

## ANALISA TERINTEGRASI OIL DAN GAS DISTRIBUSI PENAMBANGAN DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI PERUSAHAAN AILESH MENGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS

Surya Albert Ramadhan<sup>1</sup>, Rino<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Buddhi Dharma

\*Corresponding Author, email: [rino@ubd.ac.id](mailto:rino@ubd.ac.id)

### ABSTRAK

Isu perubahan iklim yang semakin mengkhawatirkan menuntut sektor energi, khususnya distribusi minyak dan gas, penambangan, dan pembangkitan listrik, untuk menurunkan emisi karbon secara signifikan. Perusahaan AILESH sebagai pelaku utama di sektor ini berkomitmen untuk menciptakan transformasi energi yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dashboard analisis berbasis *Python* yang mampu membantu perusahaan dalam memantau, menganalisis, dan mengelompokkan data emisi serta konsumsi energi dari berbagai sektor secara otomatis. Metode yang digunakan meliputi integrasi tiga dataset utama (*input* material, *output* proses, dan emisi udara), pembersihan data, visualisasi interaktif dengan *framework Streamlit*, serta penerapan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan unit proses berdasarkan tingkat emisi dan konsumsi. Hasil dari sistem ini memungkinkan pengguna, termasuk yang non-teknis, untuk mengunggah dataset, memfilter data berdasarkan sektor dan area, melihat lima kategori teratas (Top 5) dari *input/output/emisi*, serta memahami pola distribusi emisi melalui visualisasi radar, *bar chart*, dan *scatter plot*. Dengan tiga kluster utama (*High, Medium, Low Emission*), perusahaan dapat dengan mudah mengidentifikasi area yang perlu menjadi prioritas perbaikan seperti area *Oil* dan gas distribusi, area penambangan, dan area pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*). Pengujian dilakukan melalui *User Acceptance Testing (UAT)* dan *Black-Box Testing*, yang menunjukkan bahwa sistem diterima dengan baik dan berjalan sesuai harapan. Dashboard ini terbukti efektif sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang berbasis data, mendukung efisiensi operasional, dan menjadi langkah konkret AILESH dalam mencapai visi keberlanjutan energi rendah emisi.

**Kata kunci:** Analisis Energi, Dashboard Interaktif, Emisi Karbon, *K-Means Clustering*

### I. PENDAHULUAN

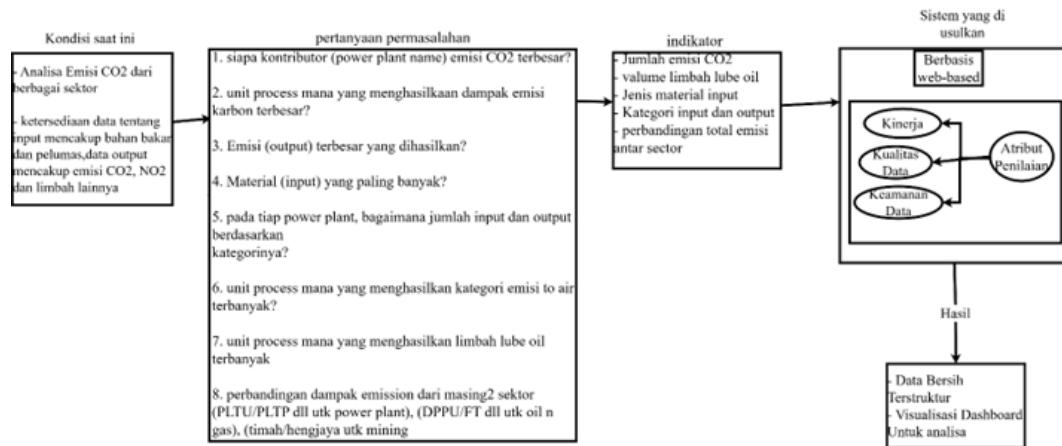
Perubahan iklim global yang disebabkan oleh peningkatan emisi karbon, terutama dari sektor energi, menimbulkan tantangan serius bagi keberlanjutan lingkungan dan ekonomi. Sektor distribusi minyak dan gas, penambangan, serta pembangkitan listrik merupakan kontributor utama emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sebagaimana dilaporkan dalam *Global Carbon Project* dan didukung oleh data Kementerian ESDM yang menunjukkan bahwa sektor energi menyumbang sekitar

