dan mencairnya gletser serta air dari lapisan es di kutub (Muley & Mhatre, 2023).

2.2 Dekarbonisasi

Dekarbonisasi merupakan usaha untuk mengurangi atau menghilangkan emisi gas rumah kaca (GRK). Usaha ini ditujukan untuk mencapai *Net Zero Emission* (NZE) atau nol emisi karbon. *Net Zero Emission* merupakan kondisi dimana jumlah emisi karbon yang dikeluarkan dan dilepaskan ke atmosfer tidak melebihi dari kapasitas yang dapat diserap oleh bumi (Zahira & Fadillah, 2022). Istilah *Net Zero Emission* (NZE) muncul pada COP21 Paris di tahun 2015 ketika Persetujuan Paris atau *Paris Agreement* ditetapkan. Dalam persetujuan tersebut terdapat dokumen yaitu *Decision* 1/CP21 yang memastikan poin-poin di dalam Persetujuan Paris dapat diimplementasikan secara nyata (IRID, 2022).

Di dalam dokumen *Decision* 1/CP21 disebutkan bahwasanya jika pada tahun 2050 dunia dapat mencapai NZE atau nol emisi karbon maka kenaikan suhu bumi dapat dicegah pada 1,5^{o}C. Lalu, apabila NZE belum tercapai pada saat itu dan baru tercapai pada tahun 2070 maka kenaikan temperatur bumi dapat mencapai 2^{o}C (IRID, 2022). Melalui dekarbonisasi, target NZE dapat tercapai pada tahun 2050 dengan dukungan pihak luar (*conditional*) dan dapat tercapai pada tahun 2060 jika dengan usaha sendiri (*unconditional*) (Afandi, 2022).

Pada PT ALBA telah dilakukan upaya-upaya dekarbonisasi hingga awal tahun 2024. Beberapa diantaranya terhitung memiliki potensi reduksi emisi GRK yang cukup besar. Berdasarkan profil perusahaan disebutkan bahwa usaha-usaha seperti pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki potensi pengurangan emisi sebesar 60% dengan pemasangan lebih dari 50% kapasitas Perusahaan Listrik Negara (PLN). Usaha lainnya yaitu berupa modernisasi *boiler* berbahan bakar fosil menjadi biomassa yang memiliki potensi reduksi 40% dan modernisasi mobil perusahaan berbahan bakar fosil menjadi mobil *hybrid* yang memiliki potensi reduksi emisi sebesar 50-60%. Program dekarbonisasi ini akan terus dikembangkan guna mencapai target reduksi sebesar 50,4% pada *scope 1, 2,* dan *3* GHG Protocol sesuai *Science Based Targets initiative* (SBTi) milik perusahaan.

2.2.1 Science Based Targets Initiative (SBTi)

Science Based Targets initiative (SBTi) merupakan suatu kemitraan antara Carbon Disclosure Project (CDP), United Nations Global Compact (UNGC), World Resources Institute (WRI), dan World Wide Fund for nature (WWF) yang mendorong sektor swasta dalam melakukan aksi iklim yang ambisius, terukur, dan berbasis sains. Perusahaan dalam sektor swasta tersebut akan menetapkan target pengurangan emisi berbasis sains yang akan divalidasi oleh SBTi dengan konsultan yaitu CDP (WRI Indonesia, 2021).

Berdasarkan WRI Indonesia terdapat dua jenis komitmen yang akan dinyatakan yaitu komitmen umum dan *business ambition for 1,5°C*. Kedua komitmen tersebut akan dinilai dan divalidasi oleh SBTi. Perusahaan yang telah tervalidasi akan muncul pada *website* "Companies Taking Action" milik SBTi sebagai perusahaan dengan "approved targets".

PT ALBA merupakan salah satu perusahaan yang telah terdaftar sebagai perusahaan dengan “approved targets”. Komitmen ini merupakan salah satu bentuk langkah nyata perusahaan dalam mendukung aksi pengurangan emisi GRK. Perusahaan menggunakan tahun 2022 sebagai *base year* dalam menetapkan target pengurangan emisi untuk 10 tahun kedepan hingga tahun 2032. Target reduksi emisi CO_2e tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Target Reduksi Emisi CO_2e SBTi pada PT ALBA

Scope	***Base Year* Emisi tahun 2022 (t.CO2e)**	**Target Emisi di tahun 2032 (t.CO_2e)**	**Persentase Reduksi SBTi (%)**
1	46.487	23.057	50,4%
2	26.411	13.100	50,4%
3 (Umum)	549.365,3	384.555,7	30,0%
3 (*Business ambitious for 1,5°C)*	549.365,3	272.4855,2	50,4%

Sumber: Website PT ALBA

2.3 PT ALBA

PT ALBA merupakan perusahaan yang bergerak pada industri manufaktur garmen. Industri ini mengolah bahan baku berupa kain dan aksesoris menjadi pakaian jadi. Proses yang terdapat pada industri garmen dimulai dari pembelian kain dari *supplier*, proses produksi hingga pengemasan, dan berakhir pada proses penjualan yang sebagian besar melalui ekspor. PT ALBA merupakan perusahaan orientasi ekspor yang lebih dari 90% produknya diekspor untuk dijual di pasar luar negeri. Tercatat 75,5% capaian nilai ekspor nasional didominasi oleh ekspor manufaktur menurut catatan Kementerian Perindustrian pada tahun 2020 (Barlianto & Indri, 2021). Secara umum produk-produk PT ALBA dapat dikategorikan menjadi dua kategori yaitu kategori pakaian musim *summer* dan *winter*. Pengkategorian tersebut disesuaikan dengan permintaan *buyer* dan musim yang ada pada negara-negara tempat produk perusahaan dipasarkan.

Dalam kegiatan operasionalnya, PT ALBA sebagai *holding* atau perusahaan induk membawahi beberapa anak perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur garmen. Setiap perusahaan atau pabriknya biasanya memiliki *buyer* tertentu sehingga *buyer* antara satu pabrik dengan pabrik lainnya berbeda. Akan tetapi, persamaannya adalah hulu dari kegiatan produksi di setiap pabriknya adalah pembelian bahan baku melalui impor. Negara-negara yang menjadi *supplier* PT ALBA tersebar di berbagai wilayah seperti China, Jerman, Amerika Serikat, Perancis, dan lainnya.

PT ALBA saat ini masih mengandalkan impor atau *supplier* luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya. Pembelian bahan baku melalui impor ini merupakan salah satu kegiatan penghasil emisi GRK terbesar menurut laporan perusahaan. Emisi yang ditimbulkan dari kegiatan tersebut merupakan hasil dari perjalanan jarak jauh yang ditempuh melalui transportasi seperti kapal kargo dan pesawat internasional. Meskipun emisi tersebut dihasilkan oleh pihak ketiga tetapi perusahaan juga ikut bertanggung jawab terhadap emisi yang dihasilkan.

2.3.1 Substitusi Impor

Berdasarkan data ekspor dan impor nasional periode Februari 2024 Badan Pusat Statistik (BPS), tercatat selama lima tahun terakhir yaitu tahun 2019 – 2023 untuk volume impor tekstil dan barang tekstil golongan barang XI (kode HS 50 – 63) mengalami penurunan secara bertahap kecuali tahun 2020 yang mengalami penurunan cukup besar akibat pandemi Covid-19. Mulai tahun 2022 volume impor Indonesia berada dibawah angka 2 juta ton (BPS, 2024). Hal ini sejalan dengan kebijakan pemerintah melalui Kementerian Perindustrian (Kemenperin) yang tengah berupaya untuk menurunkan volume impor dan mengalihkan pengadaan bahan baku melalui *supplier* lokal untuk meningkatkan produk ekspor Indonesia melalui kebijakan substitusi impor.

Substitusi impor merupakan kebijakan yang diambil oleh pemerintah pada negara-negara berkembang untuk mandiri pada bidang ekonomi dan tidak bergantung pada negara-negara maju. Kemandirian ini tentunya akan mendorong produsen lokal untuk dapat memproduksi barang-barang yang dibatasi impornya. Substitusi impor memiliki peran yang penting dalam perkembangan suatu industri khusunya pada beberapa sektor industri manufaktur (Tohonan, R. S. & Muhammad, Y., 2023).

Pemerintah melalui Kementerian Perindustrian memiliki target indikator kinerja utama yang salah satunya berupa substitusi impor pada Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Perindustrian Tahun 2020 – 2024 di dalam Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 15 Tahun 2020 dan juga berdasarkan surat Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala badan Perencanaan Pembangunan Nasional Nomor B.739/M.PPN/D.1/PP.03.02/10/2021 yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Indikator Kinerja Utama Kemenperin Tahun 2020-2024

No.	Indikator Kinerja Utama	Satuan	2020	2021	2022	2023	2024
1.	Pertumbuhan PDB industri pengolahan nonmigas	%	-2,52	3,56	5,26	7,7	8,4
2.	Kontribusi PDB industri pengolahan nonmigas	%	17,89	17,81	17,95	18,4	18,9
3.	Perusahaan dengan nilai Indonesia *Industry 4.0 Readiness Index* (INDI 4.0) > 3.0	Perusahaan	30	36	44	52	60
4.	Persentase nilai capaian penggunaan produk dalam negeri dalam pengadaan barang dan jasa Kemenperin	%	-	75	80	85	90
5.	Substitusi impor produk industri pengolahan nonmigas	%	14	22	35	35	35

Sumber: Surat Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala badan Perencanaan Pembangunan Nasional Nomor B.739/M.PPN/D.1/PP.03.02/10/2021

Dalam mendukung pencapaian Renstra Kementerian Perindustrian Tahun 2020 – 2024 tersebut, Kementerian Perindustrian melakukan Perjanjian Kinerja Menteri Perindustrian di tahun 2022 dengan tujuan untuk meningkatkan peran sektor industri terhadap perekonomian nasional. Di dalam perjanjian tersebut terdapat 4 dari 9 sasaran strategis yang berkaitan dengan substitusi impor yaitu meningkatkan daya saing dan kemandirian pada industri

pengolahan nonmigas, meningkatkan kemampuan industri lokal, meningkatkan penguasaan pasar industri, dan menguatkan kewirausahaan dan Industri kecil dan Menengah (IKM).

Kemenperin pada poin D di dalam Keputusan Menteri Perindustrian Nomor 1847 Tahun 2021 tentang kebijakan pengawasan intern kementerian perindustrian tahun 2022 berupaya untuk meningkatkan kemandirian sektor industri Indonesia pasca pandemi Covid-19 baik dalam bahan baku maupun produksi guna menumbuhkan industri dalam negeri. Salah satu dari program yang digerakkan oleh Kemenperin tersebut adalah program substitusi impor.

Substitusi impor ditujukan untuk mendorong penguatan devisa negara, memperkuat struktur industri, mendorong penguatan posisi Indonesia sebagai bagian dari *Global Supply Chain* (GVC), dan meningkatkan produktivitas nasional. Terdapat lima sektor industri yang menjadi prioritas dalam program ini yaitu industri makanan dan minuman; otomotif; elektronika, sektor farmasi, dan alat kesehatan; kimia serta tekstil dan busana (Kementerian Perindustrian RI, 2021).

2.4 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Berikut pada Tabel 2.6 ditunjukkan hasil beberapa penelitian terdahulu.

