

Presented by KGJ

Analisis Konversi Emisi CO2 Menjadi Biogas sebagai Energi Terbarukan untuk Meningkatkan PDB Indonesia dengan Pendekatan *Time Series Forecasting*

Mentor



Ahmad Hilmy

Facilitator



Jasmine Azalia



Ratu Chairunisa



Zahrah Hayat Arka P



Alvin Octha Hidayatullah



Intan Regita Cahyani



Putra Willy Santoso



Imas Dewi Orvala Nathania I.



Davin Saputra Manik

• *Business Understanding*



Indonesia menghadapi **tantangan besar** dalam mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh sektor-sektor utama seperti industri, transportasi, dan limbah. Ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama menjadi penyebab utama tingginya emisi CO₂. Menurut kementrian ESDM RI, **lebih dari 60% energi** di Indonesia masih berasal dari bahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Pada tahun 2022, **Industri pembakaran energi dan transportasi** adalah salah satu kontributor terbesar emisi karbon, menyumbang sekitar **67.9%** dari total emisi CO₂ di Indonesia (International Energy Agency). Selain itu, emisi dari sektor industri yang menghasilkan pembakaran limbah, menciptakan tantangan baru dalam pengelolaan energi dan lingkungan. Fluktuasi yang terjadi pada CO₂ harus kita maksimalkan hingga mencapai titik terendah untuk mencapai Indonesia Net Zero Emissions (ESDM RI, 2022).

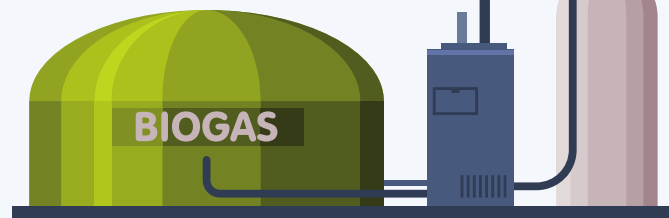
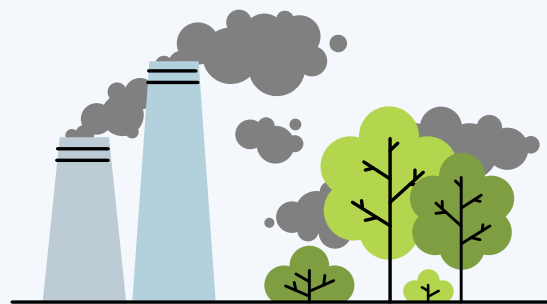
• *Business Understanding*

Analytical Approach

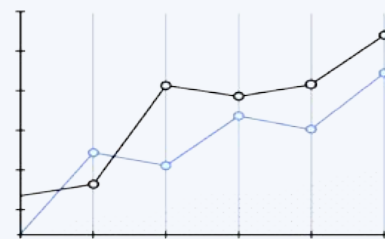


Pendekatan ini menggunakan analisis dengan fokus pada data Time Series untuk memproyeksikan potensi konversi emisi CO2 menjadi biogas dan dampaknya terhadap ekonomi Indonesia. Metode ini digunakan untuk menganalisis tren historis emisi CO2, potensi biogas untuk menyumbang persenan energi terbarukan, serta mengestimasi kontribusinya terhadap bauran energi terbarukan terhadap PDB. Dengan pendekatan ini, hasil analisis dapat membantu pemangku kepentingan dalam merancang kebijakan strategis untuk mengoptimalkan pengelolaan emisi, mendukung target net zero emissions, serta meningkatkan proporsi energi terbarukan dalam bauran energi nasional secara berkelanjutan.

Our Goals!



RENEWABLE
ENERGY



• *Data Understanding*

Tujuan Analisis

Memahami hubungan antara kontribusi renewable energy (khususnya biogas) terhadap pertumbuhan GDP dan pengurangan emisi CO2 di Indonesia. Fokusnya adalah pada bagaimana optimalisasi renewable energy dapat berdampak pada ekonomi dan lingkungan.