41% dari total emisi gas rumah kaca di Indonesia. Dalam menghadapi tantangan ini, diperlukan pendekatan analisis data yang tidak hanya teknis dan kompleks, tetapi juga praktis serta dapat diakses oleh pemangku kepentingan dari berbagai latar belakang. Penelitian oleh (Lu et al., 2021) menegaskan bahwa transisi menuju energi rendah emisi di Asia Tenggara sangat dimungkinkan dengan dukungan teknologi digital dan pemetaan data yang baik. Di sisi lain, (Wu et al., 2023) menunjukkan bahwa pendekatan spasial-temporal yang divisualisasikan secara interaktif dapat membantu dalam mengidentifikasi pola konsumsi energi dan emisi yang kompleks. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah dashboard interaktif berbasis *Python* yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah, memantau, dan menganalisis data emisi serta konsumsi energi dari sektor distribusi minyak dan gas, pertambangan, dan pembangkitan listrik secara otomatis. Dashboard ini dirancang agar dapat digunakan oleh pengguna non-teknis sekalipun, dengan visualisasi Top 5 kategori, tren, perbandingan *input-output*, dan pengelompokan proses menggunakan algoritma *K-Means Clustering*.

Tujuan utama dari pengembangan ini adalah memberikan gambaran menyeluruh tentang kelompok-kelompok proses dengan karakteristik emisi yang serupa, sehingga perusahaan dapat menetapkan prioritas perbaikan dan strategi efisiensi secara lebih terarah. (Su et al., 2022) menyoroti bahwa tata kelola data dan transformasi digital merupakan kunci untuk meningkatkan efisiensi operasional di sektor minyak dan gas. Demikian pula, studi oleh (Upadhyay et al., 2021) menyarankan penggunaan sistem monitoring berbasis data untuk mendukung penerapan praktik ekonomi sirkular di industri tambang, sedangkan (Sebestyén, 2021) menekankan bahwa pendekatan berbasis jaringan dan visualisasi lingkungan sangat efektif dalam menganalisis dampak pembangkit energi. Penelitian ini juga memberi manfaat praktis, seperti memberikan alat bantu pengambilan keputusan berbasis data secara visual dan mudah diakses, serta manfaat akademis berupa kontribusi dalam pengembangan sistem analisis emisi berbasis *machine learning* sederhana.

## II. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk merancang dan membangun sebuah dashboard interaktif berbasis *Python* yang dapat digunakan untuk menganalisis data emisi dan distribusi energi dari sektor pembangkitan listrik.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada tahap awal, dilakukan pengumpulan data dari tiga jenis sumber utama: *input* material (data bahan baku yang digunakan dalam proses), *output* proses (hasil atau sisa dari proses produksi), dan data emisi (gas buang ke udara). Data ini kemudian diolah dengan melakukan proses pembersihan, penyesuaian format, pengisian nilai kosong (*missing values*) dengan nol (Su et al., 2022), serta penggabungan menggunakan metode *outer join*. Langkah ini bertujuan agar seluruh data dari ketiga sektor dapat dianalisis secara seragam dan lengkap, sebagaimana pendekatan yang digunakan dalam studi oleh (Traivivatana et al., 2021) dan (Zou et al., 2021) terkait harmonisasi data sektor energi. Visualisasi data dilakukan menggunakan *Streamlit*, sebuah *framework* berbasis *Python* yang mendukung interaktivitas dan fleksibilitas tampilan. Berbagai jenis grafik digunakan untuk menyampaikan informasi, seperti grafik batang untuk Top 5 input dan output, radar chart untuk membandingkan distribusi antar kategori, serta *pie chart* dan grafik garis untuk tren emisi. Pendekatan visualisasi spasial dan temporal ini mengacu pada konsep dari (Wu et al., 2023) dan (Sebestyén, 2021), yang menekankan pentingnya representasi data yang mudah dimengerti untuk mendukung keputusan strategis di sektor energi. Algoritma *K-means* bekerja dengan meminimalkan jarak antara titik data dan centroid kluster, Rumus dasar dari fungsi objektif *K-Means* adalah sebagai berikut :

$$\text{Jarak} = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2}$$

Keterangan:

$x, y$  = koordinat titik data

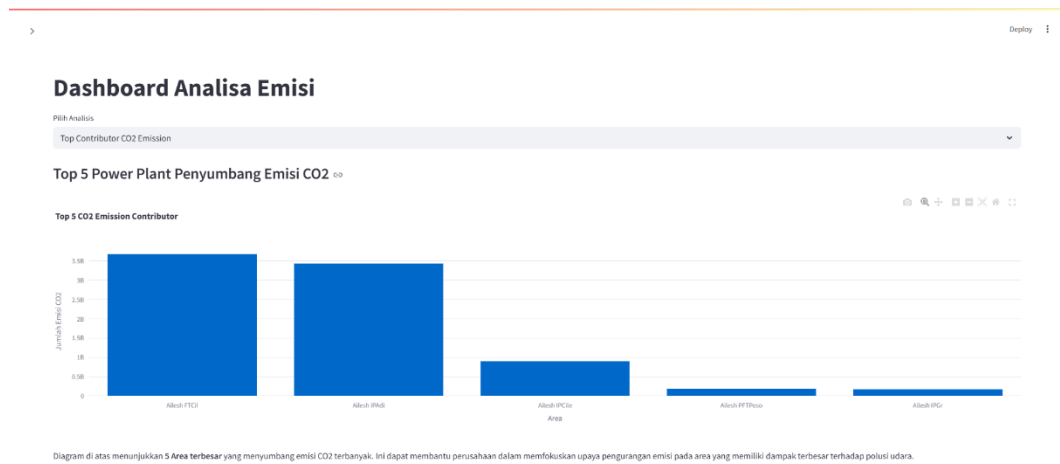
$x_c, y_c$  = koordinat centroid (titik pusat klaster)

Selanjutnya, diterapkan algoritma *K-Means* Clustering untuk mengelompokkan unit atau proses berdasarkan kesamaan karakteristik *input*, *output*, dan emisi. Sebelum klasterisasi, data dinormalisasi menggunakan *StandardScaler* agar perbedaan skala antar variabel tidak mempengaruhi hasil. Penentuan jumlah klaster dilakukan melalui metode *elbow*. Tiga klaster utama yang terbentuk dilabeli sebagai *High*, *Medium*, dan *Low Emission*. Pendekatan ini sesuai dengan metode klasifikasi tak terawasi (*unsupervised*) yang digunakan oleh (Lu et al., 2021) dalam konteks efisiensi energi, dan (Upadhyay et al., 2021) dalam implementasi ekonomi sirkular di sektor pertambangan. Untuk memverifikasi keakuratan hasil, dilakukan perhitungan awal klasterisasi secara manual menggunakan *Microsoft Excel*, mengacu pada metode yang digunakan oleh (Prayoga Denny & Sumantri Addy, 2023). Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi algoritma dalam dashboard sesuai dengan logika dasar pembentukan klaster. Sistem yang dikembangkan kemudian diuji melalui dua pendekatan: *User Acceptance Testing (UAT)*, dengan melibatkan pihak internal perusahaan guna mengevaluasi kenyamanan dan kebermanfaatan penggunaan dashboard (Lahmann, 2021); serta *Black-Box Testing*, yang mengevaluasi fungsionalitas berdasarkan output yang dihasilkan dari input tanpa mengetahui isi kode, sejalan dengan metode pengujian yang dijelaskan oleh (Krupalija et al., 2023). Pembangunan dashboard ini juga mengambil inspirasi dari literatur yang membahas transformasi energi dan potensi energi alternatif di Indonesia, seperti pengembangan solar PV (Langer et al., 2023), pemanfaatan energi panas laut (Langer et al., 2021), dan teknologi energi berbasis hidrogen (Salam et al., 2023). Beberapa teknologi pemantauan dan pengelolaan data, seperti pengawasan emisi metana menggunakan satelit (Esparza et al., 2023), penggunaan blockchain dan IoT dalam sektor energi (Su et al., 2022), serta penerapan GANs untuk pemodelan reservoir (Liu et al., 2021), juga menjadi referensi penting untuk mendukung validitas pendekatan teknologi yang digunakan. Selain itu, pendekatan penilaian

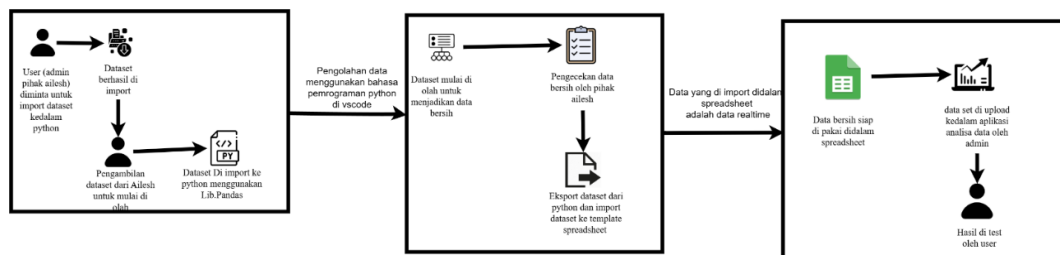
keberlanjutan seperti *Life Cycle Assessment* dan *Life Cycle Costing* sebagaimana dibahas oleh (Hosseini et al., 2023) turut memperkaya perspektif dampak sistem terhadap lingkungan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah perancangan perancangan aplikasi dashboard untuk perancangan sistem,



**Gambar 2. Tampilan Antarmuka Dashboard Analisa**



**Gambar 3. Diagram Alur Proses Pengolahan Data**

Penyajian hasil analisis yang dapat digunakan oleh berbagai peran dalam perusahaan.

