

Identifikasi & Perhitungan Jejak Karbon Sebagai Indikator Kinerja Lingkungan: Studi Kasus

Daniel Jaya Harijadi¹, Togar Panjaitan², Prayonne Adi³

Abstract: PT.X is a manufacturing company that operates in the transportation sector, especially bicycles. PT.X not only produces bikes with their own brand but also from their consumers. And this consumer wants to know how much carbon emissions PT.X. Therefore PT.X wants to know what emissions are produced by PT.X. Mapping of carbon emissions based on scope will be carried out to make it easier to group emissions based on scopes 1, 2 and 3. This way the company can find out what emissions are produced by PT.X The proposal given is to change orders for bicycle components using 20 feet containers to 40 feet. This is because the emissions produced can be reduced and there is a request from shipping companies to replace 20 feet containers with 40 feet, because there are requests from several consumers to reduce the carbon emissions produced. Therefore, calculations will be made for these changes and compared to see whether there is a reduction in carbon emissions. So this method can be implemented for all kinds of orders that use 20 feet containers to reduce carbon emissions.

Keywords: scope, container, carbon emissions

Pendahuluan

PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang menghasilkan produk sepeda dan berlokasi di kota Sidoarjo. PT. X berupaya meningkatkan produksi ini juga diiringi dengan meningkatkan kesadaran akan pentingnya mengevaluasi jejak karbon dari aktifitas produksinya maupun penggunaan kendaraan pribadi ketika menuju ke perusahaan [1]. Jejak karbon sendiri merupakan jumlah karbon atau gas emisi yang dihasilkan oleh beberapa jenis aktifitas manusia pada waktu tertentu [2]. Emisi karbon tersebut dapat menurunkan kondisi lingkungan untuk ditempatkan, karena emisi karbon tersebut dapat memicu berbagai penyakit, seperti PPOK, pneumonia, asma, kanker paru, dan tuberkulosis[3]. Penelitian ini memasuki tujuan ke-13 dari *Sustainability Development Goals* (SDG) yang dikeluarkan *United Nations* (UN) menyatakan bahwa *Take Urgent Action To Combat Climate Change And Its Impacts*. UN menyatakan bahwa kondisi iklim global sudah memasuki *Code Red*, yang berarti sudah memasuki kondisi ekstrim dan perlu dilakukan upaya untuk penanganan secara segera [4].

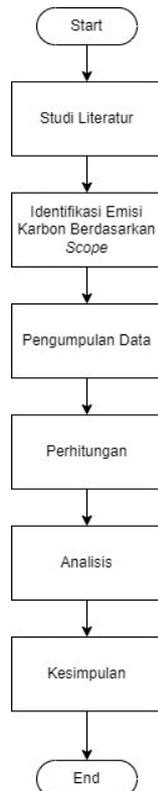
Hal tersebut menjadi dasar bagi perusahaan dalam meningkatkan upaya untuk mendorong terciptanya produksi yang lebih bersih, juga untuk memenuhi permintaan konsumen luar yang menuntut adanya pelaporan jejak karbon dari produk sepedanya yaitu, sepeda listrik REI GENe 1.2.

Sepeda listrik ini memiliki berbagai macam jenis emisi karbon, mulai dari pengiriman komponen dari pemasok hingga ke perusahaan, ketika memproduksi sepeda tersebut, selanjutnya mengirimkan produk sepeda tersebut kepada konsumen, dan yang terakhir ketika mengisi ulang daya baterai dengan listrik dari PLN atau sejenisnya [5].

Hasil dari emisi karbon dari satu unit sepeda dan jumlah produksi dalam satu tahun akan digunakan untuk mengembangkan peluang tindakan mitigasi emisi karbon perusahaan kedepannya. Jejak karbon yang diperhitungkan tidak hanya terkait aktifitas didalam pabrik namun juga diluar lokasi pabrik. Sebuah perusahaan juga dapat memiliki banyak aktifitas di luar pabrik untuk mendukung proses produksinya, seperti arus pengiriman komponen dari pemasok dan juga pengiriman produk jadi ke beberapa klien.

