



**ANALISIS TERINTEGRASI DISTRIBUSI MINYAK DAN GAS,
PENAMBANGAN, DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI
PERUSAHAAN AILESH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS**

**SKRIPSI
Oleh:**

Surya Albert Ramadhan

20211000054

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

**UNIVERSITAS BUDDHI DHARMA
TANGERANG**

2025



**ANALISIS TERINTEGRASI DISTRIBUSI MINYAK DAN GAS,
PENAMBANGAN, DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI
PERUSAHAAN AILESH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Buddhi Dharma**

Oleh:

Surya Albert Ramadhan

20211000054

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS BUDDHI DHARMA

TANGERANG

2025

LEMBAR PERSEMBAHAN

“Yesaya 41 : 10”

“Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang, sebab Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau; Aku akan memegang engkau dengan tangan kanan-Ku yang membawa kemenangan”

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, SKRIPSI ini kupersembahkan untuk :

1. Kepada orang tua Ibu (Yani Maryani) tercinta yang telah membesarkan aku dan selalu membimbing, mendukung, memotivasi, memberi apa yang terbaik bagiku serta selalu mendoakan aku untuk meraih suksesanku.
2. Kakaku (Sonia) dan adikku (Satria) yang telah memberikan dukungan semangat serta dorongan yang senantiasa diberikan.
3. Teman-teman kelompok belajar (Riko dan Nico) yang selalu berjuang bersama.
4. Rekan-rekan dari AILESH yang selalu memberikan dukungan dan semangat.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini.

NIM : 20211000054
Nama : Surya Albert Ramadhan
Jenjang Studi : Strata 1
Program Studi : Teknik Informatika
Peminatan : Data Science

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik Sarjana atau kelengkapan studi, baik di Universitas Buddhi Dharma maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Skripsi ini saya buat sendiri tanpa bantuan dari pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam Skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau di publikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dan di cantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan daftar pustaka.
4. Dalam Skripsi ini tidak terdapat pemalsuan (kebohongan), seperti buku, artikel, jurnal, data sekunder, pengolahan data, dan pemalsuan tanda tangan dosen atau Ketua Program Studi Universitas Buddhi Dharma yang dibuktikan dengan ke asliannya.
5. Lembar pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, tanpa paksaan dan apabila dikemudian hari atau pada waktu lainnya terdapat penyimpangan dan tidak benaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar akademik yang telah saya peroleh karena Skripsi ini serta sanksi lainnya sesuai dengan peraturan dan norma yang berlaku.

Tangerang , 05 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,



Surya Albert Ramadhan

20211000054

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini.

NIM : 20211000054
Nama : Surya Albert Ramadhan
Jenjang Studi : Strata 1
Program Studi : Teknik Informatika
Peminatan : Data Science

Dengan ini menyetujui untuk memberikan ijin kepada pihak Universitas Buddhi Dharma, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah kami yang berjudul : **“ANALISIS TERINTEGRASI DISTRIBUSI MINYAK DAN GAS, PENAMBANGAN, DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI PERUSAHAAN AILESH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS”**, beserta alat yang diperlukan(apabila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eklusif ini pihak Universitas Buddhi Dharma Berhak menyimpan, mengalih-media atau format-kan, mengolahnya dalam pangkalan data (*Database*), mendistribusikannya, dan menampilkan atau mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai Penulis Pertama atau pencipta karya ilmiah tersebut. Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Universitas Buddhi Dharma, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Tangerang , 05 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,



Surya Albert Ramadhan

20211000054

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS TERINTEGRASI OIL DAN GAS DISTRIBUSI, PENAMBANGAN, DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI PERUSAHAAN AILESH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS

Dibuat Oleh:

NIM : 20211000054

Nama : Surya Albert Ramadhan

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian

Komprehensif

Program Studi Teknik Informatika

Peminatan Data Science

Tahun Akademik 2024/2025

Disahkan oleh,

Tangerang, 05 Agustus 2025

Pembimbing.



Rino, M. Kom

NUPTK. 5852763664130372

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS TERINTEGRASI DISTRIBUSI MINYAK DAN GAS, PENAMBANGAN, DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI PERUSAHAAN AILESH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS

Dibuat Oleh:

NIM : 20211000054

Nama : Surya Albert Ramadhan

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian

Komprehensif

Program Studi Teknik Informatika

Peminatan Data Science

Tahun Akademik 2024/2025

Disahkan oleh,

Tangerang, 05 Agustus 2025

Dekan,



Dr. Yakub, M.Kom., M.M.
NUPTK. 1836747648130172

Ketua Program Studi,



Hartana Wijaya, M.Kom
NUPTK. 3844759660131192

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Surya Albert Ramadhan

NIM : 20211000054

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Analisis Terintegrasi Distribusi Minyak dan Gas, Penambangan, dan Pembangkit Tenaga Listrik Di Perusahaan Ailesh Menggunakan Algoritma K-Means

Dinyatakan LULUS setelah mempertahankan di depan Tim Penguji pada hari Selasa, 05 Agustus 2025

Nama Penguji :

Tanda Tangan :

Ketua Sidang : Susanto Hariyanto S.Kom., M.Kom
NUPTK. 2560764665130243

Penguji I : Desiyanna Lasut S.Kom., M.Kom
NUPTK. 1534764665230253

Penguji II : Rino M.Kom
NUPTK. 5852763664130372

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Yakub, M.Kom., M.M.

NUPTK. 1836747648130172

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, yang telah memberikan Rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul (ANALISIS TERINTEGRASI OIL DAN GAS DISTRIBUSI, PENAMBANGAN, DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI PERUSAHAAN AILESH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS) Tujuan utama dari pembuatan Skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat kelengkapan dalam menyelesaikan program pendidikan Strata 1 Program Studi Teknik Informatika di Universitas Buddhi Dharma. Dalam penyusunan Skripsi ini penulis banyak menerima bantuan dan dorongan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Limajatini, S.E., M.M., B.K.P, sebagai Rektor Universitas Buddhi Dharma
2. Bapak Dr. Yakub, S.Kom., M.Kom., M.M., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
3. Bapak Hartana Wijaya, S.Kom., M.Kom, sebagai Ketua Program Studi Sistem Teknik Informatika
4. Bapak Rino, M.Kom, sebagai pembimbing yang telah membantu dan memberikan dukungan serta harapan untuk menyelesaikan penulisan Skripsi ini.
5. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materiil.

Serta semua pihak yang terlalu banyak untuk disebutkan satu-persatu sehingga terwujudnya penulisan ini. Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih belum sempurna, untuk itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang.

Akhir kata semoga Skripsi ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca yang berminat pada umumnya.

Tangerang, 05 Agustus 2025

Penulis

ANALISIS TERINTEGRASI OIL DAN GAS DISTRIBUSI, PENAMBANGAN, DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI PERUSAHAAN AILESH MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS

125 Halaman + CXXV/6 Tabel/29 Gambar/4 Lampiran

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 klaster utama (*High, Medium, Low Emission*), perusahaan dapat dengan mudah mengidentifikasi area yang perlu menjadi prioritas perbaikan. Pengujian dilakukan melalui *User Acceptance Testing (UAT)* dan *Black-Box Testing*, yang menunjukkan bahwa sistem diterima dengan baik dan berjalan sesuai harapan. Dalam hal ini peneliti berhasil membuat *Dashboard* dan 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*

INTEGRATED ANALYSIS OF OIL AND GAS DISTRIBUTION, MINING, AND POWER PLANT IN AILESH COMPANY USING K-MEANS ALGORITHM

125 Pages + CXXV/6 Tables/29 Figures/4 Attachments

ABSTRACT

The increasingly alarming issue of climate change demands that the energy sector, particularly oil and gas distribution, mining, and power generation, significantly reduce carbon emissions. AILESH Company as a major player in this sector is committed to creating a sustainable energy transformation. This research aims to develop a Python-based analytical Dashboard that is able to assist companies in monitoring, analyzing, and classifying emissions and energy consumption data from various sectors automatically. The methods used include the integration of three main Datasets (material input, process output, and air emissions), data cleaning, interactive visualization with the Streamlit framework, and the application of the K-Means Clustering algorithm to group process units based on emission and consumption levels. The resulting system allows Users, including non-technical ones, to upload Datasets, filter data by sector and area, view the top five categories (Top 5) of inputs/outputs/emissions, and understand emission distribution patterns through radar, bar chart, and scatter plot visualizations. With three main Clusters (High, Medium, Low Emission), companies can easily identify areas that need to be prioritized for improvement. Testing was conducted through User Acceptance Testing (UAT) and Black-Box Testing, which showed that the system was well received and ran as expected. In this case, the researcher succeeded in creating a Dashboard and proved to be effective as a data-driven decision-making tool, supporting operational efficiency, and becoming AILESH's concrete step in achieving the vision of low-emission energy sustainability.

Key Word: Carbon Emission, Energi Analytics, Interactive Dashboard, K-means Clustering

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSEMBAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	v
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	4
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Sistematis Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Pengertian Data.....	8
2.2 <i>Microsoft Excel</i>	8
2.3 <i>Python dan Anaconda</i>	8
2.4 Studi Terkait karbon dalam sektor energi.....	10
2.5 dan Gas	11

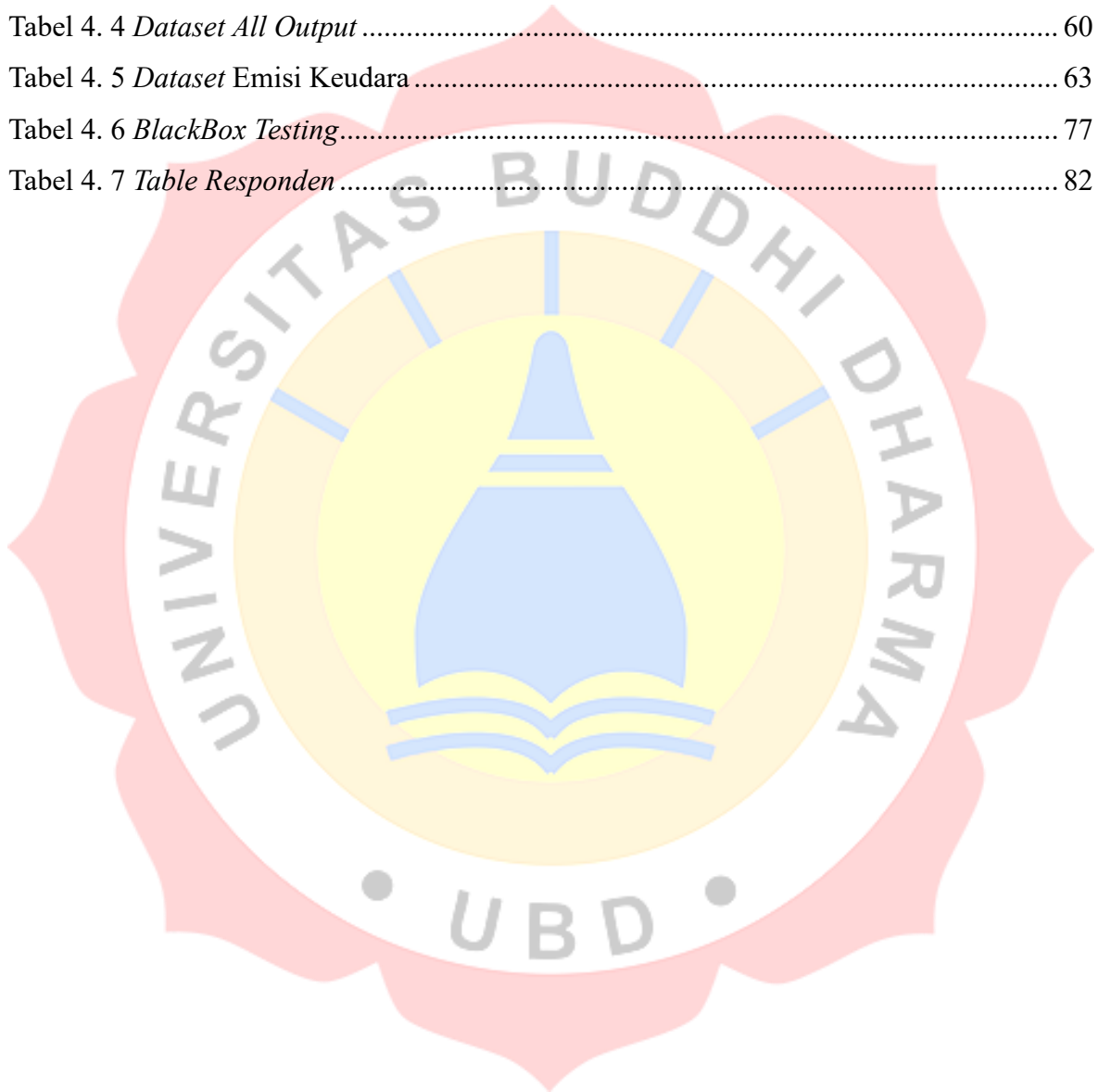
2.6	Industri Penambangan	12
2.7	Sektor Pembangkit tenaga listrik(<i>Power Plant</i>)	12
2.8	<i>Visualisasi dan Dashboard</i>	13
2.9	Pengujian dan Validasi Data	15
2.10	<i>User Acceptance Testing</i> (UAT)	15
2.11	<i>Black-Box Testing</i>	17
2.12	Tinjauan Studi	18
2.12.1	<i>Geospatial Analysis of Indonesia's Bankable Utility-Scale Solar PV Potential Using Elements of Project Finance</i> (Langer et al., 2023).....	18
2.12.2	<i>Low-Cost, Low-Emission 100% Renewable Electricity in Southeast Asia Supported by Pumped Hydro Storage</i> (Lu et al., 2021)	19
2.12.3	<i>Insights of Energy and Its Trade Networking Impacts on Sustainable Economic Development</i> (Ashfaq et al., 2023).....	20
2.12.4	<i>Plant Siting and Economic Potential of Ocean Thermal Energy Conversion in Indonesia: A Novel GIS-based Methodology</i> (Langer et al., 2021)	21
2.12.5	<i>Data Governance Facilitate Digital Transformation of Oil and Gas Industry</i> (Su et al., 2022).....	22
2.12.6	<i>An Improved Method of Reservoir Facies Modeling Based on Generative Adversarial Networks</i> (Q. Liu et al., 2021).....	23
2.12.7	<i>ETF-RI-CEG-Advanced: A Graphical Desktop Tool for Black-Box Testing by Using Cause–Effect Graphs</i> (Krupalija et al., 2023)	23
2.12.8	<i>Psychometric Testing and Evaluation of User Acceptance of an Automatic Lateral Turning Device for the Prevention of Pressure Ulcers</i> (Lahmann, 2021).....	24
2.12.9	<i>Understanding Multi-Scale Spatiotemporal Energy Consumption Data</i> (Wu et al., 2023)	25
2.12.10	<i>Pengaruh Leverage, Profitabilitas, Ukuran perusahaan dan Kepemilikan Manajerial Terhadap Tax Avoidance</i> (Prayoga Denny & Sumantri Addy, 2023).....	25
2.12.11	<i>Life Cycle Cost and Environmental Assessment of CO2 Utilization In The Beverage Indstry: A Natural Gas-Fired Power Plant Equipped With Post-Combustion CO2 Capture</i> (Hosseini et al., 2023).....	26

