

**PENERAPAN OPTIMISASI DENGAN ALGORITMA
METAHEURISTIK DALAM ANALISIS PENYEBAB
GAS RUMAH KACA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:

Kiagus Muhammad Arsyad

105219002



**FAKULTAS SAINS DAN ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PERTAMINA
2023**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gas Rumah Kaca (GRK)	4
2.2 Optimisasi dan Metaheuristik	5
2.3 Optimisasi Algoritma Metaheuristik.....	5
2.3.1 Particle Swarm Optimization (PSO)	5
2.3.2 Genetic Algorithm (GA).....	5
2.3.3 Differential Evolution (DE).....	6
2.3.4 Grey Wolf Optimization (GWO).....	6
2.4 Optimisasi Metaheuristik dan Pendekatan <i>Machine Learning</i>	6
2.5 Studi Literatur 3C2S	6
BAB III. METODE PENELITIAN	7
3.1 Data <i>Overview</i>	7
3.2 Data <i>Collection</i>	7
3.3 Penyelesaian dengan Particle Swarm Optimization.....	7
3.3.1 Alur Tahapan Penyelesaian PSO.....	7
3.3.2 Penyelesaian Solusi PSO	7
3.4 Penyelesaian dengan Genetic Algorithm	7
3.4.1 Alur Tahapan Penyelesaian GA	7
3.4.2 Penyelesaian Solusi GA	7
3.5 Penyelesaian dengan Diffential Evolution	7

3.5.1 Alur Tahapan Penyelesaian DE.....	7
3.5.2 Penyelesaian Solusi DE.....	7
3.6 Penyelesaian dengan Grey Wolf Optimization	7
3.6.1 Alur Tahapan Penyelesaian PSO.....	8
3.6.2 Penyelesaian Solusi PSO	8
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	9
4.1 Hasil Solusi pada Impelementasi Optimisasi Metaheuristik (PSO, GA, DE, GWO).....	9
4.1.1 Hasil Solusi PSO	9
4.1.2 Hasil Solusi GA.....	9
4.1.3 Hasil Solusi DE	9
4.1.4 Hasil Solusi GWO.....	9
4.2 Perbandingan Parameter Penyebab GRK	9
4.3 Hasil dalam bentuk Grafik Lingkaran (<i>Pie Chart</i>)	9
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	10
5.1 Kesimpulan	10
5.2 Saran	10
DAFTAR PUSTAKA.....	11

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emisi gas rumah kaca (GRK) di Indonesia diperkirakan meningkat pada periode 2021-2030. Berdasarkan artikel dari DataIndonesia.Id yang ditulis oleh (Rizaty, 2022), emisi GRK nasional sudah mencapai 259,1 juta ton CO₂ pada tahun 2021 berdasarkan data RUPTL PLN. Proyeksi emisi GRK tahun 2030 menunjukkan peningkatan sebesar 29,13% menjadi 334,6 juta ton CO₂. Sebagian besar emisi GRK pada tahun tersebut berasal dari pembakaran batu bara (298,9 juta ton CO₂ atau 89,3% total emisi), diikuti oleh emisi dari bahan bakar minyak (34 juta ton CO₂) dan gas (1,7 juta ton CO₂). *Situasi tersebut telah menjadi isu yang semakin mendesak dan penting untuk dipahami dan perlu diatasi dalam permasalahan emisi GRK di Indonesia.*

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang terus meningkat dan kemajuan teknologi yang pesat menyebabkan peningkatan kebutuhan energi (Kristanto & Koven, 2019). Hal ini berdampak pada penggunaan bahan bakar fosil, seperti pembakaran kendaraan bermotor dan kegiatan industri, yang menjadi penyumbang salah satu faktor emisi GRK (Ketaren, 2023). Menurut (Yusuf et al., 2020), perubahan iklim global saat ini berfokus pada peran faktor manusia dalam kontribusinya terhadap perubahan iklim yang meskipun faktor alami juga memiliki pengaruh. Dampak dari peningkatan emisi GRK dan konsumsi energi di dunia juga sangat signifikan terhadap lingkungan.