Tabel 2.6 Penelitian terdahulu

No.	(Nama, Tahun)	Judul	Hasil Penelitian
1.	(Koh dkk., 2023)	*Achieving carbon neutrality via supply chain management: position paper and editorial for IJPR special issue*	Penelitian ini memaparkan bagaimana usaha dan tantangan untuk mencapai konsep *carbon neutrality* di dalam manajemen rantai suplai. Usaha pencapaian konsep tersebut dapat dilakukan dengan optimasi dengan menggunakan mode transportasi alternatif, mengkonsolidasi pengiriman, dan mengurangi jarak perjalanan serta frekuensi perjalanan. Selain dapat mereduksi emisi karbon, hal tersebut juga

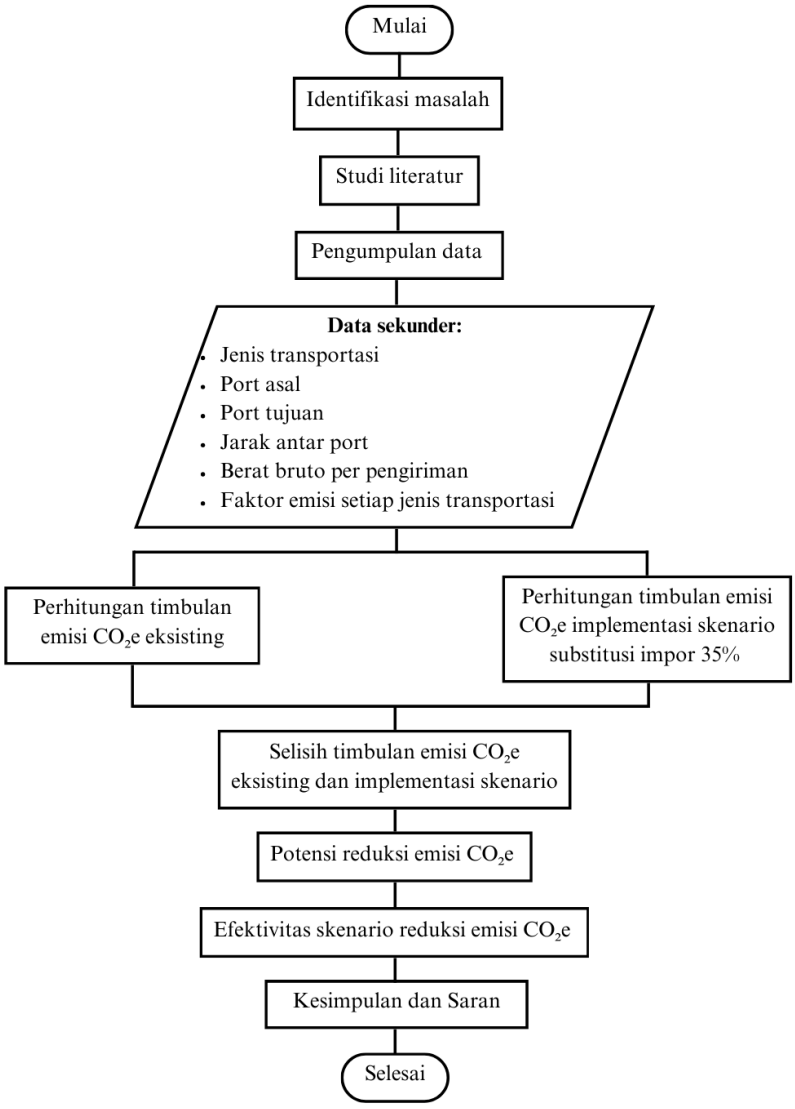
No.	(Nama, Tahun)	Judul	Hasil Penelitian
			dapat meningkatkan efisiensi dan menurunkan biaya pengiriman. Sementara itu, tantangan yang dihadapi adalah memungkinkan membutuhkan usaha dan koordinasi yang lebih dengan para *stakeholders* karena terbatasnya data akibat keterbatasan visibilitas dan kontrol oleh perusahaan dalam rantai suplai mereka yang melibatkan beberapa tingkatan *suppliers*.
2.	(Tang dkk., 2015)	*Low carbon logistics: Reducing shipment frequency to cut carbon emissions*	Penelitian ini meneliti bagaimana emisi karbon dapat diturunkan melalui pengurangan frekuensi pengiriman dengan sistem peninjauan inventaris secara berkala. Hasil temuannya adalah pengurangan frekuensi pengiriman dan mengontrol sistem peninjauan inventarisasi secara berkala dapat memenuhi target reduksi emisi yang moderat dengan dampak yang terbatas pada biaya. Hal tersebut menjadi tambahan wawasan bagi para praktisi terkait usaha mereduksi emisi karbon selain dari penggunaan energi yang lebih bersih dan kendaraan yang hemat bahan bakar.
3.	(Greene dkk., 2020)	*Well-to-tank carbon emissions from crude oil maritime transportation*	Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui jejak karbon global dalam pengiriman minyak mentah melalui transportasi kapal. Digunakan sebanyak 28.000 sampel pengiriman untuk menghitung emisi setiap perjalanannya. Ketersediaan data yang terperinci memungkinkan peneliti untuk dapat mengetahui jejak karbon dalam tingkat negara berdasarkan jalur pengiriman dan kategori ukuran kapal yang digunakan. Hasil penelitian yang didapatkan yaitu pentingnya bagi importir untuk mempertimbangkan asal dan titik pengiriman sehingga terdapat gambaran yang komperehensif terkait jejak karbon pengiriman. Didapatkan juga hasil

No.	(Nama, Tahun)	Judul	Hasil Penelitian
			bahwasanya faktor utama timbulan emisi dari pengiriman adalah faktor jarak, meskipun menggunakan kapal yang hemat energi dan muatan yang optimal. Berdasarkan hal tersebut, pengiriman pada tingkat lokal perlu untuk ditingkat dibandingkan efisiensi energi dan muatan pada kapal.
4.	(Ankathi dkk., 2022)	*Greenhouse gas emissions from the global transportation of crude oil: : Current status and mitigation potential*	Terdapat tiga tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu mengestimasi emisi gas rumah kaca (GRK) dari transportasi minyak mentah global, menyempurnakan estimasi GRK berbasis perdagangan yang terperinci, dan memproyeksikan emisi GRK dengan dua macam skenario dari transportasi minyak mentah global hingga tahun 2050. Emisi dihitung dari perkalian antara efisiensi energi dari tipe transportasi, jarak, jumlah muatan, pangsa pasar bahan bakar yang digunakan, dan faktor emisi. Didapatkan hasil penelitian yaitu emisi dari transportasi minyak mentah di tahun 2018 yaitu 109 juta metrik ton emisi GRK. Sementara itu, pada skenario pertama yaitu dengan efisiensi energi statis didapatkan emisi sebesar 82 juta metrik ton emisi GRK dan skenario kedua dengan efisiensi energi serta pangsa pasar bahan bakar yang berubah-ubah didapatkan emisi sebesar 59 juta metrik ton emisi GRK. Lebih lanjut, dapat diketahui bahwa timbulan emisi dapat direduksi lebih rendah lagi dengan penggunaan bahan bakar rendah karbon. Penelitian ini mengestimasi emisi secara terperinci antar negara sebagai penyempurnaan dari penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan pertimbangan jarak rata-rata global.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3.1 ditunjukkan diagram alir penelitian dimulai dari identifikasi masalah terkait emisi CO_2e yang ditimbulkan oleh PT ALBA dari kegiatan pengiriman bahan baku perusahaan.



Gambar 3.1 Kerangka penelitian

Pada tahun 2022 tercatat bahwa proses pengiriman bahan baku menjadi kegiatan yang menghasilkan emisi CO_2e terbanyak ke-2 pada *Scope 3* GHG Protocol. Pengiriman bahan baku yang dilakukan melalui impor menggunakan dua jalur yaitu laut-darat dan udara-darat. Jarak tempuh yang jauh membuat diperlukannya dua perjalanan yang dilakukan dalam setiap jalurnya sehingga timbulan emisi CO_2e yang dihasilkan pun besar.

Berdasarkan masalah tersebut selanjutnya akan dianalisis timbulan emisi CO_2e yang ditimbulkan sepanjang tahun 2023 pada proses pengiriman bahan baku melalui perhitungan timbulan emisi CO_2e eksisting atau 100% impor. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan timbulan emisi CO_2e dengan mengimplementasikan skenario substitusi impor 35%. Perhitungan timbulan emisi mengacu pada metode GHG Protocol dengan menggunakan data sekunder yang telah diperoleh.

Dari kedua perhitungan yang dilakukan akan dapat diketahui potensi reduksi emisi CO_2e dari implementasi skenario. Melalui potensi reduksi emisi tersebut maka dapat diketahui efektivitasnya melalui proyeksi timbulan emisi CO_2e untuk membandingkannya dengan target dekarbonisasi perusahaan tahun 2023 – 2032 di dalam *Science Based Targets initiative* (SBTi).

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data/Variabel

A. Data

Data yang diperoleh dan dikumpulkan merupakan data sekunder. Perolehan dan pengumpulan data dilakukan melalui beberapa sumber menyesuaikan dengan data yang dibutuhkan. Data yang didapatkan nantinya akan digunakan dalam proses analisis data. Data-data tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Macam dan metode perolehan data

Jenis Data	**Data**	**Metode Perolehan Data**
Data Sekunder	Jenis transportasi yang digunakan	*Database* perusahaan
	Port asal pengiriman bahan baku	
	Port tujuan pengiriman bahan baku	
	Berat bruto per pengiriman	
	Jarak antara *port* asal dan *port* tujuan	Peta atau kalkulator daring
	Jarak antara *port* tujuan dan pabrik	
	Jarak antara *supplier* lokal dan pabrik	
	Faktor emisi sesuai jenis transportasi yang digunakan	Studi literatur terkait

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui sumber lain yang telah tersedia. Pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh melalui *database* perusahaan, peta atau kalkulator daring, dan studi literatur terkait.

Data yang diperoleh dari *database* perusahaan merupakan data setiap pengiriman yaitu berupa jenis transportasi yang digunakan, *port* asal - tujuan pengiriman bahan baku, dan berat bruto per pengiriman.

Data jarak diambil melalui peta atau kalkulator daring karena data tersebut tidak disediakan oleh pihak ketiga. Data jarak tersebut merupakan jarak antara *port* asal – tujuan serta jarak antara *supplier* lokal dan pabrik.

Sementara itu, data yang diambil melalui studi literatur terkait merupakan data faktor emisi. Studi literatur yang diacu adalah dokumen faktor emisi yang dirilis oleh Department for Energy Security & Net Zero (DESNZ) dan Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA) di tahun 2023.

B. Variabel

Pada penelitian yang dilakukan terdapat dua variabel yang digunakan yaitu berupa variabel terikat dan bebas. Variabel-variabel tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel penelitian

Jenis Variabel	Variabel
Variabel Terikat	Emisi CO_2e yang dihasilkan dalam pengiriman bahan baku
Variabel Bebas	*Port* asal dan *port* tujuan pengiriman bahan baku
	Jarak antara *port* asal dan *port* tujuan
	Jarak antara *port* tujuan dan pabrik
	Jarak antara *supplier* lokal dan pabrik
	Berat bruto per pengiriman
	Jenis transportasi yang digunakan
	Faktor emisi dari jenis transportasi yang digunakan

1) Variabel Terikat

Variabel terikat biasa disebut juga sebagai variabel dependen. Variabel ini merupakan variabel yang diukur dan sifatnya dipengaruhi oleh variabel bebas atau lainnya. Pada penelitian ini variabel yang diukur yaitu emisi CO_2e yang dihasilkan dalam pengiriman bahan baku baik sebelum maupun setelah implementasi skenario substitusi impor 35%.

2) Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel terikat dan tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya. Secara umum variabel bebas yang digunakan pada analisis data di penelitian ini yaitu jenis transportasi, berat bruto per pengiriman, jarak tempuh perjalanan, dan faktor emisi dari jenis transportasi yang digunakan.

3.2.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan pada bulan Februari – Juni 2024 dan lokasi penelitian berada di *holding* atau perusahaan induk PT ALBA. Perusahaan induk tersebut membawahi beberapa anak perusahaan yang bergerak di industri manufaktur garmen. Terdapat sebanyak 7 dari 9 anak perusahaan yang bergerak pada industri tersebut. Ketujuh perusahaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Anak perusahaan PT ALBA di bidang industri garmen

Anak Perusahaan	Lokasi
PT A	Jawa Tengah
PT B	Jawa Tengah
PT C	Jawa Tengah
PT D	Jawa Tengah
PT E	Jawa Tengah
PT F	Banten
PT G	Jawa Tengah

Sumber: Data internal PT ALBA

3.3 Analisis Data

Tahapan analisis data merupakan tahapan untuk memperoleh dan mengumpulkan serta mengolah data yang didapatkan melalui proses analisis data. Dalam prosedurnya, proses analisis data terbagi menjadi tiga proses yaitu pengolahan data timbulan emisi CO_2e, analisis potensi reduksi emisi CO_2e, dan proyeksi timbulan emisi CO_2e.

3.3.1 Pengolahan Data

Pada penelitian ini digunakan metode perhitungan GHG Protocol *Scope 3* - Kategori 4: *Upstream transportation and distribution* dalam menghitung emisi CO_2e yang dihasilkan selama proses pengiriman bahan baku. Metode

perhitungan yang digunakan dalam mengolah data berdasarkan metode menurut jarak atau *distance based* sesuai panduan WRI & WBCSD (2013). Menurut WRI & WBCSD (2013), penggunaan metode menurut jarak dapat dilakukan apabila data konsumsi bahan bakar transportasi tidak tersedia.