^{1,2,3} Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: danieljh168@gmail.com, togar@petra.ac.id, prayonne.adi@peter.petra.ac.id

Metode Penelitian



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Studi Literatur

Pada tahap pertama akan dilakukan proses studi literatur untuk pembelajaran mengenai jejak karbon. Proses ini dilakukan dengan mengidentifikasi, dan menganalisis sumber literatur yang relevan, baik dari jurnal, artikel, laporan, dan web, untuk mengumpulkan informasi, mendukung argumen, dan mengontekstualisasikan topik penelitian. Diagram alur membantu peneliti secara sistematis menavigasi sejumlah besar literatur yang tersedia, memastikan tinjauan literatur yang komprehensif dan terfokus.

Identifikasi Sumber Emisi Karbon berdasarkan scope

Tahap ini merupakan langkah penting dalam menghitung dan menganalisis emisi gas rumah kaca (GRK). Ini melibatkan identifikasi dan kategorisasi sumber emisi GRK berdasarkan tiga cakupan Protokol GRK yaitu *scope* 1, 2, dan 3. *Scope* 1 merupakan emisi dari sumber yang dimiliki atau dikendalikan secara langsung oleh suatu organisasi, misalnya dari pembakaran bahan bakar di kendaraan organisasi, *scope* 2 berasal dari sumber energi yang dibeli dan digunakannya, seperti emisi yang dihasilkan

saat memanfaatkan listrik yang didapat dari pihak luar (ex. PLN), yang terakhir *scope* 3 emisi berasal dari aset yang secara tidak langsung bertanggung jawab atas dan bawah rantai nilainya, seperti ketika perusahaan atau kita membeli, menggunakan, dan membuang produk dari pemasok [6]. Dengan mengidentifikasi dan mengkategorikan sumber emisi GRK berdasarkan cakupan ini, peneliti dapat memperoleh pemahaman komprehensif mengenai jejak GRK.

Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data yang relevan mengenai operasi organisasi, konsumsi energi, dan praktik pengadaan. Data ini mungkin berasal dari berbagai sumber, seperti tagihan utilitas, catatan peralatan, informasi pemasok, dan catatan transportasi. Pada studi ini akan dilakukan pengukuran kardus secara langsung di perusahaan, baik melalui pengamatan langsung maupun berdasarkan database perusahaan. Lalu juga akan digunakan data sekunder yang berupa data masa lalu perusahaan yang telah dilaporkan atau terdata. Setelah itu untuk data pengiriman menggunakan kendaraan darat bisa dengan mewawancarai pekerja di PT. X yang mengerti dengan hal mengenai pengiriman.

Perhitungan

Langkah perhitungan jejak karbon (perhitungan emisi karbon) melibatkan penghitungan jumlah karbon dioksida (CO₂) dan gas rumah kaca (GRK) lainnya yang dilepaskan ke atmosfer oleh aktifitas atau proses tertentu. Menghitung GRK yang dihasilkan oleh perusahaan ketika akan memproduksi sepeda serta pengiriman komponen ke PT. X dan pengiriman produknya ke konsumen. Pada tahapan ini, perhitungan jejak karbon akan menggunakan faktor atau metodologi emisi yang sesuai untuk menghitung emisi GRK yang terkait dengan setiap sumber yang teridentifikasi. Faktor emisi adalah koefisien yang menghubungkan jumlah aktifitas atau proses tertentu dengan emisi GRK yang terkait.

Analisis

Pada tahap kelima ini dilakukan perhitungan kinerja lingkungan setelah menghitung jejak karbon yang dihasilkan oleh aktivitas di perusahaan dan sekitarnya, atau secara ruang lingkup *scope*-nya. Pada tahap ini akan dilakukan pemetaan untuk setiap jejak karbon

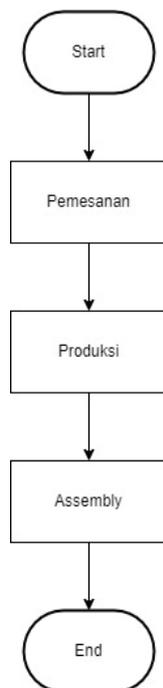
yang dihitung agar bisa mengetahui berapa masing-masing dari jejak karbon tersebut dan bisa memilih atau menentukan prioritas untuk dipantau dan diperbaiki oleh perusahaan.