Fenomena seperti kenaikan suhu global, perubahan iklim ekstrem, serta perubahan pola cuaca menjadi dampak serius dari peningkatan emisi GRK (Li et al., 2023). Selain itu, pola pengelolaan limbah di Indonesia juga memiliki kontribusi terhadap GRK, dengan 60-70% limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir dan 30-40% yang berakhir di sungai, dibakar, atau dikelola secara mandiri oleh masyarakat (Kristanto & Koven, 2019). Bahkan pertumbuhan ekonomi dan aktivitas manusia di seluruh dunia memainkan peran penting dalam peningkatan konsentrasi emisi GRK di atmosfer, yang secara negatif mempengaruhi perubahan iklim (Prastiyo et al., 2020).

Dalam upaya mengatasi permasalahan lingkungan terkait GRK, terdapat penelitian yang mengusung pendekatan dalam teknologi dan optimisasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Rytter et al., 2012), penggunaan Genetic Algorithm untuk menghitung iklim rumah kaca yang seimbang dalam

memenuhi masalah optimasi multiobjektif yang ditentukan oleh model-model kontrol iklim yang ditambahkan secara independen. Penerapan yang sama pada strategi optimisasi penyebaran emisi untuk mengurangi GRK yang disebabkan oleh unit pembangkit termal fosil dalam sistem kelistrikan (Naimi et al., 2013).

Dalam penelitian lainnya, penggunaan teknik pembelajaran mesin (machine learning) diintegrasikan dengan model matematika dan algoritma metaheuristik seperti Particle Swarm Optimization (PSO) dan Grey Wolf Optimization (GWO) untuk memprediksi emisi GRK hingga tahun 2028 (Adamu et al., 2021). Selain itu, metode yang digunakan oleh Uzlu (2021) dalam memperkirakan emisi GRK meliputi metode statistik dan teknik komputasi lunak. Metode statistik yang sering digunakan mencakup analisis tren, metode deret waktu, Grey Models (GMs), Autoregressive Integrated Moving Averages (ARIMAs), dan analisis regresi. Selain itu, teknik komputasi lunak seperti Artificial Neural Networks (ANNs), algoritma metaheuristik seperti Artificial Bee Colony (ABC), Particle Swarm Optimization (PSO), Harmony Search (HS), dan Evolutionary Algorithms Seperti Gene Expression Programming (GEP) juga banyak digunakan (Uzlu, 2021).

Oleh sebab itu, dalam pengembangan solusi terhadap perubahan lingkungan dan GRK, penelitian-penelitian tersebut memperlihatkan peran penting teknologi, model, dan optimisasi untuk mencapai tujuan mitigasi dan pengendalian emisi GRK secara efektif. Sehingga penulis pada penelitian ini, ingin menerapkan beberapa dari algoritma metaheuristik berupa optimisasi yang dapat menentukan variabel utama sebagai penyebab GRK di Indonesia berdasarkan data yang telah ada, agar dapat memudahkan dalam menentukan solusi penyelesaian secara efektif dan tepat untuk mengurangi GRK.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana penerapan optimisasi dengan algoritma metaheuristik dalam menganalisis dan menentukan penyebab emisi GRK di Indonesia dengan menghasilkan parameter yang paling berpengaruh?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini:

1. Berfokus pada emisi GRK yang terbatas pada di Indonesia, mempertimbangkan karakteristik geografis, demografis, dan sektor yang memengaruhinya.

2. Penelitian ini akan mengimplementasikan algoritma optimisasi yang menggunakan parameter berupa variabel-variabel yang berkaitan erat dengan emisi GRK seperti jumlah penduduk, perubahan temperatur, jumlah kadar GRK, perubahan iklim, deforestasi, dan perubahan penggunaan lahan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membantu dalam menentukan parameter-parameter penyebab emisi GRK paling besar di Indonesia dengan menggunakan optimisasi dengan algoritma metaheuristik untuk menganalisis dan menentukan parameter penyebab paling berpengaruh pada GRK.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengatasi masalah emisi GRK di Indonesia, serta merumuskan strategi penanggulangan yang lebih efektif dan efisien. Dengan pemanfaatan teknologi algoritma optimisasi, penelitian ini juga dapat memberikan pendekatan yang lebih akurat dan efisien dalam menentukan penyebab GRK.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Rumah Kaca (GRK)