Pada pengolahan data terdapat perbedaan berat bruto yang digunakan. Perbedaan ini disesuaikan dengan perhitungan yang dilakukan. Untuk perhitungan timbulan emisi CO_2e eksisting atau 100% impor maka digunakan 100% berat bruto. Sementara itu, untuk perhitungan pada substitusi impor digunakan 35% berat bruto untuk substitusi pada *supplier* lokal dan 65% berat bruto sisanya tetap melalui impor.

Pada persamaan (1) ditunjukkan persamaan umum yang digunakan dalam menghitung emisi CO_2e yang dihasilkan selama kegiatan pengiriman bahan baku (WRI & WBCSD, 2013). Persamaan digunakan dalam menghitung emisi CO_2e untuk setiap pengirimannya. Persamaan tidak dapat digunakan dengan menggunakan akumulasi data pengiriman. Variabel massa barang terjual disesuaikan dengan jenis perhitungan yang dilakukan.

$$\begin{aligned}\text{Emisi } CO_2e = \Sigma \Big[&\text{Massa barang terjual(ton atau volume)} \times \text{Jarak tempuh perjalanan} \\ &\text{(km)} \times \text{Faktor emisi dari jenis transportasi } \left(\frac{\text{kg}CO_2e}{\text{ton}} \text{ atau } \frac{\text{volume}}{\text{km}}\right)\Big]\end{aligned} \quad (1)$$

Perhitungan emisi CO_2e pembelian bahan baku yang dilakukan dari 100% impor maka rumus yang digunakan ditunjukkan pada persamaan (2). Variabel massa barang terjual yaitu berupa berat bruto sebesar 100%.

$$\begin{aligned}\text{Emisi } CO_2e \text{ (t.}CO_2e\text{)} = &\Sigma \left[\begin{array}{c}\text{100\% Berat bruto (ton)} \times \text{Jarak port asal dan tujuan (km)} \times \\ \text{Faktor emisi kapal atau pesawat } \left(\frac{\text{kg}CO_2e}{\text{ton}}\right)\end{array}\right] \\ &+ \Sigma \left[\begin{array}{c}\text{100\% Berat bruto (ton)} \times \text{Jarak port tujuan dan pabrik (km)} \times \\ \text{Faktor emisi truk } \left(\frac{\text{kg}CO_2e}{\text{ton}}\right)\end{array}\right]\end{aligned} \quad (2)$$

Pada perhitungan substitusi impor, berat bruto yang digunakan dalam perhitungan untuk pembelian bahan baku dari impor adalah sebesar 65%. Persamaan untuk perhitungan tersebut ditunjukkan pada persamaan (3).

$$\begin{aligned}\text{Emisi } CO_2e \text{ } (t.CO_2e) = & \Sigma \left[\begin{array}{c} 65\% \text{ Berat bruto (ton)} \times \text{Jarak port asal dan tujuan (km)} \times \\ \text{Faktor emisi kapal atau pesawat } \left(\frac{kgCO_2e}{ton}\right) \end{array} \right] \\ & + \Sigma \left[\begin{array}{c} 65\% \text{ Berat bruto (ton)} \times \text{Jarak port tujuan dan pabrik (km)} \times \\ \text{Faktor emisi truk } \left(\frac{kgCO_2e}{ton}\right) \end{array} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

Sementara itu, untuk pembelian bahan baku dari *supplier* lokal menggunakan berat bruto sebesar 35% dan hanya melakukan satu perjalanan. Maka dari itu, persamaan yang digunakan untuk pembelian bahan baku dari *supplier* lokal ditunjukkan pada persamaan (4).

$$\text{Emisi } CO_2e \text{ } (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{array}{c} 35\% \text{ Berat bruto (ton)} \times \text{Jarak } \textit{supplier} \text{ lokal dan pabrik (km)} \times \\ \text{Faktor emisi truk } \left(\frac{kgCO_2e}{ton}\right) \end{array} \right] \quad (4)$$

Metode perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini berbeda dengan yang dilakukan oleh Ankathi dkk. (2022) yang memasukkan faktor bahan bakar yang digunakan pada perhitungan timbulan emisinya. Hal ini karena data bahan bakar tidak dimiliki oleh perusahaan karena tidak disediakan oleh pihak ketiga.

Dalam menghitung jumlah emisi CO_2e yang dihasilkan selama perjalanan diperlukan suatu faktor emisi. Faktor emisi merupakan angka yang menunjukkan seberapa besar emisi GRK yang dihasilkan dari aktivitas yang terkait dengan pelepasan emisi tersebut. Faktor emisi dinyatakan sebagai berat polutan dibagi dengan satuan volume, berat, jarak atau durasi aktivitas.

Faktor emisi yang digunakan tergantung pada kebutuhan perhitungan dan ketersediaan data. Faktor emisi yang digunakan pada penelitian ini merupakan faktor emisi *tier 1* dari Department for Energy Security & Net Zero (DESNZ) dan Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA).

Hal ini karena faktor emisi yang tersedia di Indonesia saat ini belum tersedia untuk emisi GRK berupa CO_2e. Selain itu, faktor emisi milik DESNZ & DEFRA memang ditujukan untuk perhitungan GRK pada organisasi yang diakui secara internasional. Faktor emisi tersebut diperbarui setiap tahun mengikuti kondisi pada tahun tersebut (DESNZ & DEFRA, 2024).

PT ALBA melaporkan hasil inventarisasi emisinya kepada Carbon Disclosure Project (CDP). CDP merupakan organisasi non profit dunia yang menjalankan sistem pelaporan pengungkapan lingkungan dengan standar global yang salah satunya merupakan pelaporan perhitungan emisi GRK. Di dalam pelaporan emisi GRK terutama pada *scope* 3 digunakan standar atau acuan dari GHG Protocol (CDP, 2023). Sementara itu, pada panduan GHG Protocol disebutkan bahwasanya faktor emisi dapat mengacu pada standar yang diakui secara internasional yaitu milik DEFRA (WRI & WBCSD, 2013).

Pada kegiatan impor, PT ALBA menggunakan tiga jalur pengiriman dan masing-masing klasifikasi tipe transportasinya berdasarkan DESNZ & DEFRA yaitu untuk jalur laut menggunakan *cargo ship (general cargo)*, udara menggunakan *international freight flight,* dan darat menggunakan *all Heavy Goods Vehicle (HGV) average laden*. Setiap tipe transportasi tersebut memiliki faktor emisi yang berbeda-beda. Pada Tabel 3.4 ditunjukkan faktor emisi untuk setiap tipe transportasinya.

Tabel 3.4 Faktor emisi untuk transportasi yang digunakan PT ALBA

Tipe Transportasi	**Faktor Emisi ($kgCO_2e$/unit)**	**Unit**
Cargo ship (general cargo)	0,013212768590604	tonne.kilometer
Freight flight (international)	0,648741604026846	tonne.kilometer
All HGV average laden	0,096957467114094	tonne.kilometer

Sumber: DESNZ & DEFRA (2023)

3.3.2 Potensi Reduksi Emisi CO_2e

Timbulan emisi CO_2e yang telah didapatkan melalui pengolahan data selanjutnya akan dianalisis potensi reduksi emisinya menggunakan skenario substitusi impor 35%. Skenario substitusi impor merupakan suatu gambaran rencana dalam upaya untuk mengurangi kegiatan impor dengan mengalihkan sebagian *supplier* luar negeri/impor menjadi *supplier* lokal. Berdasarkan Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Perindustrian Tahun 2020 – 2024 diketahui bahwa pemerintah menargetkan substitusi sebesar 35% untuk *supplier* luar negeri menjadi *supplier* lokal di tahun 2023 dan 2024.

Potensi reduksi emisi CO_2e didapatkan dengan mengetahui selisih emisi CO_2e yang ditimbulkan dari kegiatan pengiriman bahan baku antara sebelum dan sesudah implementasi substitusi impor sebesar 35%. Semakin besar potensi reduksi emisinya maka semakin besar pula dampaknya terhadap pencapaian target dekarbonisasi perusahaan dalam mendukung program *Nationally Determined Contribution* (NDC) Indonesia. Pada persamaan (5) ditunjukkan persamaan untuk menghitung potensi reduksi emisi CO_2e (Ayuvitari & Wijayanti, 2022).

$$RE_y = BE_y - SE_y \quad (5)$$

Keterangan:

- RE_y = Reduksi emisi CO_2e di tahun y ($t.CO_2e$)
- BE_y = Emisi CO_2e *baseline* di tahun y ($t.CO_2e$)
- SE_y = Emisi CO_2e skenario di tahun y ($t.CO_2e$)

3.3.3 Proyeksi Timbulan Emisi CO_2e

Proyeksi yang dilakukan berdasarkan perhitungan perbandingan antara dua variabel yaitu data jumlah pembelian bahan baku dan timbulan emisi CO_2e pada tahun sebelumnya. Perbandingan kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang positif sehingga perhitungan yang dilakukan melalui persamaan perbandingan senilai yang ditunjukkan pada persamaan (6) (Liu dkk., 2019).

$$EM_x = \frac{BB_x}{BB_{x-1}} \times EM_{x-1} \quad (6)$$

Keterangan:

- EM_x = Emisi CO_2e di tahun x ($t.CO_2e$)
- EM_{x-1} = Emisi CO_2e di tahun sebelum x ($t.CO_2e$)
- BB_x = Jumlah pembelian bahan baku di tahun x (ton)
- BB_{x-1} = Jumlah pembelian bahan baku di tahun sebelum x (ton)

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

PT ALBA sebagai perusahaan *holding* atau induk memiliki beberapa *subsidiaries* atau beberapa anak perusahaan dalam praktek bisnisnya. Tercatat hingga tahun 2023, PT ALBA memiliki sebanyak tujuh anak perusahaan yang bergerak di industri manufaktur garmen tersebar di Pulau Jawa.

Sebagian besar proses produksi garmen pada PT ALBA dilakukan di wilayah Jawa Tengah, yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 bagian waktu dan lokasi penelitian bahwasanya sebanyak 6 dari 7 anak perusahaan PT ALBA berada di wilayah Jawa Tengah yaitu PT A, PT B, PT C, PT D, PT E, dan PT G. Sementara itu, PT ALBA sebagai perusahaan induk dan PT F berlokasi di wilayah Banten.

Industri garmen merupakan industri manufaktur yang proses utamanya adalah menggabungkan bahan baku utama berupa kain dan aksesoris menjadi pakaian jadi dengan model tertentu sesuai dengan permintaan *buyer*. Oleh karena itu, pembelian bahan baku melalui pihak ketiga yaitu *supplier* menjadi tahap awal dari proses produksi pada industri garmen.

4.2 Supplier PT ALBA

Pembelian bahan baku untuk produksi PT ALBA dilakukan melalui pembelian ke *supplier* yang spesifikasinya disesuaikan dengan kebutuhan produksi. Dalam pemilihan *supplier* pun PT ALBA perlu menyesuaikan standar dan spesifikasi tertentu yang dibutuhkan oleh *buyer* perusahaan. Pada tahun 2023 tercatat bahwa PT ALBA masih mengandalkan *supplier* dari luar negeri atau impor.

1. *Supplier* luar negeri/impor

Impor yang dilakukan oleh PT ALBA berasal dari *supplier* di bermacam negara seperti Vietnam, China, India, Jepang, Korea, dan negara lainnya. Setiap anak perusahaan memiliki *supplier* yang berbeda-beda dikarenakan perbedaan *buyer* di setiap pabrik anak perusahaan. Pada Tabel 4.1 ditunjukkan daftar negara *supplier* di setiap anak perusahaan di tahun 2023.

Tabel 4.1 Daftar negara *supplier* pada pengiriman impor

Anak Perusahaan	**Asal Negara S*upplier***
PT A	China, Hongkong, India, Korea, Jepang, Malaysia, Singapura, Thailand, dan Vietnam
PT B	Bangladesh, China, Hong Kong, Jepang, Korea, Kepulauan Marshall, Taiwan, Thailand, Vietnam
PT C	China, Hong Kong, Korea, Belanda, Vietnam
PT D	China, Hong Kong, Kepulauan Marshall, Amerika Serikat, Jepang, Vietnam
PT E	China, Hong Kong, Italia, Jepang, India, Korea, Kepulauan Marshall, Pakistan, Singapura, Spanyol, Thailand, Taiwan, Vietnam
PT F	Austria, Kanada, China, Hong Kong, India, Jepang, Korea, Portugal, Swedia, Swiss, Thailand, Taiwan, Amerika Serikat, Vietnam
PT G	Kambodia, Perancis, Jerman, China, Hong Kong, Italia, Jepang, Korea, Kepulauan Marshall, Singapura, Thailand, Taiwan, Amerika Serikat, Vietnam

Sumber: Data internal PT ALBA

Pada pembelian bahan baku melalui impor, PT ALBA dan para *supplier* sepakat bahwa dalam transaksi pembeliannya menerapkan sistem *Free on Board* (FoB). Artinya bahwa biaya pengiriman dari gudang *supplier* ke *port* dan *port handling* serta *custom clearance* ditanggung oleh *supplier*. Sementara itu, biaya pengiriman dari *port* asal hingga ke pabrik ditanggung oleh PT ALBA. Berdasarkan hal tersebut artinya perusahaan bertanggung jawab atas dua pengiriman yaitu

pengiriman antara *port* negara asal ke negara tujuan dan *port* negara tujuan ke pabrik.