Deskripsi Dataset

- **Sumber Data**

- Data Modelling: OECD
- Data Eksternal (dashboard): ESDM RI, IEA, dan Abgi.

- **Periode Data:** 1990 - 2023 (OECD)

- **Fitur Data**

- Variabel Dependen: PDB Indonesia (GDP)
- Variabel Independen: population density, CO2 Emissions per capita, total energy supply, renewable energy supply, dan GDP Indonesia per capita.

Pola dan tren

Identifikasi tren data historis, seperti peningkatan emisi CO2, penggunaan energi fosil, dan pertumbuhan energi terbarukan.

Analisis Deskriptif

- Terdapat **Distribusi data**: Apakah data terdistribusi normal?
- **Konsistensi data**: Mendeteksi outlier dan missing value
- **Hubungan antar variabel**: Menggunakan heatmap

• *Data Preparation Method*

Langkah-langkah di bawah ini digunakan untuk memastikan dataset siap digunakan dalam analisis dan pemodelan, dengan mengatasi nilai hilang, dan duplikasi data yang dapat mempengaruhi hasil

Input Dataset



Dataset diinput dengan area referensi Indonesia dan periode waktu 1990 - 2023



Data Structuring with Pivot Table



Struktur dataset dirapikan menggunakan pivot table



Row Count Check



Memastikan jumlah data yang digunakan adalah 34 baris



Output Dataset (Cleaned)



Dataset bersih dan siap digunakan dalam analisis dan pemodelan



Duplicate Check



Tidak ditemukan data duplikat dalam dataset



Missing Value Handling



Menggunakan metode forward-fill (ffill) dan backward fill (bfill)

Dataset yang bersih dan siap digunakan adalah kunci keberhasilan dalam analisis data dan penerapan model

• Data Preparation Method

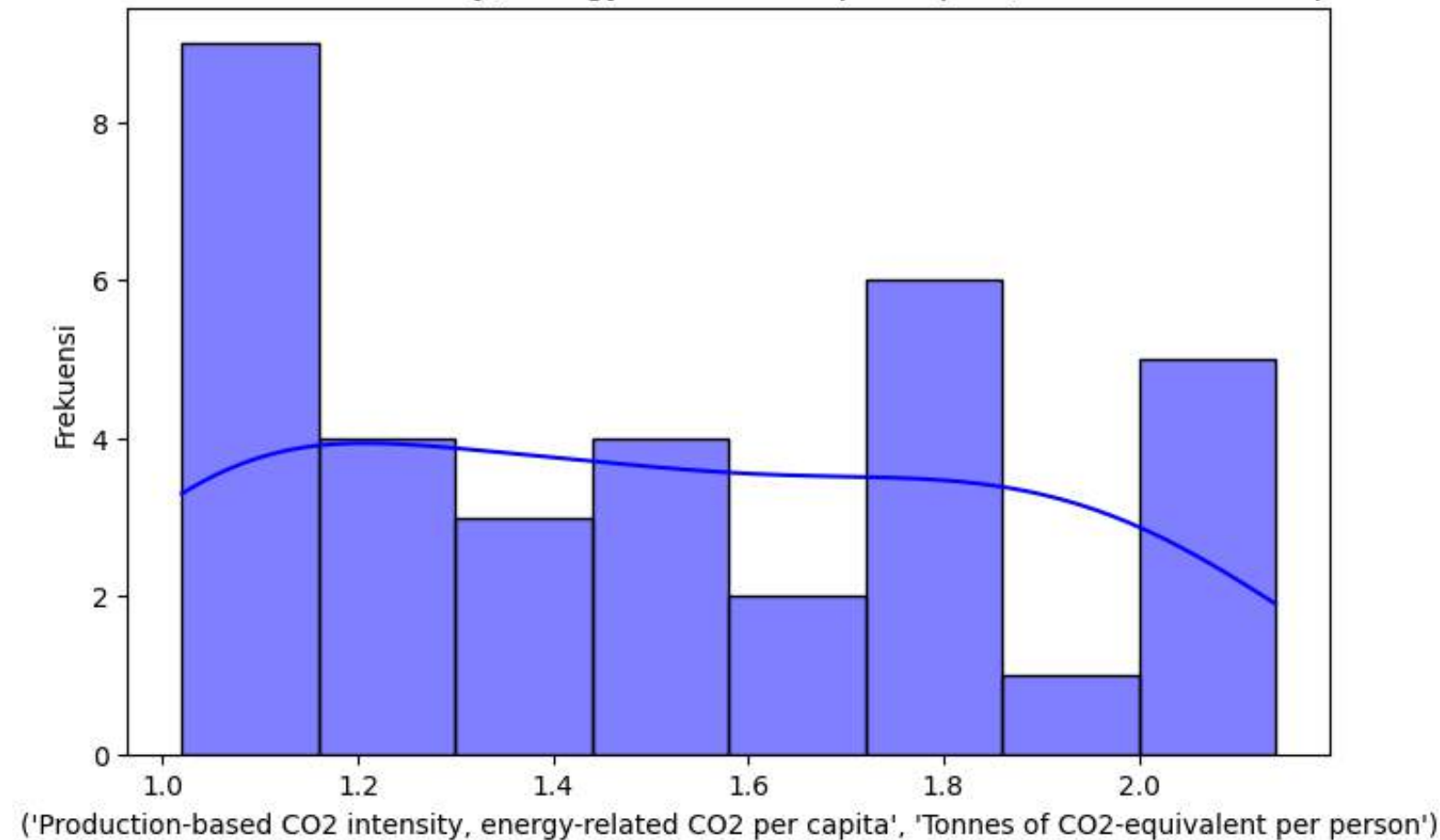
EDA (Exploratory Data Analysis)



