

**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
DAFTAR TABEL .....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gas Rumah Kaca (GRK) .....	4
2.2 Optimisasi Algoritma Metaheuristik.....	5
2.2.1 Genetic Algorithm (GA).....	6
2.2.2 Grey Wolf Optimization (GWO).....	7
BAB III. METODE PENELITIAN .....	9
3.1 Data <i>Overview</i> .....	9
3.2 Tahapan Penelitian.....	9
3.3 Data <i>Collection</i> .....	10
3.4 Fungsi Objektif .....	11
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1 Referensi Abstrak Jurnal yang Dipakai .....	14
4.2 Penyelesaian dengan Genetic Algorithm (GA).....	14
4.2.1 Hasil Solusi GA.....	15
4.3 Penyelesaian dengan Grey Wolf Optimization (GWO).....	15
4.3.1 Hasil Solusi GWO .....	15
4.4 Perbandingan Parameter Penyebab GRK .....	16
4.5 Hasil dalam bentuk Grafik Lingkaran ( <i>Pie Chart</i> ) .....	16

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	17
5.1 Kesimpulan .....	17
5.2 Saran .....	17
DAFTAR PUSTAKA.....	18

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan GA (Tabassum & Mathew, 2014) .....	6
Tabel 2. 20 jurnal sebagai referensi pemilihan variabel pada fungsi objektif .....	14

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.....	9
Gambar 2. Tahapan Data Collection .....	10
Gambar 3. Proses pada tahapan Data Collection .....	11
Gambar 4. Visualisasi Uji Coba Genetic Algorithm.....	15

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Emisi gas rumah kaca (GRK) di Indonesia diperkirakan meningkat pada periode 2021-2030. Informasi tersebut diperoleh dari artikel DataIndonesia.Id yang ditulis oleh Rizaty (2022), pada artikel tersebut juga disebutkan bahwa emisi GRK nasional sudah mencapai 259,1 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2021. Proyeksi emisi GRK tahun 2030 diperkirakan akan meningkat sebesar 29,13% menjadi 334,6 juta ton CO<sub>2</sub>. Sebagian besar emisi GRK pada tahun tersebut berasal dari pembakaran batu bara.

Salah satu penyebab penambahan emisi GRK adalah pertumbuhan penduduk. Di Indonesia, pertumbuhan penduduk terus meningkat diikuti dengan kemajuan teknologi, hal ini menyebabkan peningkatan kebutuhan energi (Kristanto & Koven, 2019). Pertumbuhan penduduk 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.

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). Dampak dari peningkatan emisi GRK dan konsumsi energi di dunia juga sangat signifikan terhadap lingkungan, seperti kenaikan suhu global, perubahan iklim ekstrem, serta perubahan pola cuaca (J. Li et al., 2023).

Di samping itu, banyak penelitian yang dilakukan dalam kontribusi pencegahan atau mengurangi GRK, salah satunya yang dilakukan oleh Rytter et al., (2012) menggunakan Genetic Algorithm untuk sistem yang dapat menemukan keseimbangan iklim rumah kaca yang memuaskan persyaratan model kontrol iklim yang independen, sehingga dapat mengarah pada peningkatan efisiensi energi dalam operasi rumah kaca. Naimi et al., (2013) menerapkan optimisasi Genetic Algorithm dalam mengurangi emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh unit

pembangkit termal fosil dalam sistem tenaga listrik. Selain itu, Uzlu (2021) melakukan penelitian menggunakan algoritma Grey Wolf Optimizer (GWO) untuk melatih model jaringan saraf tiruan (ANN) yang digunakan untuk memprediksi emisi gas rumah kaca di masa depan di Turki. Namun, pada penelitian-penelitian tersebut, masih belum ada yang berfokus menggunakan optimisasi tersebut dalam menentukan penyebab GRK.

Oleh sebab itu peneliti ingin menerapkan optimisasi dengan algoritma metaheuristik yaitu Genetic Algorithm dan Grey Wolf Optimizer berupa optimisasi yang dapat menentukan variabel utama sebagai penyebab GRK di Indonesia berdasarkan data yang tersedia dari World Bank (2023) dengan didukung pencarian studi literatur, 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 yaitu:

1. Bagaimana cara mengetahui faktor-faktor emisi GRK berdasarkan data dari World Bank (2023) yang akan dipakai sebagai variabel-variabel penyebab GRK?
2. Bagaimana cara menentukan faktor utama penyebab emisi GRK di Indonesia dengan optimisasi algoritma metaheuristik Genetic Algorithm dan Grey Wolf Optimization?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data dari World Bank (2023) di Indonesia dengan rentang waktu tahun 2000-2020.
2. Mengimplementasikan optimisasi dengan algoritma metaheuristik yaitu Genetic Algorithm dan Grey Wolf Optimization.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui faktor-faktor emisi GRK berdasarkan data dari World Bank (2023) yang akan dipakai sebagai variabel-variabel penyebab GRK berdasarkan studi literatur.

