

## **ANALISA KEBIJAKAN MITIGASI DAMPAK DAN STRATEGI PENURUNAN GAS RUMAH KACA DI PT XYZ MENGGUNAKAN METODE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)**

**Djoko Suharyanto<sup>1\*</sup>, Iman Basriman<sup>2</sup>, Tatan Sukwika<sup>3</sup>**

Fakultas Paska Sarjana, Prodi Manajemen K3L Universitas Sahid Jakarta

\*email : djoko.suharyanto@gmail.com

*diterima: 18 Oktober 2022; direvisi: 25 Oktober 2022; disetujui: 31 Oktober 2022*

### **ABSTRAK**

Isu lingkungan kini telah menjadi topik yang sangat penting bagi perhatian negara-negara di seluruh dunia, terutama upaya pencegahan perubahan iklim dengan memitigasi dampak rumah kaca. Ada enam jenis gas rumah kaca, yaitu Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Metana (CH<sub>4</sub>), Nitrous oksida (N<sub>2</sub>O), Hidro perfluorokarbon (HFC), Perfluorokarbon (CFC), Sulfur Hexafluoride (SF<sub>6</sub>) ini yang secara alami ada di udara (atmosfer). Lapisan gas tersebut menyebabkan sinar panas inframerah A memantulkan sinar matahari, menyebabkan panas bumi yang mencapai 13°C. Suhu bumi akan semakin meningkat bila lapisan Gas rumah kaca semakin besar. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) berkontribusi terhadap perubahan iklim dengan menghancurkan ozon stratosfer dan menjebak panas yang berlebihan di atmosfer. CO<sub>2</sub> berkontribusi 76,7% dari total emisi GRK. Kegiatan industri diduga menjadi salah satu sumber produksi emisi CO<sub>2</sub>. Penelitian menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)* ini bertujuan untuk menganalisis kebijakan mitigasi dampak dan strategi pengurangan GRK yang dilakukan oleh PT XYZ sebagai salah satu industri manufaktur yang berkomitmen untuk berkontribusi dalam mitigasi dampak gas rumah kaca. Hasil penelitian didapatkan Kebijakan Prioritasnya adalah pada pengoperasian mesin-mesin produksi di lokasi *Factory 1*. Strategi yang dilakukan antara lain mengganti mesin-mesin tua yang sudah tidak efisien dengan mesin-mesin baru yang lebih produktif, efisien dalam penggunaan listriknya, penggunaan teknologi tinggi Serta merubah Layout atau tata letak mesin yang lebih ringkas dan dikelompokkan berdasarkan jenis produknya. Dari analisa menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* didapatkan kesimpulan kebijakan mitigasi dampak gas rumah kaca (GRK) yang paling prioritas adalah mengurangi emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan pemakaian energy listrik dengan Mengurangi (Reduce) pemakaian Energi listrik.

**Kata Kunci: Dampak GRK, Mitigasi, Perubahan iklim, Strategi**

## **IMPACT MITIGATION POLICY ANALYSIS AND GREENHOUSE GAS REDUCTION STRATEGY AT PT XYZ**

### **ABSTRACT**

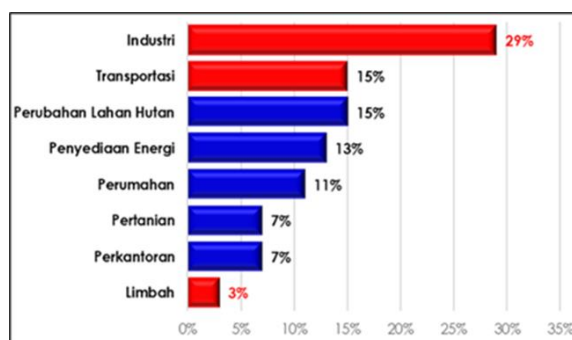
*Environmental issues have now become a critical topic for the attention of countries around the world, especially efforts to prevent climate change by mitigating greenhouse impacts. There are six types of greenhouse gases, namely Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), Methane (CH<sub>4</sub>), Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), Hydro perfluorocarbons (HFC), Perfluorocarbons (CFCs), Sulfur Hexafluoride (SF<sub>6</sub>) this which naturally exists in the air (atmosphere). The gas layer causes infrared heat rays A to reflect sunlight, causing geothermal heat that reaches 13°C. The earth's temperature will increase when the greenhouse gas layer gets bigger. Increased greenhouse gas (GHG) concentrations contribute to climate change by destroying stratospheric ozone and trapping excessive heat in the atmosphere. CO<sub>2</sub> contributes 76.7% of total GHG emissions. Industrial activities are suspected to be one of the sources of co<sub>2</sub> emission production. Research using the Analytic Hierarchy Process (AHP) method aims to analyze impact mitigation policies and GHG reduction strategies carried out by PT XYZ as one of the manufacturing industries committed to contributing*

*to mitigating the impact of greenhouse gases. The research results obtained the Priority Policy on the operation of production machines at the Factory 1 location. The strategies carried out include replacing old machines that are no longer efficient with new machines that are more productive, and efficient in their electricity use, the use of high technology, and changing the layout or layout of machines that are more compact and grouped based on the type of product. From the analysis using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, it was concluded that the most priority greenhouse gas (GHG) impact mitigation policy was to reduce CO<sub>2</sub> emissions based on the use of electrical energy by Reducing the use of electrical energy.*