2.12.12 <i>Green Hydrogen Based Power Generation Prospect For Sustainable Development of Bangladesh Using PEMFC and Hydrogen Gas Turbine</i> (Salam et al., 2023).....	28
2.12.13 <i>Analysis of a Tiered Top-Down Approach Using Satellite and Aircraft Platforms to Monitor Oil and Gas Facilities in the Permian Basin</i> (Esparza et al., 2023)	29
2.12.14 <i>Standardized the Natural Gas Data for Thailand's Sustainable Goal</i> (Traivivatana et al., 2021)	30
2.12.15 <i>Sustainable Offshore Oil and Gas Fields Development: Techno-Economic Feasibility Analysis Of Wind-Hydrogen-Natural Gas Nexus</i> (Zou et al., 2021)	31
2.12.16 <i>Implication of interfacial tension reduction and wettability alteration by surfactant on enhanced oil recovery in tight oil reservoirs</i> (X. Liu et al., 2022).....	32
2.12.17 <i>Exploring barriers and drivers to the implementation of circular economy practices in the mining industry</i> (Upadhyay et al., 2021)	33
2.12.18 <i>Environmental impact networks of renewable energy power plants</i> (Sebestyén, 2021).....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Tinjauan Umum Perusahaan.....	36
3.1.1 Struktur Organisasi.....	36
3.2 Identifikasi Kebutuhan	42
3.2.1 Permasalahan yang akan dibahas	42
3.3 Pembahasan Metode Yang Digunakan.....	45
3.4 Pembahasan Metode Algoritma Yang Di Gunakan	47
3.5 Kerangka Pemikiran	48
3.6 Perancangan UML.....	49
3.7 Perancangan Layar	51
3.8 Jadwal penelitian <i>Gantt chart</i>	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Spesifikasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	56
4.1.1 <i>Spesifikasi Hardware</i>	56

4.1.2	<i>Spesifikasi Software</i>	57
4.2	<i>Schema Dataset</i>	57
4.3	Tampilan Program	65
4.3.1	Halaman Pemilih Peran	66
4.3.2	Halaman <i>Login</i>	66
4.3.3	Halaman Unggah <i>Dataset</i>	67
4.3.4	Halaman <i>User</i>	68
4.4	Penerapan Metode dan Algoritma	68
4.4.1	Metode yang Digunakan	69
4.4.2	Perhitungan Manual Menggunakan <i>Excel</i>	70
4.4.3	Penerapan <i>K-Means Clustering</i> Pada Sistem <i>Dashboard</i>	72
4.5	<i>Blackbox Testing</i>	75
4.5.1	Tujuan <i>Blackbox Testing</i>	76
4.5.2	Metode Pengujian <i>Blackbox Testing</i>	76
4.5.3	Hasil Pengujian <i>Blackbox Testing</i>	77
4.5.4	Kesimpulan.....	78
4.6	<i>User Acceptance Testing</i>	78
4.6.1	Tujuan UAT	79
4.6.2	Metode UAT	79
4.6.3	Hasil UAT.....	80
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	90
5.1	Simpulan.....	90
5.2	Saran	91
DAFTAR PUSTAKA		93
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		96
LAMPIRAN		97

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2. 1 UAT tentang Dataset16Tabel Chart.....</i>	3.	1	<i>Gant</i>
			55
Tabel 4. 1 Spesifikasi <i>Hardware</i>			56
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Software</i>			57
Tabel 4. 3 <i>Dataset All Input</i>			57
Tabel 4. 4 <i>Dataset All Output</i>			60
Tabel 4. 5 <i>Dataset Emisi Keudara</i>			63
Tabel 4. 6 <i>BlackBox Testing</i>			77
Tabel 4. 7 <i>Table Responden</i>			82



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Struktur Organisasi Ailesh sumber <i>by</i> ailesh	37
Gambar 3. 2 Kerangka Pemikiran	49
Gambar 3. 3 Perancangan UML	50
<i>Gambar 3. 4 Layar Homepage</i>	52
Gambar 3. 5 Halaman <i>Login Admin</i>	52
Gambar 3. 6 Unggah <i>Dataset</i>	53
Gambar 3. 7 Tampilan <i>Admin</i>	53
Gambar 3. 8 Tampilan <i>User</i>	54
Gambar 3. 9 Tampilan <i>Admin</i> analisa	54
Gambar 4. 1 Tampilan awal	66
Gambar 4. 2 Halaman <i>Login Admin</i>	66
Gambar 4. 3 Halaman Unggah <i>Dataset</i>	67
Gambar 4. 4 Halaman <i>Admin</i> Melihat analisa	67
Gambar 4. 5 Halaman <i>User</i>	68
Gambar 4. 6 Penerapan Hitung manual <i>K-means</i>	70
Gambar 4. 7 Hasil <i>Clustering</i>	72
Gambar 4. 8 <i>Pseudocode</i>	74
Gambar 4. 9 Responden <i>User</i> perusahaan ailesh	81
Gambar 4. 10 respon pertanyaan 1	84
Gambar 4. 11 respon pertanyaan 3	85
Gambar 4. 12 respon pertanyaan 2	85
Gambar 4. 13 respon pertanyaan 4	86
Gambar 4. 14 respon pertanyaan 5	86
Gambar 4. 15 respon pertanyaan 6	87
Gambar 4. 16 respon pertanyaan 7	87
Gambar 4. 17 respon pertanyaan 8	88
Gambar 4. 18 respon pertanyaan 9	88
Gambar 4. 19 respon pertanyaan 11	89
Gambar 4. 20 respon pertanyaan 10	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 RE (<i>Requirement Elicitation</i>).....	97
Lampiran 2 Pengesahan Skripsi Oleh Perusahaan Ailesh	98
Lampiran 3 Kartu Bimbingan.....	99
Lampiran 4 Listing Program.....	100



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan emisi karbon kini menjadi isu internal yang semakin penting bagi Perusahaan AILESH, sebuah Perusahaan yang bergerak dalam sektor energi. Sebagai bagian dari sektor energi terutama di area distribusi minyak dan gas, pembangkit tenaga Listrik, dan penambangan, aktivitas operasional di ketiga area ini berpotensi menghasilkan emisi karbon dalam jumlah yang signifikan jika tidak di analisis dan dikelola dengan tepat, emisi tersebut dapat berdampak serius terhadap keberlanjutan operasional Perusahaan dan lingkungan sekitar (Esparza et al., 2023)(Zou et al., 2021). Berdasarkan informasi dari laman situs PGN LNG Indonesia, emisi karbon dapat menimbulkan berbagai dampak negative, seperti perubahan iklim, kerusakan lingkungan, hilangnya keanekaragaman hayati, meningkatkan risiko bencana alam, krisis ketersediaan air dan pangan, serta gangguan terhadap Kesehatan manusia. Risiko-risiko tersebut bukan hanya berdampak secara global, namun juga dapat secara langsung mengancam keberlangsungan aktivitas bisnis Perusahaan AILESH, terutama jika terjadi gangguan pada rantai pasok energi atau kerusakan ekosistem di wilayah area operasional. Di sisi lain, upaya untuk memahami dan mengelola data emisi secara tepat sering kali terhambat oleh keterbatasan akses terhadap informasi serta kurangnya alat bantu analisis yang mudah digunakan oleh pelaku industri, khususnya bagi mereka yang tidak memiliki latar belakang teknis atau pemrograman.

Perusahaan Ailesh (PT Cipta Inovasi Berkelanjutan) berkomitmen untuk menciptakan solusi keberlanjutan yang inovatif dalam sektor energi. Dengan fokus pada distribusi minyak dan gas, penambangan, serta pembangkitan energi, perusahaan ini berperan penting dalam memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat, sambil mematuhi standar keberlanjutan yang ketat. Dalam konteks global, industri minyak dan gas menghadapi tantangan signifikan

seperti penurunan sumber daya, peningkatan permintaan energi, dan kebutuhan untuk mengurangi dampak lingkungan. Karena itulah, penting bagi perusahaan seperti Ailesh untuk mengintegrasikan strategi yang tidak hanya efisien secara operasional, tetapi juga selaras dengan prinsip keberlanjutan.

Berangkat dari permasalahan tersebut, Peneliti melihat perlunya suatu sistem yang dapat membantu pihak-pihak terkait dalam memahami, memantau, dan menganalisis data emisi serta konsumsi energi secara lebih praktis. Oleh karena itu, peneliti mengembangkan sebuah *Dashboard* interaktif berbasis *Web* yang dapat diakses dan digunakan oleh berbagai kalangan, termasuk pengguna *non-teknis*. *Dashboard* ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara kompleksitas data lingkungan dengan kebutuhan akan analisis yang cepat, intuitif, dan berbasis visual. Dalam pengembangannya, peneliti menggunakan bahasa pemrograman *Python* karena fleksibilitasnya dalam pengolahan data serta kemampuannya untuk membangun antarmuka yang dinamis dan interaktif.

Untuk mendukung proses analisis yang lebih dalam, peneliti mengimplementasikan metode *K-Means Clustering* dalam *Dashboard* ini. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam mengelompokkan data berdasarkan karakteristik yang serupa, yang sangat relevan dalam konteks emisi dan konsumsi energi (Sebestyén, 2021). Melalui *Clustering*, sistem ini dapat mengidentifikasi pola serta kelompok unit atau sektor yang memiliki kesamaan tingkat emisi, sehingga memudahkan dalam menentukan titik-titik prioritas perbaikan dan pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran.

Cara kerja sistem ini dimulai dari permintaan kepada pengguna untuk mengunggah *Dataset* mereka sendiri, seperti data *input* material, *output* proses, dan emisi ke udara. *Dataset* tersebut harus disesuaikan terlebih dahulu dengan *template* format yang telah disediakan agar proses analisis dapat berjalan secara otomatis tanpa memerlukan keahlian

teknis lanjutan. Setelah data berhasil diunggah, sistem akan menjalankan proses filter, analisis, visualisasi tren, pemeringkatan lima kategori teratas (*Top 5*), serta pengelompokan data berdasarkan metode *Clustering*. Semua hasil analisis kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, dan visualisasi interaktif yang mudah dipahami.

Penelitian yang dilakukan oleh *Low Cost–Low Emission 100% Renewable Electricity in Southeast Asia* (Lu et al., 2021) membahas tentang penerapan energi terbarukan dan memberikan inspirasi bagi perusahaan dalam merancang strategi pembangkitan energi yang lebih bersih. Selain itu, studi *Understanding Multi-Scale Spatiotemporal Energy Consumption Data* (Wu et al., 2023) menunjukkan pentingnya teknologi *digital* dan analitik data dalam memahami pola konsumsi energi serta mendukung efisiensi *operasional*. Temuan-temuan dari jurnal ini mendukung pendekatan yang peneliti ambil, dan menjadi pijakan dalam merancang sistem *Dashboard* yang berorientasi pada keberlanjutan dan efisiensi.

Melalui pendekatan ini, diharapkan perusahaan Ailesh dapat mengintegrasikan berbagai aktivitasnya, mulai dari distribusi minyak dan gas, penambangan, hingga pembangkitan energi kedalam sebuah sistem pengambilan keputusan berbasis data. Dengan pemanfaatan teknologi yang tepat, Ailesh memiliki potensi untuk menjadi pemimpin dalam sektor energi berkelanjutan, berkontribusi pada pembangunan yang ramah lingkungan, serta memenuhi kebutuhan energi masyarakat secara bertanggung jawab.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi sumber emisi terbesar dan menganalisis pola konsumsi material serta *output* proses akibat belum tersedianya data yang terintegrasi dan mudah dianalisis.
2. Rendahnya pemanfaatan teknologi analitik serta perbedaan karakteristik antar sektor menyebabkan upaya pengurangan emisi tidak berjalan optimal dan sulit untuk diterapkan secara merata.
3. Belum tersedia sistem visualisasi yang mampu menyajikan data emisi dan konsumsi energi secara interaktif dan mudah dipahami oleh pengguna *non-teknis*, sehingga menghambat pengambilan keputusan berbasis data.

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem *Dashboard* interaktif berbasis *Web* yang ditujukan untuk membantu perusahaan dalam menganalisis emisi dan konsumsi energi secara otomatis. Lingkup pembahasan mencakup proses identifikasi pola emisi karbon dari berbagai unit atau sektor, analisis konsumsi material dan *output* proses, serta pengelompokan data menggunakan metode *K-Means Clustering*.

Dashboard yang dikembangkan memungkinkan pengguna untuk mengunggah data mereka sendiri, seperti data *input* material, *output* proses, dan emisi ke udara, sesuai dengan format template yang telah ditentukan. Setelah data diunggah, sistem secara otomatis akan melakukan proses analisis, termasuk visualisasi data (*Top 5*, tren, dan perbandingan), serta klasterisasi berdasarkan karakteristik emisi dan konsumsi energi.

Dengan pendekatan ini, ruang lingkup penelitian tidak hanya terbatas pada penyajian data, tetapi juga mencakup pemanfaatan algoritma pembelajaran mesin sederhana untuk menghasilkan wawasan strategis yang dapat digunakan oleh Perusahaan baik oleh pihak teknis maupun *non-teknis* untuk meningkatkan efisiensi dan mendukung praktik keberlanjutan.

Batasan penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian hanya menggunakan *Dataset* yang terdiri dari data *input* material, *output* proses, dan emisi ke udara, yang harus disesuaikan dengan format template yang telah ditentukan agar dapat diproses oleh sistem secara otomatis.
2. Metode analisis yang digunakan terbatas pada algoritma *K-Means Clustering* untuk pengelompokan data berdasarkan karakteristik emisi dan konsumsi energi, tanpa membandingkan dengan metode *Clustering* lainnya.
3. Sistem yang dikembangkan memiliki fitur utama yaitu *login* khusus *Admin* untuk mengunggah *Dataset*, *dropdown* menu untuk menampilkan hasil analisis, dan akses khusus *User* untuk melihat analisis tanpa perlu mengunggah *Dataset*.
4. *Dashboard* ini hanya melakukan analisis bersifat deskriptif, seperti identifikasi *Top 5* kategori, tren, perbandingan, dan klasterisasi, tanpa mencakup prediksi, estimasi masa depan, atau simulasi kebijakan tertentu.

1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian:

- a. Menerapkan metode analisis data dan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan wilayah atau unit proses berdasarkan tingkat emisi CO₂ dan NO₂, sehingga pola distribusi emisi dapat dipahami dengan lebih baik.
- b. Mengembangkan *Dashboard* interaktif berbasis *Python* yang memudahkan pengguna dalam mengunggah dan menganalisis data emisi tanpa memerlukan keahlian teknis.