2. Menentukan faktor utama penyebab emisi GRK terbesar di Indonesia dengan implementasi optimisasi algoritma metaheuristik Genetic Algorithm dan Grey Wolf Optimization.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengatasi masalah emisi GRK di Indonesia, dengan pemanfaatan teknologi algoritma optimisasi, penelitian ini juga dapat memberikan pendekatan yang lebih akurat dan efisien dalam menentukan penyebab GRK. Sehingga dapat merumuskan strategi yang lebih efektif dalam menanggulangi penyebab utama emisi GRK dan penyebab-penyebab lainnya.



## **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 (H. 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 (J. 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 Algoritma Metaheuristik**

Optimisasi metaheuristik merupakan teknik optimasi yang digunakan untuk memecahkan masalah yang kompleks dan sulit dengan mencari solusi yang baik dalam waktu yang wajar (Gouda et al., 2020). Metaheuristik dapat menghasilkan solusi yang baik dalam waktu yang wajar, bahkan ketika jumlah kemungkinan solusi sangat besar. Ahmia dan Aïder (2019) menyelesaikan masalah yang kompleks dan sulit dengan cara mencari solusi secara heuristik. Teknik ini mencoba untuk menemukan solusi yang memadai dalam waktu yang terbatas, meskipun tidak menjamin solusi optimal. Metaheuristik sering digunakan dalam masalah optimasi yang sulit, di mana solusi optimal tidak dapat dicapai dalam waktu yang wajar. Beberapa contoh teknik metaheuristik yang umum digunakan adalah simulated annealing, algoritma genetika, particle swarm optimization, dan tabu search (Ahmia & Aïder, 2019).

Menurut Glover dan Kochenberger (2006), metaheuristik merupakan proses berulang yang mengarahkan sekelompok heuristik bawahan untuk menghasilkan solusi berkualitas tinggi pada masalah optimisasi. Ketika masalah optimisasi tersebut bersifat sulit dalam skala NP, penggunaan metaheuristik menjadi penting untuk menyelesaikan kasus-kasus yang memiliki kompleksitas yang tinggi dengan waktu komputasi yang wajar (Calvet et al., 2022). Seperti yang diungkapkan juga

dalam penelitian Burke et al. (2019), sebagian besar metode metaheuristik harus mencapai keseimbangan antara diversifikasi, yaitu, menjelajahi berbagai kemungkinan solusi, dan intensifikasi, yaitu, memfokuskan pencarian pada wilayah tertentu dalam ruang solusi.

Dalam penelitian ini, implementasi optimisasi algoritma metaheuristik dilakukan dengan memilih Genetic Algorithm (GA) dan Grey Wolf Optimization (GWO). Pemilihan kedua algoritma ini didasarkan pada kesesuaian dan keunggulan yang dimiliki dalam proses optimisasi (Mirjalili et al., 2014). GA dapat digunakan untuk memperoleh solusi optimal dengan memanipulasi dan menggabungkan individu-individu yang mewakili variabel-variabel terpilih terkait penyebab gas rumah kaca. Sementara itu, GWO memiliki kemampuan untuk mencari solusi yang lebih baik melalui simulasi gerakan serigala yang terinspirasi dari perilaku sosial serigala dalam kelompok. Kedua algoritma ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam menentukan variabel-variabel penyebab gas rumah kaca dalam penelitian ini.

### 2.2.1 Genetic Algorithm (GA)

Genetic Algorithm (GA) adalah teknik optimasi yang kuat dan tidak bias yang dapat digunakan untuk menemukan solusi yang paling dioptimalkan untuk masalah yang diberikan berdasarkan warisan, mutasi, seleksi, dan teknik lainnya (Tabassum & Mathew, 2014). GA berasal dari proses evolusi organisme biologis dan merupakan jenis metaheuristik pencarian kecerdasan buatan yang pernah dijelaskan di University of Michigan tahun 1960-an dan 1970-an oleh John Holland (Davidor et al., 1994).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tabassum dan Mathew (2014), GA memiliki kelebihan dan kekurangan diantaranya:

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan GA (Tabassum & Mathew, 2014)

Kelebihan	Kekurangan
Genetic Algorithm dapat menyelesaikan berbagai masalah kompleks dengan parameter yang lebih banyak dan kompleks.	Genetic Algorithm tidak selalu menghasilkan solusi optimum global terutama ketika solusi keseluruhan memiliki populasi yang beragam.