**Keywords:** *Climate change, GHG Impacts, Mitigation and Strategy*

## PENDAHULUAN

Ada enam jenis gas rumah kaca yang berbahaya bagi manusia karena dapat menyebabkan gas rumah kaca dan berkontribusi terhadap pemanasan global, yaitu Karbondioksida (CO<sub>2</sub>), Metana (CH<sub>4</sub>), Nitrous oksida (N<sub>2</sub>O), Hydroperfluorokarbon (HFCs), Perfluorokarbon (CFCs), Sulfur Heksafluorida (SF<sub>6</sub>). Emisi dari berbagai gas rumah kaca tersebut terutama karbon dioksida, menghasilkan efek rumah kaca. (Shaikh et al., 2018). Saat ini gas-gas tersebut bercampur di udara (atmosfer). Suhu bumi naik menjadi 13°C sebagai akibat dari lapisan ini memantulkan kembali panas inframerah dari matahari. Jika gas rumah kaca semakin banyak, maka akan semakin tinggi suhu bumi. Peningkatan konsentrasi GRK berkontribusi terhadap perubahan iklim dengan menjebak panas yang berlebihan di dalam atmosfer dan menghancurkan ozon stratosfer (Foges & Young, 2017). Dalam kondisi alami Efek Rumah Kaca sangat diperlukan untuk mengurangi ekstrimnya perbedaan suhu antara siang dan malam. Salah satu ancaman terbesar umat manusia adalah perubahan iklim, dan membutuhkan tindakan segera (Soutter & Möttus, 2020). CO<sub>2</sub> menyumbang sebesar 76,7% dari seluruh emisi GRK (Wahyudi, 2018). Aktivitas industri disinyalir menjadi salah satu sumber penghasil emisi CO<sub>2</sub>. Kalangan Industri harus memiliki komitmen untuk melakukan Mitigasi penurunan Emisi CO<sub>2</sub>, Sejalan dengan Peraturan President RI No 61 Tahun 2011 Tentang Rencana Aksi.



**Gambar 1.** Kontribusi Konsumsi Energy meningkatkan Emisi GRK berdasarkan Sektor.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa Kontribusi terbesar dari konsumsi energy (BBF) yang menghasilkan Emisi gas rumah kaca (GRK) adalah pada sector Industri (29%) dan transportasi (15%). Kebijakan mitigasi diperlukan untuk mengendalikan pertumbuhan produksi emisi CO<sub>2</sub> dari sektor tersebut, risiko pertumbuhan emisi dapat meningkat. Secara revosioner Gaya hidup dan kemewahan yang diperoleh dengan mengkonsumsi Energy terlalu tinggi, perlu dikurangi (Bilgili et al., 2015). Di sektor industri, penggunaan energi, khususnya energi BBF (Bahan Bakar Fosil), proses produksi, dan limbah adalah sumber emisi gas rumah kaca. Dalam industri, proses manufaktur sangat bergantung pada energi. Energi diperlukan untuk produksi, bahan bakar motor, bahan bakar tungku, bahan bakar boiler untuk produksi uap, dan aplikasi industri lainnya. Karena masalah lingkungan semakin memburuk, misalnya perubahan iklim, Para stakeholder memberikan tuntutan dan tekanan yang lebih besar kepada perusahaan agar peduli terhadap lingkungan.

Hadirnya perhitungan karbon merupakan suplemen untuk adopsi Protokol Kyoto (Pratiwi et al., 2021). Untuk mengurangi emisi atau meningkatkan kapasitas penyerapan dan konversi GRK, mitigasi merupakan langkah kebijakan yang diperlukan. Dalam penerapan mitigasi emisi GRK terdiri dari 4 strategy utama (Wahyudi, 2018). Yaitu :

1. Eliminasi: Menghindari atau menghilangkan aktivitas yang menggunakan peralatan yang dapat menimbulkan emisi GRK. Contoh : Menggunakan peralatan manual yang tidak menggunakan energi Listrik.
2. Pengurangan : Melakukan Effisiensi jika menggunakan peralatan yang membutuhkan energi Listrik. Contoh : Mematikan Lampu jika tidak dipakai, mencabut kabel bila peralatan tidak digunakan, dll
3. Substitusi : Mengganti atau merubah teknologi yang lebih Effisien dan lebih rendah Emisi CO<sub>2</sub> nya. Contoh : Mengganti Bohlam Pijar dengan LED, mengganti sumber Energi PLN ke Tenaga Surya, dll
4. Offset : Meningkatkan penyerapan Emisi CO<sub>2</sub>. Contoh : Memperluas Ruang Hijau, Penghutan Kembali (Reforestasi), dll

### Menghitung Emisi GRK

Listrik adalah salah satu sumber energi yang dibutuhkan masyarakat untuk kehidupan sehari-hari. Sebagian besar orang di dunia, terutama di Indonesia, menggunakan listrik 24 jam sehari untuk membantu mereka melakukan aktivitasnya (Santoso & Gusdini, 2016). Sementara Sektor Energi saat ini masih menggunakan BBF (Bahan Bakar Fosil) sehingga tanpa control dan kendali di sector energi maka akan menyebabkan semakin cepatnya sumber daya alam tak terbarukan ini habis. Sehingga sector energi menjadi hal yang prioritas. Perlu implementasi proses industri dan produksi bersih karena akan meningkatkan efisiensi pemakaian bahan baku dan Energi (Muryani, 2020).