Kesimpulan

Di tahap terakhir akan dibuat kesimpulan berupa *list* aktifitas yang berada di perusahaan yang menghasilkan jejak karbon dan memberikan prioritas untuk jejak karbon yang paling signifikan dan harus segera diperbaiki, agar bisa memenuhi kebutuhan atau permintaan dari konsumen.

Hasil dan Pembahasan

Alur Produksi Perusahaan



Gambar 2. Alur Proses Produksi

Tahap pertama yang dilakukan oleh perusahaan adalah memesan bahan baku untuk produksi sepeda. Departemen yang akan melakukan pemesanan tersebut adalah ekspor-impor untuk komponen yang dari luar negeri dan purchasing untuk komponen yang berasal dari dalam negeri.

Pada tahap kedua proses produksi dari sepeda e-bike tersebut dimulai dari pembuatan frame di dalam perusahaan yang dimulai dari pemotongan kerangka besi, lalu setelah di potong akan dilakukan pengelasan untuk menghubungkan kerangka-kerangka besi

tersebut, setelah proses pengelasan sudah selesai maka proses selanjutnya adalah menggosok kerangka tersebut agar halus dan rata permukaannya. Setelah digosok, kerangka tersebut akan dicat sesuai dengan warna dari sepeda tersebut.

Di tahap yang terakhir setelah produksi kerangka sepeda selesai, proses selanjutnya adalah merakit komponen-komponen REI GENE 1.2 ke kerangka sepeda atau dalam 1 box kemasannya dari REI GENE 1.2. Pada proses ini sepeda akan dirakit mulai dari kerangkanya hingga menjadi 1 unit sepeda di bagian *assembly*.

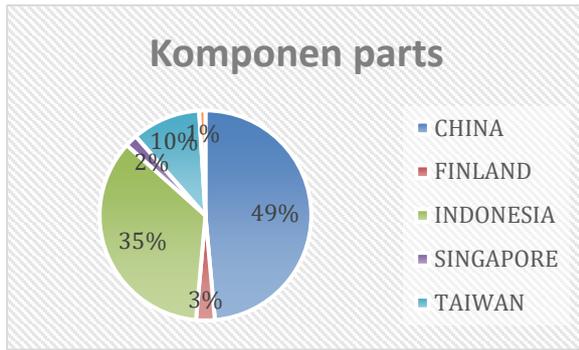
Sepeda REI GENE 1.2

Sepeda yang akan diteliti merupakan sepeda merek luar yang diproduksi di PT. X yaitu REI GENE 1.2. Sepeda ini merupakan sepeda berjenis e-bike, dimana sepeda ini akan membantu kita untuk mengayuh pedalnya lebih kencang daripada ketika menggunakan tenaga manusia saja. Sehingga ketika mengoperasikan sepeda tersebut atau ketika mengemudikannya akan menjadi lebih mudah. PT. X menggunakan 105 komponen dari pemasok untuk membuat satu buah sepeda. Mayoritas, atau mencapai 65% atau setara 68 *items parts* yang dibutuhkan dipenuhi oleh vendor luar negeri (ekspor). Dari jumlah tersebut, yang terbesar adalah dari China dengan sebesar 49% atau 51 item parts, sedangkan 35% (37 *items*) dari Indonesia dan salah satu dari komponen tersebut diproduksi sendiri oleh perusahaan, dan sisanya dari berbagai negara lain. Jumlah komponen khususnya yang diekspor akan berdampak pada emisi Scope 3 perusahaan karena jumlahnya.

Dalam hal ini, emisi scope 3 yang dihasilkan PT.X berasal dari transportasi pengiriman komponen dari pemasok ke pabriknya. Dengan jumlah *komponen* yang besar, maka transportasi pengirimannya juga semakin banyak. meningkatkan emisi CO₂ yang dihasilkan.