Genetic Algorithm dapat menghasilkan beberapa solusi yang paling sesuai.	Genetic Algorithm tergantung pada kecepatan komputer dan hanya dapat menghasilkan waktu respons yang cepat dalam aplikasi waktu nyata.
Genetic Algorithm dapat digunakan dalam berbagai industri, seperti desain sirkuit, penjadwalan, dan masalah pengiriman.	Hasil Genetic Algorithm mungkin sulit dipahami oleh pengguna non-profesional karena Genetic Algorithm tidak mensimulasikan instruksi tetapi menunjukkan kromosom yang dienkripsi sebagai nilai solusi.
Genetic Algorithm tidak terpengaruh oleh parameter awal yang buruk dan akan membuang parameter buruk tersebut.	Genetic Algorithm memberikan hasil yang berbeda setiap kali dijalankan, yang hanya memungkinkan situasi yang mentolerir hasil percobaan dan kegagalan.
Genetic Algorithm dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan fungsi objektif.	Genetic Algorithm kompleks dan sulit untuk diterapkan pada masalah atau dipahami sepenuhnya.

Berdasarkan studi literatur di atas, GA terinspirasi oleh prinsip evolusi dalam alam. GA bekerja dengan menerapkan konsep seleksi, rekombinasi, dan mutasi pada populasi solusi. GA memiliki kemampuan untuk mengeksplorasi ruang pencarian secara luas dan mencapai solusi optimal. Dengan menimbang kelebihan dan kekurangan serta konteks penentuan variabel yang berpengaruh seperti pada dalam kasus gas rumah kaca, GA dapat membantu dalam menemukan kombinasi optimal dari variabel pada penelitian ini.

### 2.2.2 Grey Wolf Optimization (GWO)

GWO merupakan prosedur metaheuristik yang dikembangkan oleh Mirjalili et al. (2014) yang terinspirasi oleh hierarki sosial dalam kelompok

serigala abu-abu. Algoritma ini menggunakan empat jenis serigala yang berbeda yaitu alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), delta ( $\delta$ ), dan omega ( $\omega$ ) untuk menjelajahi ruang pencarian dan mencari solusi yang optimal.

Algoritma GWO memiliki karakteristik konvergensi yang cepat, presisi yang tinggi, dan implementasi yang sederhana (Jiang et al., 2018). Berdasarkan kajian studi literatur yang dilakukan oleh Hussain dan Hussain (2023), berbagai masalah optimisasi yang telah diatasi menggunakan variasi algoritma GWO diantaranya seleksi fitur (Emary et al., 2016), pelacakan titik daya maksimum (Mohanty et al., 2016), perencanaan jalur UAV (Yao et al., 2016), penjadwalan daya (Naz et al., 2018), dan penjadwalan pekerjaan-mesin (Jiang et al., 2018).

GWO dapat memberikan hasil yang sangat kompetitif dibandingkan dengan meta-heuristik lainnya yang terkenal seperti GA, ACO, dan PSO. Selain itu, GWO juga terbukti dapat diaplikasikan pada masalah desain teknik yang sulit dengan ruang pencarian yang tidak diketahui (Mirjalili et al., 2014). Dikarenakan GWO memiliki kemampuan adaptasi yang baik dan mampu menemukan solusi yang mendekati optimum, dalam konteks penentuan variabel yang berpengaruh pada gas rumah kaca, GWO dapat membantu dalam mencari solusi yang baik dan efisien.

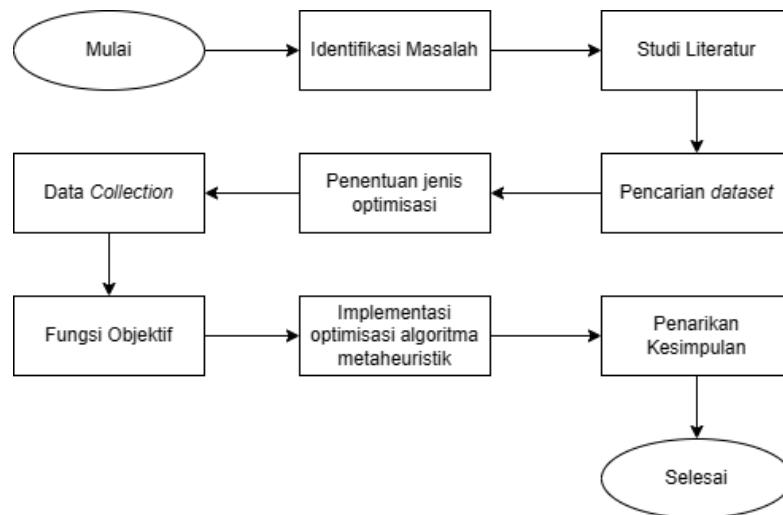
## BAB III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Data Overview

Pada penelitian ini, digunakan data yang telah tersedia secara *open-access* dari World Bank (2023) yang menyediakan berbagai macam *dataset*, salah satunya adalah data mengenai World Development Indicators (WDI) yang merupakan kumpulan indikator pembangunan utama dari World Bank, dikompilasi dari berbagai sumber internasional yang diakui secara resmi. WDI menyajikan data pembangunan global yang paling mutakhir dan akurat yang tersedia, dan mencakup estimasi nasional, regional, dan global.