Perhitungan emisi GRK diawali dengan identifikasi ruang lingkup emisi (Scope Emission) di perusahaan (Industri). Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh suatu industri terdiri dari tiga katagori (Awanthi & Navaratne, 2018). yaitu:

1. Scope 1 adalah emisi karbon dari aktifitas yang bisa kita kendalikan secara langsung, Contoh: penggunaan boiler, generator, dan alat dan fasilitas bertenaga bahan bakar fosil lainnya, Demikian juga kendaraan operational perusahaan untuk kegiatan perpindahan orang dan barang (Transportasi).
2. Scope 2 adalah emisi dari energi yang kita dapatkan atau impor dari sumber luar, seperti: *steam* yang kita dapatkan dari sumber luar atau listrik yang kita dapatkan dari PLN.
3. Scope 3 adalah emisi yang dihasilkan oleh pihak yang menyediakan barang bagi perusahaan. Kecuali karena sulitnya mengakses data dan jumlahnya yang relatif kecil, emisi dari lingkup 3 jarang dihitung.

Dari ketiga ruang lingkup diatas, PT XYZ sebagai Object penelitian masuk kedalam Scope 1 dan 2. Karena memiliki kegiatan yang menghasilkan emisi namun dapat dikendalikan secara langsung. Contohnya Boiler dan kendaraan-kendaraan operational perusahaan. dan Energi yang digunakan untuk operational produksi adalah dibeli atau didapatkan dari Luar (Pemasok) yaitu PLN dan contoh lainnya menggerakkan mesin-mesin proses produksi, Bahan bakar Furnace (Tungku untuk melting dan Casting). Secara umum, emisi pembakaran bahan bakar adalah emisi energi, bukan emisi dari proses industri.

Istilah "Tier" adalah Derajat ketelitian perhitungan yang dipakai Dalam kegiatan pendataan GRK. Berdasarkan Standard Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) terdapat 3 Tier (Sunarti et al., 2019), yaitu :

- 1) Tier 1: Perkiraan didasarkan pada data aktifitas dan faktor emisi default IPCC.
- 2) Tier 2: Perkiraan berdasarkan data aktifitas yang lebih akurat dan faktor emisi

default IPCC atau faktor emisi spesifik negara atau pabrik (*country specific/plant specific*).

3) Tier 3: perkiraan menggunakan metode khusus negara yang menggunakan data kegiatan yang lebih tepat (pengukuran langsung) dan faktor emisi yang spesifik khusus negara atau pabrik (*country specific/plant specific*)

Tingkat penelitian GRK ditentukan oleh jenis data yang relevan dengan bangsa atau negara tertentu untuk mengembangkan metode atau mengidentifikasi faktor emisi spesifik yang dapat digunakan oleh bangsa atau negara tersebut. Dalam penelitian GRK, emisi sektor/kegiatan Indonesia menggunakan Tier-1, berdasarkan data yang diperbarui dan faktor emisi standar IPCC (KLH, 2012).

### Model Dasar Perhitungan

Berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi, perhitungan paling sederhana untuk menghitung emisi GRK adalah dengan pendekatan Tier-1 dan Tier-2.

$$\text{Emisi GRK} = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi (FE)}$$

Keterangan :

- Data aktifitas adalah data mengenai banyaknya aktifitas yang terkait dengan emisi GRK.
- Istilah "faktor emisi" (FE) berfokus pada emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer per aktivitas atau volume tertentu. Satuan aktifitas dapat diukur dari volume yang digunakan atau dikonsumsi. dan koefisien menunjukkan jumlah emisi yang dihasilkan per unit aktivitas. Untuk Tier-1 faktor emisi yang digunakan adalah default (IPCC 2006 GL).

Faktor emisi Tier 1 adalah faktor emisi berlaku untuk semua negara. Faktor emisi di Tier 2 spesifik untuk suatu negara. Faktor emisi untuk negara Tier 3 adalah spesifik negara. Faktor emisi digunakan untuk menghitung emisi GRK, yang kemudian dikalikan dengan jumlah bahan bakar yang

dikonsumsi untuk menentukan jumlah total emisi yang dilepaskan. Nilai faktor emisi listrik dapat bervariasi menurut tahun dan wilayah. Untuk sistem interkoneksi Jawa-Madura-Bali (Jamali) yang akan digunakan dalam penelitian ini, faktor emisi listrik ditetapkan oleh Direktur Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Faktor emisi listrik untuk jaringan Jawa-Madura disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1.** Faktor Emisi Interkoneksi Jawa Madura Bali (JAMALI)

No	Tahun	Nilai Faktor Emisi Interkoneksi Jamali (KgCO <sub>2</sub> /kwh)
1	2010	0,73
2	2011	0,79
3	2012	0,82
4	2013	0,86
5	2014	0,84
6	2015	0,90
7	2016	0,88
8	2017	0,85
9	2018	0,88
10	2019	0,87

Total energi yang digunakan untuk memproduksi satu unit produk dapat digunakan untuk menghitung konsumsi energi sector industri. Ini termasuk energi yang digunakan untuk memindahkan barang atau bahan baku yang digunakan secara internal di area produksi untuk membuat produk (KLH, 2012). Satuan energi yang digunakan dapat diubah sesuai standar industri, seperti: kCal/kg klinker semen di industri semen, kWh/ton baja di industri besi dan baja, dan GJ/ton kain tekstil di tekstil industri.