2. Manfaat Penelitian

- a. Penelitian ini menghasilkan *Dashboard* interaktif berbasis *Python* yang memungkinkan pengguna, termasuk yang tidak memiliki latar belakang

teknis, untuk mengunggah dan menganalisis data emisi secara otomatis. Dengan visualisasi yang mudah dipahami dan penerapan metode *K-Means Clustering*, pengguna dapat mengidentifikasi kelompok wilayah atau unit proses dengan karakteristik emisi yang serupa, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

- b. Bagi perusahaan, *Dashboard* ini memberikan gambaran menyeluruh tentang emisi CO₂ dan NO₂ berdasarkan sektor dan area, yang dapat digunakan untuk merumuskan strategi pengurangan emisi secara lebih efektif. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi acuan bagi peneliti lain dalam mengembangkan studi lanjutan terkait analisis emisi berbasis data dan pemanfaatan teknologi *digital* untuk mendukung pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

1.5 Sistematis Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, ruang lingkup, batasan penelitian, tujuan, dan manfaat penelitian. Bab ini memberikan gambaran umum mengenai pentingnya isu emisi dalam sektor energi dan alasan pengembangan sistem berbasis data analitik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian teori yang relevan dengan penelitian, seperti konsep emisi karbon, pengelolaan energi, teknologi data analitik, serta penjelasan metode *K-Means Clustering*. Selain itu, juga disajikan hasil-hasil penelitian terdahulu yang mendukung landasan teori dan perbandingan terhadap penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam pengembangan sistem, mulai dari pengumpulan dan pemrosesan data, perancangan sistem *Dashboard*, tahapan analisis data, hingga implementasi metode *Clustering*. Diagram alur sistem dan penjelasan teknis juga disertakan dalam bab ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi *Dashboard*, termasuk tampilan fitur-fitur utama, hasil visualisasi, serta hasil *Clustering* berdasarkan data emisi dan konsumsi energi. Pembahasan difokuskan pada interpretasi hasil analisis dan kontribusi *Dashboard* dalam mendukung pengambilan keputusan perusahaan.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir memuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut maupun arah penelitian selanjutnya. Bab ini juga menegaskan kembali kontribusi praktis dari *Dashboard* yang telah dikembangkan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Data

Data merupakan kumpulan fakta dan angka yang belum diolah dan tidak memiliki makna tertentu. Dalam konteks energi, data dapat mencakup *volume* distribusi minyak dan gas, informasi tentang lokasi penambangan, serta data terkait pembangkitan energi. (Wu et al., 2023) data energi dapat dianalisis secara *spasial* dan temporal untuk memberikan wawasan yang lebih baik tentang konsumsi dan distribusi energi. Pengelolaan data yang efektif sangat penting untuk memperoleh informasi yang akurat dan relevan dalam pengambilan keputusan di sektor energi.

2.2 Microsoft Excel

Microsoft Excel merupakan aplikasi yang digunakan untuk mengolah data dengan otomatis melalui berbagai bentuk seperti rumus, perhitungan dasar, pengolahan data, pembuatan tabel dan grafik serta manajemen data. *Microsoft Excel* memiliki fungsi diantaranya yaitu untuk membuat daftar laporan keuangan, membuat daftar nilai dan daftar hadir, melakukan operasi perhitungan (perkalian, penjumlahan, pengurangan, pembagian), menyajikan data lebih cepat, sistematis dan akurat, serta melakukan perhitungan secara *otomatis* dengan menggunakan rumus dan logika. Dalam jurnal (Prayoga Denny & Sumantri Addy, 2023) bahwa *Microsoft Excel* digunakan dalam pengolahan data terutama analisa data yang sangat efisien.

2.3 Python dan Anaconda

Anaconda adalah distribusi *Python* yang dirancang untuk analisis data dan pembelajaran mesin. *Jupyter Lab* adalah lingkungan interaktif untuk menulis dan menjalankan kode *python* yang sangat memudahkan *User* untuk menulis kode *python*. Menurut (Lu et al., 2021)

Penggunaan *Python* dalam analisa data memungkinkan pengolahan data yang efisien dan penerapan teknik analisis yang sangat komplek. *Python* adalah bahasa pemrograman yang populer dalam analisis data dan memiliki banyak pustaka(*libraries*) yang mendukung analisis statistic, pemrosesan data serta visualisaasi data.

Menurut (Wu et al., 2023) fleksibilitas dan kemudahan penggunaan *Python* Menjadikannya pilihan utama bagi para analisis data. Dalam konteks *energy*, *Python* dapat digunakan untuk mengalisa data distribusi minyak dan gas serta melakukan pemodelan untuk pembangkit *energy*. *Looker Studio* adalah alat visualisasi data yang berasal dari *google* dan yang dapat memungkinkan pengguna untuk membuat *Dashboard* interaktif dan laporan yang dapat membantu dalam memahami pola dan tren dalam data distribusi energi, penambangan, dan pembangkitan energi. Menurut (Langer et al., 2023) visualisasi data yang efektif dapat meningkatkan pemahaman dan membantu pengambilan keputusan yang lebih baik

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini bersifat tradisional namun efektif, yaitu dengan menggunakan pemrograman *Python* yang ditulis secara manual untuk menjawab pertanyaan penelitian. Kode *Python* dikembangkan secara khusus untuk:

- 2.3.1 Mengakses data emisi karbon dari berbagai sektor
- 2.3.2 Mengolah dan memfilter data berdasarkan kategori seperti sektor energi, jenis emisi, dan wilayah
- 2.3.3 Melakukan analisis statistik terhadap hasil yang diperoleh

Beberapa fungsi dasar yang digunakan meliputi:

- a) *sum()* untuk menghitung total emisi per kategori.
- b) *reset_index()* untuk menyusun ulang data setelah pengelompokan.
- c) *sort_values()* untuk mengurutkan sektor berdasarkan kontribusi emisi.

Perhitungan rata-rata untuk menganalisis intensitas emisi per unit energi atau *volume* produksi

Metode ini dinilai efektif karena dapat menangani *big data* dengan cepat dan memungkinkan eksplorasi data secara mendalam. Fleksibilitas *Python* juga mendukung penerapan teknik lanjutan apabila dibutuhkan, seperti pemodelan prediktif atau visualisasi interaktif.

2.4 Studi Terkait karbon dalam sektor energi

Penelitian ini berfokus pada analisis emisi karbon dari berbagai sektor energi, khususnya pembangkit listrik (*power plant*), minyak dan gas (*oil & gas*), serta pertambangan (*mining*). Beberapa studi terdahulu digunakan sebagai acuan untuk memahami pola emisi karbon dan metodologi evaluasi dampaknya dalam sistem energi.

Salah satu studi yang relevan adalah “*Geospatial analysis of Indonesia's bankable utility-scale solar PV potential using elements of project finance*”(Langer et al., 2023) yang memberikan wawasan tentang potensi energi terbarukan dan bagaimana emisi dapat diminimalkan melalui pendekatan spasial dalam perencanaan pembangkit energi surya.

Selain itu, studi yang berjudul “*Low-cost, low-emission 100% renewable electricity in Southeast Asia supported by pumped hydro storage*” (Lu dkk., 2021) menyajikan model transisi energi bersih di Asia Tenggara yang menekankan pentingnya integrasi penyimpanan energi dan sumber daya terbarukan dalam menurunkan emisi karbon secara signifikan.

Kemudian, “*Understanding multi-scale spatiotemporal energy consumption data: A visual analysis approach*” (Wu et al., 2023) menyajikan pendekatan visual dalam

menganalisis konsumsi energi, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara pola konsumsi energi dan emisi karbon dalam skala waktu dan ruang yang berbeda.

2.5 Oil dan Gas

Berdasarkan Jurnal: "*Implication of interfacial tension reduction and wettability alteration by surfactant on enhanced oil recovery in tight oil reservoirs*" – (X. Liu et al., 2022) Industri minyak dan gas bumi menghadapi tantangan signifikan dalam pengambilan minyak dari *reservoir non-konvensional*, seperti *tight sandstone*. Dalam jurnal ini, (X. Liu et al., 2022) meneliti peran surfaktan dalam meningkatkan pemulihan minyak pada *tight oil reservoirs* yang memiliki permeabilitas rendah dan sifat fisik batuan yang tidak mendukung aliran *fluida*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa surfaktan seperti *FC-1* dan *GS* mampu menurunkan tegangan antarmuka minyak-air secara drastis (hingga 0,03 mN/m), serta mengubah sifat kebasahan batuan menjadi lebih *hidrofobik*, sehingga meningkatkan efektivitas injeksi air dan pemulihan minyak.

Penurunan tekanan injeksi hingga 32,4% dan peningkatan permeabilitas air hingga hampir 37% membuktikan bahwa pendekatan kimiawi ini memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan lapangan migas. Penelitian ini menjadi relevan dalam konteks *Dashboard* emisi karena menunjukkan bagaimana analisis berbasis data dan karakteristik fisik dapat mendukung strategi optimalisasi produksi energi sekaligus meminimalkan pemborosan sumber daya. Penelitian ini menjadi relevan dalam konteks *Dashboard* yang dikembangkan karena menunjukkan pentingnya analisis karakteristik fisik dalam mengoptimalkan proses produksi dan meminimalkan pemborosan. Data-data seperti tekanan, jenis *fluida*, dan hasil produksi dapat diolah dan dikelompokkan dalam *Dashboard* untuk membantu perusahaan memahami pola efisiensi dan emisi di tiap unit produksi, serta

mengelompokkannya menggunakan metode *K-Means Clustering* untuk pengambilan keputusan yang lebih akurat.

2.6 Industri Penambangan

Industri pertambangan, meskipun menjadi pilar utama dalam penyediaan sumber daya mineral, sangat rentan terhadap isu lingkungan akibat penggunaan model ekonomi *linear (take-make-dispose)*. Dalam jurnal oleh (Upadhyay et al., 2021), dijelaskan bahwa penerapan ekonomi sirkular di sektor pertambangan mulai dilakukan sebagai strategi untuk mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi sumber daya, seperti melalui daur ulang air dan penggunaan material bekas tambang.

Keterkaitan dengan penelitian ini terletak pada pentingnya pemantauan emisi dan konsumsi energi dalam operasi pertambangan. *Dashboard* yang dikembangkan memungkinkan data dari aktivitas penambangan seperti *input* material, *output* proses, dan emisi diunggah dan dianalisis secara otomatis. Dengan menggunakan metode *K-Means Clustering*, sistem dapat mengelompokkan *site* tambang atau proses tertentu berdasarkan tingkat emisi atau konsumsi energi, yang sangat membantu dalam merumuskan strategi pengurangan emisi dan efisiensi operasional.

2.7 Sektor Pembangkit tenaga listrik(*Power Plant*)

Berdasarkan (Sebestyén, 2021) Pembangkit listrik, baik yang menggunakan energi terbarukan maupun fosil, memiliki dampak lingkungan yang bervariasi tergantung desain dan lokasi. Dalam jurnal oleh (Sebestyén, 2021) dijelaskan bahwa pendekatan *network science* dapat digunakan untuk menghubungkan variabel desain pembangkit dengan jenis dampak lingkungan, seperti gangguan suara, visual, atau perubahan ekosistem. Model

multilapis ini membantu dalam perencanaan pembangkit agar dampak lingkungan dapat diminimalkan sejak awal.

Dalam konteks penelitian ini, data dari sektor pembangkitan dapat dimasukkan ke dalam *Dashboard* untuk dianalisis dan dipetakan. Penggunaan metode *K-Means Clustering* memungkinkan pembangkit dikelompokkan berdasarkan karakteristik emisinya, sehingga dapat diketahui mana yang paling berdampak dan membutuhkan perhatian khusus. Visualisasi interaktif dalam *Dashboard* juga memudahkan pengguna *non-teknis* dalam memahami distribusi dan tren emisi secara menyeluruh.

2.8 Visualisasi dan *Dashboard*

Visualisasi data dalam bentuk *Dashboard* merupakan pendekatan *modern* yang digunakan untuk menyajikan data secara komprehensif dan interaktif dalam satu tampilan terpadu. *Dashboard* digunakan untuk menyajikan berbagai indikator, tren, dan hasil analisis sistem secara visual guna mendukung pemantauan serta pengambilan keputusan berbasis data. Dalam konteks distribusi dan pembangkitan energi, *Dashboard* berfungsi sebagai alat untuk mengawasi performa sistem energi, menganalisis distribusi, serta memudahkan dalam menilai efisiensi operasional secara *real-time*.

Dashboard memungkinkan pengguna untuk menyajikan data dalam berbagai format visual seperti grafik, tabel, dan peta interaktif. Dengan memanfaatkan teori pemodelan objek, *Dashboard* dapat menggambarkan relasi antar entitas atau komponen data secara terstruktur. Pendekatan ini memudahkan pengguna untuk melihat keterkaitan antar elemen seperti sumber energi, lokasi distribusi, *volume* produksi, hingga emisi karbon yang dihasilkan.

Menurut penelitian oleh "*Data Governance Facilitate Digital Transformation of Oil and Gas Industry*" (Su et al., 2022) disebutkan bahwa:

“Effective data governance through integrated Dashboards enhances visibility across distributed assets, enabling better operational management and strategic decisions.”

Pernyataan tersebut menekankan bahwa integrasi *Dashboard* yang baik tidak hanya meningkatkan visibilitas data tetapi juga mendukung pengelolaan operasional dan pengambilan keputusan strategis, terutama dalam industri energi seperti minyak dan gas.

Untuk menyampaikan informasi dengan efektif, *Dashboard* umumnya terdiri dari beberapa komponen visual utama, antara lain:

a. *Chart* atau Grafik

Visualisasi ini mencakup grafik batang (*bar chart*), garis (*line chart*), dan lingkaran (*pie chart*) yang berguna untuk menunjukkan pola, tren *historis*, perbandingan antar kategori, serta fluktuasi data dari waktu ke waktu.

b. *Filter* Interaktif

Filter digunakan untuk menyaring data berdasarkan kriteria tertentu, seperti waktu (harian, mingguan, bulanan), lokasi geografis, jenis sumber energi, atau sektor industri. Komponen ini membantu pengguna untuk fokus pada subset data tertentu sesuai kebutuhan analisis.

c. KPI (*Key Performance Indicators*)

KPI digunakan untuk menampilkan indikator performa utama secara langsung, seperti total konsumsi energi, *volume* produksi, atau tingkat emisi CO₂. Indikator ini membantu pengguna dalam memantau kinerja dan pencapaian target secara cepat.

Secara keseluruhan, visualisasi diagram dalam *Dashboard* tidak hanya menyederhanakan data kompleks, tetapi juga berperan penting dalam proses transformasi *digital*, khususnya dalam pengelolaan data sektor energi yang berskala besar dan dinamis.

2.9 Pengujian dan Validasi Data

Dalam sebuah penelitian yang berfokus pada data, pengujian (*testing*) merupakan tahapan krusial untuk memastikan bahwa data yang digunakan telah divalidasi dengan baik dan dapat menghasilkan analisis yang akurat serta relevan bagi pengguna akhir. Proses pengujian bertujuan untuk menilai validitas, konsistensi, dan keandalan data, agar hasil analisis yang diperoleh dapat dipercaya dan mendukung pengambilan keputusan secara efektif.