**Tabel 1. Hasil Perhitungan *K-Means***

No	Jarak ke 0	Jarak ke 1	Jarak ke 2	Cluster 5
0	18.970.525.777.720.200	103.563.040.218.580	3.030.403.886.439.470	1
1	18.968.858.517.069.400	94.581.207.415.879	3.007.652.562.286.920	1
2	18.866.085.095.660.900	38.836.024.647.634	2.968.350.956.963.960	1
3	18.966.493.469.092.400	100.032.722.450.339	3.028.386.438.451.790	1
4	18.971.521.217.756.300	104.444.268.752.216	3.030.910.665.713.890	1
5	18.948.289.571.357.300	73.928.160.334.146	2.974.614.264.837.030	1
6	18.971.521.480.578.200	104.443.842.148.544	3.030.909.419.439.030	1

No	Jarak ke 0	Jarak ke 1	Jarak ke 2	Cluster 5
7	18.971.522.644.165.200	104.445.530.902.498	3.030.911.387.622.500	1
8	18.892.557.160.525.300	47.721.551.403.252	2.988.813.094.594.400	1
9	18.965.870.485.231.900	91.459.154.802.306	3.004.973.704.298.630	1
10	18.969.750.121.360.400	102.756.639.896.367	3.029.759.393.534.680	1
11	18.963.728.076.121.500	96.507.412.326.698	2.961.910.065.988.140	1
12	18.965.396.834.697.300	98.679.993.119.527	3.027.048.412.176.700	1
13	18.943.654.383.550.200	80.942.663.450.646	3.017.002.027.816.740	1
14	18.889.179.803.428.600	322.083.487.592.969	2.690.074.013.781.370	1
15	18.964.038.768.857.400	95.226.942.013.150	3.021.613.379.053.480	1
16	18.903.162.018.305.400	706.173.486.030.842	2.404.056.187.540.190	1
17	19.151.793.606.911.800	5.744.640.557.856.990	3.457.306.450.327.300	2
18	18.952.397.097.824.100	178.476.728.742.888	2.856.770.952.579.500	1
19	18.906.341.817.396.800	284.692.109.926.404	2.731.419.532.441.960	1
20	18.965.218.303.948.400	93.987.841.340.593	3.016.450.450.591.730	1
21	-	18.875.317.852.354.100	17.380.384.607.503.600	0
22	18.947.010.698.072.000	207.661.592.698.116	2.826.418.605.871.170	1
23	18.971.239.148.240.400	104.075.710.847.012	3.030.518.751.171.220	1
24	14.824.396.288.891.100	5.343.534.473.579.030	2.783.419.180.429.080	2
25	17.224.723.804.604.000	1.664.947.721.285.070	2.634.335.447.214.500	1
26	18.923.725.355.483.100	5.260.815.992.967.050	2.957.397.803.456.110	2

**Tabel 2. Centroid**

New Centroid 4	x	y
K1	18.877.376.271.270.500	1.887.680.224.033.960
K2	91.734.981.493.921	49.935.584.744.036
K3	1.512.699.213.446.440	2.626.435.787.280.280

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan nilai *Input* (D2) dan *Output* (E2), lalu dibandingkan dengan centroid awal (H32 dan I32). Jarak ke masing – masing centroid dihitung, kemudian data dimasukkan ke dalam kluster dengan jarak terdekat menggunakan rumus excel seperti berikut

$$= IF(B53 <= C53; IF(B53 <= D53; "0"; "2"); IF(C53 <= D53; "1"; "2"))$$

Dengan B53, C53 dan D53 masing – masing mewakili jarak ke centroid 0, 1, dan 2. Selanjutnya, centroid diperbarui menggunakan rumus *AVERAGEIF* berdasarkan rata – rata nilai tiap kluster. Proses diulang hingga centroid konvergen. Hasil akhir menunjukkan data telah terbagi kedalam kluster 0, 1, atau 2.