2. *Supplier* lokal

Pada penelitian ini digunakan *supplier* lokal untuk implementasi dari skenario substitusi impor 35%. Penentuan *supplier* lokal yang digunakan adalah berdasarkan rekomendasi dari perusahaan sesuai kapasitas dan lokasi *supplier* baik yang berada dalam satu wilayah yang sama maupun berdekatan dengan fasilitas pabrik PT ALBA. Pada Tabel 4.2 ditunjukkan daftar *supplier* lokal yang ditetapkan beserta lokasi dan pabrik yang dapat dilayani.

Tabel 4.2 Daftar *supplier* lokal dan pabrik yang dilayani

***Supplier* Lokal**	**Lokasi *Supplier***	**Pabrik Terlayani**	**Jarak (km)**
PT X	Jawa Tengah	PT A	71,7
		PT B	83,6
		PT C	110
		PT D	110
		PT E	64,5
		PT G	64,5
PT Y	Jawa Barat	PT F	159

Sumber: Analisis Penulis

Timbulan emisi CO_2e pada *scope 3* merupakan emisi yang sulit direduksi dibandingkan dengan dua *scope* lainnya karena emisi pada *scope* tersebut ditimbulkan oleh sumber di luar perusahaan. Contohnya adalah seperti konsumsi bahan bakar dalam pengiriman bahan baku. Konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam perjalanan pengiriman bahan baku merupakan data yang tidak dapat diukur langsung karena dioperasikan oleh pihak ketiga (Kellner, 2016). Selain itu, tipe spesifik transportasi yang digunakan dan rute pengiriman juga diatur oleh pihak ketiga yaitu kurir atau pengangkut.

Dalam upaya mereduksi timbulan emisi CO_2e, perusahaan dapat mengoptimalkan pengiriman dengan mengurangi jarak perjalanan pengiriman (Koh dkk., 2023). Pengurangan jarak perjalanan tersebut dapat dilakukan perusahaan dengan menentukan *supplier* dan jarak lokasi terdekat dengan pabrik. Menurut Kellner (2016) implementasi upaya reduksi karbon dalam rantai pasok memungkinkan membutuhkan biaya yang mahal. Sementara itu, upaya mereduksi emisi CO_2e dengan substitusi impor merupakan upaya tanpa modal. Perusahaan cukup untuk mencari *supplier* lokal yang memiliki kapasitas sama dengan *supplier* luar negeri atau impor yang ingin disubstitusi.

4.3 Aktivitas Pengiriman Bahan Baku PT ALBA

Kondisi eksisting pengiriman bahan baku pada PT ALBA, masih mengandalkan pengiriman melalui impor. Pada pengiriman impor, terdapat dua pengiriman yang dilakukan yaitu:

1. Pengiriman antara *port* negara asal ke negara tujuan
2. Pengiriman antara *port* negara tujuan ke pabrik

Dalam kedua pengiriman tersebut tipe transportasi yang digunakan berbeda. Tipe transportasi yang digunakan pada setiap pengirimannya secara umum ditunjukkan pada Tabel 4.3. Penentuan tipe transportasi berdasarkan pedoman di dalam dokumen faktor emisi milik Department for Energy Security & Net Zero (DESNZ) dan Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA).

Tabel 4.3 Tipe transportasi yang digunakan pada pengiriman bahan baku

Jenis Pengiriman	**Tipe Transportasi**
Pengiriman antara *port* negara asal ke negara tujuan	*Cargo ship (general cargo)*
	Freight flight (international)
Pengiriman antara *port* negara tujuan ke pabrik	*All HGV (average laden)*

Sumber: DESNZ & DEFRA (2023)

Semua transportasi yang digunakan baik pada pengiriman antar *port* maupun *port* negara tujuan ke pabrik merupakan kepemilikan pihak ketiga yaitu kurir atau pengangkut. Perusahaan memiliki keterbatasan visibilitas dan kontrol perusahaan terhadap rantai pasok yang dioperasikan oleh pihak ketiga (Koh dkk., 2023). Oleh karena itu, kategori tipe transportasi yang digunakan merupakan kategori umum atau rata-rata. Pada setiap negara *supplier* luar negeri memiliki masing-masing pengangkut yang berbeda. Selain itu, setiap pengangkut juga menggunakan tipe transportasi yang berbeda-beda.

Penentuan pengangkut yang digunakan pada perusahaan disesuaikan dengan berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut seperti ketersediaan *port* di negara asal maupun tujuan, ketersediaan pengangkut di negara *supplier*, jarak antara *port* dengan *supplier*, jumlah barang yang dikirim, dan kecepatan waktu pengiriman. *Port* dapat diartikan sebagai tempat untuk memuat dan mengirimkan barang, dalam penelitian ini yaitu berupa pelabuhan ataupun bandara.

4.4 Timbulan Emisi CO_2e Pengiriman Bahan Baku

Pengiriman bahan baku menjadi proses yang tidak dapat terlepas dari timbulnya emisi berupa gas rumah kaca (GRK). Timbulan ini dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar pada transportasi yang digunakan saat pengiriman bahan baku. Perhitungan timbulan emisi CO_2e pada pengiriman bahan baku menggunakan acuan GHG Protocol menurut jarak atau *distance based*.

Perhitungan timbulan emisi CO_2e dilakukan pada setiap pengiriman. Dalam perhitungannya dilakukan dua macam perhitungan. Perhitungan yang pertama yaitu perhitungan emisi CO_2e dari pengiriman impor eksisting. Sementara itu, perhitungan yang kedua yaitu perhitungan emisi CO_2e dari implementasi substitusi impor 35%.

Perbedaan dari kedua perhitungan tersebut adalah pada variabel berat bruto yang digunakan. Pada perhitungan pengiriman impor eksisting menggunakan berat bruto sebesar 100%. Sementara itu, pada perhitungan implementasi substitusi impor 35% artinya sebesar 35% dari berat bruto dialihkan kepada *supplier* lokal sedangkan 65% berat bruto sisanya menggunakan pengiriman impor.

Perhitungan timbulan emisi CO_2e pada pengiriman impor baik menggunakan 100% maupun 65% berat bruto, timbulan emisi CO_2e ditimbulkan dari dua perjalanan yang dilakukan. Pertama, perjalanan dari *port* asal ke tujuan. Kedua, perjalanan dari *port* tujuan ke pabrik. Dari kedua hasil perhitungan tersebut kemudian dijumlahkan untuk mengetahui total timbulan emisi CO_2e dari setiap pengiriman impor. Sementara itu, pada pengiriman melalui *supplier* lokal dengan 35% berat bruto hanya menimbulkan timbulan emisi CO_2e dari satu perjalanan yaitu perjalanan dari gudang *supplier* lokal ke pabrik PT ALBA.

4.4.1 Perhitungan Emisi CO_2e Pengiriman Impor Eksisting

Perhitungan timbulan emisi CO_2e eksisting atau 100% impor menggunakan berat bruto sebesar 100%. Artinya adalah keseluruhan berat bruto dalam satu kali pengiriman dikirimkan melalui impor. Pengiriman antar *port* dapat dilakukan melalui tipe transportasi berupa pesawat ataupun kapal.

Pada Tabel 4.4 ditunjukkan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan. Selanjutnya, menggunakan data-data tersebut akan dihitung total timbulan emisi CO_2e yang dihasilkan dalam satu kali pengiriman dari dua kali perjalanan pada salah satu pengiriman impor di PT A.

Tabel 4.4 Kebutuhan data pada perhitungan emisi CO_2e dari 100% impor

Jenis Data	Data
Negara *supplier*	China
Port asal	Bandara Shanghai PU Dong
Port tujuan	Bandara Soekarno Hatta
Pabrik	PT A
Total Bruto (ton)	1,14
Perjalanan 1	
Jarak antara *port* asal - tujuan (km)	4.446
Tipe Transportasi	*Freight flight (international flight)*

Jenis Data	Data
Faktor emisi (tCO_2e/ton.km)	0,000648741604026846
Perjalanan 2	
Jarak antara *port* tujuan - pabrik (km)	543
Tipe transportasi	*All HGV (average laden)*
Faktor emisi (tCO_2e/ton.km)	0,000096957467114094

Sumber: Database PT ALBA

- Perhitungan emisi CO_2e perjalanan 1

$$\text{Emisi } CO_2e\ (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{matrix} 1{,}14 \text{ ton} \times 4.446 \text{ km} \times \\ 0{,}00065 \left(\frac{tCO_2e}{ton.km}\right) \end{matrix} \right]$$

$$= 3{,}29\ tCO_2e$$

- Perhitungan emisi CO_2e perjalanan 2

$$\text{Emisi } CO_2e\ (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{matrix} 1{,}14 \text{ ton} \times 543 \text{ km} \times \\ 0{,}000097 \left(\frac{kgCO_2e}{ton.km}\right) \end{matrix} \right]$$

$$= 0{,}06\ tCO_2e$$

- Total timbulan emisi CO_2e

$$\text{Total Emisi } CO_2e\ (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{matrix} 1{,}14 \text{ ton} \times 4.446 \text{ km} \times \\ 0{,}00065 \left(\frac{tCO_2e}{ton.km}\right) \end{matrix} \right] + \Sigma \left[\begin{matrix} 1{,}14 \text{ ton} \times 543 \text{ km} \times \\ 0{,}000097 \left(\frac{tCO_2e}{ton.km}\right) \end{matrix} \right]$$

$$= (3{,}29 + 0{,}06)\ tCO_2e$$

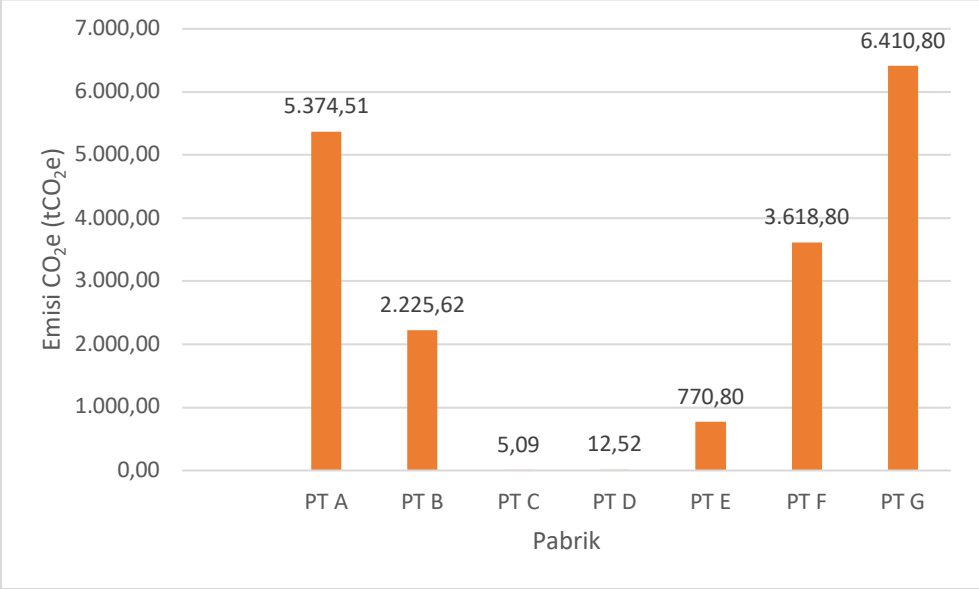
$$= 3{,}35\ tCO_2e$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka didapatkan timbulan emisi CO_2e pada salah satu pengiriman impor di PT A adalah sebesar 3,35 tCO_2e. Angka tersebut berdasarkan total timbulan emisi yang ditimbulkan dalam satu kali pengiriman dari dua perjalanan yaitu antara Bandara Shanghai PU Dong – Bandara Soekarno Hatta – PT A.