Menurut (Lahmann, 2021). validasi dalam konteks penggunaan sistem informasi sangat penting untuk menjamin bahwa pengguna akhir merasa puas dan terbantu dengan hasil yang ditampilkan oleh sistem atau aplikasi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan dua pendekatan utama dalam proses pengujian data, yaitu *User Acceptance Testing (UAT)* dan *Black-Box Testing*.

2.10 *User Acceptance Testing*(UAT)

User Acceptance Testing (UAT) merupakan metode pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi apakah sistem atau data yang dihasilkan telah memenuhi kebutuhan dan

ekspektasi pengguna akhir. Tujuan utama dari UAT adalah untuk memperoleh umpan balik langsung dari pengguna yang akan menggunakan data atau sistem dalam praktik nyata.

Dalam konteks penelitian ini, *UAT* dilakukan dengan melakukan wawancara langsung melalui media *Zoom* bersama Kak Fano, selaku *CEO* dari perusahaan Ailesh dan pemilik data utama. Tujuan wawancara ini adalah untuk memastikan bahwa data yang disajikan dalam *Dashboard* visualisasi sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna dari sisi bisnis maupun teknis.

Sebagaimana dijelaskan oleh "*Psychometric Testing and Evaluation of User Acceptance*" yang menguraikan pentingnya validasi penerimaan pengguna untuk memastikan bahwa alat atau aplikasi memberikan kepuasan bagi penggunanya (Lahmann, 2021)

Hasil diskusi dengan Kak Fano menunjukkan bahwa terdapat beberapa masukan terkait format data, klasifikasi sektor energi, serta indikator emisi yang perlu ditegaskan sebelum data dijadikan sebagai data bersih (*clean data*) untuk visualisasi. Tahapan ini sangat penting untuk menjamin bahwa data yang diproses memang benar-benar dapat digunakan secara praktis oleh pemilik atau pengguna sistem.

Tabel 2. 1 UAT tentang Dataset

Surya: Selamat siang Kak Fano, saya ingin membahas tentang validitas data dari *Dataset* yang telah saya bersihkan. Saat melakukan pembersihan pada tiga *Dataset—oil & gas distribution, mining, dan power plant—*saya menemukan beberapa data anomali. Angka nominal *input dan output* tidak sesuai satu sama lain.

Kak Fano: Hmm, itu masalah yang cukup penting. Apa Anda sudah melakukan analisis lebih lanjut tentang data tersebut?

Surya: Ya, saya sudah melakukan analisis dan mendalami data anomali tersebut. Namun, saya masih ragu apakah data itu berguna atau tidak. Oleh karena itu, saya ingin mendiskusikannya lebih lanjut dengan Kak Fano.
Kak Fano: Baik, mari kita bahas. Berapa banyak data anomali yang Anda temukan?
Surya: Ada beberapa data yang tidak konsisten, dan saya sudah mencatatnya. Namun, saya ingin mendapatkan pandangan Kak Fano tentang kelayakan data tersebut.
Kak Fano: Saya mengerti. Sejujurnya, jika data tersebut tidak relevan dan tidak memberikan informasi yang berguna, lebih baik kita hapus saja. Data yang bersih dan valid itu sangat penting untuk analisis kita.
Surya: Jadi, apakah saya boleh menghapus semua data anomali itu?
Kak Fano: Iya, silakan hapus. Pastikan untuk menjaga kualitas data kita. Fokuslah pada data yang memberikan wawasan dan mendukung analisis yang Anda lakukan.
Surya: Terima kasih, Kak Fano. Saya akan segera menghapus data tersebut dan melanjutkan proses pembersihan.

2.11 *Black-Box Testing*

Black-box testing adalah teknik pengujian yang memfokuskan pada validasi *output sistem* berdasarkan *input* tertentu tanpa melihat struktur internal sistem atau kode program. Dalam penelitian ini, *black-box testing* digunakan untuk menguji *Dashboard* visualisasi data pada *Looker Studio*, memastikan bahwa *Dashboard* menghasilkan *output* visual yang sesuai dengan data yang diberikan, tanpa melihat mekanisme visualisasi di baliknya. *Black-box*

testing juga sering digunakan dalam sistem kompleks dengan bantuan grafik sebab-akibat untuk mempermudah identifikasi pengujian kasus yang relevan seperti yang dijelaskan pada jurnal "*ETF-RI-CEG-Advanced: A Graphical Desktop Tool for Black-Box Testing Using Cause-Effect Graphs*" (Krupalija et al., 2023) "*Black-box testing is a technique commonly applied to complex industrial systems which cannot be tested by using white-box techniques due to complexity or safety-critical concerns*" (Krupalija et al., 2023) dalam hal tersebut yang berfokus pada *output* tanpa melihat struktur *internal* memastikan bahwa data terlihat dan sesuai sebagai mestinya.

2.12 Tinjauan Studi

Dalam melakukan penelitian terkait analisis distribusi *energy*, peneting untuk memahami berbagai perspektif dan pendekatan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Tinjauan studi ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai berbagai penelitian yang relevan, yang mengkaji potensi *energy* terbarukan, tantangan dalam pengembangan infrastruktur *energy*, serta dinamika pasar yang mempengaruhi sector *energy* secara global. Berikut adalah penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini:

2.12.1 *Geospatial Analysis of Indonesia's Bankable Utility-Scale Solar PV Potential Using Elements of Project Finance* (Langer et al., 2023)

Jurnal ini memiliki relevansi yang signifikan terhadap penelitian terkait distribusi energi, terutama dalam hal potensi dan pengembangan energi terbarukan di Indonesia. Fokus utama jurnal ini adalah menganalisis potensi energi surya menggunakan pendekatan *geospasial* yang digabungkan dengan analisis keuangan. Penelitian ini membantu mengidentifikasi lokasi-lokasi *strategis* di Indonesia yang memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga

surya (*solar PV*). Namun, tantangan utama yang diangkat dalam jurnal adalah bahwa hanya sebagian kecil lokasi yang secara finansial layak (*bankable*), terutama karena hambatan seperti tarif listrik yang rendah dan kepercayaan lembaga keuangan yang masih kurang.

Penerapan metode yang digunakan dalam jurnal ini, seperti analisis *geospasial*, dapat menjadi inspirasi untuk mengeksplorasi distribusi energi dari sektor minyak, gas, dan pembangkitan energi. Hambatan keuangan yang diuraikan juga relevan untuk sektor energi lainnya, yang sering kali menghadapi tantangan serupa dalam menarik *investor*. Selain itu, diskusi mengenai kebijakan pemerintah, seperti insentif sementara untuk meningkatkan daya tarik investasi, memberikan wawasan tentang bagaimana regulasi dapat berperan penting dalam mendorong pengembangan energi, baik dalam skala lokal maupun nasional.

Jurnal ini memberikan landasan bagi penelitian distribusi energi yang terintegrasi dengan mempertimbangkan faktor lokasi, potensi sumber daya, serta dinamika investasi, yang semuanya penting untuk keberhasilan implementasi proyek energi di Indonesia.

2.12.2 Low-Cost, Low-Emission 100% Renewable Electricity in Southeast Asia Supported by Pumped Hydro Storage (Lu et al., 2021)

Jurnal ini membahas potensi besar kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia, untuk beralih ke energi terbarukan 100%. Pendekatan yang digunakan berfokus pada kombinasi tenaga surya dan angin, didukung oleh teknologi penyimpanan energi seperti *pumped hydro storage* (penyimpanan energi melalui pemompaan air). Teknologi ini dianggap kunci utama untuk menyeimbangkan

intermitensi energi terbarukan, memastikan stabilitas jaringan listrik, serta mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

Relevansi terhadap penelitian terletak pada aspek distribusi energi dan stabilitas sistem. Teknologi *pumped hydro storage* yang diangkat dalam jurnal ini menawarkan solusi konkret untuk menyimpan energi dalam skala besar, yang memungkinkan distribusi energi dilakukan secara merata meskipun sumber energi terbarukan bersifat fluktuatif. Hal ini sejalan dengan upaya untuk menciptakan sistem distribusi energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Selain itu, biaya listrik dari energi terbarukan yang kompetitif (*55–115 USD per MWh*) menunjukkan bahwa energi bersih tidak hanya berkelanjutan, tetapi juga secara ekonomi layak untuk diterapkan.

Pengetahuan dari jurnal ini dapat digunakan untuk memahami bagaimana infrastruktur penyimpanan energi dapat mendukung distribusi energi yang terintegrasi, baik untuk pembangkit energi baru seperti tenaga surya maupun untuk sektor lain seperti pembangkitan konvensional yang sedang mengalami transisi.

2.12.3 Insights of Energy and Its Trade Networking Impacts on Sustainable Economic Development(Ashfaq et al., 2023)

Jurnal ini mengkaji pengaruh fluktuasi harga minyak dan emas terhadap pasar saham di negara-negara Asia Pasifik, dengan temuan utama bahwa harga emas memiliki dampak yang lebih besar terhadap pasar saham Asia dibandingkan dengan minyak. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pasar saham Cina memiliki pengaruh yang besar terhadap harga kedua komoditas tersebut, dengan hubungan yang semakin kuat terutama selama krisis global seperti pandemi *COVID-19*. Jurnal

ini memberikan wawasan penting tentang bagaimana pergerakan harga komoditas bisa mempengaruhi perekonomian global dan sektor energi.

Dalam kaitannya dengan penelitian distribusi energi, wawasan dari jurnal ini sangat berguna. Memahami bagaimana fluktuasi harga minyak dan emas dapat mempengaruhi keputusan investasi dan kebijakan energi sangat relevan, mengingat sektor energi, terutama minyak dan gas, sangat dipengaruhi oleh dinamika pasar global. Selain itu, krisis global seperti pandemi yang memperkuat hubungan ini memberikan gambaran tentang bagaimana ketidakpastian global dapat mempengaruhi distribusi dan pengelolaan energi, yang harus dipertimbangkan dalam perancangan kebijakan distribusi energi yang berkelanjutan

2.12.4 Plant Siting and Economic Potential of Ocean Thermal Energy Conversion in Indonesia: A Novel GIS-based Methodology (Langer et al., 2021)

Jurnal ini memperkenalkan cara baru untuk memanfaatkan energi panas laut di Indonesia sebagai sumber energi terbarukan yang potensial. Dengan bantuan teknologi *GIS (Geographic Information System)*, jurnal ini mengidentifikasi lokasi-lokasi yang paling cocok untuk membangun pembangkit listrik tenaga panas laut (*Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC*). Teknologi (*Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC*) memanfaatkan perbedaan suhu antara permukaan laut dan kedalaman laut untuk menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi kelayakan ekonomi dari penggunaan (*Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC*) di Indonesia, terutama di wilayah pesisir yang kaya akan potensi sumber daya laut.

Jurnal ini sangat relevan karena memberikan perspektif baru dalam pengembangan energi terbarukan selain tenaga surya dan angin. Teknologi GIS

(*Geographic Information System*) yang digunakan untuk pemetaan lokasi pembangkit (*Ocean Thermal Energy Conversion, OTEC*) bisa diadaptasi untuk menganalisis lokasi-lokasi optimal dalam distribusi energi di sektor lainnya, seperti minyak dan gas. Energi dari panas laut, dengan potensi besar di Indonesia sebagai negara kepulauan, bisa menjadi alternatif yang sangat baik untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan memperkuat ketahanan energi nasional

2.12.5 Data Governance Facilitate Digital Transformation of Oil and Gas Industry(*Su et al., 2022*)

Jurnal ini menjelaskan bagaimana pengelolaan data yang baik dapat mendukung transformasi digital di industri minyak dan gas. Dengan teknologi seperti *Blockchain, IoT, dan Big Data*, perusahaan-perusahaan minyak dan gas dapat mengelola data mereka dengan lebih aman dan efisien, yang pada akhirnya mempercepat digitalisasi dan meningkatkan efisiensi operasional. Sistem manajemen data yang efisien mempermudah berbagi informasi antar departemen dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data.

Relevansi jurnal ini terhadap penelitian yang sedang dilakukan adalah pada aspek manajemen data dalam distribusi energi. Dalam sektor energi, terutama minyak dan gas, pengelolaan data yang efisien sangat penting untuk memastikan distribusi energi yang optimal dan pengambilan keputusan yang tepat. Teknologi baru seperti *Blockchain dan IoT* dapat meningkatkan transparansi dan efisiensi dalam sistem distribusi energi, memberikan dasar bagi penelitian yang ingin mengoptimalkan pengelolaan dan distribusi energi berbasis data.

2.12.6 *An Improved Method of Reservoir Facies Modeling Based on Generative Adversarial Networks*(Q. Liu et al., 2021)

Jurnal ini membahas inovasi dalam pemodelan reservoir minyak dan gas menggunakan teknologi *Generative Adversarial Networks* (GANs). “*Generative Adversarial Networks*” GANs memungkinkan pembuatan model geologi yang lebih akurat, terutama untuk formasi geologi yang kompleks dan tidak *stasioner*, dengan mengintegrasikan data sumur untuk menghasilkan model yang lebih realistis. Teknologi ini berpotensi menggantikan metode pemodelan tradisional yang kurang fleksibel dalam menangani kompleksitas geologi.

Relevansi jurnal ini dengan penelitian distribusi energi terletak pada kemampuan “*Generative Adversarial Networks*” GANs untuk menghasilkan model yang lebih akurat dan dapat diandalkan dalam pemetaan formasi geologi. Dalam sektor energi, terutama dalam eksplorasi dan produksi minyak dan gas, penggunaan teknologi ini sangat berguna untuk memahami potensi sumber daya dan mengoptimalkan distribusinya. Hal ini memungkinkan perusahaan energi untuk merencanakan pengelolaan sumber daya yang lebih efisien dan berkelanjutan.

2.12.7 *ETF-RI-CEG-Advanced: A Graphical Desktop Tool for Black-Box Testing by Using Cause–Effect Graphs*(Krupalija et al., 2023)

Jurnal ini memperkenalkan alat baru, *ETF-RI-CEG-Advanced*, yang menggunakan grafik sebab-akibat untuk memfasilitasi pengujian *black box*. Alat ini dirancang untuk membantu penguji perangkat lunak dalam mengidentifikasi cacat sistem dengan lebih cepat dan efisien, khususnya dalam sistem yang memiliki banyak *input* dan *output* yang saling bergantung. Dengan memvisualisasikan hubungan antar variabel melalui grafik sebab-akibat, penguji dapat lebih mudah

mengidentifikasi potensi kesalahan atau masalah yang terjadi dalam perangkat lunak tanpa memerlukan pemahaman mendalam tentang kode sumbernya.