### 3.2 Tahapan Penelitian

Adapun diagram alir tahapan penelitian ini sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses dimulai dengan mengidentifikasi masalah terkait emisi gas rumah kaca (GRK) di Indonesia serta peluang pemanfaatan dengan optimisasi sebagai respons terhadap urgensi perubahan iklim. Langkah pertama adalah melakukan studi literatur dan mencari dataset yang mendukung untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab GRK. Berdasarkan hasil analisis masalah, studi literatur, dan dataset yang telah dikumpulkan, akan dipilih jenis optimisasi yang akan digunakan, yaitu optimisasi dengan algoritma metaheuristik.

Selanjutnya, dalam implementasi optimisasi, variabel-variabel yang relevan akan dipilih berdasarkan aspek penyebab GRK. Proses pemilihan variabel pada tahap data *collection* ini dilakukan melalui penyaringan menggunakan metode

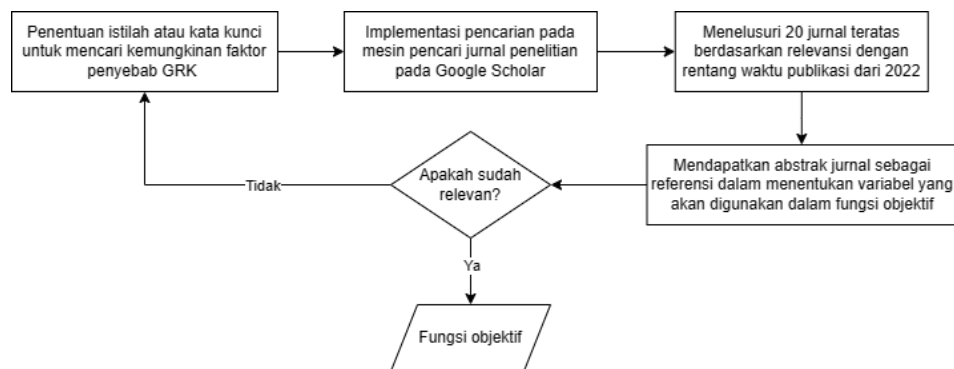
Kitchenham pada mesin pencarian jurnal penelitian. Hasil dari proses ini akan menentukan variabel-variabel yang menjadi faktor penyebab GRK dalam fungsi objektif yang akan diimplementasikan pada algoritma metaheuristik.

Dari hasil optimisasi menggunakan Genetic Algorithm (GA) dan Grey Wolf Optimization (GWO), keputusan akan diambil berdasarkan persentase setiap variabel dalam fungsi objektif. Persentase ini akan menentukan variabel mana yang memiliki kontribusi terbesar dalam mengatasi masalah GRK.

### 3.3 Data Collection

Pada tahapan data *collection*, peneliti mengawali dengan mencari faktor-faktor penyebab gas rumah kaca terlebih dahulu dengan mendapatkan sumber referensi yang telah pernah membahas faktor penyebab gas rumah kaca. Adapun cara pencariannya terinspirasi dari penelitian yang dilakukan oleh Yunita et al. (2022) dengan melakukan teknik Kitchenham (Kitchenham et al., 2009).

Berikut adalah diagram tahapan data *collection*:



Gambar 2. Tahapan Data Collection

Pada tahapan yang telah digambarkan di Gambar 2, akan ditentukan istilah atau kata kunci apa yang akan dijadikan sebagai pencarian dalam kemungkinan faktor penyebab GRK. Ditelusuri menggunakan Google Scholar sebagai mesin pencari jurnal penelitian dengan menentukan kata kunci atau frasa yang mencirikan penyebab GRK.

Dengan dasar teknik Kitchenham, telah ditentukan kata kunci relevan yang akan dipakai dalam pencarian tersebut dengan batas penelusuran publikasi sejak tahun 2022:

*(factors OR features OR variables OR causes OR characteristics) AND (affect\* OR contribut\* OR produc\* OR generat\* OR conduc\*) AND (GHG OR Greenhouse gases)*

Google Scholar

About 10,600 results (0.83 sec)

Articles

Any time  
Since 2021  
Since 2022  
Since 2019  
Custom range...  
Sort by relevance  
Sort by date

Any type  
Review articles

☐ include patents  
☒ include citations  
 Create alert

(factors OR variables OR variables OR causes OR variables) AND (affect OR affect)

**Greenhouse gases trade-off from ponds: an overview of emission process and their driving factors**  
MPOR mdpi.com  
SK Mulyen, O Singh, A Kumar, G Anand, B Singh, ... Water - 2022 - mdpi.com  
... There are several other factors and mechanisms which significantly affect the GHG emissions mechanisms, processes, and methods of measurement from ponds. Key factors affecting ...  
☆ Save ☆ Cite Cited by 15 Related articles All 7 versions 06

**Well-to-wheel greenhouse gas emissions of electric versus combustion vehicles from 2018 to 2030 in the US**  
R Chelik, D Kemmich, AK Karki, ... Journal of Environmental Management, 2022 - Elsevier  
... Electric vehicles (EVs) can reduce transportation-related greenhouse gas (GHG) ... Factors such as fuel economy, electricity grid mix, vehicle choice, and temperature affect EV GHG ...  
☆ Save ☆ Cite Cited by 14 Related articles All 5 versions