Perubahan iklim telah menjadi isu keamanan internasional yang penting dan nontradisional. Emisi gas rumah kaca (GRK) yang berlebihan merupakan salah satu penyebab utama dari meningkatnya permasalahan iklim. Perubahan iklim tidak hanya secara langsung mempengaruhi kesehatan populasi dengan meningkatkan frekuensi dan intensitas gelombang panas, kekeringan, dan curah hujan yang tinggi, tetapi juga secara tidak langsung dengan meningkatkan polusi udara, mempercepat penyebaran vektor penyakit, serta mempengaruhi keamanan pangan dan kesehatan mental. Emisi GRK yang berlebihan menjadi faktor yang memperburuk perubahan iklim dan dampaknya terhadap berbagai aspek kehidupan manusia (Wang et al., 2022).

Gas rumah kaca merujuk pada gas-gas yang hadir di atmosfer, baik secara alami maupun sebagai hasil aktivitas manusia (antropogenik), yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah (Purnamasari et al., 2019). Ketika permukaan bumi menerima radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek, sebagian besar radiasi ini dipancarkan kembali ke atmosfer sebagai radiasi gelombang panjang (infra merah). Gas rumah kaca yang terdapat di lapisan atmosfer yang dekat dengan permukaan bumi menyerap radiasi gelombang panjang ini, menyebabkan peningkatan suhu yang tinggi yang dikenal sebagai efek rumah kaca. Peningkatan suhu ini terjadi akibat perubahan kondisi dan komposisi atmosfer yang mengelilingi planet ini (Pratama, 2019).

Dalam era saat ini, masalah lingkungan telah menjadi pembahasan utama baik di negara-negara yang sedang berkembang maupun negara-negara maju karena adanya kerusakan lingkungan. Hal ini juga menimbulkan pertanyaan tentang pemanasan global dan perubahan iklim, yang terutama disebabkan oleh emisi gas rumah kaca, kadang-kadang terkait dengan penyebab alami seperti pergeseran benua, aktivitas gunung berapi, radiasi matahari, dan arus laut, serta aktivitas manusia langsung maupun tidak langsung yang mempengaruhi komposisi atmosfer global dan variasi lingkungan (Li et al., 2023). Para peneliti telah berargumen bahwa peningkatan aktivitas manusia akibat perkembangan industrialisasi, pertumbuhan populasi global, dan kebutuhan untuk mengatasi perubahan tersebut adalah penyebab utama perubahan iklim. Selain itu, aktivitas manusia seperti deforestasi pertanian dan komersial, pembakaran bahan bakar

fosil, serta perubahan penggunaan lahan akibat pertumbuhan populasi juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (Yoro & Daramola, 2020).

Menurut Khairunnisa Musari & Sayah (2021), dalam rangka penyelesaian masalah gas rumah kaca (GRK), beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah upaya melawan perubahan iklim, prioritas nasional, transformasi kebijakan, menciptakan lingkungan yang mendukung, dan investasi keuangan yang diperlukan, yang semuanya harus menjadi bagian dari agenda nasional. Selain itu dengan perkembangan era informasi saat ini, salah satu upaya dengan pemanfaatan teknologi atau kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) menjadi hal yang penting karena dapat digunakan untuk pemantauan, analisis, dan pengelolaan data terkait emisi GRK. Sementara itu, dapat membantu dalam mengoptimalkan kebijakan dan strategi untuk mengurangi emisi GRK secara efisien. Dengan memanfaatkannya secara holistik, diharapkan dapat memberikan penyelesaian masalah GRK dan perubahan iklim dapat tercapai dengan lebih efektif dan efisien.

2.2 Optimisasi dan Metaheuristik

Membahas mengenai jenis-jenis optimisasi secara umum dan algoritma metaheuristik. Pada sub-bab ini akan dijelaskan pengertian, kegunaan, implementasi, serta hal yang dapat mendukung dalam penelitian ini. Kemudian, akan diakhiri dengan penjelasan 4 jenis optimisasi algoritma metaheuristik secara ringkas yang akan diterapkan pada penelitian ini.