Relevansi dengan penelitian ini terletak pada penerapan prinsip-prinsip *black box testing* dalam evaluasi sistem distribusi energi atau perangkat lunak yang digunakan untuk memproses dan menganalisis data energi. Metode ini memberikan dasar dalam memahami bagaimana pengujian sistem dapat dilakukan tanpa memerlukan informasi internal tentang algoritma atau data yang digunakan. Penggunaan grafik sebab-akibat juga dapat diaplikasikan dalam sistem distribusi energi untuk memahami pengaruh variabel-variabel tertentu terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.

2.12.8 Psychometric Testing and Evaluation of User Acceptance of an Automatic Lateral Turning Device for the Prevention of Pressure Ulcers (Lahmann, 2021)

Jurnal ini mengevaluasi penerimaan pengguna terhadap perangkat otomatis untuk pencegahan ulkus tekan menggunakan pengujian *psikometrik*. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur bagaimana pengguna merespons perangkat baru, dan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kepuasan pengguna. Hasil menunjukkan bahwa perangkat ini diterima dengan baik oleh pengguna, dan faktor kenyamanan serta kemudahan penggunaan adalah elemen penting dalam tingkat kepuasan.

Relevansi jurnal ini untuk penelitian ini terletak pada penggunaan *User acceptance testing* untuk mengevaluasi perangkat atau sistem baru. Dalam konteks distribusi energi, pendekatan ini dapat diterapkan untuk menilai penerimaan masyarakat atau pengguna terhadap teknologi baru dalam sistem distribusi energi, seperti penggunaan sistem berbasis *cloud* untuk pengelolaan data energi atau

perangkat lunak untuk analisis energi. Pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi sangat penting dalam merancang kebijakan atau sistem yang lebih diterima oleh pengguna akhir

2.12.9 *Understanding Multi-Scale Spatiotemporal Energy Consumption Data* (Wu et al., 2023)

Jurnal ini membahas pentingnya memahami pola konsumsi energi berdasarkan ruang dan waktu, dengan menggunakan pendekatan *visual* berbasis *spasiotemporal*. Peneliti mengembangkan alat visualisasi yang memungkinkan analisis konsumsi energi yang lebih efisien dan memahami dinamika pergeseran permintaan energi. Studi ini memberikan wawasan tentang bagaimana data dapat dianalisis untuk mengidentifikasi area dengan konsumsi energi tinggi dan merancang strategi pengelolaan energi yang lebih baik.

Relevansi jurnal ini sangat besar dalam konteks penelitian distribusi energi. Menggunakan pendekatan visualisasi *spasial-temporal* memungkinkan identifikasi pola konsumsi yang berubah-ubah di berbagai wilayah, yang dapat membantu dalam merancang distribusi energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Jurnal ini juga memberikan pendekatan baru dalam pengelolaan sisi permintaan energi, yang sangat penting dalam memastikan pasokan energi yang tepat waktu dan sesuai kebutuhan.

2.12.10 *Pengaruh Leverage, Profitabilitas, Ukuran perusahaan dan Kepemilikan Manajerial Terhadap Tax Avoidance* (Prayoga Denny & Sumantri Addy, 2023)

Jurnal ini mengkaji pengaruh faktor keuangan, seperti *leverage*, *profitabilitas*, ukuran perusahaan, dan kepemilikan manajerial, terhadap penghindaran pajak pada perusahaan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia. Penelitian ini menggunakan *software Excel* dan SPSS untuk mengolah data dan

melakukan *regresi linier* untuk menganalisis hubungan antar variabel. Temuan utama menunjukkan bahwa *leverage* dan profitabilitas memiliki pengaruh signifikan terhadap penghindaran pajak, sedangkan ukuran perusahaan dan kepemilikan manajerial tidak memiliki pengaruh yang signifikan.

Relevansi jurnal ini terhadap penelitian ini terletak pada penggunaan *Excel* dalam pengolahan data numerik dan analisis statistik. Dalam penelitian distribusi energi, penggunaan *Excel* dapat menjadi alat yang berguna untuk menganalisis data besar, membuat model peramalan, atau melakukan analisis statistik lainnya. Dengan demikian, jurnal ini memberikan wawasan tentang bagaimana *Excel* dapat digunakan untuk mengelola dan menganalisis data dalam konteks penelitian energi, serta pentingnya perangkat lunak ini dalam mendukung analisis keputusan yang berbasis data.

2.12.11 Life Cycle Cost and Environmental Assessment of CO₂ Utilization In The Beverage Industry: A Natural Gas-Fired Power Plant Equipped With Post-Combustion CO₂ Capture(Hosseini et al., 2023)

Dalam jurnal ini, peneliti mengeksplorasi dampak lingkungan dan ekonomi dari penangkapan dan pemanfaatan karbon dioksida (CO₂) dalam industri minuman, dengan fokus pada pembangkit listrik berbahan bakar gas alam di *Tehran, Iran*, yang dilengkapi dengan unit penangkapan CO₂ pasca pembakaran “*Post-Combustion CO₂ Capture Unit*” (*PCCU*) Tinjauan studi menunjukkan bahwa meskipun metode penangkapan dan pemanfaatan CO₂ “*Carbon Capture and Utilization*”(CCU) dapat meningkatkan keberlanjutan pasokan CO₂ cair, manfaatnya terhadap produksi air berkarbonasi terbatas, dengan sebagian besar dampak berasal dari komponen lain dalam proses produksi.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis siklus hidup “*Life Cycle Assesment*”(LCA) dan analisis biaya siklus hidup “*Life Cycle Costing*”(LCC). Penelitian ini mengikuti pendekatan atribusi komparatif untuk mengevaluasi perubahan dalam dampak ekonomi, energi, dan lingkungan dari produksi listrik, CO₂, dan air berkarbonasi setelah mengadopsi rute “*Carbon Capture and Utilization*”(CCU). Tiga tujuan utama ditetapkan: “*to estimate and compare the life cycle impacts of producing 1 kWh of electricity before and after integration with “Post-Combustion-CO₂ Capture Unit” (PCCU),*” “*to compare the life cycle impacts of producing 1 kg of liquid CO₂ by “Post-Combustion-CO₂ Capture Unit” (PCCU) with the impacts of CO₂ capture on-site from diesel combustion,*” dan “*to estimate and compare the life cycle impacts of producing 1000 liters of packaged carbonated water through conventional and “Carbon Capture and Utilization”CCU routes*”.

Dalam analisis ini, berbagai metode penilaian dampak siklus hidup “*Life Cycle Impact Assesment*” (LCIA) digunakan, termasuk metode *ReCiPe* dan *AWARE*, untuk menganalisis dampak lingkungan dalam 17 kategori. *ReCiPe* adalah model “*Life Cycle Impact Assesment*” (LCIA) yang harmonis yang dikembangkan berdasarkan asumsi metode *Eco-indicator 99* dan “*Centrum voor Milieukunde Leiden*” (CML) 2001, sedangkan *AWARE* adalah model “*Life Cycle Impact Assesment*”(LCIA) yang regionalized yang mempertimbangkan ketersediaan dan permintaan air tawar dalam memperkirakan jejak air produk. Temuan kunci mencakup pengurangan potensi pemanasan global dan kelangkaan sumber daya fosil, sementara dampak terkait toksisitas dan penggunaan lahan meningkat secara signifikan. Secara keseluruhan, jurnal ini memberikan wawasan mendalam tentang *trade-off* yang kompleks dalam penerapan teknologi penangkapan dan pemanfaatan

CO₂ di industri minuman, serta pentingnya penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan metode penyimpanan CO₂ yang lebih efektif dan mempertimbangkan penerimaan sosial terhadap teknologi “*Carbon Capture and Utilization*” (CCU).

2.12.12 Green Hydrogen Based Power Generation Prospect For Sustainable Development of Bangladesh Using PEMFC and Hydrogen Gas Turbine(Salam et al., 2023)

Jurnal ini berjudul "*Green-hydrogen-based-power-generation-prospect-for-sustainable-2023_Energy-*" dan menyelidiki kinerja sistem pembangkit listrik berbasis hidrogen hijau di Bangladesh. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada teknologi turbin gas hidrogen dan sel bahan bakar membran pertukaran proton PEMFC(*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) sebagai solusi untuk transisi energi yang berkelanjutan di Bangladesh. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi prospek dan kinerja pembangkit listrik berbasis hidrogen hijau serta menemukan opsi terbaik untuk transisi energi yang berkelanjutan di Bangladesh. Temuan utama menunjukkan bahwa efisiensi siklus gabungan turbin gas hidrogen mencapai 51,9%, sedangkan sistem “*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*” (PEMFC) mencapai efisiensi 74%. Pabrik *Proton Exchange Membrane Fuel Cell*” (PEMFC) yang terdiri dari 30 tumpukan mengkonsumsi sekitar 20,82 ton hidrogen per hari dan menghasilkan daya termal yang signifikan. Penelitian juga menekankan pentingnya pemulihan panas limbah dari sel bahan bakar untuk meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan analisis kinerja sistem pembangkit listrik berbasis hidrogen dengan membandingkan efisiensi dan *output* dari turbin gas hidrogen dan sistem *Proton Exchange Membrane Fuel Cell*”

(PEMFC). Metode yang digunakan mencakup pengukuran efisiensi siklus gabungan, analisis konsumsi hidrogen, dan pemulihan panas limbah. Penelitian ini juga mengandalkan data yang akan tersedia atas permintaan, menunjukkan transparansi dalam pengumpulan dan analisis data. Secara keseluruhan, jurnal ini memberikan pandangan yang menjanjikan untuk integrasi teknologi hidrogen ke dalam lanskap energi Bangladesh, dengan tujuan keberlanjutan dan pengurangan emisi gas rumah kaca.

2.12.13 *Analysis of a Tiered Top-Down Approach Using Satellite and Aircraft Platforms to Monitor Oil and Gas Facilities in the Permian Basin*(Esparza et al., 2023)

Jurnal ini membahas berbagai teknologi dan metodologi untuk memantau emisi metana, khususnya di sektor minyak dan gas, dengan menggunakan teknik pencitraan optik dan pemantauan jarak jauh. Tinjauan studi menunjukkan pentingnya kuantifikasi emisi yang akurat untuk kebijakan lingkungan dan keunggulan operasional, serta merujuk pada laporan dari berbagai organisasi, termasuk “*Environmental Protection Agency*”(EPA) dan *International Energy Agency*, untuk menekankan signifikansi teknologi ini dalam menangani emisi metana dan dampaknya terhadap perubahan iklim. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pendekatan *tiered top-down* yang dikembangkan oleh *GHGSat Inc.*, yang memanfaatkan teknologi satelit dan pesawat terbang untuk meningkatkan deteksi dan kuantifikasi emisi metana dari fasilitas minyak dan gas di Permian Basin.

Metode yang digunakan melibatkan pemantauan emisi dengan menggunakan tiga *sensor proprietary* (*satellite GHGSat-C1, GHGSat-C2, dan airborne GHGSat-AV*) untuk menangkap citra satelit, memprosesnya untuk mengidentifikasi emisi, dan menghitung laju sumber menggunakan berbagai

metodologi untuk data satelit dan udara. Pengujian data dilakukan dengan menganalisis 5121 target minyak dan gas, termasuk sumur dan fasilitas pengolahan, serta melakukan pemodelan berbagai program deteksi kebocoran dan perbaikan *"Leak Detection And Repair"* (LDAR) menggunakan model Arolytics AroFEMP untuk memperkirakan pengurangan emisi metana dan biaya yang terkait dengan berbagai teknologi pemantauan. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa *"Leak Detection And Repair" (LDAR) programs using GHGSat's technology can achieve similar or superior methane reduction performance at significantly lower costs compared to traditional "Optical Gas Imaging" (OGI) methods,"* menyoroti kemampuan teknologi pemantauan canggih dalam mengidentifikasi emisi metana di wilayah yang sangat dieksploitasi, dengan tujuan untuk meningkatkan kepatuhan lingkungan dan mengurangi emisi gas rumah kaca.

2.12.14 *Standardized the Natural Gas Data for Thailand's Sustainable Goal* (Traivivatana et al., 2021)

Jurnal ini membahas pentingnya standarisasi data gas alam di Thailand untuk mendukung tujuan energi berkelanjutan yang diuraikan dalam *"Thailand Integrated Energy Blueprint"* (TIEB). Gas alam memiliki peran signifikan dalam *"Total Primary Energy Supply"* (TPES) Thailand, dan untuk memperjelas rantai pasokan gas alam, jurnal ini memperkenalkan istilah baru seperti *Feed Gas* dan *Sale Gas*. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun manual keseimbangan energi yang terpadu dan diagram aliran gas alam, yang diharapkan dapat meningkatkan manajemen dan pelaporan data, serta membantu analisis kebijakan energi dan pengambilan keputusan.

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pembentukan mekanisme transmisi data yang *dihosting* secara tunggal untuk setiap set data berdasarkan standar dan regulasi umum, yang menghasilkan pemahaman yang

konsisten tentang semua sumber data. *"The existing natural gas flow and balance cannot clearly explain the actual physical activities of the natural gas system in Thailand according to the energy balance reports' data."* Oleh karena itu, penelitian ini mengumpulkan informasi dari departemen yang berwenang dan memperkenalkan dua istilah baru untuk mengidentifikasi setiap keadaan gas alam.

Dalam tinjauan studi, jurnal ini mencatat bahwa meskipun struktur energi di Thailand telah disesuaikan dengan standar internasional, terdapat adaptasi unik yang diperlukan untuk mencerminkan karakteristik sistem gas alam di negara tersebut. Penelitian ini juga mengakui kontribusi dari Kementerian Energi Thailand yang memberikan wawasan dan keahlian yang sangat membantu dalam penelitian ini

2.12.15 Sustainable Offshore Oil and Gas Fields Development: Techno-Economic Feasibility Analysis Of Wind-Hydrogen-Natural Gas Nexus(Zou et al., 2021)

Jurnal ini membahas sistem *"Wind-Hydrogen-Natural Gas Nexus"* (WHNGN) yang dirancang untuk meningkatkan kinerja ekonomi dan lingkungan dari ladang minyak dan gas lepas pantai. Penelitian ini berfokus pada integrasi sumber energi terbarukan, khususnya energi angin, dengan produksi hidrogen dan transportasi gas alam. Metodologi yang digunakan mencakup pengembangan model *"Mixed Integer Linear Programming"* (MILP) untuk merancang sistem pasokan energi, serta evaluasi ekonomi dan lingkungan untuk menghitung emisi karbon dan *"Net Present Value"* (NPV). Pengujian data dilakukan melalui simulasi untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomi dari sistem WHNGN, serta membandingkannya dengan sistem lainnya seperti *"Traditional Energy Supply"* (TES) dan *"Wind-Natural Gas Nexus"* (WNGN).

Algoritma yang digunakan dalam penelitian ini adalah model “*Mixed Integer Linear Programming*” (MILP), yang berfungsi untuk merancang sistem pasokan energi yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai variabel dan batasan yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem “*Wind-Hydrogen-Natural Gas Nexus*” (WHNGN) dapat memberikan manfaat ekonomi tambahan dan mengurangi emisi karbon secara signifikan dibandingkan dengan sistem pasokan energi tradisional.