**Characteristics of greenhouse gas emissions from farmland soils based on a structural equation model: Regulation mechanism of biochar**  
X Yang, D Liu, Q Fu, T Li, R Hou, Q Li, M Li, ... Environmental - 2022 - Elsevier  
... between the influencing factors are lacking. A variety of factors affect soil GHG emissions in ... studies examined those variables only as independent; factors affecting soil GHG emissions, ...  
☆ Save ☆ Cite Cited by 20 Related articles All 5 versions

**The role of renewable energy and urbanization towards greenhouse gas emission in top Asian countries: Evidence from advance panel estimations**  
F Chan, CC Iyoh, J Odutok, A Sharif, M Sadiq, ... Renewable Energy, 2022 - Elsevier  
The scholars in future are recommended to explore a greater number of factors affecting GHG emission and environmental degradation in order to make the study comprehensive ...  
☆ Save ☆ Cite Cited by 116 Related articles All 4 versions

**How do green energy investment, economic policy uncertainty, and natural resources affect greenhouse gas emissions? A Markov-switching equilibrium approach**  
ST Hossain, H Rabool, M Sadiq, R Zhu, ... Environmental Impact Assessment - 2022 - Elsevier  
Factors in green energy investment and its determinants, ie natural resources and uncertainty of economic policy on greenhouse gas ... direction of causality for the variables in this study ...  
☆ Save ☆ Cite Cited by 16 Related articles

Dengan keterangannya sebagai berikut:

- Setelah itu, akan dipilih 20 jurnal teratas dengan melihat abstrak di setiap jurnal tersebut dengan mencari kandungan kata yang bisa dijadikan sebagai variabel penyebab GRK yang disesuaikan dengan ketersediaan pada *dataset*. Untuk variabel yang ditemukan pada abstrak jurnal, akan dipilih data yang memiliki kata yang terkandung variabel tersebut dan akan dijadikan sebagai variabel yang relevan, jika banyak yang tidak relevan, maka tahapan ini perlu diulang dengan mengganti kata kunci tersebut. Hasilnya, cukup banyak yang relevan, sehingga dapat ke tahap selanjutnya yaitu menghasilkan fungsi objektif dengan variabel yang relevan sebelumnya.

Fungsi objektif dalam penerapan optimisasi algoritma metaheuristik adalah fungsi matematis yang harus dioptimalkan atau dimaksimalkan (Chakraborty & Kar, 2017). Fungsi ini digunakan untuk mengukur kinerja atau efisiensi suatu solusi dalam mencapai tujuan tertentu. Dalam konteks penelitian ini, implementasi



algoritma metaheuristik akan menggunakan fungsi objektif dengan merujuk pada tujuan yang ingin dicapai yaitu meminimumkan variabel yang dipakai.

Pada tahap ini, semua abstrak yang didapatkan, akan dijadikan sebagai sebuah file data baru yang menampung data-data berupa abstrak beserta sitasi jurnal tersebut dalam bentuk *excel*. Nantinya akan didapatkan pencarian menggunakan program pencarian mana saja yang termasuk dalam menentukan variabel untuk fungsi objektif.

Dengan melakukan pemrosesan bahasa alami (Natural Language Processing) terhadap teks yang ada dalam dataset dan abstrak yang sudah dikumpulkan, berikut ini hasil kata-kata yang memiliki kesamaan antara abstrak dan variabel pada *dataset*, terdapat 250 hasil yaitu:

*investment, government, period, short, cause, strong, conversion, reduction, effective, south, terms, largest, expected, higher, world, current, forms, standard, residential, welfare, unit, technical, new, united, construction, gasoline, development, index, process, nuclear, share, states, household, emission, solid, abroad, management, intensity, factor, country, combustion, received, based, scientific, years, quality, renewables, korea, price, policies, countries, building, completed, internal, gdp, reasons, benefit, distribution, surface, changes, average, sector, including, benefits, production, property, guideline, growth, capita, temperature, making, indicators, young, waste, number, design, nation, environmental, methods, oxide, lead, total, cumulative, freshwater, economy, value, buildings, survey, water, case, related, net, data, credit, policy, population, control, term, renewable, applied, trade, research, households, capacity, sub, subjected, technology, primary, secondary, prices, series, kg, income, specific, community, air, areas, satisfied, highest, rate, asia, dioxide, nutrition, productivity, researchers, pollution, fertilizer, urban, resource, treatment, fertility, sustainability, general, extent, stability, power, equivalent, conditions, irrigated, health, efficiency, direct, middle, day, yield, life, ghg, available, u, technologies, food, estimate, lower, use, agriculture, imports, global, marine, residents, crop, carbon, electricity, consumption, dealing, change, clean, gains, increase, observed, mean, national, industries, statistical, livestock, original,*