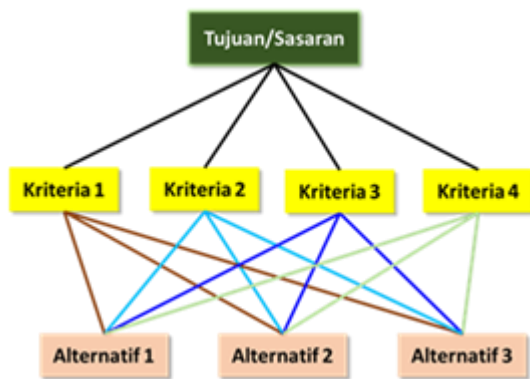
### BAHAN DAN METODE

Metode yang di gunakan adalah *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menganalisa kebijakan yang paling prioritas perusahaan dalam melakukan mitigasi dampak Gas rumah kaca . Asal usul metode ini ditahun 1970-1980-an ketika Profesor Thomas L. Saaty memulai dan

mengembangkan metode ini. “Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah teori pengukuran berdasarkan perbandingan dan penilaian ahli untuk skala prioritas(Rajput et al., 2018).

Selain membantu pengambilan keputusan dan memberikan penjelasan yang jelas dan logis tentang pilihan yang dibuat, strategi ini juga membantu dalam mencari solusi alternatif yang ideal. Memahami empat prinsip dasar AHP sangat penting:

1. *Decomposition*, yang mengatur masalah kompleks menjadi Pohon Hirarki dengan memecahnya menjadi bentuk yang lebih sederhana.



Gambar 2. Pohon hirarki dalam AHP

Tingkat pertama : Tujuan atau sasaran yang akan di capai (*Goal*)

Tingkat kedua : Kriteria-kriteria

Tingkat ketiga : Alternatif-alternatif

2. *Comparative Judgment*, khususnya prosedur penentuan tingkat di mana satu kriteria lebih penting daripada yang lain. Kriteria prioritas, yang merupakan dasar dari metode AHP, dipengaruhi oleh penilaian ini. Matriks perbandingan berpasangan, atau matriks perbandingan berpasangan yang berisi tingkat preferensi dari beberapa pilihan untuk setiap kriteria, digunakan untuk mengatur temuan penilaian ini. Skala preferensi yang digunakan adalah skala dari satu sampai sembilan, dengan satu yang terendah dan sembilan yang tertinggi.

Tabel 2. Skala penilaian perbandingan berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama penting
3	Elemen yang satu <b>sedikit lebih penting</b> daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu <b>lebih penting</b> daripada elemen yang lainnya
7	Elemen yang satu <b>sangat lebih penting</b> daripada elemen yang lainnya
9	Elemen yang satu <b>mutlak lebih penting</b> daripada elemen yang lainnya
2,4,6,8	Nilai diantara dua nilai pertimbangan yang berdekatan

3. *Synthesis of priority*, khususnya prosedur mensintesis prioritas lokal pada hierarki untuk mendapatkan prioritas global dari berbagai kriteria keputusan.
4. *Local consistency*, yaitu, evaluasi yang konsisten tentang kepentingan relatif dari setiap kriteria dalam kaitannya dengan yang lain.

Ketika alternatif yang tersedia tidak cukup untuk mencapai satu atau lebih tujuan dan dapat dikompensasikan dengan kinerjanya terhadap tujuan lain, AHP adalah proses pengambilan keputusan yang seimbang. Tahapan-tahapan pengambil keputusan dalam metode AHP adalah sbb :

- a. Mendefinisikan masalah dan menetapkan tujuan yang diinginkan
- b. Membuat struktur hirarki. Tujuan umum lalu dibuatkan kriteria-kriteria dan alternatif-alternatif yang di rangking.
- c. Bentuk matriks perbandingan berpasangan yang menjelaskan bagaimana setiap unsur mempengaruhi tujuan atau kriteria pada tingkat di atas dengan cara yang berbeda.
- d. Normalisasi data.

- e. Menguji konsistensi dan menghitung nilai *eigen Vector* nya, yang mewakili bobot setiap elemen. Data harus diulang kembali jika tidak konsisten
- f. Langkah diatas dilakukan untuk seluruh tingkat hirarki. langkah ini untuk mensintesis pilihan dalam penentuan prioritas elemen-elemen di tingkat Hirarki terendah sampai mencapai tujuan.
- g. Menguji konsistensi hirarki. Jika tidak memenuhi dengan  $CR < 0.100$  maka penilaian harus diulang Kembali

Untuk mempermudah proses diatas, Penulis akan menggunakan Aplikasi “Expert Choice (EC) V11.0 Merupakan suatu program aplikasi AHP yang akan mempermudah dan mempercepat analisa pengambil keputusan. Dengan menggunakan fitur rata-rata untuk meratakan hasil pasangan menjadi suatu nilai, aplikasi ini dapat menggabungkan hasil perbandingan dengan beberapa partisipan. Metode perhitungan mean geometrik digunakan untuk mendapatkan nilai rata-rata.

Tingkat kesalahan dalam menghitung bobot sangat kecil, Karena tidak perlu menghitung bobot secara manual, namun keakuratan kami dalam memasukkan data yang menentukan seberapa akurat aplikasi Expert Choice. Hal ini membuat aplikasi ini cocok untuk menganalisis masalah dalam pengambilan keputusan yang melibatkan hierarki yang besar atau dengan banyak tingkatan dan banyak alternatif dari preferensi responden.