2.3 Optimisasi Algoritma Metaheuristik

Penjelasan jenis optimisasi algoritma metaheuristik secara singkat, dilanjutkan dengan sub-bab yang akan menjelaskan lebih rinci mengenai keempat jenis optimisasi algoritma metaheuristik yang diterapkan pada penelitian ini.

2.3.1 Particle Swarm Optimization (PSO)

Penjelasan umum mengenai PSO, kelebihan, kekurangan, dan implementasinya dalam tahapan penelitian ini.

2.3.2 Genetic Algorithm (GA)

Penjelasan umum mengenai GA, kelebihan, kekurangan, dan implementasinya dalam tahapan penelitian ini.

2.3.3 Differential Evolution (DE)

Penjelasan umum mengenai DE, kelebihan, kekurangan, dan implementasinya dalam tahapan penelitian ini.

2.3.4 Grey Wolf Optimization (GWO)

Penjelasan umum mengenai GWO, kelebihan, kekurangan, dan implementasinya dalam tahapan penelitian ini.

2.4 Optimisasi Metaheuristik dan Pendekatan *Machine Learning*

Akan dijelaskan suatu faktor, kelebihan, maupun kekurangan pemilihan antara optimisasi metaheuristik dan pendekatan dengan machine learning, yang difokuskan pada penelitian ini. Didukung dengan referensi dari yang ada, akan disampaikan alasan mengapa menerapkan optimisasi dalam menentukan variabel penyebab GRK.

2.5 Studi Literatur 3C2S

Mengkaji studi literatur yang berhubungan dengan penelitian ini dan memberikan pernyataan-pernyataan bahwa penelitian yang dilakukan merupakan suatu pengembangan maupun keterbaruan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Data Overview

Penjelasan mengenai dataset beserta sumbernya, data apa yang akan dipakai dalam penelitian ini.

3.2 Data Collection

Tahapan memproses data menjadi variabel sebagai parameter penyebab GRK yang akan dilanjutkan ke tahapan optimisasi dengan algoritma metaheuristik. Terdapat tabel berisikan variabel yang terpilih dengan didukung beberapa referensi jurnal/penelitian sebelumnya sebagai indikator sebagai penyebab GRK.

3.3 Penyelesaian dengan Particle Swarm Optimization

Diberikan beberapa kalimat yang menjelaskan PSO dalam implementasi yang diterapkan pada penelitian ini.

3.3.1 Alur Tahapan Penyelesaian PSO

3.3.2 Penyelesaian Solusi PSO

3.4 Penyelesaian dengan Genetic Algorithm

Diberikan beberapa kalimat yang menjelaskan GA dalam implementasi yang diterapkan pada penelitian ini.

3.4.1 Alur Tahapan Penyelesaian GA

3.4.2 Penyelesaian Solusi GA

3.5 Penyelesaian dengan Diffential Evolution

Diberikan beberapa kalimat yang menjelaskan DE dalam implementasi yang diterapkan pada penelitian ini.

3.5.1 Alur Tahapan Penyelesaian DE

3.5.2 Penyelesaian Solusi DE

3.6 Penyelesaian dengan Grey Wolf Optimization

Diberikan beberapa kalimat yang menjelaskan GWO dalam implementasi yang diterapkan pada penelitian ini.

3.6.1 Alur Tahapan Penyelesaian PSO

3.6.2 Penyelesaian Solusi PSO

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Solusi pada Implementasi Optimisasi Metaheuristik (PSO, GA, DE, GWO)

Dilampirkan berupa hasil visualisasi yang dihasilkan dari setiap jenis optimisasi metaheuristik yang dipakai, disertai dengan penjelasannya.

4.1.1 Hasil Solusi PSO

Memuat simulasi yang dihasilkan dengan optimisasi metaheuristik PSO.

4.1.2 Hasil Solusi GA

Memuat simulasi yang dihasilkan dengan optimisasi metaheuristik GA.

4.1.3 Hasil Solusi DE

Memuat simulasi yang dihasilkan dengan optimisasi metaheuristik DE.