#### IV. SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sebuah dashboard interaktif berbasis Python untuk menganalisis emisi karbon dan konsumsi energi pada tiga sektor utama di Perusahaan AILESH, yaitu pembangkitan listrik, penambangan, dan distribusi minyak dan gas. Sistem ini mengintegrasikan data input, output, dan

emisi, serta menyajikan visualisasi yang informatif melalui grafik Top 5, radar chart, dan tren emisi per sektor. Hasil analisis menunjukkan bahwa sektor pembangkitan dan penambangan memiliki tingkat emisi yang lebih tinggi dibandingkan sektor distribusi. Dashboard yang dikembangkan telah memenuhi seluruh tujuan penelitian dan menunjukkan potensi untuk digunakan oleh pengguna non-teknis dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

## DAFTAR PUSTAKA

- Esparza, Á. E., Rowan, G., Newhook, A., Deglint, H. J., Garrison, B., Orth-Lashley, B., Girard, M., & Shaw, W. (2023). Analysis of a tiered top-down approach using satellite and aircraft platforms to monitor oil and gas facilities in the Permian basin. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 178.
- Hosseini, S. M., Aslani, A., & Kasaeian, A. (2023). Life cycle cost and environmental assessment of CO<sub>2</sub> utilization in the beverage industry: A natural gas-fired power plant equipped with post-combustion CO<sub>2</sub> capture. *Energy Reports*, 9, 414–436.
- Krupalija, E., Cogo, E., Pozderac, D., Omanović, S., Karabegović, A., Mulahasanović, R. T., & Bešić, I. (2023). ETF-RI-CEG-Advanced: A graphical desktop tool for black-box testing by using cause–effect graphs. *SoftwareX*, 25.
- Lahmann, N. (2021). Psychometric testing and evaluation of user acceptance of an automatic lateral turning device for the prevention of pressure ulcers. *Journal of Tissue Viability*, 30(2), 216–221.
- Langer, J., Cahyaningwidi, A. A., Chalkiadakis, C., Quist, J., Hoes, O., & Blok, K. (2021). Plant siting and economic potential of ocean thermal energy conversion in Indonesia a novel GIS-based methodology. *Energy*, 224.
- Langer, J., Kwee, Z., Zhou, Y., Isabella, O., Ashqar, Z., Quist, J., Praktiknjo, A., & Blok, K. (2023). Geospatial analysis of Indonesia’s bankable utility-scale solar PV potential using elements of project finance. *Energy*, 283.
- Liu, Q., Liu, W., Yao, J., Liu, Y., & Pan, M. (2021). An improved method of reservoir facies modeling based on generative adversarial networks. *Energies*, 14(13).

- Lu, B., Blakers, A., Stocks, M., & Do, T. N. (2021). Low-cost, low-emission 100% renewable electricity in Southeast Asia supported by pumped hydro storage. *Energy*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121387>
- Prayoga Denny, A., & Sumantri Addy, F. (2023). Pengaruh Leverage, Profitabilitas, Ukuran Perusahaan dan Kepemilikan. *GLOBAL ACCOUNTING : JURNAL AKUNTANSI*, 2.
- Salam, M. A., Shaikh, M. A. A., & Ahmed, K. (2023). Green hydrogen based power generation prospect for sustainable development of Bangladesh using PEMFC and hydrogen gas turbine. *Energy Reports*, 9, 3406–3416.
- Sebestyén, V. (2021). Renewable and Sustainable Energy Reviews: Environmental impact networks of renewable energy power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151.
- Su, J., Yao, S., & Liu, H. (2022). Data Governance Facilitate Digital Transformation of Oil and Gas Industry. *Frontiers in Earth Science*, 10.
- Traivivatana, S., Wangjiraniran, W., & Piyavee, S. (2021). Standardized the natural gas data for Thailand's sustainable goal. *Energy Reports*, 7, 181–188.
- Upadhyay, A., Laing, T., Kumar, V., & Dora, M. (2021). Exploring barriers and drivers to the implementation of circular economy practices in the mining industry. *Resources Policy*, 72.
- Wu, J., Niu, Z., Li, X., Huang, L., Nielsen, P. S., & Liu, X. (2023). Understanding multi-scale spatiotemporal energy consumption data: A visual analysis approach. *Energy*, 263.
- Zou, X., Qiu, R., Yuan, M., Liao, Q., Yan, Y., Liang, Y., & Zhang, H. (2021). Sustainable offshore oil and gas fields development: Techno-economic feasibility analysis of wind–hydrogen–natural gas nexus. *Energy Reports*, 7, 4470–4482.