*varies, human, caused, macroeconomic, cycle, regulations, emissions, nitrous, assessment, consumer, spend, contribution, industry, electric, natural, scale, gas, oil, land, agencies, rail, agricultural, affected, demand, old, political, friendly, study, high, percent, overall, need, law, budget, area, alternative, level, plant, gap, carried, economies, linked, exports, greenhouse, year, fossil, economic, education, contributions, time, sources, depth, non, rural, cost, exchange, structural, energy, work, low, road, resources, fuel, head, performance, methane, international, etc, resident, switzerland, environment, group, account, long, million*

Dari hasil 250 kata tersebut, masih ada yang jauh dari relevansi terkait GHG, masih dengan menggunakan pemrosesan bahasa alami, telah dihasilkan 15 kata yang memiliki keterhubungan yang spesifik pada GHG: emission

*Investment, government, reduction, growth, population, emission, combustion, energy, carbon, renewable, policy, electricity, consumption, climate, sustainability*

Maka akan diperoleh fungsi objektif yang akan dipakai dalam implementasi optimisasi GA dan GWO dengan mencari variabel-variabel di *dataset*.

## BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Referensi Abstrak Jurnal yang Dipakai

Berikut ini referensi jurnal yang dipakai dalam mendapatkan abstrak dari jurnal tersebut sebagai penentu variabel penyebab GRK pada fungsi objektif berdasarkan data yang tersedia dalam *dataset*.

Tabel 2. 20 jurnal sebagai referensi pemilihan variabel pada fungsi objektif

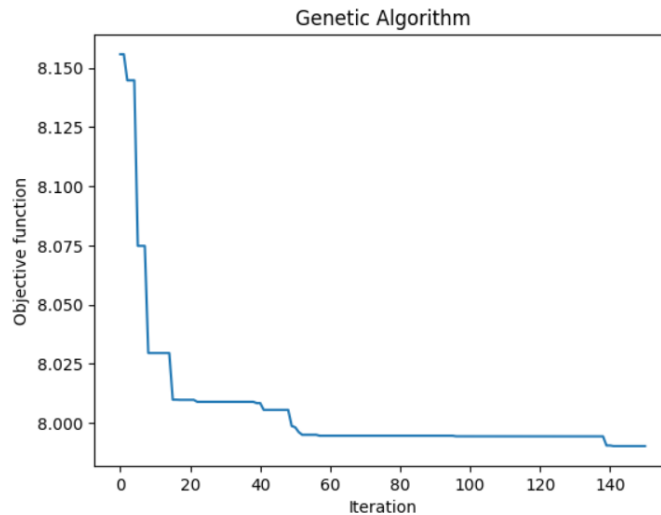
No.	Referensi	No.	Referensi
1	(Malyan et al., 2022)	11	(Abhishek et al., 2022)
2	(Challa et al., 2022)	12	(Chen et al., 2022)
3	(Yang et al., 2022)	13	(Q.-J. Wang et al., 2022)
4	(Chien et al., 2022)	14	(S. Li et al., 2022)
5	(Hassan et al., 2022)	15	(Aziz & Chowdhury, 2022)
6	(Xiong et al., 2022)	16	(Lusk et al., 2022)
7	(H. Zhang et al., 2022)	17	(Ji et al., 2022)
8	(Aminzadegan et al., 2022)	18	(Magazzino & Falcone, 2022)
9	(X. Zhang et al., 2022)	19	(Kumar et al., 2023)
10	(Candra et al., 2023)	20	(Lin et al., 2022)

### 4.2 Penyelesaian dengan Genetic Algorithm (GA)

Sebagai contoh dari implementasi dari optimisasi Genetic Algorithm, peneliti telah melakukan suatu percobaan berupa uji coba dengan menerapkan 3 variabel dengan fungsi objektifnya yaitu

$$\begin{aligned} & \text{Objective Function}(x) \\ &= \sum_{i=1}^n w_{\text{ghg}} \cdot \text{GHG}_{\text{data}}[i] + w_{\text{temperature}} \cdot \text{Temperature}_{\text{data}}[i] \\ & \quad + w_{\text{population}} \cdot \text{Population}_{\text{data}}[i] \end{aligned}$$

Menerapkan variabel berupa data emisi GHG, temperatur, dan populasi, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4. Visualisasi Uji Coba Genetic Algorithm

Dengan persentase hasil yakni:

*Optimized Weights:*

*GHG Weights: 0.0067862820920020495*

*Temperature Weights: 0.002894406376752978*

*Population Weights: **0.9941461273841162***

Menunjukkan bahwa variabel populasi memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam keterhubungan penyebab Gas Rumah Kaca. Dari hasil coba ini, akan diimplementasikan variabel yang terpilih pada bagian 3.4 pada optimisasi GA ini.