• Data Preparation Method

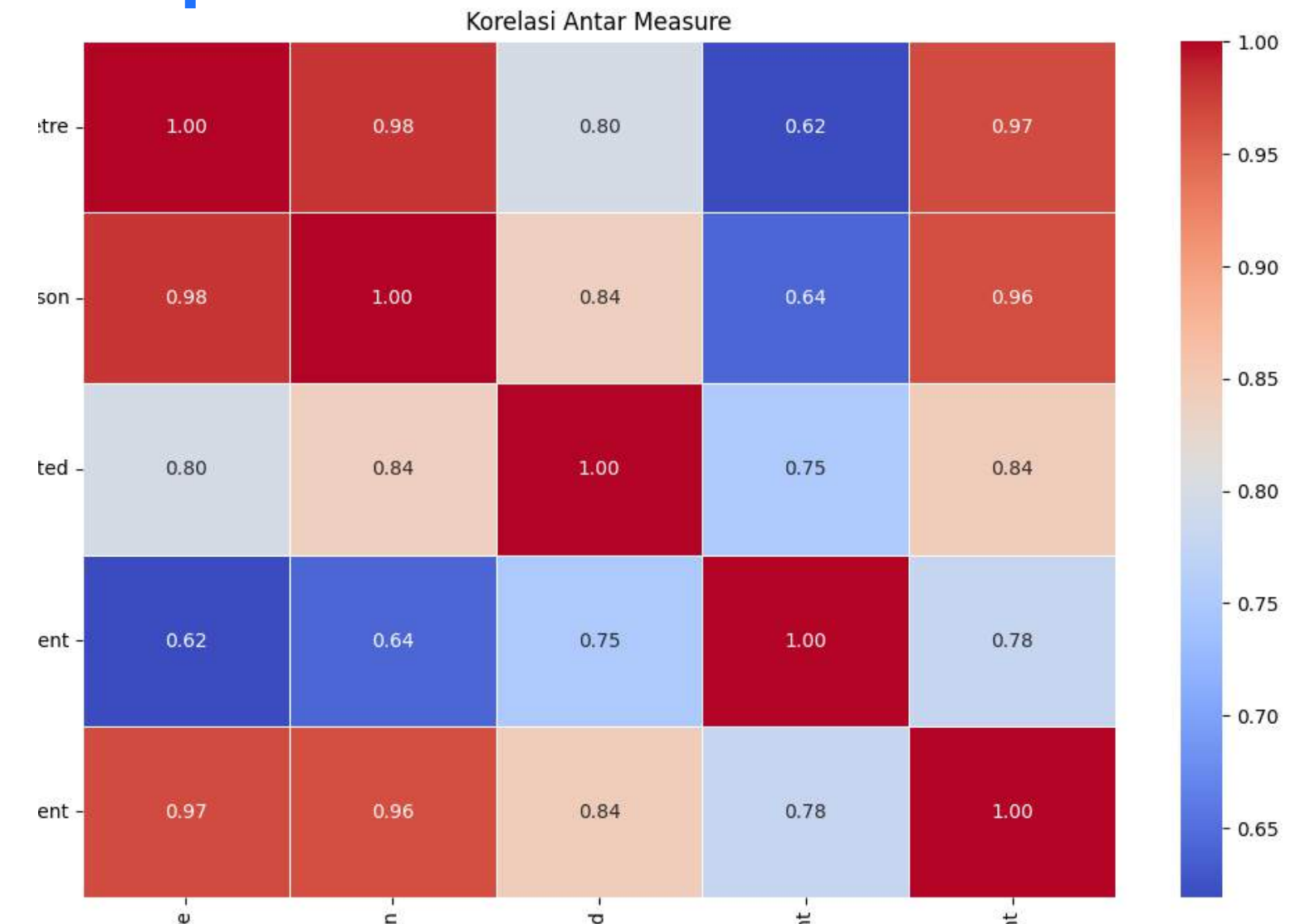
Distribusi Data

Distribusi ('Production-based CO2 intensity, energy-related CO2 per capita', 'Tonnes of CO2-equivalent per person')



Grafik ini menunjukkan distribusi emisi CO2 per orang. Sebagian besar emisi berada di sekitar 1.0 ton per orang, yang merupakan puncak tertinggi. Ada juga beberapa titik di angka yang lebih tinggi, seperti 1.6 dan 2.0 ton, meskipun frekuensinya lebih rendah. Secara umum, semakin besar emisi CO2 per orang, semakin sedikit jumlah orang yang menghasilkan emisi sebesar itu.