Perhitungan yang sama diterapkan pada setiap pengiriman bahan baku di setiap pabrik untuk mengetahui total emisi yang ditimbulkan PT ALBA dari keseluruhan pabrik. Berikut pada Tabel 4.5 ditunjukkan akumulasi hasil perhitungan emisi CO_2e menggunakan perhitungan 100% impor.

Tabel 4.5 Timbulan emisi CO_2e dari perhitungan 100% impor

Pabrik	**Total Emisi 100% Impor (tCO2e)**
PT A	5.374,51
PT B	2.225,62
PT C	5,09
PT D	12,52
PT E	770,80
PT F	3.618,80
PT G	6.410,80
TOTAL	**18.418,14**



Gambar 4.1 Total emisi CO_2e 100% impor setiap pabrik

Diketahui bahwasanya dari Tabel 4.6 di tahun 2023 PT ALBA menimbulkan emisi CO_2e eksisting sebesar 18.418,14 tCO_2e dari proses pengiriman bahan baku. Selanjutnya pada Gambar 4.1 diketahui bahwa PT G merupakan pabrik yang berkontribusi paling besar terhadap timbulan emisi PT ALBA dengan kontribusi sebesar 6.410,80 tCO_2e. Sementara itu, pabrik yang berkontribusi paling kecil yaitu PT C dengan emisi CO2e sebesar 5,09 tCO_2e.

Terlihat bahwa setiap pabrik memiliki timbulan emisi CO_2e yang berbeda-beda. Perbedaan emisi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor dan faktor terbesarnya menurut penelitian Greene dkk. (2020) adalah jarak tempuh. Semakin jauh jarak yang ditempuh maka emisi yang ditimbulkan akan semakin besar. Lebih lanjut, disebutkan bahwasanya pengiriman pada lokal dapat lebih ditingkatkan dibandingkan dengan efisiensi energi dan muatan pada transportasi.

4.4.2 Perhitungan Emisi CO_2e Implementasi Substitusi Impor 35%

Substitusi impor merupakan strategi yang dilakukan melalui skenario pengalihan *supplier* impor menjadi lokal. Persentase besar pengalihan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebesar 35%. Pada perhitungan yang

dilakukan terdapat dua berat bruto yang digunakan yaitu 65% untuk *supplier* luar negeri/impor dan 35% untuk *supplier* lokal.

Perhitungan implementasi skenario dilakukan pada salah satu pengiriman di PT A. Pada Tabel 4.6 ditunjukkan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan implementasi skenario pada pengiriman impor sebesar 65%.

Tabel 4.6 Kebutuhan data perhitungan timbulan emisi CO_2e dari pengiriman 65% impor

Jenis Data	**Data**
Negara *supplier*	China
Port asal	Bandara Shanghai PU Dong
Port tujuan	Bandara Soekarno Hatta
Pabrik	PT A
Total bruto (ton)	1,14
65% Bruto (ton)	0,74
Perjalanan 1	
Jarak antara *port* asal - tujuan (km)	4.446
Tipe Transportasi	*Freight flight (international flight)*
Faktor emisi (tCO_2e/ton.km)	0,000648741604026846
Perjalanan 2	
Jarak antara *port* tujuan - pabrik (km)	543
Tipe transportasi	*All HGV (average laden)*
Faktor emisi (tCO_2e/ton.km)	0,000096957467114094

Sumber: Database PT ALBA

- Perhitungan emisi CO_2e perjalanan 1

$$\text{Emisi } CO_2e \text{ } (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{matrix} 0{,}74 \text{ ton} \times 4.446 \text{ km} \times \\ 0{,}00065 \left(\frac{tCO_2e}{ton.km} \right) \end{matrix} \right]$$

$$= 2{,}14 \text{ } tCO_2e$$

- Perhitungan emisi CO_2e perjalanan 2

$$\text{Emisi } CO_2e \text{ } (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{matrix} 0{,}74 \text{ ton} \times 543 \text{ km} \times \\ 0{,}000097 \left(\frac{tCO_2e}{ton.km} \right) \end{matrix} \right]$$

$$= 0{,}04 \text{ } tCO_2e$$

- Total timbulan emisi CO_2e

$$\text{Total Emisi } CO_2e \text{ } (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{matrix} 0{,}74 \text{ ton} \times 4.446 \text{ km} \times \\ 0{,}00065 \left(\frac{kgCO_2e}{ton.km} \right) \end{matrix} \right] + \Sigma \left[\begin{matrix} 0{,}74 \text{ ton} \times 543 \text{ km} \times \\ 0{,}000097 \left(\frac{kgCO_2e}{ton.km} \right) \end{matrix} \right]$$

$$= (2{,}14 + 0{,}04) \text{ } tCO_2e$$

$$= 2{,}18 \text{ } tCO_2e$$

Pada salah satu pengiriman PT A dengan 65% impor didapatkan timbulan emisi pada perjalanan 1 yaitu antar *port* sebesar 2,14 tCO_2e dan pada perjalanan 2 yaitu antara *port* - pabrik sebesar 0,04 tCO_2e. Jadi, timbulan emisi pada salah satu pengiriman di PT A dengan 65% impor adalah sebesar 2,18 tCO_2e.

Sementara itu, pada Tabel 4.7 ditunjukkan data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan implementasi skenario pada pengiriman melalui *supplier* lokal sebesar 35%.

Tabel 4.7 Kebutuhan data perhitungan timbulan emisi CO_2e dari pengiriman melalui 35% *supplier* lokal

Jenis Data	Data
Supplier lokal	PT X
Asal	Pabrik PT X
Tujuan	Pabrik PT A
Total bruto (ton)	1,14
35% Bruto (ton)	0,40
Jarak antara asal - tujuan (km)	71,7
Tipe Transportasi	*All HGV (average laden)*
Faktor emisi ($kgCO_2e$/ton)	0,000096957467114094

Sumber: Database PT ALBA

$$\text{Total Emisi } CO_2e \text{ } (t.CO_2e) = \Sigma \left[\begin{matrix} 0{,}40 \text{ ton } \times 71{,}7 \text{ km} \times \\ 0{,}000097 \left(\frac{kgCO_2e}{ton} \right) \end{matrix} \right]$$

$$= 0{,}003 \; tCO_2e$$

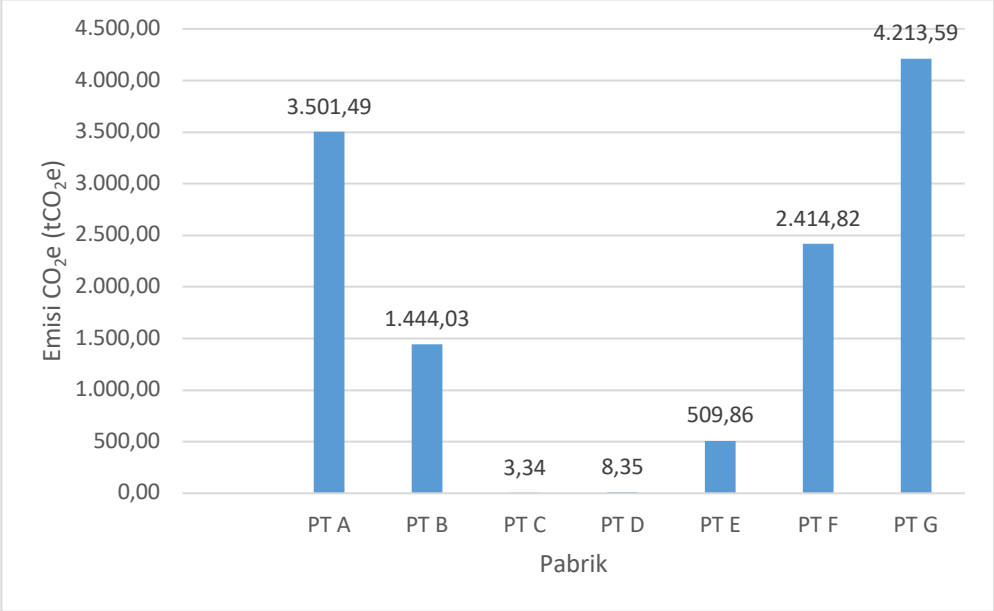
Berdasarkan perhitungan yang dilakukan pada pengiriman melalui lokal didapatkan timbulan emisi sebesar 0,003 tCO_2e. Maka melalui implementasi substitusi impor 35%, total timbulan emisi yang dihasilkan pada salah satu pengiriman PT A adalah penjumlahan dari pengiriman 65% impor dan 35% *supplier* lokal yaitu sebesar 2,183 tCO_2e.

Perhitungan yang sama diterapkan pada setiap pengiriman bahan baku di setiap pabrik untuk mengetahui total timbulan emisi menggunakan implementasi skenario substitusi impor 35%. Berikut pada Tabel 4.8 ditunjukkan akumulasi hasil perhitungan timbulan emisi CO_2e menggunakan implementasi skenario.

Tabel 4.8 Timbulan emisi CO_2e dari implementasi substitusi impor 35%

Pabrik	Emisi Substitusi Impor 35% (tCO2e)		Total Emisi Substitusi Impor 35%(tCO2e)
	65% Impor	35% Lokal	
PT A	3.493,43	8,06	3.501,49
PT B	1.436,96	7,07	1.444,03
PT C	3,31	0,03	3,34
PT D	8,14	0,21	8,35
PT E	501,02	8,84	509,86
PT F	2.352,22	62,60	2.414,82
PT G	4.167,14	46,45	4.213,59
TOTAL	**11.962,22**	**133,25**	**12.095,47**

Pada Tabel 4.8 diketahui terdapat dua total hasil perhitungan perhitungan timbulan emisi CO_2e dari implementasi skenario yaitu perhitungan 65% impor sebesar 11.962,22 tCO_2e dan 35% lokal sebesar 133,25 tCO_2e. Jadi, didapatkan total timbulan emisi dari implementasi skenario pada pengiriman bahan baku di tahun 2023 adalah sebesar 12.095,47 tCO_2e. Selanjutnya pada Gambar 4.2 ditunjukkan timbulan emisi CO_2e untuk setiap pabrik.



Gambar 4.2 Total emisi CO_2e substitusi impor 35% setiap pabrik

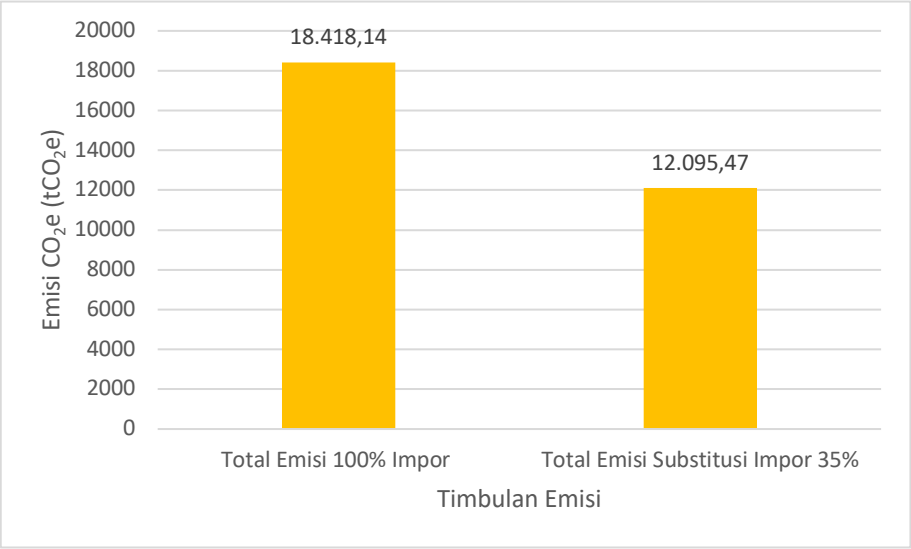
4.4.3 Total Emisi CO_2e dari 100% Impor dan Substitusi Impor 35%

Pada sub bab 4.4.1 dan 4.4.2 telah dilakukan perhitungan timbulan emisi CO_2e baik pada 100% impor maupun implementasi skenario substitusi impor 35%. Berikut pada tabel 4.9 ditunjukkan hasil akumulasi dari kedua perhitungan untuk setiap pabriknya.