### Menghitung Konsumsi Listrik

Untuk memudahkan Analisa Konsumsi Listrik Perusahaan di kelompokan menjadi 3 katagori besar:

1. Kelompok Mesin. Pemakaian seluruh mesin-mesin Produksi.
2. Kelompok Lighting (Lampu) & Umum. Pemakaian seluruh lampu untuk penerangan dan peralatan listrik umum lainnya (PC,Laptop, Mesin Fotocopy dan Printer)
3. Kelompok pendingin ruangan. Pemakaian seluruh AC di perusahaan

Ketiga Kategori tersebut di bagi lagi berdasarkan Factory-factory (Lokasi yang berbeda-beda) di perusahaan. Yaitu : *Factory 1* di Cibitung , *Factory 2* di Cibitung , *Factory 3* di Cibitung dan *Factory 5* di Cikarang.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum FC \times CEF$$

### Rumus menghitung Energi

$$E = P \times (t/1000)$$

Dengan:

E : Energy (Kwh)

T : Time (jam) waktu yang digunakan untuk konsumsi listrik.

System Grouping Power di Perusahaan sudah memiliki Pencatat meter masing-masing sesuai Kategori (kelompok) tsb, sehingga tidak memerlukan perhitungan untuk mengkonversi jumlah energy yang digunakan setiap katagori tsb.

### Menghitung Emisi Carbon (CO<sub>2</sub>)

Jumlah total CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan oleh aktivitas, baik jangka panjang maupun jangka pendek, dikenal sebagai tapak Karbon, Menurut IPCC, ada dua jenis tapak karbon yaitu:

1. *Primary Carbon Footprint* (Tapak Karbon Primer) adalah jejak karbon langsung yang ditinggalkan oleh suatu aktivitas. Pembakaran bahan bakar fosil adalah aktivitas utama yang meninggalkan jejak karbon, proses pembakaran dan degradasi material.

$$\text{Emisi CO}_2 = a \times EF \times NCV$$

Dimana :

Emisi CO<sub>2</sub> : Total emisi CO<sub>2</sub> (kg karbon)

a : Bahan bakar yang di konsumsi(kg)

EF : faktor emisi CO<sub>2</sub> bahan bakar (satuan massa/MJ)

NCV : *Net Calorific Volume* (energy content) per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ton fuel)

2. Penggunaan peralatan bertenaga listrik merupakan salah satu contoh dari secondary carbon footprint, yaitu carbon footprint tidak langsung. Penggunaan energi listrik setara dengan carbon footprint (PLN) semacam ini. Pada

prinsipnya, emisi CO<sub>2</sub> untuk setiap unit produksi adalah dasar untuk semua jejak karbon produk.

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum \text{FC} \times \text{CEF}$$

Dimana :

$\sum \text{FC}$  = jumlah listrik yang dikonsumsi (Kwh)

CEF = Carbon Emission Factor (kg CO<sub>2</sub>/Kwh)

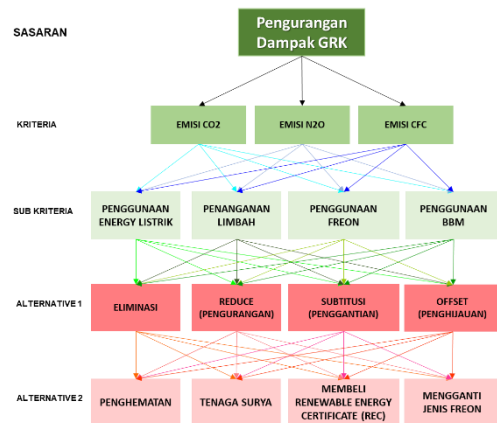
Maka Emisi Total CO<sub>2</sub> nya adalah :

**Emisi CO<sub>2</sub> total =**

**Emisi CO<sub>2</sub> primer + Emisi CO<sub>2</sub> sekunder**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

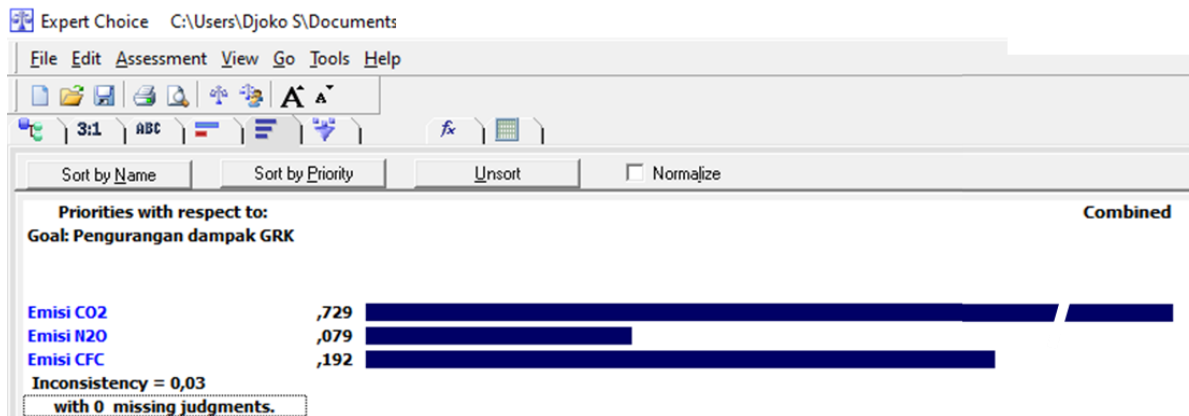
Analisa menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Berdasarkan Hirarki penelitian pada Gambar 3, disebarkan kuisisioner seluruh responden yang memiliki kompetensi dan aktivitas sustainability di perusahaan. Hasil jawaban kuisisioner dari responden dilanjutkan analisa menggunakan aplikasi Expert Choice ver.11.0 untuk mendapatkan rekomendasi strategi kebijakan yang paling sesuai sebagai mitigasi mengurangi dampak gas rumah kaca.