2.12.16 *Implication of interfacial tension reduction and wettability alteration by surfactant on enhanced oil recovery in tight oil reservoirs* (X. Liu et al., 2022)

Jurnal berjudul “*Implication of interfacial tension reduction and wettability alteration by surfactant on enhanced oil recovery in tight oil reservoirs*” oleh (X. Liu et al., 2022) membahas bagaimana penggunaan surfaktan dapat meningkatkan efisiensi pemulihan minyak di *reservoir* ketat (*tight oil*). Penurunan tegangan antarmuka dan perubahan sifat kebasahan batuan terbukti meningkatkan efisiensi aliran fluida dan mengurangi tekanan injeksi.

Keterkaitan dengan penelitian ini terletak pada pentingnya analisis karakteristik fisik dan kimia proses produksi energi. Dalam *Dashboard* yang dikembangkan, data terkait *input* dan *output* proses serta emisi dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola efisiensi atau ketidakefisienan pada unit tertentu. Metode *K-Means Clustering* dapat digunakan untuk mengelompokkan unit produksi berdasarkan karakteristik serupa, seperti laju produksi, tekanan, atau tingkat emisi, yang merupakan penerapan lebih lanjut dari prinsip analisis efisiensi proses dalam skala sistem.

2.12.17 *Exploring barriers and drivers to the implementation of circular economy practices in the mining industry* (Upadhyay et al., 2021)

Penelitian oleh (Upadhyay et al., 2021) dalam jurnal berjudul “*Exploring barriers and drivers to the implementation of circular economy practices in the mining industry*” menyoroti pentingnya transisi dari ekonomi linear ke ekonomi sirkular dalam industri pertambangan. Fokus utama adalah pada efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan limbah, dan peningkatan keberlanjutan operasional melalui penerapan prinsip daur ulang dan manajemen limbah yang terintegrasi.

Keterkaitan dengan penelitian ini terletak pada kebutuhan perusahaan tambang untuk memahami dan mengelola konsumsi energi serta emisi yang dihasilkan. *Dashboard* berbasis *Python* yang dikembangkan dalam penelitian ini memungkinkan data dari aktivitas pertambangan dianalisis secara otomatis untuk menilai efisiensi proses dan mengelompokkan *site* atau unit operasi berdasarkan karakteristik dampaknya. Hal ini sejalan dengan pendekatan keberlanjutan yang dianjurkan oleh jurnal tersebut.

2.12.18 *Environmental impact networks of renewable energy power plants*(Sebestyén, 2021)

Jurnal “*Environmental impact networks of renewable energy power plants*” oleh (Sebestyén, 2021) memperkenalkan pendekatan network science dalam mengidentifikasi hubungan antara desain pembangkit listrik dan dampak lingkungannya. Dengan menggunakan model multilapis, jurnal ini memetakan hubungan antar variabel dan menyediakan wawasan dalam perencanaan pembangunan pembangkit agar lebih minim dampak terhadap lingkungan.

Keterkaitan dengan penelitian ini terletak pada bagaimana data dari berbagai pembangkit listrik dapat dimasukkan ke dalam *Dashboard* untuk dianalisis dan dikelompokkan berdasarkan tingkat emisi dan dampaknya. Pendekatan visual dan

otomatis seperti yang dilakukan dalam penelitian ini memudahkan perusahaan dalam memahami distribusi emisi dan menentukan strategi keberlanjutan yang paling tepat, sebagaimana pentingnya keterkaitan antar faktor dalam desain dan operasi pembangkit yang dijelaskan oleh *Sebestyén*.

Kesimpulan, Dalam penelitian ini, jurnal "*Low-Cost, Low-Emission 100% Renewable Electricity in Southeast Asia Supported by Pumped Hydro Storage*" (Lu et al., 2021) dipilih sebagai referensi utama. Jurnal ini membahas potensi besar kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia, untuk mengadopsi energi terbarukan secara penuh, dengan mengintegrasikan sumber daya seperti tenaga surya dan angin yang didukung oleh teknologi penyimpanan energi *pumped hydro storage*.

Pendekatan yang diusulkan dalam jurnal ini sangat relevan dengan penelitian terkait distribusi energi di sektor pembangkitan, penambangan, dan distribusi minyak serta gas. Teknologi *pumped hydro storage* yang diangkat menawarkan solusi praktis untuk menyimpan energi dalam skala besar, yang memungkinkan distribusi energi menjadi lebih efisien dan stabil, bahkan ketika sumber energi terbarukan bersifat fluktuatif.

Selain itu, jurnal ini menunjukkan bahwa penggunaan energi terbarukan memiliki biaya yang kompetitif (*55–115 USD per MWh*), sehingga memberikan bukti bahwa transisi ke energi bersih tidak hanya berkelanjutan secara lingkungan tetapi juga layak secara ekonomi. Dengan demikian, wawasan dari jurnal ini dapat digunakan untuk merancang strategi distribusi energi yang efisien, rendah emisi, dan ekonomis, sejalan dengan komitmen perusahaan Ailesh terhadap keberlanjutan.

Pemilihan jurnal ini memperkuat fokus penelitian dalam mengintegrasikan teknologi rendah emisi dan energi terbarukan untuk mendukung visi perusahaan sebagai pemimpin dalam transformasi energi yang ramah lingkungan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

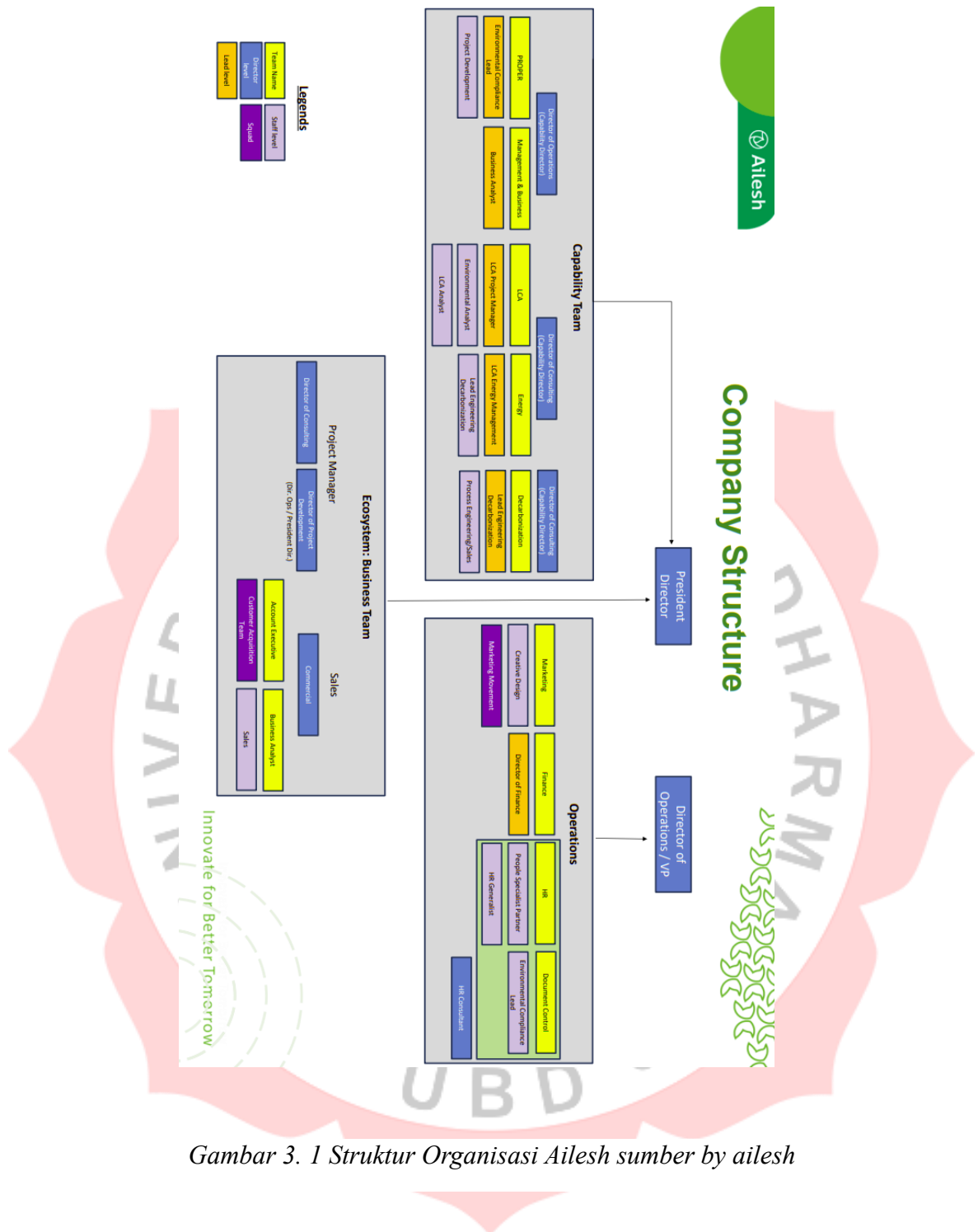
3.1 Tinjauan Umum Perusahaan

Ailesh adalah perusahaan yang berfokus pada transformasi hijau dengan komitmen untuk menciptakan masa depan beremisi rendah. Nama "*Ailesh*" diambil dari bahasa Sanskerta yang berarti "*raja segalanya*," mencerminkan misi perusahaan sebagai pemimpin dalam transformasi hijau global. Filosofi utama Ailesh adalah "*Innovate for Better Tomorrow*," yang menekankan pentingnya inovasi berbasis keberlanjutan dengan pendekatan ramah lingkungan dan bebas fosil. Logo berwarna hijau menggambarkan komitmen tegas perusahaan terhadap aksi iklim.

Sejarah Ailesh dimulai pada tahun 2018 ketika perusahaan didirikan sebagai *Green Energy Laboratory*. Perjalanan awalnya penuh tantangan, di mana pendanaan dilakukan secara mandiri melalui berbagai kompetisi dan hibah. Ailesh berkembang menjadi startup bernama *Ailesh Power*, dengan fokus pada energi terbarukan dan keberlanjutan. Perusahaan ini telah berkontribusi pada berbagai inisiatif keberlanjutan, termasuk solusi dekarbonisasi dan pengelolaan emisi.

3.1.1 Struktur Organisasi

Struktur Organisasi Ailesh dirancang secara fungsional, dengan pembagian kerja yang mendukung efisiensi tim dalam menjalankan proyek proyek berkelanjutan. Berikut adalah struktur organisasi Ailesh:



Gambar 3. 1 Struktur Organisasi Ailesh sumber by ailesh

3.1.1.1 Tugas dan Wewenang

Dalam setiap struktur organisasi pasti akan ada tugas dan wewenang setiap karyawan untuk mendukung efisiensi dalam menjalankan tugas serta proyek. Berikut adalah penjelasan tugas dan wewenang dari setiap bagian organisasi:

1. *President Director*

Bertanggung jawab atas keseluruhan arah strategis perusahaan. Menentukan visi, misi, dan kebijakan utama Ailesh, serta memastikan seluruh divisi berjalan sejalan dengan tujuan jangka panjang perusahaan.

2. *Director of Operations*

Mengelola seluruh kegiatan operasional perusahaan, termasuk pengawasan proyek, efisiensi kerja tim, dan pencapaian target operasional. Berkoordinasi langsung dengan manajer proyek dan teknis.

3. *Director of Finance*

Mengawasi aspek keuangan perusahaan, mulai dari pengelolaan anggaran, perencanaan keuangan, hingga pelaporan kepada *stakeholders*. Bertanggung jawab atas keberlanjutan finansial perusahaan.

4. *Account Executive*

Menjalin hubungan dengan klien dan mitra bisnis, menyusun proposal penawaran, serta memastikan kebutuhan klien terpenuhi

melalui layanan Ailesh. Berperan penting dalam akuisisi dan retensi klien.

5. *Business Development Officer*

Bertugas merancang strategi pertumbuhan bisnis dan memperluas jaringan pasar Ailesh. Menganalisis peluang proyek baru dan mengembangkan inovasi layanan.

6. *Senior Analyst*

Memimpin proses analisis data dan hasil riset lingkungan. Memberikan *insight* strategis dan rekomendasi berbasis data kepada tim dan klien. Juga mengawasi kerja *analyst junior*.

7. *LCA Analyst*

Melakukan analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk mengukur dampak lingkungan dari produk atau proses. Bertanggung jawab pada penyusunan dokumen *LCA* sesuai *ISO*.

8. *LCA Analyst*

Mendampingi dan melengkapi proses analisis LCA, mulai dari pengumpulan data hingga pelaporan. Berkoordinasi dengan tim teknis dan riset.

9. *Senior Engineer*

Bertugas merancang dan mengevaluasi aspek teknis dari solusi lingkungan yang ditawarkan, termasuk sistem emisi, pengolahan

limbah, dan efisiensi energi. Memberikan supervisi pada tim engineering.

10. *Sustainability Analyst*

Melakukan analisis kinerja keberlanjutan perusahaan klien. Bertanggung jawab atas laporan keberlanjutan dan pemenuhan indikator ESG (*Environmental, Social, Governance*).

11. *Sustainability Engineer*

Mengimplementasikan solusi teknis untuk peningkatan keberlanjutan, termasuk efisiensi proses dan pengurangan emisi. Bekerja sama erat dengan tim analis dan teknis.

12. *Environmental Compliance Analyst*

Meninjau kepatuhan perusahaan klien terhadap regulasi dan standar lingkungan yang berlaku. Membantu menyusun dokumen legal lingkungan seperti *AMDAL* atau *UKL-UPL*.

13. *Socio-Biodiversity Analyst*

Menganalisis aspek sosial dan keanekaragaman hayati dalam proyek. Bertanggung jawab terhadap penilaian dampak sosial serta perlindungan ekosistem sekitar proyek.

14. *Socio-Biodiversity Analyst*

Mendampingi pengumpulan data sosial dan ekologi, serta mendukung perumusan kebijakan yang ramah terhadap masyarakat dan lingkungan.

15. *Sustainability Generalist*

Berperan sebagai penghubung lintas fungsi dalam isu keberlanjutan. Mengelola berbagai aspek proyek dari perencanaan hingga implementasi, terutama yang melibatkan multidisiplin.

16. *People Partner Specialist*

Mengelola pengembangan karyawan, kebijakan kerja, dan budaya organisasi. Mendukung pengembangan personal dan profesional tim Ailesh.

17. *HR Generalist*

Menangani proses rekrutmen, *Administrasi* SDM, serta hubungan kerja antara karyawan dan manajemen. Juga mengelola sistem penilaian dan pelatihan karyawan.

18. *Creative Designer*

Bertanggung jawab atas tampilan visual semua dokumen, laporan, dan media komunikasi Ailesh. Membantu menciptakan identitas visual perusahaan yang profesional dan menarik.

Setiap bagian organisasi memiliki tugas yang jelas, seperti pengembangan proyek, pengelolaan kepatuhan lingkungan, desain proyek, dan transformasi bisnis. Dengan visi jangka panjang menuju 2030, Ailesh bertekad untuk menjadi mitra keberlanjutan yang unggul melalui solusi berbasis data dan inovasi teknologi.