Tabel 4.9 Timbulan emisi CO_2e dari perhitungan emisi 100% impor dan substitusi impor 35% setiap pabrik

Pabrik	Total Emisi 100% Impor (tCO2e)	Total Emisi Substitusi Impor 35% (tCO2e)
PT A	5.374,51	3.501,49
PT B	2.225,62	1.444,03
PT C	5,09	3,34
PT D	12,52	8,35
PT E	770,80	509,86
PT F	3.618,80	2.414,82

Pabrik	Total Emisi 100% Impor (tCO2e)	Total Emisi Substitusi Impor 35% (tCO2e)
PT G	6.410,80	4.213,59
TOTAL	**18.418,14**	**12.095,47**

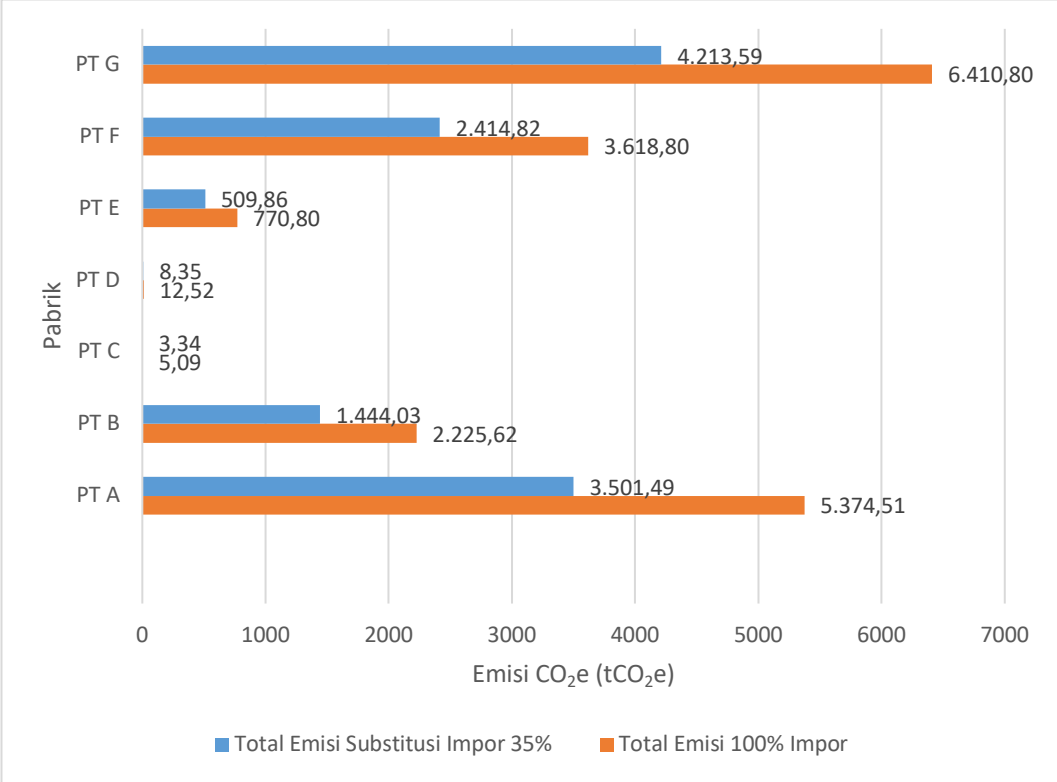


Gambar 4.3 Total emisi CO_2e sebelum dan setelah substitusi impor 35%

Pada Gambar 4.3 diketahui bahwa total emisi CO_2e sebelum substitusi impor yaitu pada 100% impor yaitu sebesar 18.418,14 tCO_2e dan setelah substitusi impor 35% sebesar 12.095,47 tCO_2e.

4.5 Potensi Reduksi Emisi CO_2e dari Implementasi Substitusi Impor 35%

Potensi reduksi emisi CO_2e dari implementasi skenario substitusi impor 35% dapat diketahui dengan mencari selisih total timbulan emisi CO_2e dari hasil kedua perhitungan yang telah dilakukan. Pada Gambar 4.4 ditunjukkan perbandingan hasil timbulan emisi CO_2e sebelum dan setelah substitusi impor 35% di setiap pabrik.



Gambar 4.4 Perbandingan total emisi CO_2e sebelum dan setelah substitusi impor 35% pada setiap pabrik

Selanjutnya, potensi reduksi emisi CO_2e dapat diketahui dengan menghitung selisih antara timbulan emisi CO_2e sebelum dan setelah implementasi skenario. Perhitungan di bawah merupakan salah satu perhitungan potensi reduksi emisi CO_2e pada PT A.

$$RE_{2023} \text{ PT A } (t.CO_2e) = (5.374{,}51 - 3.501{,}49)\ tCO_2e$$

$$= 1.873{,}02\ tCO_2e$$

Pada PT A diketahui terdapat potensi reduksi emisi CO_2e sebesar 1.873,02 tCO_2e dari substitusi impor 35%. Dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk setiap pabrik maka didapatkan potensi reduksi emisi secara keseluruhan yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Potensi reduksi emisi CO_2e dari substitusi impor 35% di setiap pabrik

Pabrik	Total Emisi 100% Impor (tCO2e)	Total Emisi Substitusi Impor 35% (tCO2e)	Potensi Reduksi Emisi (tCO_2e)
PT A	5.374,51	3.501,49	1.873,02
PT B	2.225,62	1.444,03	781,59
PT C	5,09	3,34	1,75
PT D	12,52	8,35	4,18
PT E	770,80	509,86	260,94
PT F	3.618,80	2.414,82	1.203,98
PT G	6.410,80	4.213,59	2.197,21
TOTAL	**18.418,14**	**12.095,47**	**6.322,67**

Pada Tabel 4.10 diketahui bahwa di antara hasil perhitungan emisi CO_2e dari total emisi perhitungan 100% impor dan substitusi impor 35% terdapat selisih sebesar 6.322,67 tCO_2e atau 34,33%. Artinya potensi reduksi emisi dari substitusi impor 35% pada emisi pengiriman bahan baku di PT ALBA adalah sebesar 34,33%. Angka tersebut merupakan besar angka potensi reduksi emisi pada emisi kategori 4. Sementara itu, pada emisi *scope 3* terdapat potensi reduksi emisi sebesar 1,81%. Sebelum implementasi skenario, kategori 4 berkontribusi sebesar 5,47% terhadap emisi *scope 3* dan ketika implementasi skenario menjadi sebesar 3,66%.

Reduksi emisi CO_2e yang terjadi disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama yaitu berat bruto yang dihitung pada setiap perhitungan. Kedua yaitu perbedaan banyaknya perjalanan yang dilakukan. Ketiga yaitu jarak yang ditempuh dalam satu kali perjalanan. Pada perhitungan implementasi skenario berat bruto yang dibawa pada impor adalah 65% dan pada pengiriman 35% lokal berat bruto yang dibawa adalah 35%. Selain itu, pada pengiriman lokal hanya melakukan satu kali

perjalanan sehingga jarak tempuh lebih pendek jika dibandingkan dengan pengiriman impor baik dengan 100% maupun 65% berat bruto.

4.5.1 Efektivitas Implementasi Substitusi Impor 35%

Efektivitas reduksi emisi CO_2e dari implementasi substitusi impor 35% yang dilakukan dapat dilihat dengan membandingkan hasil perhitungan emisi dan *Science Based Targets initiative* (SBTi) PT ALBA pada tahun yang sama. Perusahaan telah menentukan target reduksi emisi CO_2e khususnya pada *scope 3* untuk tahun 2023 – 2032. Adapun target reduksi emisi tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Target reduksi emisi CO_2e pada *Scope 3*

Tahun	Target Reduksi Emisi (tCO_2e)
2023	537.495,95
2024	520.872,36
2025	504.248,78
2026	487.625,19
2027	471.001,61
2028	454.378,02
2029	437.754,43
2030	421.130,85
2031	404.507,26
2032	387.883,67

Sumber: Data internal PT ALBA

Data internal perusahaan menunjukkan bahwa timbulan emisi CO_2e kategori 4 yaitu pengiriman bahan baku memberikan kontribusi sebesar 5,37% terhadap *scope 3* di tahun 2022 dan 5,47% di tahun 2023. Selanjutnya, target reduksi emisi CO_2e untuk *scope 3* – kategori 4 diambil persentase terbesar karena kedua angka persentase di dua tahun tersebut tidak jauh berbeda.

Target reduksi emisi CO_2e untuk *scope 3* – kategori 4 diambil sebesar 5,47% dari target reduksi emisi *scope 3*. Penentuan target tersendiri ini karena *scope 3* terdiri dari banyak kategori sehingga efektivitas reduksi emisi kategori 4 dapat dilihat dengan membandingkan target reduksi emisi pada kategori yang sama. Pada Tabel 4.12 ditunjukkan target reduksi emisi untuk *scope 3* – kategori 4.

Tabel 4.12 Target reduksi emisi CO_2e pada *Scope 3* – Kategori 4

Tahun	**Target Reduksi Emisi (tCO_2e)**
2023	29.389,57
2024	28.480,61
2025	27.571,66
2026	26.662,70
2027	25.753,74
2028	24.844,79
2029	23.935,83
2030	23.026,88
2031	22.117,92
2032	21.208,97

Sumber: Analisis Penulis

Berdasarkan hasil perhitungan timbulan emisi CO_2e yang telah dilakukan sebelumnya didapatkan bahwa di tahun 2023, PT ALBA menimbulkan emisi CO_2e pada kategori 4 sebesar 18.418,14 tCO_2e. Kemudian, ketika implementasi skenario substitusi impor 35% didapatkan reduksi emisi hingga 34,33% menjadi 12.095,47 tCO_2e. Angka timbulan emisi tersebut telah mencapai target reduksi emisi di tahun yang sama yaitu 2023 bahkan di tahun 2032.

Dalam pencapaian target reduksi emisi tersebut, terdapat hal yang perlu diperhatikan bahwasanya emisi yang ditimbulkan juga dipengaruhi oleh jumlah *order* dari *buyer* yang berpengaruh terhadap jumlah pengiriman bahan baku serta utilisasi mesin (kapasitas mesin yang digunakan dari yang tersedia) pada tahun tersebut.

Pada tahun 2023, PT ALBA mengalami penurunan produksi sehingga berpengaruh terhadap penurunan jumlah pembelian bahan baku dan utilisasi mesin. Hal tersebut akhirnya berdampak juga terhadap penurunan emisi CO_2e yang ditimbulkan pada tahun tersebut. Oleh karena itu, dalam perhitungan timbulan emisi CO_2e diperlukan pertimbangan kenaikan dan penurunan produksi pada tahun terhitung.

4.6 Proyeksi Timbulan Emisi CO_2e Tahun 2023 – 2032

Setiap tahun PT ALBA mengalami fluktuasi jumlah produksi yang disebabkan oleh permintaan *buyer* yang tidak menentu setiap tahunnya. Pada tahun 2023 terjadi penurunan produksi akibat kondisi pasar global yang melemah yang menyebabkan permintaan atau *demand* terhadap perusahaan ikut menurun. Pada Tabel 4.13 ditunjukkan bahwa tahun 2023 merupakan tahun dengan penjualan terendah selama lima tahun terakhir (2019 – 2023).

Tabel 4.13 Penjualan bersih PT ALBA selama 5 tahun terakhir

Tahun	Penjualan Bersih (1000 USD)
2019	665,0
2020	684,9
2021	689,4
2022	690,0
2023	581,6

Sumber: Website PT ALBA

Penurunan produksi berkaitan dengan penurunan pada utilisasi mesin dan jumlah pembelian bahan baku yang dilakukan. Lebih lanjut, penurunan yang terjadi juga berkaitan dengan penurunan timbulan emisi CO_2e yang terjadi. Pada Tabel

4.14 ditunjukkan data penurunan utilisasi mesin, jumlah pembelian bahan baku, dan timbulan emisi *scope 3* di antara tahun 2022 dan 2023.

Tabel 4.14 Penurunan utilisasi mesin, bahan baku, dan emisi CO_2e antara tahun 2022 dan 2023

Tahun	Utilisasi Mesin (%)	Jumlah Pembelian Bahan Baku (ton)	Timbulan Emisi Kategori 4 (tCO_2e)
2022	85,0%	72.385,2	29.736,13
2023	50,2%	42.716,8	18.418,14

Sumber: Data Internal PT ALBA

Pada Tabel 4.14 terlihat bahwa penurunan jumlah pembelian bahan baku dan utilisasi mesin diikuti dengan penurunan emisi CO_2e yang ditimbulkan. Hal ini karena ketika produksi menurun artinya jumlah *demand* atau permintaan menurun, jumlah bahan baku yang dibeli pun ikut menurun termasuk jumlah pengiriman yang dilakukan dari pembelian bahan baku. Terakhir, penurunan jumlah pengiriman berhubungan dengan emisi CO_2e yang ditimbulkan pada pengiriman bahan baku yaitu emisi CO_2e kategori 4.