Tabel 1. Negara Pemasok Komponen dan Jumlah Komponen

Negara	Jumlah Komponen
China	51
Finland	3
Indonesia	37
Singapore	2
Taiwan	11
Vietnam	1
Total	105
Komponen	



Gambar 3. Komposisi Negara Pemasok Komponen

Pengelompokan Sumber Emisi Berdasarkan Scope

Setelah mendapatkan permasalahan dari pihak perusahaan, selanjutnya adalah melakukan pengelompokan *carbon emission* berdasarkan *scopenya*, yaitu *scope 1*, *2*, dan *3*. Untuk jenis-jenis *carbon emission* dari *scope 1* hingga *3* akan dirinci ditabel dibawah ini:

Tabel 2. Jenis *Scope* yang Berada di Perusahaan

Scope	Source
Scope 1	Pemanfaatan solar dan LNG di pabrik
Scope 2	Pemanfaatan listrik
Scope 3	Bahan bakar transportasi

Perhitungan Jejak Karbon Scope 1

Untuk perhitungan *scope 1* akan dihitung di emisi gas alam dan penggunaan solar, karena 2 hal tersebut bersangkutan dengan emisi yang dihasilkan secara langsung oleh perusahaan. Dimana perusahaan membeli gas alam dan solar untuk kepentingan produksi mereka. Perhitungannya akan berada sebagai berikut:

Solar:

- Penggunaan: 24.377 liter
- Faktor emisi: 2,68 CO₂/liter
- Emisi solar: 24.377 x 2,68 = 65.330,36 kg CO₂

Gas Alam:

- Penggunaan: 30.343,5 MMBtu
- Konversi: 0,001055 TJ/MMBtu
- Faktor emisi: 56,1 ton CO₂/TJ
- Emisi gas alam: 30.343,5 x 0,001055 x 56,1 x 1,000(ton ke kg) = 1.795.895 kg CO₂

Jumlah Emisi Scope 1 untuk produksi 1 unit sepeda:

$$= \text{Emisi solar} + \text{Emisi gas alam}$$

$$= 65.330,36 \text{ kg CO}_2 + 1.795.895 \text{ kg CO}_2 = 1.861.225,36 \text{ kg CO}_2$$

Intenistas emisi scope 1:

$$1.861.225,36 / 784.661 = 2,372 \text{ kg CO}_2/\text{unit sepeda}$$

Perhitungan Jejak Karbon Scope 2

Perhitungan *scope 2* akan dilakukan dengan menghitung emisi yang berasal dari penggunaan listrik dari PLN. *Scope 2* mencakup emisi yang berasal dari konsumsi energi yang dihasilkan di luar organisasi atau perusahaan, namun digunakan oleh organisasi tersebut Perhitungannya akan berada sebagai berikut ini:

- Total konsumsi listrik: 7.449.690 kwh
- Faktor emisi: 0,87 CO₂/kwh
- Total emisi scope 2 = 7.449.690 x 0,87 = 6.481.230 kg co2
- Intensitas emisi scope 2: 6.481.230/784.661 = 8,26 kg CO₂/unit sepeda

Perhitungan Jejak Karbon Scope 3

Untuk *scope 3*, emisi karbonnya berasal dari penggunaan transportasi pengiriman yang berbahan bakar fosil. Perhitungan *scope 3* akan dimulai dengan menghitung berapa jumlah komponen yang bisa dimuat dalam 1 box transportasi, untuk kapasitasnya akan dikalikan dengan 80% karena menurut diskusi dengan perusahaan satu box tidak dapat terisi penuh dan akan terdapat jarak antara 1 kemasaaan dengan kemasaaan lainnya dan juga dinding dari box transportasi tersebut. Selanjutnya jumlah komponen akan digunakan untuk membagi emisi karbon yang dihasilkan dalam satu kali perjalanan dari pelabuhan pemasok (untuk komponen impor) atau dari lokasi pemsok (untuk komponen lokal) hingga sampai ke PT. X. Perhitungan selanjutnya dilanjutkan dari pengiriman sepeda dari PT. X hingga sampai ke pelabuhan konsumen.