*Selanjutnya akan dijelaskan alur tahapan penyelesaian dengan GA dalam implementasi yang diterapkan pada penelitian ini.*

#### 4.2.1 Hasil Solusi GA

*Memuat hasil visualisasi dari simulasi yang dihasilkan dengan optimisasi metaheuristik GA.*

### 4.3 Penyelesaian dengan Grey Wolf Optimization (GWO)

*Dijelaskan alur tahapan penyelesaian dengan GWO dalam implementasi yang diterapkan pada penelitian ini.*

#### 4.3.1 Hasil Solusi GWO

*Memuat hasil visualisasi dari simulasi yang dihasilkan dengan optimisasi metaheuristik GWO.*

#### **4.4 Perbandingan Parameter Penyebab GRK**

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

#### **4.5 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

- Abhishek, K., Shrivastava, A., Vimal, V., Gupta, A. K., Bhujbal, S. K., Biswas, J. K., Singh, L., Ghosh, P., Pandey, A., & Sharma, P. (2022). Biochar application for greenhouse gas mitigation, contaminants immobilization and soil fertility enhancement: A state-of-the-art review. *Science of The Total Environment*, 853, 158562.
- Ahmia, I., & Aider, M. (2019). A novel metaheuristic optimization algorithm: The monarchy metaheuristic. *TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & COMPUTER SCIENCES*, 27(1), 362–376. <https://doi.org/10.3906/elk-1804-56>
- Aminzadegan, S., Shahriari, M., Mehranfar, F., & Abramović, B. (2022). Factors affecting the emission of pollutants in different types of transportation: A literature review. *Energy Reports*, 8, 2508–2529.
- Aziz, S., & Chowdhury, S. A. (2022). Analysis of agricultural greenhouse gas emissions using the STIRPAT model: A case study of Bangladesh. *Environment, Development and Sustainability*, 1–21.
- Burke, E. K., Hyde, M. R., Kendall, G., Ochoa, G., Özcan, E., & Woodward, J. R. (2019). A Classification of Hyper-Heuristic Approaches: Revisited. In M. Gendreau & J.-Y. Potvin (Eds.), *Handbook of Metaheuristics* (pp. 453–477). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91086-4_14)
- Calvet, L., Benito, S., Juan, A. A., & Prados, F. (2022). On the role of metaheuristic optimization in bioinformatics. *International Transactions in Operational Research*, itor.13164. <https://doi.org/10.1111/itor.13164>
- Candra, O., Chammam, A., Alvarez, J. R. N., Muda, I., & Aybar, H. Ş. (2023). The impact of renewable energy sources on the sustainable development of the economy and greenhouse gas emissions. *Sustainability*, 15(3), 2104.

- Chakraborty, A., & Kar, A. K. (2017). Swarm Intelligence: A Review of Algorithms. In S. Patnaik, X.-S. Yang, & K. Nakamatsu (Eds.), *Nature-Inspired Computing and Optimization* (Vol. 10, pp. 475–494). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-50920-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50920-4_19)
- Challa, R., Kamath, D., & Anctil, A. (2022). Well-to-wheel greenhouse gas emissions of electric versus combustion vehicles from 2018 to 2030 in the US. *Journal of Environmental Management*, 308, 114592.
- Chen, R., Yuan, S., Chen, S., Ci, H., Dai, X., Wang, X., Li, C., Wang, D., & Dong, B. (2022). Life-cycle assessment of two sewage sludge-to-energy systems based on different sewage sludge characteristics: Energy balance and greenhouse gas-emission footprint analysis. *Journal of Environmental Sciences*, 111, 380–391.
- Chien, F., Hsu, C.-C., Ozturk, I., Sharif, A., & Sadiq, M. (2022). The role of renewable energy and urbanization towards greenhouse gas emission in top Asian countries: Evidence from advance panel estimations. *Renewable Energy*, 186, 207–216.
- Davidor, Y., Schwefel, H.-P., & Männer, R. (Eds.). (1994). *Parallel problem solving from nature-- PPSN III: International Conference on Evolutionary Computation, the Third Conference on Parallel Problem Solving from Nature, Jerusalem, Israel, October 9-14, 1994: proceedings*. Springer-Verlag.
- Emary, E., Zawbaa, H. M., & Hassanien, A. E. (2016). Binary grey wolf optimization approaches for feature selection. *Neurocomputing*, 172, 371–381.
- Glover, F. W., & Kochenberger, G. A. (2006). *Handbook of metaheuristics* (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- Gouda, O., Nassif, A. B., AbuTalib, M., & Nasir, Q. (2020). A Systematic Literature Review on Metaheuristic Optimization Techniques in WSNs. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*, 14.  
<https://doi.org/10.46300/9102.2020.14.23>