Gambar 3. Pohon Hirarki Penelitian

**1. Berdasarkan Perbandingan kriteria**

Perbandingan prioritas kriteria dapat dilihat pada Gambar 4. Pada gambar tersebut hasil Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> menjadi sangat prioritas dengan nilai bobot tertinggi yaitu 0.729, sementara prioritas kedua adalah Pengurangan emisi CFC dengan bobot 0.192 dan prioritas terendah pengurangan emisi N<sub>2</sub>O dengan bobot 0.079. Pada pembobotan kriteria secara keseluruhan memiliki nilai inkonsistensi 3%.



Gambar 4. Perbandingan prioritas Kriteria

**2. Berdasarkan perbandingan Sub Kriteria**

Perbandingan prioritas SubKriteria dapat dilihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut aktifitas pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> dengan prioritas utama pada penggunaan energi listrik dengan bobot tertinggi 0.615, prioritas keduanya adalah penggunaan BBM secara langsung dengan bobot 0.188, prioritas

selanjutnya adalah penggunaan freon dengan bobot 0.116 dan prioritas terakhir adalah penanganan limbah 0.080. Pada pembobotan Subkriteria secara keseluruhan memiliki nilai inkonsistensi 1% (0.01<0.1)) maka dapat dilakukan analisis dan kesimpulan dari hasil yang telah diperoleh.

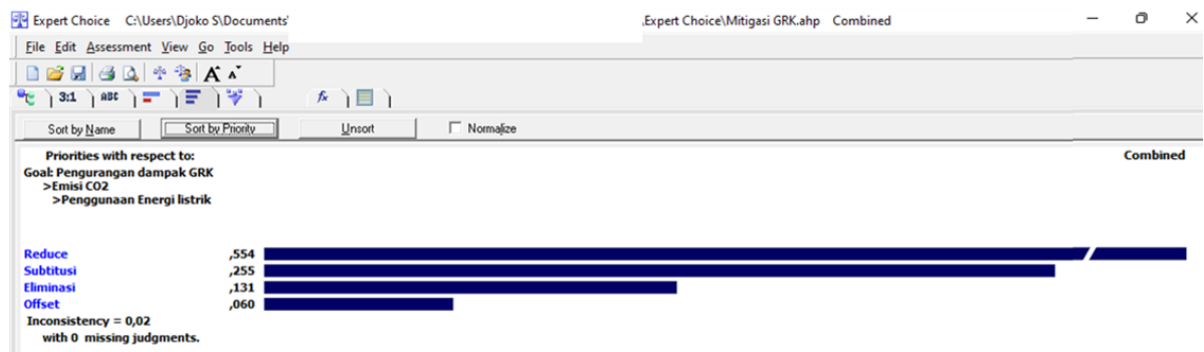


Gambar 5. Perbandingan prioritas SubKriteria

### 3. Berdasarkan perbandingan prioritas Alternative 1

Perbandingan prioritas alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 6. Pada gambar tersebut, dari aktifitas penggunaan energy listrik didapatkan alternatif 1 yang paling prioritas adalah Reduce (Pengurangan) dengan bobot tertinggi 0.554, prioritas keduanya adalah Subtitusi dengan bobot

0.255, prioritas selanjutnya adalah eliminasi dengan bobot 0.131 dan prioritas terakhir adalah offset 0.060. Pada pembobotan alternative 1 secara keseluruhan memiliki nilai inkonsistensi 2% ( $0.02 < 0.1$ ) maka dapat dilakukan analisis dan kesimpulan dari hasil yang telah diperoleh.



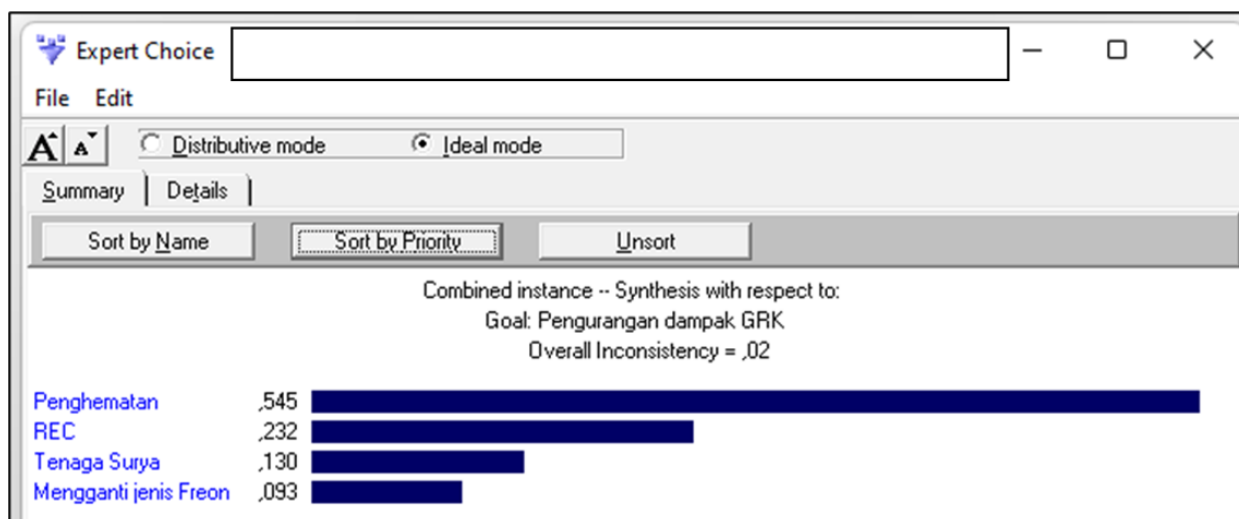
Gambar 6. Perbandingan prioritas alternative 1