Contoh perhitungan emisi dari satu komponen yang didatangkan dari luar negeri (import) berada dibawah ini:

- Jenis komponen: ROTATING HOOK CM143 BK PLS 4/5MM
- Volume kardus: (25x14x14) cm= 4.900 cm³
- *Quantity* 1 kardus: 1.075 pcs
- Satu sepeda perlu berapa komponen: 2
- Jenis box transportasi: *container* 20 kaki

- Volume *container internal* (80%): $(589,8 \times 235,2 \times 239,3) \times 80\% = 26.556.740,58 \text{ cm}^3$
- Box/container $26.556.740,58 / 4.900 = 5.419,742976 \rightarrow$ (*round down*) 5,419
- Pcs/container: $1.075 \times 5.419 = 5.825.425$ pcs

Selanjutnya setelah ditemukan berapa komponen dalam 1 box transportasi, langkah berikutnya adalah menghitung emisi untuk pengiriman menggunakan kapal dan truk. Perhitungan akan sebagai berikut:

International Shipping:

- Emisi karbon 1 *container*: 222,60 kg CO₂
- Emisi karbon/pcs: $222,60 / 5.825.425 = 3,82118\text{E-}05$
- Total emisi komponen di satu sepeda: $3,82118\text{E-}05 \times 2 = 7,64236\text{E-}05$ kg CO₂

Land Delivery:

- Jarak dari pelabuhan ke PT. X = 28 Km
- *Fuel Efficiency*: 2km/liter (Oto open forum)
- *Usage*: $28/2 = 14$ liter
- Emisi faktor diesel: 2,68 Kg CO₂/liter
- Emisi karbon: $2,68 \times 14 = 37,52$ Kg CO₂
- Emisi karbon komponen sepeda (*Land Delivery*): $(37,52 / 5.825.425) \times 2 = 1,28815\text{E-}05$

Setelah menghitung untuk pengiriman komponen yang impor, selanjutnya akan menghitung komponen lokal. Untuk contoh perhitungan emisi dari satu komponen yang didatangkan dari dalam negeri (lokal) sebagai berikut:

- Jenis komponen: NYLON NUT M5 STAINLESS
- Volume kardus: $(15 \times 12,5 \times 8,5) \text{ cm} = 1.593,75 \text{ cm}^3$
- *Quantity* 1 kardus: 4,000 pcs
- Satu sepeda perlu berapa komponen: 2 pcs
- Jenis box transportasi: box pickup
- Volume box pickup (80%): $3.791.052 \text{ cm}^3$
- Box/box pickup: $3.791.052 / 1.593,75 = 2.378,699294 \rightarrow$ (*round down*) 2.378
- Pcs/box pickup: $4.000 \times 2.378 = 9.512.000$ pcs

Setelah ditemukan berapa komponen dalam 1 box transportasi, langkah berikutnya adalah menghitung emisi untuk pengiriman

menggunakan truk. Perhitungan akan sebagai berikut:

Emisi Karbon *Delivery*:

- Jarak dari pemasok ke PT. X = 27 Km
- *Fuel Efficiency*: 7,8km/liter
- *Usage*: $27/7,8 = 3,461538462$ liter
- Emisi faktor bensin: 2,31 Kg CO₂/liter
- Emisi karbon: $2,31 \times 3,461538462 = 7,996153846$ Kg CO₂
- Emisi karbon komponen sepeda (*Delivery*): $(7,996153846 / 9.512.000) \times 2 = 1,68128\text{E-}06$

Langkah terakhir untuk perhitungan *scope 3* adalah menghitung emisi untuk pengiriman sepeda kepada konsumen. Perhitungan akan sebagai berikut:

Emisi karbon perjalanan dari PT.X ke pelabuhan Surabaya:

- Jarak: 28 Km
- *Fuel Efficiency*: 2km/liter
- *Usage*: $28/2 = 14$ liter
- Emisi faktor diesel: 2,68 kg CO₂/liter
- Emisi karbon: $2,68 \times 14 = 37,52$ kg CO₂
- Sepeda/*container*: $((589,8 \times 235,2 \times 239,3) \times 80\%) / (142 \times 26 \times 91) \text{ round down} = 79$
- Emisi karbon: $37,52 / 79 = 0,474936709$ kgCO₂

Emisi karbon *shipping*:

- Emisi karbon *shipping*:
- Emisi karbon 1 *container*: 875 kg CO₂
- Sepeda/*container*: 79
- Emisi karbon perjalanan: $875 / 79 = 11,07594937$ kg CO₂

Emisi pengiriman barang dari pabrik ke konsumen (ekpor) adalah sebesar:

- Emisi karbon pengiriman ke pelabuhan Surabaya: 0,474936709 kg CO₂
- Emisi karbon perjalanan ke Konsumen: 11,07594937 kg CO₂
- Total emisi = $11,07594937 + 0,474936709 = 11,550$ kg CO₂

Rekapitulasi

Setelah semua emisi karbon dari satu *unit* sepeda sudah terhitung, langkah selanjutnya adalah merangkum *scope 1* hingga 3 dalam satu tabel. Untuk tabelnya berada dibawah ini (hasil *scope 3* telah dijumlahkan dengan semua komponen dari 1 sepeda):

Tabel 3. Standar emisi euro disel

Standar	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Disel	CO: 0,50 g/km HC + NOx: 0,30 g/km NOx: 0,25 g/km PM: 0,025 g/km	CO: 0,50 g/km HC + NOx: 0,23 g/km NOx: 0,18 g/km PM: 0,005 g/km	CO: 0,50 g/km HC + NOx: 0,17 g/km NOx: 0,08g/km PM: 0,005 g/km

Tabel 4. Hasil Rekapitan Emisi Karbon berdasarkan Jenisnya untuk 1 Unit Sepeda

Jenis atau tipe emisi	Jumlah emisi (kg CO ₂)
Produksi(Scope 1)	2,372
Produksi(Scope 2)	8,26
Komponen Impor (Scope 3)	0,872
Komponen Lokal (Scope 3)	0,097
Ekspor (Scope 3)	11,550
Total (kg CO ₂ / sepeda)	23,151

Usulan Pengurangan Emisi Karbon

Usulan untuk pengurangan dari emisi karbon terdapat berbagai macam cara, akan tetapi pengurangan tersebut akan berada di scope 3nya saja. Hal ini dikarenakan terdapat permintaan dari perusahaan yang ingin mengurangi di bagian scope 3 dan dari hasil penelitian, emisi yang paling besar dihasilkan dari scope 3.

Usulan Pengurangan

Usulan yang diberikan adalah mengganti truk yang digunakan menjadi euro 4 keatas, mengambil kiriman komponen serta pengiriman produk di antara jam 10 malam dan 5 pagi agar terhindar oleh macet sehingga bisa mengurangi emisi yang dikeluarkan, mengganti ukuran container menjadi 40 feet.

Usulan Pergantian Truk Menjadi Euro 4 keatas

Usulan pergantian ini sangat positif dalam upaya mengurangi emisi gas buang. Euro 4, 5, dan 6 adalah standar emisi yang lebih ketat dalam regulasi kendaraan, yang mengharuskan penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan. Akan tetapi dengan mengganti truk berarti membeli truk yang baru dan akan mengeluarkan biaya yang cukup besar, karena truk baru bisa mencapai ratusan juta. Tabel 3 diatas merupakan standar emisi euro 4, 5, 6

Usulan Penjadwalan Pengiriman

Untuk usulan ini akan dilakukan penjadwalan pengiriman menjadi jam 10 malam hingga 5 pagi. Hal ini dilakukan untuk menghindari kemacetan dan membuat emisi karbon menjadi

lebih banyak. Untuk asumsi perbedaannya akan berada dibawah ini:

Tabel 5. Perbandingan Waktu Tempuh

Waktu Tempuh Pada Jam 13:27 (Menit)	Waktu Tempuh Pada Jam 22:40 (Menit)	Perbedaan Waktu (Menit)
98	74	24

Dari hasil tabel diatas didapatkan penurunan sebesar 24,5% untuk waktu tempuh dari PT. X hingga ke pelabuhan Tanjung Perak. Perbedaan 24 menit tersebut dapat membantu untuk mengurangi emisi karbon, karena mesin akan lebih mengeluarkan banyak karbon ketika berhenti dibandingkan dengan ketika berkendara santai atau secara normal.