Heatmap



Heatmap ini menunjukkan bahwa negara dengan kepadatan populasi dan output ekonomi yang lebih tinggi cenderung memiliki emisi CO2 dan kebutuhan pasokan energi yang lebih besar.

• *Komparasi Metode & Algoritma Model*

Komparasi berdasarkan tingkat akurasi model untuk menentukan algoritma model yang akan digunakan

Hasil Metric evaluation pada model ARIMAX:

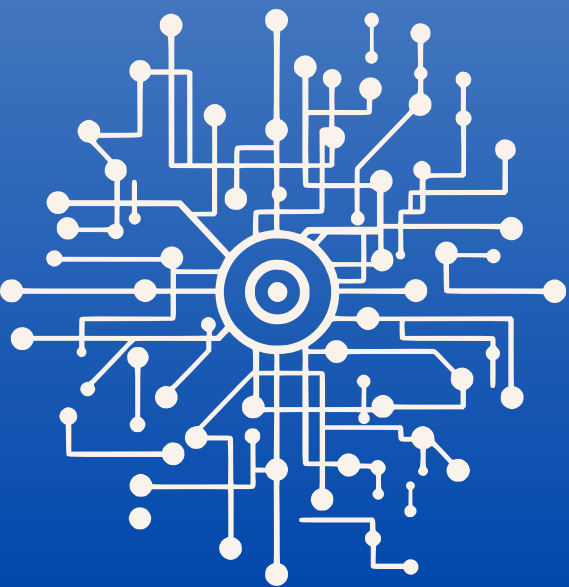
- MAE (Mean Absolute Error): 317.66
- RMSE (Root Mean Squared Error): 359.51
- MAPE (Mean Absolute Percentage Error): 2.61%