### 4. Berdasarkan perbandingan prioritas Alternative 2

Pada gambar 7 dibawah adalah Alternative 2 sebagai pilihan kebijakan yang dapat di lakukan untuk mengurangi pemakaian energi listrik yang paling prioritas adalah Penghematan dengan bobot tertinggi 0.545, prioritas keduanya adalah membeli sertifikat REC dengan bobot 0.232, prioritas

selanjutnya adalah menggunakan Tenaga surya untuk sebagian aktifitasnya dengan bobot 0.130 dan prioritas terakhir adalah mengganti jenis freon 0.093. Pada pembobotan Alternative 2 secara keseluruhan memiliki nilai inkonsistensi 2% ( $0.02 < 0.1$ ) maka dapat dilakukan analisis dan kesimpulan dari hasil yang telah diperoleh.





Gambar 7. Perbandingan prioritas alternative 2

**DATA SEKUNDER**

Adalah data yang di dapatkan dari perusahaan untuk di analisa. Pada tabel 3 adalah daftar aktifitas operasional di perusahaan yang menggunakan energi dan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>.

Dari berbagai penggunaan energi tersebut, penulis akan menganalisa penghasil emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan energi listrik sesuai strategi kebijakan hasil Analisa AHP diatas.

**Tabel 3.** Aktifitas operasional penghasil Emisi CO<sub>2</sub>

Aktivitas	Sumber Gas Rumah Kaca (GRK)	
Proses Produksi	Penggunaan Energi	Mesin-mesin produksi
	Listrik	Pendingin Ruangan (AC)
		Lampu Penerangan
		Peralatan Kantor
	Penggunaan bahan Kimia	Limbah Produksi
Peleburan	Energi	Furnace
Steam Boiler	Kalor	Boiler
	Bahan	Gas Alam (LNG)
Kantin	Bakar Gas	LPG
Transportasi	Bahan Bakar	Kendaraan jemputan (Bus)
	Minyak (BBM)	Kendaraan Logistik (Truk)
		Kendaraan operasional (SUV, MPV, Sedan)

Dari berbagai penggunaan energi tersebut, penulis akan menganalisa penghasil emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan energi listrik

sesuai strategi kebijakan hasil Analisa AHP diatas.

Data pemakaian listrik di PT YKK Zipco Indonesia terbagi menjadi 3 Katagory berdasarkan penggunaannya. yaitu :

1. Mesin Produksi. Data pemakaian listrik yang digunakan untuk pengoperasian mesin-mesin didalam proses produksi dan mesin-mesin pendukung lainnya.
2. Pendingin ruangan (Air Conditioner). Data pemakaian listrik yang digunakan untuk seluruh pendingin ruangan.
3. Lampu dan Umum. Data pemakaian listrik yang digunakan untuk seluruh lampu dan penggunaan yang bersifat umum seperti Laptop, mesin Fotocopy, printer,dll.

$$E = KE \times FE \times GWP$$

Keterangan :

E : Emisi ( Ton.CO<sub>2</sub>eq)

KE : Konsumsi Listrik (MWh)

FE : Faktor Emisi ( Ton.CO<sub>2</sub>/MWh ) .

Faktor emisi (FE) Adalah jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dilepaskan untuk memproduksi 1 MWh energi listrik didalam interkoneksi tenaga listrik tertentu. Faktor emisi ditetapkan pemerintah sesuai wilayahnya dan di Update setiap tahun (Tabel 1. Faktor Emisi Interkoneksi Jawa Madura Bali).

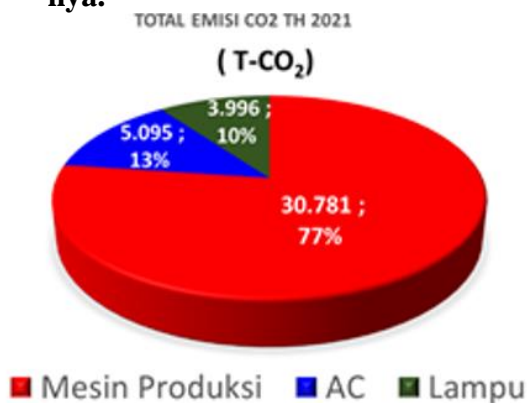
GWP: Global warming potential.

**Tabel 4.** Nilai GWP 3 senyawa utama GRK

No	GAS	GWP
1	CO <sub>2</sub>	1
2	Metana (CH <sub>4</sub> )	21
3	Nitrogen Oksida (N <sub>2</sub> O)	310

**Data emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan energi listrik**

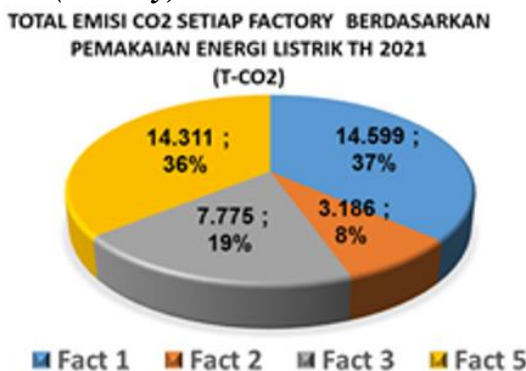
**1. Emisi CO<sub>2</sub> dari energi listrik berdasarkan katagori penggunaannya.**



**Gambar 8.** Total emisi CO<sub>2</sub> dari energi listrik berdasarkan katagori penggunaannya

Dari gambar 8 diatas diketahui energi listrik yang digunakan dan menghasilkan Emisi CO<sub>2</sub> tertinggi adalah dari penggunaan mesin produksi 30.781 T-CO<sub>2</sub>eq (77%) dibandingkan dengan AC 5.095 T-CO<sub>2</sub>eq (13%) dan Lampu penerangan dan umum 3.996 T-CO<sub>2</sub>eq (10%).