4.1.4 Hasil Solusi GWO

Memuat simulasi yang dihasilkan dengan optimisasi metaheuristik GWO.

4.2 Perbandingan Parameter Penyebab GRK

Dari semua hasil solusi yang dihasilkan, akan dibuat suatu persentase dalam bentuk tabel yang menunjukkan semua variabel yang terpilih sebagai penyebab GRK.

4.3 Hasil dalam bentuk Grafik Lingkaran (Pie Chart)

Dilampirkan suatu visualisasi berupa grafik lingkaran beserta persentasenya, dan memberikan keputusan dari hasil yang didapat melalui penerapan optimisasi dengan algoritma metaheuristik.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Diberikan suatu kesimpulan berdasarkan data dan hasil yang ada, serta adanya kalimat penjelasan dan diakhiri dengan harapan dari tujuan penelitian yang telah dilakukan dalam mengkaji penyebab GRK.

5.2 Saran

Memberikan suatu hal kepada pembaca ataupun peneliti selanjutnya berupa hal yang dapat atau perlu dikembangkan kedepannya terutama perihal optimisasi, kasus perubahan iklim dan pengaruh gas rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamu, A., Abdullahi, M., Junaidu, S. B., & Hassan, I. H. (2021). An hybrid particle swarm optimization with crow search algorithm for feature selection. *Machine Learning with Applications*, 6, 100108. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100108>
- Ketaren, D. G. K. (2023). PERANAN KAWASAN MANGROVE DALAM PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA DI INDONESIA. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 1, 73. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12050>
- Khairunnisa Musari, & Sayah, F. (2021). *Green Financing through Green Sukuk in the Fight Against Climate Change: Lessons from Indonesia*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23804.26245>
- Kristanto, G. A., & Koven, W. (2019). Estimating greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Depok, Indonesia. *City and Environment Interactions*, 4, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100027>
- Li, J., Irfan, M., Samad, S., Ali, B., Zhang, Y., Badulescu, D., & Badulescu, A. (2023). The Relationship between Energy Consumption, CO2 Emissions, Economic Growth, and Health Indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2325. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032325>
- Naimi, D., Ahmed, S., & Bouktir, T. (2013). An efficient optimisation method based on genetic algorithm applied to reduce greenhouse gases in power system. *2013 International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, 191–195. <https://doi.org/10.1109/CoDIT.2013.6689542>
- Prastiyo, S. E., Irham, Hardyastuti, S., & Jamhari. (2020). How agriculture, manufacture, and urbanization induced carbon emission? The case of Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(33), 42092–42103. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10148-w>

- Pratama, R. (2019). *EFEK RUMAH KACA TERHADAP BUMI*. 14(2).
- Purnamasari, E., Sudarno, S., & Hadiyanto, H. (2019). INVENTARISASI EMISI GAS RUMAH KACA SEKTOR PERTANIAN DI KABUPATEN BOYOLALI. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Rizaty, M. A. (2022, October 14). Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia Diproyeksi Terus Naik hingga 2030. *DataIndonesia.Id*. <https://dataindonesia.id/varia/detail/emisi-gas-rumah-kaca-indonesia-diproyeksi-terus-naik-hingga-2030>
- Rytter, M., Sørensen, J. C., Jørgensen, B. N., & Körner, O. (2012). ADVANCED MODEL-BASED GREENHOUSE CLIMATE CONTROL USING MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION. *Acta Horticulturae*, 957, 29–35. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.957.2>
- Uzlu, E. (2021). Estimates of greenhouse gas emission in Turkey with grey wolf optimizer algorithm-optimized artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, 33(20), 13567–13585. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-05980-1>
- Wang, H., Luo, J., Zhang, M., & Ling, Y. (2022). The Impact of Transportation Restructuring on the Intensity of Greenhouse Gas Emissions: Empirical Data from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12960. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912960>
- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO₂ emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In *Advances in Carbon Capture* (pp. 3–28). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>
- Yusuf, A. M., Abubakar, A. B., & Mamman, S. O. (2020). Relationship between greenhouse gas emission, energy consumption, and economic growth: Evidence from some selected oil-producing African countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(13), 15815–15823. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08065-z>