Hasil Metric evaluation pada model ARIMA:

- MAE (Mean Absolute Error): 356.60
- RMSE (Root Mean Squared Error): 402.16
- MAPE (Mean Absolute Percentage Error): 2.95%

Berdasarkan perbandingan tiga metric di atas, ARIMAX unggul dengan error lebih rendah dalam semua metrik, **menunjukkan model dengan penerapan faktor eksternal menghasilkan prediksi masa depan yang lebih akurat.**



• Metode & Algoritma Model

Kami mengevaluasi dua model utama untuk prediksi, yaitu **ARIMA** dan **ARIMAX**. Keduanya adalah model **time series** yang digunakan untuk memahami pola dan memprediksi data berbasis waktu.



Dari hasil komparasi, kami memilih **ARIMAX** sebagai model terbaik karena memberikan performa yang lebih baik dibandingkan **ARIMA**. **ARIMAX unggul karena mempertimbangkan variabel eksogen yang relevan, sehingga mampu meningkatkan akurasi prediksi.** Hasil Komparasi menunjukkan bahwa **ARIMAX** menghasilkan error yang lebih rendah dibandingkan **ARIMA** dalam semua metrik evaluasi.

• *Metrik Evaluasi*

Metric evaluasi model yang digunakan ada tiga, yaitu:

1. **MAE (Mean Absolute Error)**: Mengukur kesalahan absolut rata-rata, cocok untuk memahami performa keseluruhan tanpa bias dari outlier.
2. **RMSE (Root Mean Squared Error)**: metrik yang dapat diperoleh hanya dengan mengambil akar kuadrat dari nilai MSE. Perlu diperhatikan bahwa metric MSE tidak robust terhadap outlier, begitu pula dengan nilai RMSE. Hal ini memberikan 'bobot' error yang bernilai lebih besar dalam prediksi.
3. **MAPE (Mean Absolute Percentage Error)**: Memperlihatkan kesalahan relatif dalam bentuk persentase, memudahkan interpretasi dalam konteks bisnis.

Alasan pemilihan metric evaluation:

Ketiga metrik dipilih karena saling melengkapi:

- **MAE** memberikan gambaran keseluruhan error rata-rata dalam skala asli data.
- **RMSE** membantu mendeteksi kesalahan ekstrem dan memberikan gambaran tentang sensitivitas model terhadap outliers.
- **MAPE** memudahkan interpretasi performa model dalam bentuk persentase, yang bermanfaat dalam pengambilan keputusan.

• Hasil & Tingkat Akurasi

Hasil metrik evaluasi:

Hasil dan Akurasi Model

Model **ARIMAX** menunjukkan hasil prediksi yang sangat baik berdasarkan tiga metrik evaluasi utama:

1. Mean Absolute Error (MAE):

- Nilai **MAE sebesar 317.66** menunjukkan bahwa rata-rata selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual adalah sekitar 317.66 (dalam satuan data asli).
- Nilai ini mengindikasikan bahwa model mampu menghasilkan prediksi yang cukup dekat dengan nilai aktual, dengan tingkat error yang terjaga pada rata-rata keseluruhan data.