**2. Emisi CO<sub>2</sub> dari energi listrik berdasarkan Katagori Lokasi (Factory)**



**Gambar 9.** Total Emisi setiap factory di PT XYZ berdasarkan penggunaan energi listrik Th 2021

Data Emisi CO<sub>2</sub> dari energi listrik juga di bagi berdasarkan Factory-Factory (Lokasi) PT XYZ. Pada gambar 9 diatas diketahui Emisi CO<sub>2</sub> tertinggi adalah Factory 1 14.599 T-CO<sub>2</sub> eq (37%) lalu Factory 5 14.311 T-CO<sub>2</sub>eq, (36%), Factory 3 7.775 t-CO<sub>2</sub> (19%) dan Factory 2 3.186 T-CO<sub>2</sub> eq (8%). Dari data sekunder ini didapatkan bahwa Emisi CO<sub>2</sub> tertinggi dari penggunaan energy listrik adalah di factory 1 sebesar 14.599 T-CO<sub>2</sub> eq dan berdasarkan katagory operational penggunaannya didapatkan tertinggi adalah akibat penggunaan Mesin-mesin Produksi.

**KESIMPULAN**

Dari analisa menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) didapatkan kebijakan mitigasi dampak gas rumah kaca(GRK) yang paling prioritas adalah mengurangi emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan pemakaian energy listrik dengan Mengurangi (Reduce) pemakaian Energi listrik. Penghematan adalah Alternative utama dengan melakukan berbagai improvement dan Inovasi. Dan berdasarkan data Sekunder yang di dapatkan selama tahun 2021 dari penggunaan listrik menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> tertinggi adalah akibat penggunaan Mesin-mesin Produksi di Lokasi factory 1 sebesar 14.599 Ton.CO<sub>2</sub>eq pertahun, Atau 37% dari total emisi CO<sub>2</sub> di perusahaan ini, kemudian tertinggi kedua adalah dari lokasi factory 5 yaitu 14.311 Ton.CO<sub>2</sub> eq, maka PT XYZ dapat melakukan kebijakan Menurunkan emisi CO<sub>2</sub> dengan mitigasi melakukan pengurangan (*Reduce*) pada penggunaan energi listrik. Prioritas nya adalah pada pengoperasian mesin-mesin produksi di lokasi *Factory 1*. Strategi yang dilakukan antara lain mengganti mesin-mesin tua yang sudah tidak efisien dengan mesin-mesin baru yang lebih produktif, efisien dalam penggunaan listriknya, penggunaan teknologi tinggi, serta merubah Layout atau tata letak mesin yang lebih ringkas dan dikelompokkan berdasarkan jenis produknya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bilgili, M., Ozbek, A., Sahin, B., & Kahraman, A. (2015). An overview of renewable electric power capacity and progress in new technologies in the world. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 323–334. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.148>
- Foges, C., & Young, N. (2017). Green House Effect. *Architectural Record*, 205(7), 109–113.
- KLH. (2012). *Pedoman penyelenggaraan Inventarisasi Gas rumah kaca Nasional buku II Volume 1 Metodologi penghitungan tingkat Emisi Gas Rumah Kaca*.
- Muryani, M. (2020). Produksi bersih dan model kerjasama sebagai upaya mitigasi emisi gas rumah kaca pada sektor industri. *Jurnal Sosiologi Dialektika*, 13(1), 48. <https://doi.org/10.20473/jsd.v13i1.2018.48-65>
- Pratiwi, L., Maharani, B., & Sayekti, Y. (2021). Determinants of Carbon Emission Disclosure: An Empirical Study on Indonesian Manufacturing Companies. *The Indonesian Accounting Review*, 11(2). <https://doi.org/10.14414/tiar.v11i2.2411>
- Rajput, V., Kumar, D., Sharma, A., & Singh, S. (2018). A Literature Review on Ahp ( Analytic Hierarchy Process ). *Journal for Advance Research in Applied Sciences*, 5(1).
- Santoso, P. B. K., & Gusdini, N. (2016). Analisis Emisi CO2 Berdasarkan Jejak Karbon Sekunder. *Penelitian Dosen Universitas Sahid Jakarta*, 1–46.
- Soutter, A. R. B., & Möttus, R. (2020). “Global warming” versus “climate change”: A replication on the association between political self-identification, question wording, and environmental beliefs. *Journal of Environmental Psychology*, 69, 101413. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101413>
- Sunarti, Sunaryo, F. K., Prasetyo, B. E., Kurniadi, C. B., Setiadi, I., & Rabbani, Q. (2019). *Inventarisasi Emisi GRK Sektor Energi*.
- Wahyudi, J. (2018). Mitigasi emisi Gas Rumah Kaca. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 12(2), 104–112. <https://doi.org/10.33658/jl.v12i2.4>