Untuk mengetahui efektivitas dari implementasi skenario substitusi impor 35% terhadap reduksi emisi CO_2e pada kategori 4, maka dapat dilakukan proyeksi timbulan emisi CO_2e dikaitkan dengan jumlah pembelian bahan baku dan utilisasi mesin untuk dibandingkan dengan target dekarbonisasi perusahaan tahun 2023 – 2032. Proyeksi yang dilakukan merupakan proyeksi yang menunjukkan pertumbuhan positif produksi setiap tahunnya hingga utilisasi mesin tertinggi yaitu 100% dengan menggunakan *baseline* tahun 2023.

Perusahaan saat ini belum memiliki target untuk meningkatkan kapasitas produksi melalui pembelian mesin baru. Maka dari itu, perusahaan berupaya untuk memaksimalkan mesin yang tersedia saat ini. Oleh karena itu, upaya tersebut dapat dilakukan dengan pencapaian utilisasi mesin hingga 100%. Artinya keseluruhan mesin yang terpakai sama dengan yang tersedia. Selanjutnya, tahun 2023 diambil sebagai *baseline* karena pada tahun tersebut terjadi produksi terendah dalam lima tahun terakhir.

Pada proyeksi ditentukan batas bawah berupa *baseline* data jumlah pembelian bahan baku dan utilisasi mesin pada tahun 2023 serta batas atas dengan utilisasi mesin 100% ketika semua mesin yang tersedia dioperasikan. Dengan begitu, maka dapat diproyeksikan utilisasi mesin, jumlah pembelian bahan baku, dan timbulan emisi CO_2e tahun 2023 – 2032 sesuai dengan jangka waktu target dekarbonisasi perusahaan.

Jumlah pembelian bahan baku pada batas atas (utilisasi mesin 100%) dapat diketahui dengan menggunakan data utilisasi mesin dan jumlah pembelian bahan baku tahun 2023 sebagai batas bawah yaitu sebesar 50,2% dan 42.716,78 ton.

$$\text{Jumlah pembelian bahan baku (100\% utilisasi)} = \frac{100\% \times 42.716{,}78 \text{ ton}}{50{,}2\%}$$

$$= 85.159{,}06 \text{ ton}$$

Maka, didapatkan ketika utilisasi mencapai 100% diestimasikan jumlah pembelian bahan baku adalah sebesar 85.159,06 ton. Setelah batas atas dan batas bawah telah ditentukan, maka dapat diketahui kenaikan utilisasi mesin dan jumlah pembelian bahan baku untuk setiap tahunnya (2023 – 2032).

$$\text{Estimasi kenaikan utilisasi mesin setiap tahun (\%)} = \frac{(100\% - 50{,}2\%)}{(2032 - 2023) \text{ tahun}}$$

$$= \frac{49{,}8\%}{9 \text{ tahun}}$$

$$= 5{,}5\%/\text{tahun}$$

$$\text{Estimasi kenaikan jumlah pembelian bahan baku setiap tahun (ton)} = \frac{(85.159{,}06 - 42.176{,}78) \text{ ton}}{(2032 - 2023) \text{ tahun}}$$

$$= \frac{42.442{,}27 \text{ ton}}{9 \text{ tahun}}$$

$$= 4.715{,}81 \text{ ton/tahun}$$

Didapatkan bahwa terdapat kenaikan utilisasi mesin sebesar 5,5%/tahun. dan jumlah pembelian bahan baku sebesar 4.715,81 ton/tahun hingga tahun 2032. Selanjutnya, timbulan emisi CO_2e setiap tahunnya dapat diproyeksikan menggunakan perbandingan dengan jumlah pembelian bahan baku (ton) yang sudah didapatkan. Berikut merupakan salah satu estimasi perhitungan timbulan emisi CO_2e pada kategori 4 di tahun 2024.

$$\text{Estimasi timbulan emisi tahun 2024 } (tCO_2e) = \frac{(\text{Estimasi jumlah bahan baku 2024}) \times (\text{Timbulan emisi } CO_2e \text{ 2023})}{\text{Jumlah bahan baku 2023}}$$

$$= \frac{(47.432{,}59 \text{ ton} \times 18.418{,}14 \text{ } tCO_2e)}{42.716{,}78 \text{ ton}}$$

$$= 20.451{,}45 \text{ } tCO_2e$$

Diproyeksikan pada tahun 2024 dengan jumlah pembelian bahan baku 47.432,59 ton maka diketahui timbulan emisi CO_2e dari pengiriman bahan baku adalah sebesar 20.451,45 tCO_2e. Pada Tabel 4.15 ditunjukkan hasil proyeksi bahan baku dan timbulan emisi CO_2e dengan peningkatan utilisasi mesin setiap tahunnya hingga utilisasi mesin tertinggi sebesar 100% di tahun 2032.

Tabel 4.15 Proyeksi utilisasi mesin, bahan baku, dan timbulan emisi CO_2e pada kategori 4 tahun 2023 – 2032

Tahun	**Utilisasi Mesin (%)**	**Bahan Baku (Ton)**	**Total Emisi Kategori 4 (tCO2e)**
2023	50,2%	42.716,78	18.418,14
2024	55,7%	47.432,59	20.451,45
2025	61,2%	52.148,40	22.484,76
2026	66,8%	56.864,21	24.518,07
2027	72,3%	61.580,01	26.551,38

Tahun	Utilisasi Mesin (%)	Bahan Baku (Ton)	Total Emisi Kategori 4 (tCO2e)
2028	77,8%	66.295,82	28.584,69
2029	83,4%	71.011,63	30.618,00
2030	88,9%	75.727,44	32.651,31
2031	94,5%	80.443,25	34.684,62
2032	100,0%	85.159,06	36.717,93

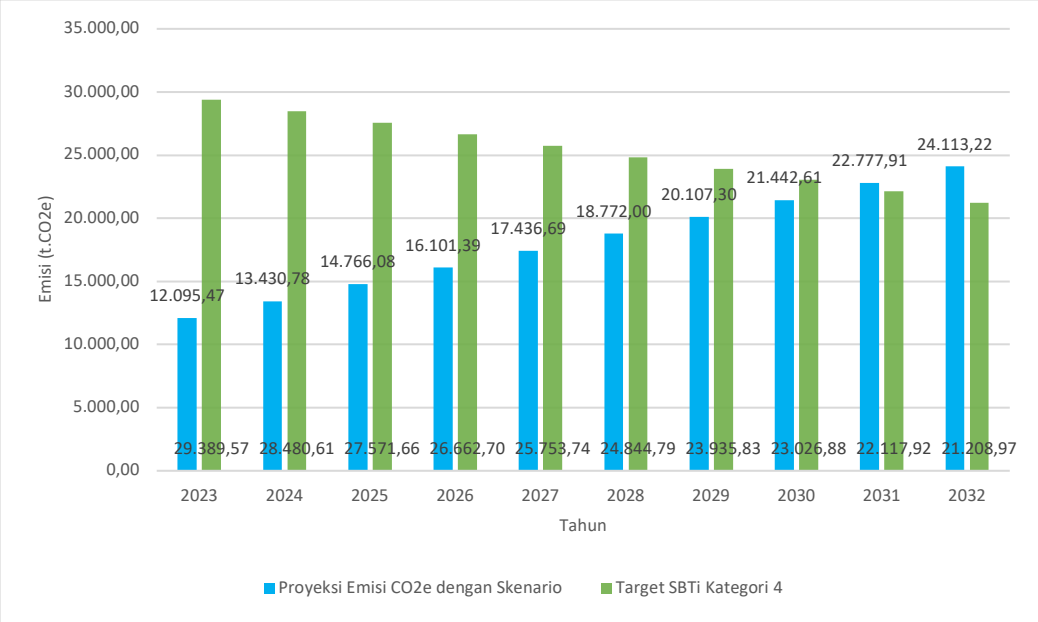
Dari total emisi CO_2e kategori 4 yang telah didapatkan kemudian dilakukan proyeksi terkait potensi reduksi emisi dari implementasi skenario substitusi impor 35%. Sebelumnya diketahui bahwa terdapat potensi reduksi emisi sebesar 34,33%. Pada Tabel 4.16 ditunjukkan potensi reduksi emisi dari implementasi skenario pada hasil proyeksi timbulan emisi CO_2e pada kategori 4 untuk setiap tahunnya (2023 – 2032).

Tabel 4.16 Potensi reduksi emisi pada hasil proyeksi terhadap emisi CO_2e di *Scope 3* - Kategori 4

Tahun	Utilisasi Mesin (%)	Bahan Baku (Ton)	Total Emisi Kategori 4 (tCO2e)	Target Substitusi Impor (%)	Potensi Reduksi pada Emisi Kategori 4 (%)	Potensi Reduksi Emisi Kategori 4 (tCO2e)	Target Reduksi Emisi Kategori 4 (tCO2e)
2023	50,2%	42.716,78	20.616,13	35%	34,33%	12.095,47	29.389,57
2024	55,7%	47.432,59	22.892,09	35%	34,33%	13.430,78	28.480,61
2025	61,2%	52.148,40	25.168,05	35%	34,33%	14.766,08	27.571,66
2026	66,8%	56.864,21	27.444,01	35%	34,33%	16.101,39	26.662,70
2027	72,3%	61.580,01	29.719,97	35%	34,33%	17.436,69	25.753,74

Tahun	Utilisasi Mesin (%)	Bahan Baku (Ton)	Total Emisi Kategori 4 (tCO2e)	Target Substitusi Impor (%)	Potensi Reduksi pada Emisi Kategori 4 (%)	Potensi Reduksi Emisi Kategori 4 (tCO2e)	Target Reduksi Emisi Kategori 4 (tCO2e)
2028	77,8%	66.295,82	31.995,93	35%	34,33%	18.772,00	24.844,79
2029	83,4%	71.011,63	34.271,89	35%	34,33%	20.107,30	23.935,83
2030	88,9%	75.727,44	36.547,85	35%	34,33%	21.442,61	23.026,88
2031	94,5%	80.443,25	38.823,81	35%	34,33%	22.777,91	22.117,92
2032	100,0%	85.159,06	41.099,77	35%	34,33%	24.113,22	21.208,97

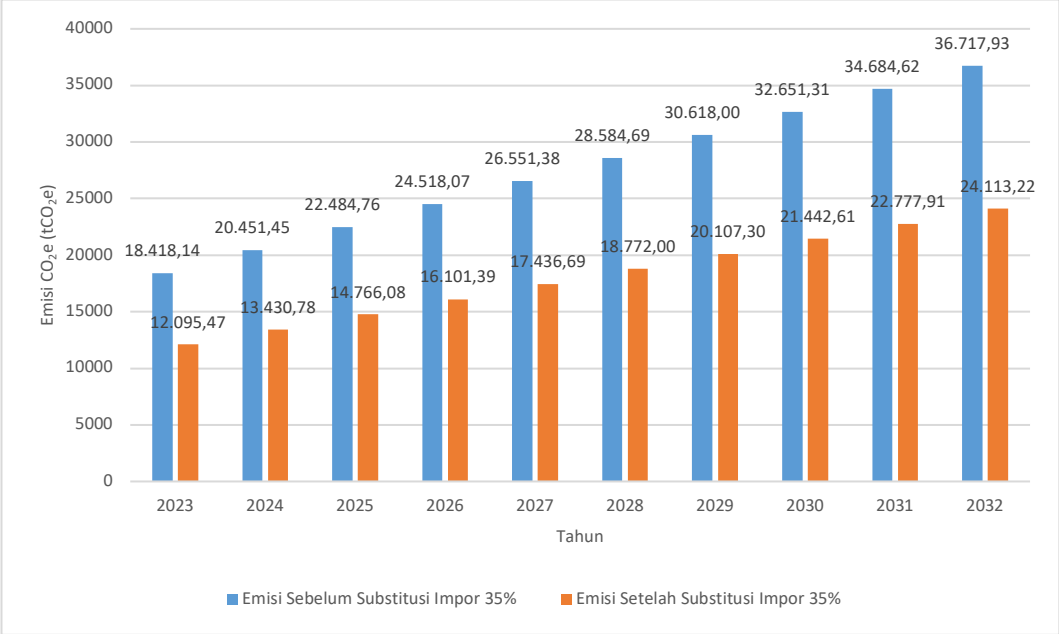
Selanjutnya dapat dibuat grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 sebagai representasi dari hasil proyeksi di Tabel 4.16. Pada grafik menunjukkan bahwa substitusi impor 35% dapat mereduksi timbulan emisi CO_2e kategori 4 hingga mencapai target SBTi di tahun 2030. Terlihat bahwa estimasi timbulan emisi di tahun 2030 setelah dilakukan skenario substitusi impor 35% adalah sebesar 21.442,61 tCO_2e, sementara target SBTi pada tahun tersebut adalah sebesar 23.026,88 tCO_2e.