2. Root Mean Squared Error (RMSE):

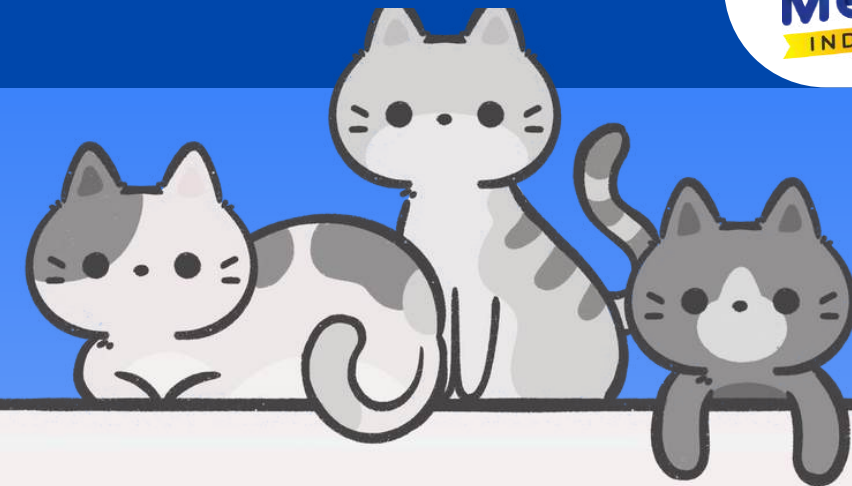
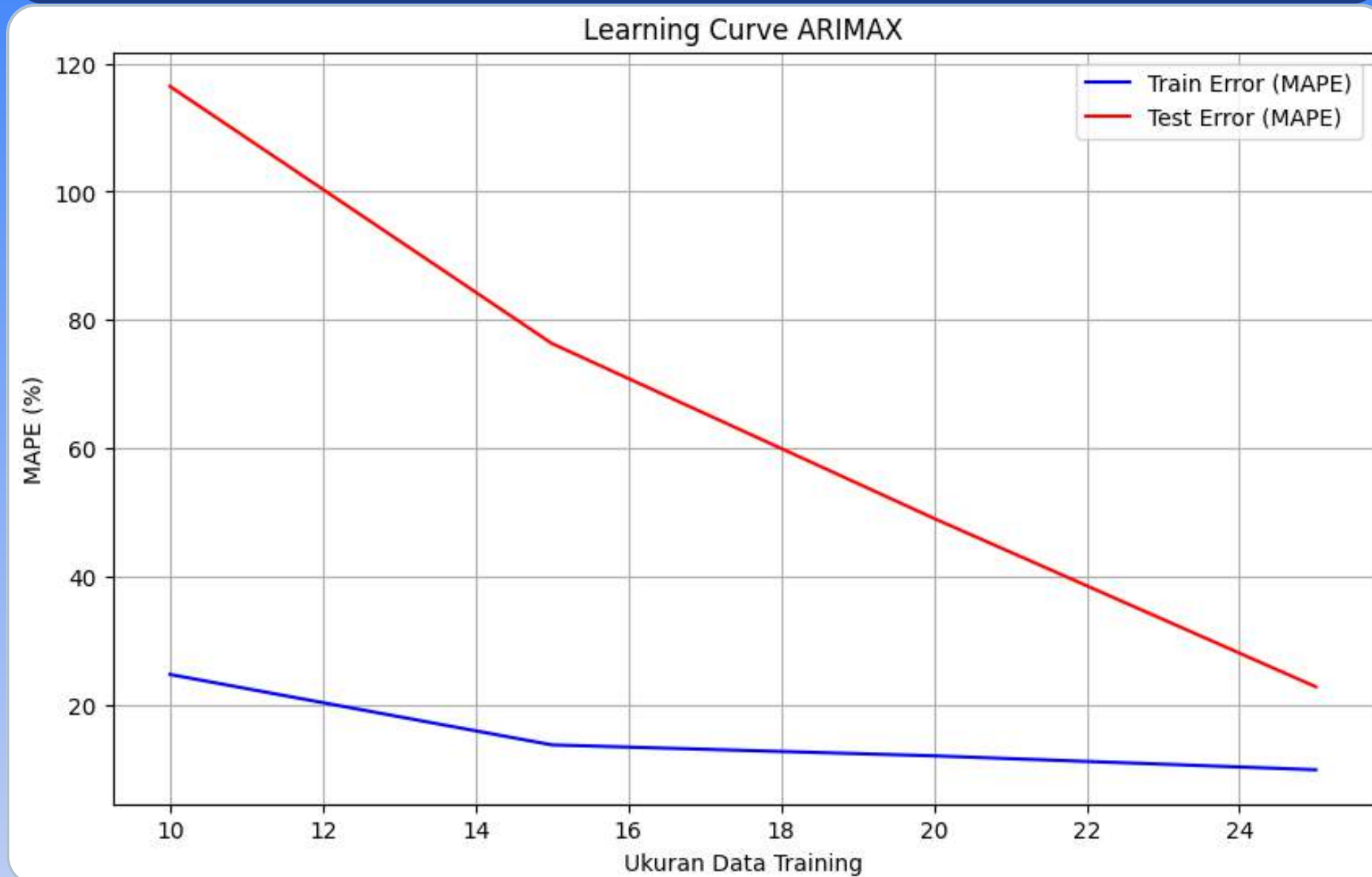
- Nilai **RMSE sebesar 359.52** menunjukkan bahwa rata-rata akar kuadrat dari error prediksi lebih besar daripada MAE. Hal ini diharapkan karena RMSE memberikan bobot lebih besar pada error yang ekstrem (outliers).
- RMSE yang relatif rendah mengindikasikan bahwa prediksi model cukup stabil dan tidak terlalu banyak terpengaruh oleh error besar yang signifikan.