Usulan Pergantian Kontainer

Pada usulan ini setelah berdiskusi dengan perusahaan mereka ingin mengganti pemesanan kontainer yang sebelumnya 20 feet menjadi 40 feet. Pergantian ini juga didasarkan dari permintaan pihak shipping, dimana mereka berlomba-lomba untuk menyediakan pengiriman menggunakan kontainer 40 feet dengan upaya untuk pengurangan emisi karbonnya juga. Sehingga hasil dari usulan ini menjadi sebagai berikut:

Tabel 6. Perbedaan Emisi Karbon

	Sebelum (kg CO ₂)	Sesudah (kg CO ₂)	Perbedaan (kg CO ₂)
Produksi (Scope 1)	2,372	2,372	0
Produksi (Scope 2)	8,26	8,26	0
Komponen impor	0,872	0,809	0,063
Komponen lokal	0,097	0,067	0,029
Ekspor	11,55	11,151	0,399
Total	23,151	22,660	0,492

Untuk perbedaan ini apabila dikalikan dengan jumlah produksi e-bike dalam satu tahun yaitu 44.971 unit maka, dengan adanya usulan ini

perusahaan dapat mengurangi emisi karbonnya sebanyak 22.125,73 kg CO₂ per tahunnya. Hasil tersebut juga dapat dibandingkan dengan berapa pohon yang diperlukan untuk menyerap 22.125,73 kg CO₂ tersebut. Hasilnya akan berada di tabel dibawah ini:

Tabel 7. Jumlah Pohon Untuk Penyerapan Emisi Karbon

Jumlah Perbedaan (kg CO ₂)	0,492
e-bike units	44.971
Total emisi e-bike (kg CO ₂)	22.125,73
Daya serap (kg CO ₂) per pohon	21,77
Jumlah Pohon (<i>Round Down</i>)	1016

Sehingga pada kesimpulannya untuk usulan ini dapat membantu meringankan beban untuk 1016 pohon, apabila usulan ini terimplementasikan. Dengan demikian emisi karbon dapat berkurang dan membantu untuk lebih menjaga lingkungan sekitar.

Kelebihan dan Kekurangan Usulan

Untuk kelebihan dan kekurangan dari ketiga usulan tersebut akan berada pada tabel dibawah ini:

Tabel 8. Kelebihan dan Kekurangan Usulan

	Kelebihan	Kekurangan
Usulan Pergantian Truk Menjadi Standar Euro 4, 5 atau 6	Mengurangi emisi yang dihasilkan, karena semakin tinggi angka euro maka semakin sedikit emisi yang dihasilkan	Biaya yang besar untuk membeli truk baru yang ada standar euro tersebut
Usulan Penjadwalan Pengiriman	Menghindar dari macet, sehingga tidak boros bahan bakar	Uang lembur akan bertambah dan ketika sampai di perusahaan masih belum bisa dibongkar atau

Usulan	Emisi karbon	dimasukan ke gudang
Pergantian Kontainer	berkurang	Bisa terjadi overstock, biaya yang dikeluarkan bisa lebih banyak juga

Oleh karena kelebihan dan kekurangan pada tabel di atas, perusahaan sebaiknya mempertimbangkan ulang usulan mana yang sekiranya aman dan bisa menguntungkan bagi perusahaan untuk diimplementasikan.

Simpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan ini adalah untuk emisi karbon dari produksi sepeda REI GENE 1.2 memiliki 3 sumber, yaitu dari solar dan gas alam untuk *scope* 1, penggunaan listrik dari PLN untuk *scope* 2, dan pengiriman komponen sepeda ke PT. X serta pengiriman REI GENE 1.2 kepada konsumen untuk *scope* 3. Jumlah emisi dari ketiga *scope* diatas dapat disimpulkan pada tabel dibawah:

Tabel 9. Emisi Karbon Menurut *Scope* Setiap 1 Unit Sepeda

<i>Scope</i>	Jumlah emisi (kg CO ₂)
1	2,372
2	8,259
3	12,520
Total	23,151

Dengan adanya hasil tabel diatas maka terdapat usulan untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan. Usulan tersebut akan diberikan di *scope* 3nya, karena menurut tabel 9 *scope* 3 memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan yang *scope* lainnya. Sehingga usulan tersebut adalah dengan mengganti truk menjadi standar Euro 4 sampai 6, penjadwalan pengiriman pada sekitar jam 10 malam hingga 5 pagi untuk menghindari macet, mengganti semua pengiriman yang menggunakan truk *container* 20 feet menjadi yang 40 feet. Hasil dari usulan tersebut akan berada dibawah ini:

Tabel 10. Perbandingan Waktu Tempuh

Waktu Tempuh	Waktu Tempuh	Perbedaan Waktu (Menit)
Pada Jam	Pada Jam	
13:27 (Menit)	22:40 (Menit)	
98	74	24

Dari penurunan sebesar 24 menit atau 24,5%,

dapat membantu untuk mengurangi emisi karbon, karena mesin akan lebih mengeluarkan banyak karbon ketika berhenti dibandingkan dengan ketika berkendara santai atau secara normal

Tabel 11. Emisi Karbon Usulan Pergantian *Container* Menurut *Scope* Setiap 1 Unit Sepeda

<i>Scope</i>	Jumlah emisi (kg CO ₂ e)
1	2,372
2	8,259
3	12,028
Total	22,660

Dengan adanya usulan pergantian *container*, dapat membantu lingkungan dengan mengurangi beban penyerapan CO₂ bagi para pohon sebanyak 1016 pohon

Akan tetapi dengan adanya usulan ini perusahaan sebaiknya mempertimbangkan kekurangan yang bisa di alami, seperti penambahan uang lembur untuk penjadwalan dari jam 10 malam hingga 5 pagi, pengeluaran biaya untuk membeli truk baru atau bekas, dan di bagian gudang bahan baku, karena dengan mengganti menjadi *container 40 feet* maka otomatis akan menambah juga jumlah komponen yang dipesan, sehingga dapat memenuhi stok di gudang dan pada akhirnya bisa merujuk kepada *dead stock* atau *back order*.

Daftar Pustaka

1. United States Environmental Protection Agency Greenhouse Gas Inventory Guidance

- Direct (2022). *Greenhouse Gas Inventory Guidance Indirect Emissions from Purchased Electricity*, retrieved from: <https://www.epa.gov/climateleadership/scope-1-and-scope-2-inventory-guidance>
2. Kementerian Esdm Republik Indonesia Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Esdm Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Aparatur (2022). *Jejak Karbon dalam Kehidupan*, retrieved from: <https://ppsdmaparatur.esdm.go.id/seputar-ppsdma/jejak-karbon-dalam-kehidupan>
3. Rokom (2023), *Polusi Udara Sebabkan Angka Penyakit Respirasi Tinggi*, retrieved from: <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20230404/2642721/polusi-udara-sebabkan-angka-penyakit-respirasi-tinggi/>
4. United Nations Statistics Division (n.d). *Take Urgent Action To Combat Climate Change And Its Impacts*, retrieved from: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/goal-13/>
5. McQueen, M., MacArthur, J., & Cherry, C. (2020). *The E-Bike Potential: Estimating regional e-bike impacts on greenhouse gas emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102482.
6. Sutartib, M. (2021). *Tantangan Administrasi Pengenaan Pajak Karbon di Indonesia. Jurnal Anggaran dan Keuangan Negara Indonesia (Akurasi)*, 3(2), 38-55.