Gambar 4.5 Perbandingan proyeksi emisi CO_2e dengan target SBTi pada kategori 4

Perlu dicatat bahwa pencapaian target reduksi emisi ini dengan pertimbangan peningkatan utilisasi mesin, jumlah pembelian bahan baku, dan timbulan emisi CO_2e setiap tahunnya. Oleh karena itu, timbulan emisi terhitung pada Tabel 4.16 dapat mencapai target SBTi di tahun yang berbeda sesuai dengan utilisasi mesin dan pembelian bahan baku pada tahun dilakukannya perhitungan.

Hasil proyeksi timbulan emisi CO_2e pada Tabel 4.16 dapat dilihat perbandingan perbedaan timbulan emisinya antara sebelum dan setelah impelementasi skenario setiap tahunnya (2023 – 2032) yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perbandingan proyeksi emisi CO_2e sebelum dan setelah substitusi impor 35%

Melalui Gambar 4.6 diketahui bahwasanya selisih timbulan emisi di setiap tahunnya berada di rentang 6.000 – 12.000 tCO_2e antara timbulan emisi sebelum dan setelah implementasi skenario. Perbedaan selisih setiap tahunnya bergantung pada timbulan emisi di tahun tersebut. Semakin besar timbulan emisinya maka selisih dari reduksi emisi sebesar 34,33% akan semakin besar pula.

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang Analisis Timbulan dan Potensi Reduksi Emisi CO_2e melalui Implementasi Skenario Substitusi Impor 35% pada Proses Pengiriman Bahan Baku di PT ALBA didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Timbulan emisi CO_2e dari kegiatan pengiriman bahan baku pada PT ALBA adalah sebagai berikut:
    a. Total timbulan emisi CO_2e eksisting PT ALBA pada kategori 4 di tahun 2023 adalah sebesar 18.418,14 tCO_2e
    b. Total timbulan emisi CO_2e PT ALBA setelah implementasi substitusi impor 35% pada kategori 4 di tahun 2023 adalah sebesar 12.095,47 tCO_2e
2. Potensi reduksi emisi CO_2e dari implementasi skenario substitusi impor 35% pada PT ALBA adalah sebesar 34,33%
3. Skenario substitusi impor 35% efektif dalam mereduksi timbulan emisi CO_2e dari kegiatan pengiriman bahan baku pada PT ALBA. Hal tersebut dapat dilihat pada tercapainya target SBTi kategori 4 perusahaan hingga tahun 2030 dengan utilisasi mesin mancapai 88,9% dan jumlah pembelian bahan baku sejumlah 75.727,43 ton

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah mengenai usaha yang dapat dilakukan perusahaan untuk mengoptimalkan reduksi emisi CO_2e dari substitusi impor. Usaha-usaha tersebut adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan proyeksi yang dilakukan, diperlukan peningkatan persentase substitusi impor pada tahun 2031 – 2032 agar dapat mencapai target SBTi di tahun tersebut
2. Mencari *supplier* lokal yang berjarak lebih dekat dengan pabrik

3. Mencari *supplier* lokal yang multi produk akan lebih baik, karena dapat mengurangi jumlah pengiriman yang dilakukan
4. Mengoptimalkan jadwal pengiriman dengan mengatur satu jadwal pengiriman untuk kurir atau pengangkut, *supplier*, dan lokasi yang sama untuk mengurangi jumlah pengiriman

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, F. A. (2022). Pemanfaatan Presidensi Indonesia dalam G20 untuk Pembangunan Ekonomi Hijau dan Dekarbonisasi Indonesia 2060 Utilizing The Indonesia G20 Presidency For The Development Of The Green Economy and Decarbonization of Indonesia 2060. *Jurnal Analis Kebijakan* |, *6*(1), 86–95.

Ankathi, S., Lu, Z., Zaimes, G. G., Hawkins, T., Gan, Y., & Wang, M. (2022). Greenhouse gas emissions from the global transportation of crude oil: Current status and mitigation potential. *Journal of Industrial Ecology*, *26*(6), 2045–2056. https://doi.org/10.1111/jiec.13262

Ayuvitari, R. S., & Wijayanti, P. (2022). Potensi Reduksi Emisi GRK dan Kelayakan Finansial dari Teknologi Hidrotermal untuk Pengolahan Sampah di Kabupaten Tangerang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *20*(1), 1–12. https://doi.org/10.14710/jil.20.1.1-12

Badan Pusat Statistik (BPS). (2024, Februari). *Data Ekspor Impor Nasional*. https://www.bps.go.id/exim

Barlianto, A. D., & Indri, R. (2021). Evaluasi Manfaat Kawasan Berikat Mandiri dalam Meningkatkan Kinerja Operasional Pengusaha Kawasan Berikat (PKB) X di Purwakarta. *Jurnal Pajak dan Keuangan Negara* , *3*(1), 136–151.

Brander, M. (2023). *Greenhouse Gases, CO2, CO2e and Carbon: What Do All These Terms Mean?*

Cassia, R., Nocioni, M., Correa-Aragunde, N., & Lamattina, L. (2018). Climate change and the impact of greenhouse gasses: CO2 and NO, friends and foes of plant oxidative stress. *Frontiers in Plant Science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00273

CDP. (2023). *CDP full GHG emissions dataset*. www.cdp.net

Chen, X., Fu, Q., & Chang, C. P. (2021). What are the shocks of climate change on clean energy investment: A diversified exploration. *Energy Economics*, *95*. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105136

Christina Nunez. (2019, Mei 13). *Carbon dioxide levels are at a record high. Here's what you need to know.* National Geographic. https://www.nationalgeographic.com/environment/article/greenhouse-gases#:~:text=Effects%20of%20greenhouse%20gases&text=They%20cause%20climate%20change%20by,change%20caused%20by%20greenhouse%20gases.

DESNZ & DEFRA. (2023). *GHG Conversion Factors 2023 Full-File Update*. https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023

DESNZ & DEFRA. (2024, Mei 1). *Government conversion factors for company reporting of greenhouse gas emissions*. https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting

Greene, S., Jia, H., & Rubio-Domingo, G. (2020). Well-to-tank carbon emissions from crude oil maritime transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *88*. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102587

Indonesia Research Institute for Decarbonization (IRID). (2022). *Mengenal Net-Zero Emission*. https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification,

Indonesia Research Institute for Decarbonization (IRID). (2023). *Mengenal Nationally Determined Contribution (NDC)*.

Intergovermental Panel on Climate Change of the United Nations (IPCC). (2022). *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change*. www.ipcc.ch

IPCC. (2022). Annex I: Glossary. Dalam *Global Warming of 1.5°C* (hlm. 541–562). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157940.008

Jones, M. W., Peters, G. P., Gasser, T., Andrew, R. M., Schwingshackl, C., Gütschow, J., Houghton, R. A., Friedlingstein, P., Pongratz, J., & Le Quéré, C. (2023). National contributions to climate change due to historical emissions of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide since 1850. *Scientific Data*, *10*(1). https://doi.org/10.1038/s41597-023-02041-1

Kellner, F. (2016). Allocating greenhouse gas emissions to shipments in road freight transportation: Suggestions for a global carbon accounting standard. *Energy Policy*, *98*, 565–575. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.030

Kementerian Perindustrian RI. (2021). *Keputusan Menteri Perindustrian RI Nomor 1847 Tahun 2021 tentang Kebijakan Pengawasan Intern Kementerian Perindustrian Tahun 2022*.

Koh, S. C. L., Jia, F., Gong, Y., Zheng, X., & Dolgui, A. (2023). Achieving carbon neutrality via supply chain management: position paper and editorial for IJPR special issue. Dalam *International Journal of Production Research* (Vol. 61, Nomor 18, hlm. 6081–6092). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2232652

Kweku, D., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K., Danso, K., Oti-Mensah, E., Quachie, A., & Adormaa, B. (2018). Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, *17*(6), 1–9. https://doi.org/10.9734/jsrr/2017/39630

Lajuardi, A. M., Yushardi, & Sudarti. (2023). Analisis Efek Rumah Kaca serta Teknologi Penanggulangan Efek Rumah Kaca yang Terbarukan. *Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi*, *02*(4), 975–978. http://jurnal.minartis.com/index.php/jpst/

Liu, J., Han, K., Chen, X. (Michael), & Ong, G. P. (2019). Spatial-temporal inference of urban traffic emissions based on taxi trajectories and multi-source urban data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *106*, 145–165. https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.07.005

Long, H., & Feng, G. (2024). Does national ESG performance curb greenhouse gas emissions? *Innovation and Green Development*, *3*(3), 100138. https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100138

Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Frontiers in Public Health*, *8*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014

Mechouar, Y., Hovelaque, V., & Gaigné, C. (2022). Effect of raw material substitution on the facility location decision under a carbon tax policy. *EURO*

Journal on Transportation and Logistics, *11*. https://doi.org/10.1016/j.ejtl.2021.100061

Muley, K., & Mhatre, N. (2023). *Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming*. https://doi.org/10.55041/IJSREM15350

Pratama, R. (2019). Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi. Dalam *Cetak) Buletin Utama Teknik* (Vol. 14, Nomor 2). Online.

Presiden Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional*.

Rahmadania, N. (2022). *Pemanasan Global Penyebab Efek Rumah Kaca dan Penanggulangannya*. *2*(3), 1–13. Ilmuteknik.org

Ranganathan, J., Corbier, L., Schmitz, S., Oren, K., Dawson, B., Spannagle, M., Bp, M. M., Boileau, P., Vanderborght, B., Thomson, H. F., Kitamura, K., Woo, C. M., Naseem, &, Kpmg, P., Miner, R., Pricewaterhousecoopers, L. S., Koch, J., Bhattacharjee, S., Cummis, C., … Camobreco, V. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised Edition*.

Romero, J. P., & Gramkow, C. (2021). Economic complexity and greenhouse gas emissions. *World Development*, *139*. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105317

Shkoukani, M., Alnagi, E., & Ogy, O. G. (2013). Comparison Between Upstream and Downstream Supply Chain Management and How they are Affected by E-Business. *Oriental Journal of Computer Science & Technology*, *6*(2), 01–08. https://www.researchgate.net/publication/312452567

Tang, S., Wang, W., Yan, H., & Hao, G. (2015). Low carbon logistics: Reducing shipment frequency to cut carbon emissions. *International Journal of Production Economics*, *164*, 339–350. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.12.008

Tohonan, R. S., & Muhammad, Y. (2023). Strategi Persaingan Industri Dan Substitusi Industri Impor Tehadap Kemajuan Teknologi. *Jurnal Riset dan*

Inovasi Manajemen, *1*(4), 99–115. https://doi.org/10.59581/jrim-widyakarya.v1i4.1420

United Nations. (1998). *Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention On Climate Change United Nations*.

United Nations Climate Change Conference (UNFCCC). (2022). *Enhanced Nationally Determined Contribution Republic of Indonesia 2022*.

US EPA. (2013). *CO2e*. https://www3.epa.gov/carbon-footprint-calculator/tool/definitions/co2e.html

Wardhani, R. K., & Kawedar, W. (2019). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pengungkapan Emisi Karbon dan Reaksi Saham pada Perusahaan Manufaktur di Indonesia. *Diponegoro Journal Of Accounting* , *8*(2), 1–11. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/accounting

World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2013). *GHG Protocol Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0)*.

World Resources Institute (WRI) Indonesia. (2021). *Menyusun Target Aksi Iklim bagi Perusahaan*.

YUE, X. L., & GAO, Q. X. (2018). Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas emissions. *Advances in Climate Change Research*, *9*(4), 243–252. https://doi.org/10.1016/j.accre.2018.12.003

Zahira, N. P., & Fadillah, D. P. (2022). Pemerintah Indonesia Menuju Target Net Zero Emission (NZE) Tahun 2060 dengan Variable Renewable Energy (VRE) di Indonesia. *JIS: Jurnal Ilmu Sosial*, *2*(2), 2548–4893.