Selain itu, layanan utama yang ditawarkan oleh Ailesh meliputi:

- a. *Sustainability Consulting Service*: Melakukan audit terkait dekarbonisasi, efisiensi energi, dan dampak siklus hidup.
- b. *Project Development*: Mengembangkan solusi pengelolaan limbah, energi, dan emisi.
- c. *Energy Supply Service*: Menyediakan energi alternatif seperti biomassa untuk menggantikan bahan bakar fosil.
- d. *Business Transformation*: Membantu pelanggan menyeimbangkan aspek alam, bisnis, dan manusia.

Pencapaian penting Ailesh mencakup partisipasi dalam *Hannover Messe 2018* sebagai *exhibitor* yang didukung oleh *KEMENPORA RI*. Keberhasilan ini menandai langkah awal Ailesh sebagai perusahaan yang diakui secara global. Dengan strategi jangka panjang seperti "*The Ailesh Way*," perusahaan berkomitmen untuk menyediakan kerangka kerja keberlanjutan yang mencakup audit, desain proyek, hingga implementasi dan monitoring solusi. Melalui berbagai inovasi dan kolaborasi, Ailesh berupaya untuk terus memperkuat perannya sebagai pelopor dalam transformasi energi dan keberlanjutan global.

3.2 Identifikasi Kebutuhan

3.2.1 Permasalahan yang akan dibahas

Dalam upaya memahami dan mengelola emisi serta dampak lingkungan, Ailesh menghadapi berbagai permasalahan yang memerlukan analisis data yang mendalam. Permasalahan yang dibahas difokuskan pada identifikasi sumber emisi, dampak dari unit proses, serta analisis perbandingan antar sektor. Berikut adalah batasan permasalahan yang diangkat:

1. Kontributor Emisi CO2 terbesar

Mengidentifikasi nama pembangkit listrik (*power plant*) yang menjadi kontributor utama emisi CO2. Analisis ini penting untuk menentukan fokus perbaikan dan efisiensi pada pembangkit tertentu.

2. Unit Proses Dengan Dampak Emisi Karbon Terbesar

Unit proses tertentu dalam industri dapat menjadi sumber emisi karbon yang signifikan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi proses yang paling banyak berkontribusi terhadap emisi karbon, sehingga langkah mitigasi dapat diarahkan pada proses tersebut.

3. Emisi (*Output*) Terbesar yang Dihasilkan

Menentukan kategori emisi dengan *volume* terbesar, baik itu emisi ke udara, air, atau limbah padat. Hal ini membantu perusahaan memahami prioritas pengelolaan dampak lingkungan.

4. Material (*Input*) yang Paling Banyak Digunakan

Menganalisis jenis material yang paling banyak digunakan dalam setiap sektor, baik pada pembangkit listrik, distribusi minyak-gas, maupun penambangan. Informasi ini dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan material.

5. Jumlah *Input* dan *Output* Berdasarkan Kategori di Tiap *Dataset Power Plant*

Menganalisis pola *input* dan *output* di setiap pembangkit listrik berdasarkan kategori tertentu. Penelitian ini memberikan gambaran detail mengenai efisiensi dan dampak operasional masing-masing pembangkit.

6. Unit Proses dengan Emisi ke Udara Terbanyak

Mengidentifikasi unit proses yang menghasilkan emisi kategori “*to air*” terbesar. Fokus ini memungkinkan perusahaan menentukan prioritas dalam mengurangi polutan udara.

7. Unit Proses dengan Limbah *Lube Oil* Terbanyak

Menganalisis unit proses yang menghasilkan limbah minyak pelumas (*lube oil*) terbesar. Informasi ini digunakan untuk meminimalkan limbah dan meningkatkan pengelolaan limbah berbahaya.

Perbandingan Dampak Emisi Antar Sektor Melakukan analisis perbandingan dampak emisi dari masing-masing sektor, seperti pembangkit listrik (PLTU, PLTP), distribusi minyak dan gas (DPPU, FT), serta penambangan (timah, hengjaya). Hal ini memberikan wawasan tentang sektor yang paling membutuhkan intervensi keberlanjutan. Selain mengidentifikasi permasalahan, sistem ini juga memiliki kebutuhan dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak untuk mendukung proses analisis data dan visualisasi:

a) Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*):

1. Jenis *Device*: Laptop
2. Prosesor: AMD Ryzen 3 7320U dengan *Radeon Graphics*
3. Memori (RAM): 8 GB DDR5
4. Penyimpanan: 256 GB SSD
5. Kartu Grafis: AMD *Radeon Integrated Graphics*
6. Layar: 14/15 inci dengan resolusi 1920 x 1080 piksel

b) Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*):

1. Sistem Operasi: Windows 11 Home 64-bit
2. Bahasa Pemrograman: *Python 3.10*
3. Lingkungan Editor: *Visual Studio Code*

4. *Framework: Streamlit*

5. *Library Python: Pandas, Numpy, Scikit-learn, Matplotlib, Seaborn, Plotly*

6. Perangkat Pendukung: *Google Spreadsheet* (untuk pengolahan awal data)

c) Kebutuhan Fungsional Sistem:

Sistem harus mampu melakukan *filtering* data berdasarkan sektor dan area, menampilkan grafik visual (*bar chart, pie chart, radar chart, dsb.*), melakukan analisis data *input* dan *output*, serta mendukung algoritma *Clustering* seperti K-Means untuk segmentasi data. Selain itu, diperlukan fitur upload *Dataset* agar *Admin* dapat memperbarui data secara mandiri.

3.3 Pembahasan Metode Yang Digunakan

Dalam pengembangan *Dashboard* analisis emisi dan *input* proses pada perusahaan AILESH, metode yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan pemrosesan data, visualisasi interaktif, serta penerapan algoritma analisis. *Dataset* yang digunakan berasal dari tiga sumber utama, yaitu data *input* proses, data *output* proses, dan data emisi ke udara. Ketiga *Dataset* ini diproses menggunakan pustaka *pandas* dalam bahasa pemrograman *Python*, di mana dilakukan pembersihan data dan penggabungan antar tabel menggunakan metode *outer join* agar seluruh kategori dari *input*, *output*, maupun emisi dapat terhubung secara menyeluruh. Nilai-nilai kosong (*missing values*) pada data tersebut diisi dengan nol untuk menjaga konsistensi dan akurasi analisis. Selain itu, seluruh data juga disesuaikan agar dapat difilter berdasarkan sektor yakni pembangkit tenaga listrik, penambangan, dan distribusi minyak dan gas serta area tertentu yang dapat dipilih oleh pengguna melalui fitur *dropdown* interaktif.

Metode visualisasi data dilakukan dengan memanfaatkan *framework Streamlit* untuk membangun *Dashboard* yang bersifat interaktif dan mudah diakses. Berbagai jenis visualisasi ditampilkan untuk memudahkan pengguna memahami data, di antaranya grafik

batang (*bar chart*) untuk menampilkan lima kategori teratas (*Top 5*) pada *input* dan *output* proses, diagram radar (*radar chart*) untuk membandingkan distribusi *input* dan *output* pada tiap kategori, serta grafik garis dan diagram lingkaran untuk menggambarkan tren serta proporsi emisi ke udara. Seluruh visualisasi ini terhubung langsung dengan fitur filter *dropdown* sehingga tampilan data dapat berubah secara dinamis sesuai pilihan sektor dan area yang ditentukan pengguna.

Dalam analisis lanjutan, digunakan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan data berdasarkan nilai *input amount*, *output amount*, dan emisi CO₂. Sebelum diterapkan, data terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan *StandardScaler* agar setiap fitur berada pada skala yang sebanding. Selanjutnya, digunakan metode *elbow method* untuk menentukan jumlah *Cluster* yang optimal, dan dalam implementasinya ditetapkan tiga kelompok utama, yaitu *High*, *Medium*, dan *Low Emission*. Hasil pengelompokan ini divisualisasikan dalam bentuk *scatter plot* dan *summary table* yang membantu perusahaan dalam mengidentifikasi kelompok-kelompok proses atau area yang memiliki karakteristik serupa dalam hal *input*, *output*, dan dampak emisi.

Selain fitur analisis dan visualisasi, *Dashboard* ini juga dibangun dengan sistem peran ganda (*multi-role*), di mana terdapat peran sebagai *Admin* dan sebagai *User*. *Admin* memiliki akses untuk masuk melalui sistem *login* dan dapat mengunggah *Dataset*, sedangkan *User* hanya dapat melihat hasil visualisasi dan analisis. Untuk menambah nilai informatif dari *Dashboard*, bagian *sidebar* disusun secara lengkap yang mencakup penjelasan umum mengenai perusahaan AILESH, definisi tiap menu analisis yang tersedia, serta ruang bagi pengguna untuk memberikan saran atau masukan terhadap hasil analisis yang telah disajikan. Seluruh metode ini dirancang untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data secara lebih efisien dan interaktif di lingkungan perusahaan.

3.4 Pembahasan Metode Algoritma Yang Di Gunakan

Dalam pengembangan sistem *Dashboard* analisis emisi dan *input* proses pada perusahaan AILESH, metode algoritma yang digunakan difokuskan pada penerapan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik *input*, *output*, dan emisi yang dihasilkan. Algoritma ini merupakan salah satu metode *unsupervised learning* yang bekerja dengan cara mengelompokkan data ke dalam sejumlah kluster berdasarkan kedekatan nilai antar data, yang dalam hal ini ditentukan dari tiga parameter utama yaitu *input amount*, *output amount*, dan *CO2 emission*. Tujuan utama dari penggunaan algoritma ini adalah untuk mengetahui kelompok proses atau kategori mana yang termasuk dalam kelompok dengan emisi tinggi, sedang, atau rendah, sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan lingkungan dan efisiensi proses.

Sebelum diterapkannya algoritma, data terlebih dahulu dipersiapkan melalui proses penggabungan antara *Dataset input*, *output*, dan emisi menggunakan metode *outer join*. Seluruh nilai kosong diisi dengan angka nol untuk menjaga keutuhan data. Kemudian, proses normalisasi dilakukan dengan menggunakan *StandardScaler* agar data berada dalam skala yang seragam, mengingat *K-Means* sensitif terhadap perbedaan skala antar variabel. Setelah data dinormalisasi, dilakukan *elbow method* untuk menentukan jumlah kluster optimal. Dari hasil tersebut, ditetapkan tiga kluster yang kemudian diberi label interpretatif yaitu *High*, *Medium*, dan *Low Emission* untuk memudahkan pemahaman hasil klasterisasi. Hasil pengelompokan ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk *scatter plot* interaktif dan tabel ringkasan sehingga pengguna dapat mengamati kecenderungan masing-masing kelompok secara visual dan *numerik*.

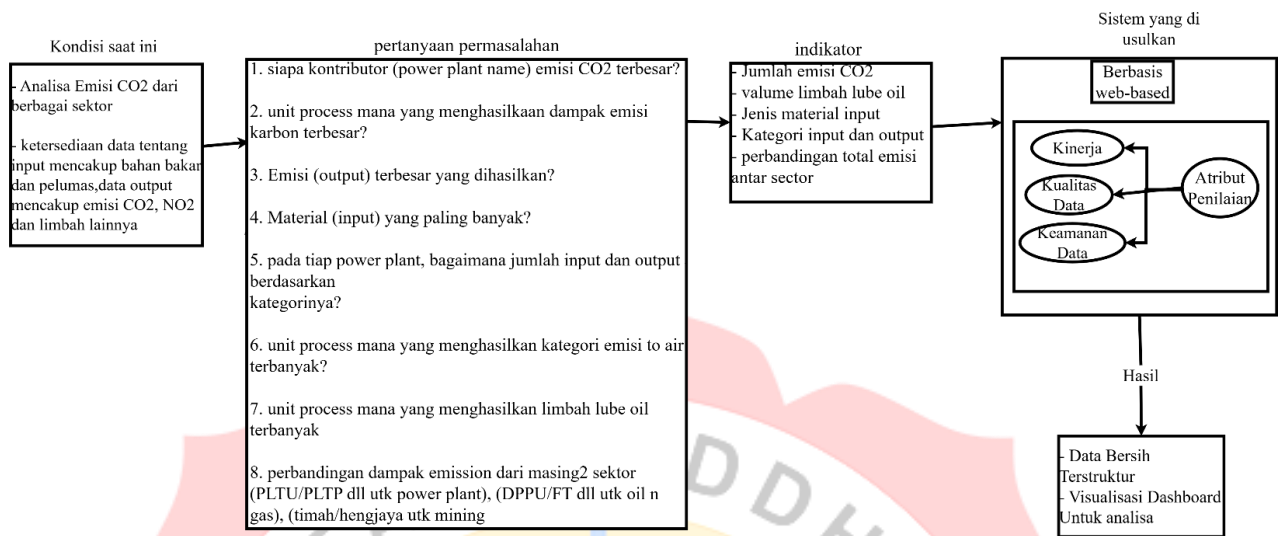
Sebagai pendukung metode algoritma ini, disusun pula *flowchart* usulan sistem berjalan yang menggambarkan alur kerja *Dashboard* secara keseluruhan, mulai dari proses *input* data oleh *Admin*, validasi dan preprocessing data, pemilihan sektor dan area oleh *User*,

hingga proses visualisasi dan analisis menggunakan algoritma *K-Means*. *Flowchart* ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang bagaimana sistem bekerja secara bertahap dan terstruktur. Dengan adanya integrasi algoritma *K-Means* ke dalam sistem *Dashboard*, perusahaan AILESH dapat memperoleh wawasan yang lebih dalam mengenai kinerja proses dan potensi pengurangan emisi, serta memfokuskan strategi mitigasi pada kelompok proses yang menunjukkan dampak lingkungan paling tinggi.

3.5 Kerangka Pemikiran

Diagram pemikiran berikut disusun untuk menggambarkan alur berpikir dalam perancangan *Dashboard* analisis emisi dan *input* proses pada perusahaan AILESH. Diagram ini menunjukkan hubungan antara permasalahan utama yang dihadapi perusahaan, yaitu kurangnya pemantauan terhadap data emisi dan penggunaan material *input-output*, dengan solusi yang diusulkan melalui pengembangan *Dashboard* interaktif. Dalam diagram tersebut, dimulai dari identifikasi kebutuhan perusahaan terhadap sistem *monitoring* yang efisien dan akurat. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data dari tiga sumber utama, yaitu data *input* material, *output* hasil proses, serta data emisi udara yang dihasilkan.