- Hassan, S. T., Batool, B., Sadiq, M., & Zhu, B. (2022). How do green energy investment, economic policy uncertainty, and natural resources affect greenhouse gas emissions? A Markov-switching equilibrium approach. *Environmental Impact Assessment Review*, 97, 106887.
- Hussain, A., & Hussain, I. (2023). Modeling and multi-objective optimization of time, greenhouse gas emissions, and resources for sustainable construction projects. *Sustainable Production and Consumption*, 39, 269–284. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.05.019>
- Ji, C., Hong, T., & Kim, H. (2022). Statistical analysis of greenhouse gas emissions of South Korean residential buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156, 111981.
- Jiang, T., Zhang, C., Zhu, H., & Deng, G. (2018). Energy-efficient scheduling for a job shop using grey wolf optimization algorithm with double-searching mode. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018.
- 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>
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15.
- 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>

- Kumar, A., Mishra, S., Bakshi, S., Upadhyay, P., & Thakur, T. K. (2023). Response of eutrophication and water quality drivers on greenhouse gas emissions in lakes of China: A critical analysis. *Ecohydrology*, 16(1), e2483.
- 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>
- Li, S., Niu, L., Yue, Q., & Zhang, T. (2022). Trajectory, driving forces, and mitigation potential of energy-related greenhouse gas (GHG) emissions in China's primary aluminum industry. *Energy*, 239, 122114.
- Lin, Q., Wang, S., Li, Y., Riaz, L., Yu, F., Yang, Q., Han, S., & Ma, J. (2022). Effects and mechanisms of land-types conversion on greenhouse gas emissions in the Yellow River floodplain wetland. *Science of the Total Environment*, 813, 152406.
- Lusk, J. L., Blaustein-Rejto, D., Shah, S., & Tonsor, G. T. (2022). Impact of plant-based meat alternatives on cattle inventories and greenhouse gas emissions. *Environmental Research Letters*.
- Magazzino, C., & Falcone, P. M. (2022). Assessing the relationship among waste generation, wealth, and GHG emissions in Switzerland: Some policy proposals for the optimization of the municipal solid waste in a circular economy perspective. *Journal of Cleaner Production*, 351, 131555.
- Malyan, S. K., Singh, O., Kumar, A., Anand, G., Singh, R., Singh, S., Yu, Z., Kumar, J., Fagodiya, R. K., & Kumar, A. (2022). Greenhouse gases trade-off from ponds: An overview of emission process and their driving factors. *Water*, 14(6), 970.
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey Wolf Optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>

- Mohanty, S., Subudhi, B., & Ray, P. K. (2016). A grey wolf-assisted perturb & observe MPPT algorithm for a PV system. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 32(1), 340–347.
- 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>
- Naz, M., Javaid, N., Latif, U., Qureshi, T. N., Naz, A., & Khan, Z. A. (2018). *Efficient Power Scheduling in Smart Homes Using Meta Heuristic Hybrid Grey Wolf Differential Evolution Optimization Technique*. 636–643.
- 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>
- Tabassum, M., & Mathew, K. (2014). A GENETIC ALGORITHM ANALYSIS TOWARDS OPTIMIZATION SOLUTIONS. *International Journal of Digital*
- Universitas Pertamina - 22

*Information and Wireless Communications*, 4(1), 124–142.  
<https://doi.org/10.17781/P001091>

- 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>
- Wang, Q.-J., Feng, G.-F., Wang, H.-J., & Chang, C.-P. (2022). The influence of political ideology on greenhouse gas emissions. *Global Environmental Change*, 74, 102496.
- World Bank, W. D. I. (2023, May 10). *Indonesia / Data*. <https://data.worldbank.org/country/indonesia>
- Xiong, X., Zhang, L., Hao, Y., Zhang, P., Shi, Z., & Zhang, T. (2022). How urbanization and ecological conditions affect urban diet-linked GHG emissions: New evidence from China. *Resources, Conservation and Recycling*, 176, 105903.
- Yang, X., Liu, D., Fu, Q., Li, T., Hou, R., Li, Q., Li, M., & Meng, F. (2022). Characteristics of greenhouse gas emissions from farmland soils based on a structural equation model: Regulation mechanism of biochar. *Environmental Research*, 206, 112303.
- Yao, P., Wang, H., & Ji, H. (2016). Multi-UAVs tracking target in urban environment by model predictive control and Improved Grey Wolf Optimizer. *Aerospace Science and Technology*, 55, 131–143.
- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO<sub>2</sub> 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>

- Yunita, A., Santoso, H. B., & Hasibuan, Z. A. (2022). Finding Contributing Factors of Students' Academic Achievement Using Quantitative and Qualitative Analyses-Based Information Extraction. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 17(16), 108–125. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i16.31945>
- 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>
- Zhang, H., Xu, Y., & Lahr, M. L. (2022). The greenhouse gas footprints of China's food production and consumption (1987–2017). *Journal of Environmental Management*, 301, 113934.
- Zhang, X., Qian, H., Hua, K., Chen, H., Deng, A., Song, Z., Zhang, J., Raheem, A., Danso, F., & Wang, D. (2022). Organic amendments increase crop yield while mitigating greenhouse gas emissions from the perspective of carbon fees in a soybean-wheat system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 325, 107736.