3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE):

- Nilai **MAPE sebesar 2.61%** menunjukkan bahwa rata-rata kesalahan prediksi model hanya sekitar 2.61% dari nilai aktual.
- Ini menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, di mana prediksi model sangat dekat dengan nilai aktual secara relatif.

Interpretasi Model & Hasil Model Evaluation

Model Evaluation menggunakan learning curve ARIMAX



- Error training (MAPE) konsisten rendah dan stabil.
- Error testing (MAPE) pada kurva berkurang secara drastis dengan peningkatan jumlah data, menunjukkan peningkatan kemampuan generalisasi model sehingga model menuju good fit.

Interpretasi Model yang Terpilih (ARIMAX):

- Dengan **MAPE hanya 2.61%**, ARIMAX memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan dapat diandalkan untuk memprediksi data di masa depan.
- Penurunan error (MAPE) pada learning curve menunjukkan bahwa ARIMAX mampu belajar lebih baik seiring penambahan jumlah data training, dengan generalisasi yang baik terhadap data testing.
- Evaluasi metrik menunjukkan model ini lebih baik dalam memprediksi data di masa depan karena terdapat variabel eksogen/ variabel independen yang membantu dalam prediksi.

• *Insight from KGJ!*

DASHBOARD KGJ



Berdasarkan Insight yang kami dapatkan di dashboad, kita jadi memiliki gambaran tentang komprehensif tentang potensi biogas di Indonesia sebagai solusi energi terbarukan untuk mengurangi emisi CO2 dan mendukung pertumbuhan ekonomi. Data menunjukkan sektor kelapa sawit sebagai kontributor utama limbah organik untuk biogas, sementara distribusi potensi terbesar terdapat di wilayah Riau, Sumatera, dan Kalimantan. Pemanfaatan biogas dapat membantu transisi energi bersih, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mendukung target Net-Zero Emissions. Pengembangan biogas juga diidentifikasi sebagai peluang untuk meningkatkan GDP melalui penciptaan lapangan kerja, penghematan biaya, dan keberlanjutan lingkungan, meskipun instalasi saat ini masih belum sepenuhnya mencakup seluruh potensi yang tersedia.

• *Recomendation*

1

Menambahkan pendekatan model

2

Penambahan dataset lebih lengkap

3

Menambahkan fitur untuk memperkuat akurasi

BIG THANKS TO OUR BEST MENTOR AND FACILITATOR



Ahmad Hilmy



Jasmine Azalia



Startup
Campus



UNIVERSITAS TERBUKA



LINGKUNGAN SEHAT EKONOMI MENINGKAT

[Link Gclab here](#)

[Link Dashboard here](#)