Dari data yang telah diperoleh, dilakukan analisis menggunakan visualisasi serta metode *Clustering* untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam mengenai sektor, area, dan kategori proses yang memiliki kontribusi emisi tertinggi. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan manajerial dalam mengendalikan emisi dan meningkatkan efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, diagram pemikiran ini tidak hanya menggambarkan alur teknis dari sistem, tetapi juga mencerminkan integrasi antara kebutuhan bisnis dan penerapan teknologi *data science* dalam upaya perbaikan berkelanjutan di lingkungan perusahaan. Berikut adalah kerangka pemikiran :



Gambar 3. 2 Kerangka Pemikiran

3.6 Perancangan UML

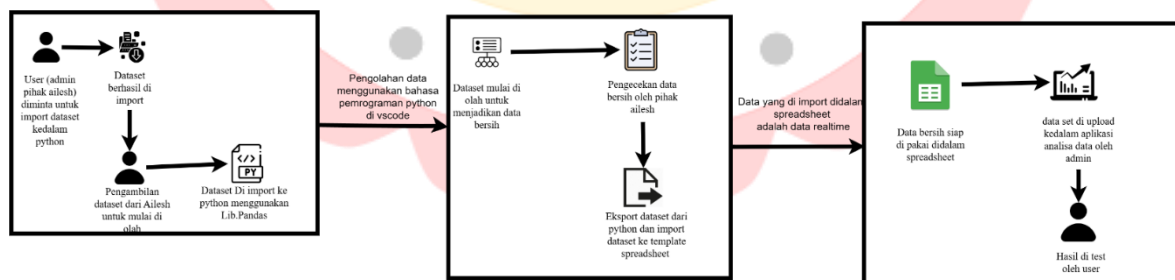
Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan alur proses pengolahan data hingga analisis dilakukan melalui aplikasi *Dashboard*. Gambar yang disajikan merupakan representasi alur sistem secara visual, yang dapat dijelaskan dalam tiga tahapan utama: pengumpulan dan *import* data, pembersihan dan verifikasi data, serta pemanfaatan data untuk analisis.

Tahap pertama dimulai dari proses pengumpulan data oleh pihak Ailesh (*Admin*). *Admin* bertanggung jawab untuk mengimport *Dataset* ke dalam lingkungan *Python* menggunakan pustaka *pandas*. Setelah data berhasil diimpor, proses pengolahan dimulai untuk memastikan bahwa *Dataset* siap digunakan dalam bentuk yang bersih dan terstruktur. Tahap awal ini sangat penting karena menjadi dasar dari seluruh proses analisis yang akan dilakukan di tahap selanjutnya.

Tahap kedua adalah proses pembersihan data (*data cleaning*). Data yang telah diimpor diolah untuk menghilangkan duplikasi, menangani nilai kosong (*missing values*), serta menyesuaikan format data. Setelah itu, hasil dari proses pembersihan diperiksa kembali oleh pihak Ailesh untuk memastikan bahwa data sudah sesuai dengan standar kualitas yang dibutuhkan. Selanjutnya, data yang sudah bersih di *eksport* kembali ke dalam format *spreadsheet* agar mudah digunakan pada sistem *Dashboard*.

Tahap terakhir adalah penggunaan data bersih dalam sistem analisis. Data yang telah melalui proses validasi kemudian diunggah oleh *Admin* ke dalam aplikasi analisis berbasis *Dashboard*. Di sini, *User* dapat melakukan pengujian (*testing*) terhadap hasil visualisasi data, mengevaluasi fitur-fitur analisis seperti *Clustering*, grafik emisi, serta *input* dan *output* data. *Dashboard* ini berfungsi sebagai alat bantu untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat dan efisien.

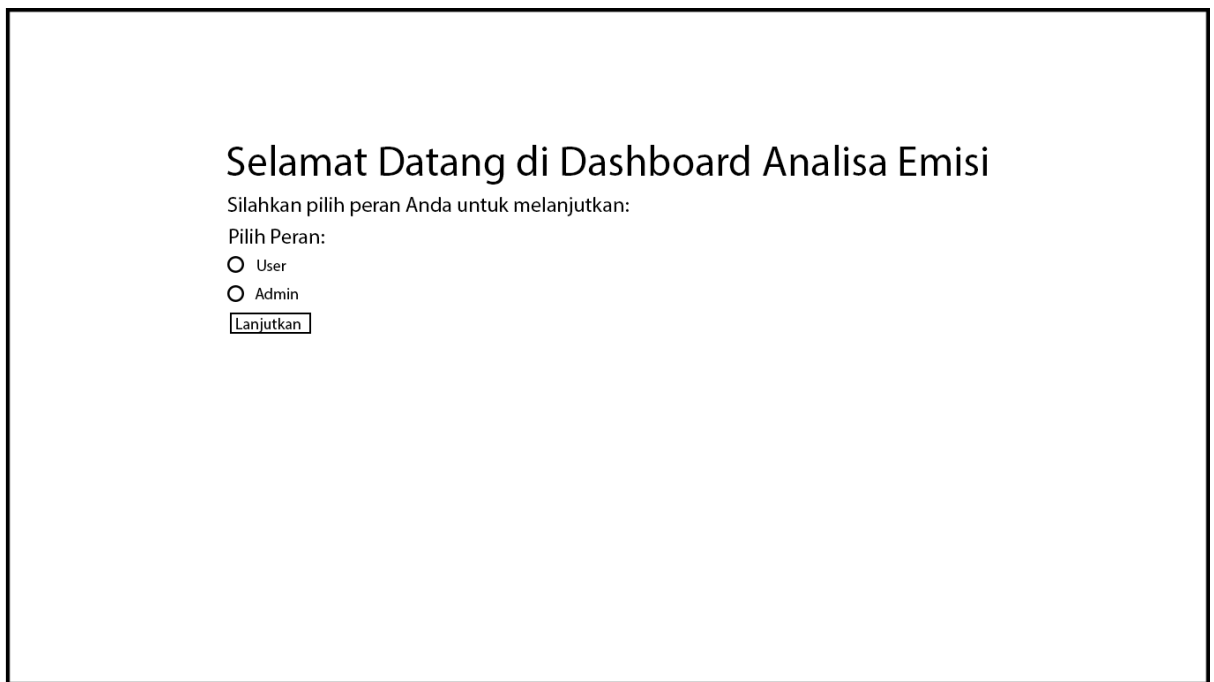
Melalui perancangan sistem ini, seluruh proses dari awal hingga akhir digambarkan secara terstruktur dan logis, sehingga mempermudah pemahaman terhadap sistem yang dibangun dan memastikan pengembangannya berjalan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.



Gambar 3. 3 Perancangan UML

3.7 Perancangan Layar

Pada tahap perancangan layar dan menu, fokus utama adalah menciptakan antarmuka yang mudah digunakan, intuitif, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Layar utama terdiri dari sidebar yang berisi pilihan filter data seperti sektor dan area, yang memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan data yang ingin dianalisis secara fleksibel tanpa menghabiskan banyak ruang layar. Bagian konten utama menampilkan hasil analisis dalam bentuk grafik dan tabel dengan tata letak yang terstruktur agar pengguna dapat melihat berbagai visualisasi sekaligus dengan jelas dan nyaman. Navigasi dalam aplikasi menggunakan *dropdown* dan *multi-select* menu yang dirancang agar labelnya tetap informatif, misalnya menampilkan kata “*Sector*” atau “*Area*” ketika seluruh opsi dipilih, sehingga pengguna selalu memahami konteks data yang sedang ditampilkan. Untuk aspek tampilan, aplikasi menggunakan skema warna bawaan dari *framework* yang digunakan, sehingga tampilannya sederhana, konsisten, dan mudah dikenali oleh pengguna tanpa perlu konfigurasi warna khusus. Desain layar dibuat responsif agar dapat digunakan dengan baik pada berbagai perangkat, mulai dari laptop hingga *tablet*, serta memanfaatkan komponen interaktif yang memungkinkan filter data memperbarui visualisasi secara *real-time* tanpa perlu memuat ulang halaman. Dengan rancangan seperti ini, diharapkan pengguna dapat menjalankan analisis data secara efektif dan nyaman dengan antarmuka yang jelas dan mudah dipahami. Berikut adalah perancangan layar dan menu:

The image shows a web page with a white background. At the top, there is a heading "Selamat Datang di Dashboard Analisa Emisi" in a bold, black font. Below the heading, there is a line of text "Silahkan pilih peran Anda untuk melanjutkan:". Underneath this, there are two radio button options: "User" and "Admin". Below the radio buttons, there is a button labeled "Lanjutkan".

Selamat Datang di Dashboard Analisa Emisi

Silahkan pilih peran Anda untuk melanjutkan:

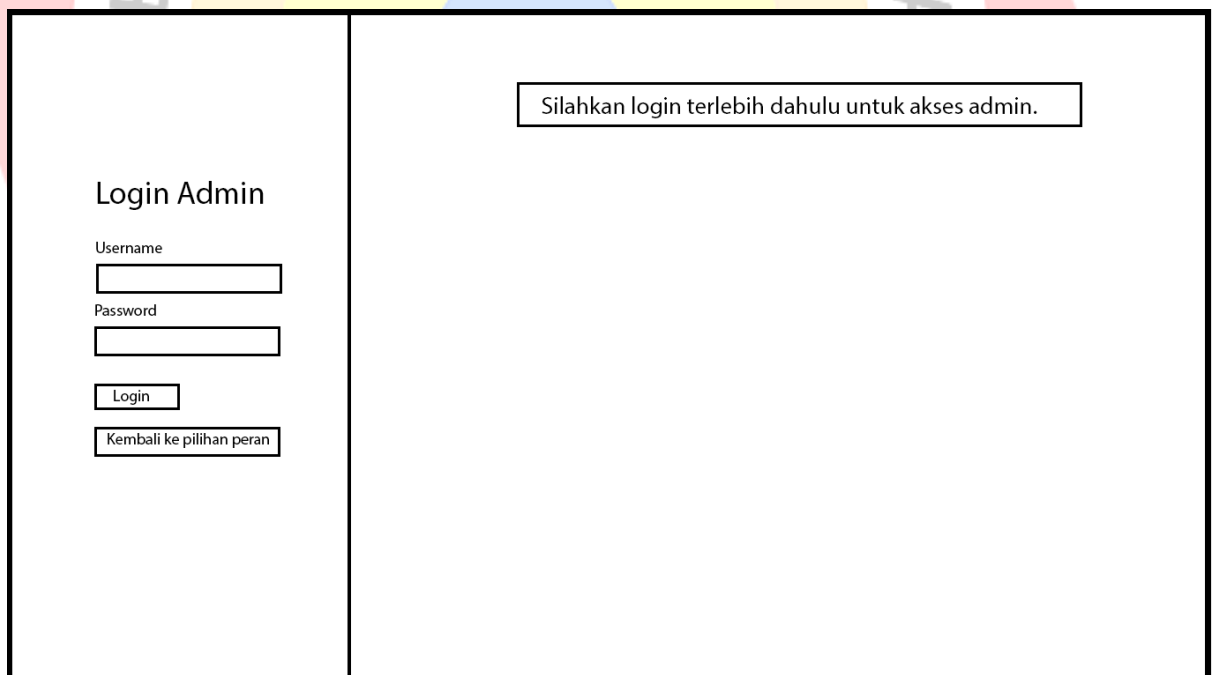
Pilih Peran:

☐ User

☐ Admin

[Lanjutkan](#)

Gambar 3. 4 Layar Homepage

The image shows a web page with a white background. On the left side, there is a section titled "Login Admin". Below the title, there are two input fields: "Username" and "Password". Below the "Password" field, there is a "Login" button. Below the "Login" button, there is a button labeled "Kembali ke pilihan peran". On the right side of the page, there is a message box that says "Silahkan login terlebih dahulu untuk akses admin.".

Login Admin

Username

Password

[Login](#)

[Kembali ke pilihan peran](#)

Silahkan login terlebih dahulu untuk akses admin.

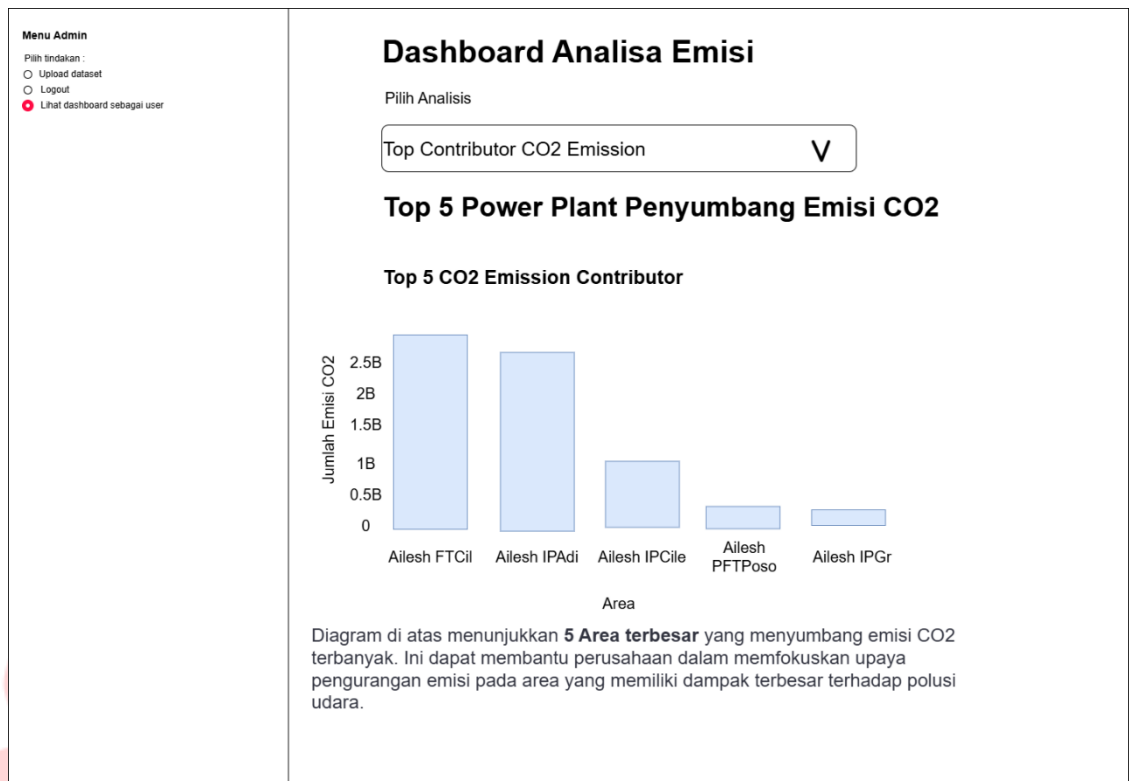
Gambar 3. 5 Halaman Login Admin

Menu Admin Pilih tindakan : ☒ Upload dataset ☐ Logout ☐ Lihat dashboard sebagai user Upload Dataset CSV Panduan Upload : 1. Download template file csv: ☐ Template All Input ☐ Template All Output ☐ Template Emission to Air 2. Upload file sesuai format tersebut Upload File All Input Drag and Drop file here Limit 200MB per file . CSV Browse Files Upload File All Output Drag and Drop file here Limit 200MB per file . CSV Browse Files Upload File Emission to Air Drag and Drop file here Limit 200MB per file . CSV Browse Files	Dataset berhasil di upload & format sudah sesuai!
--	--

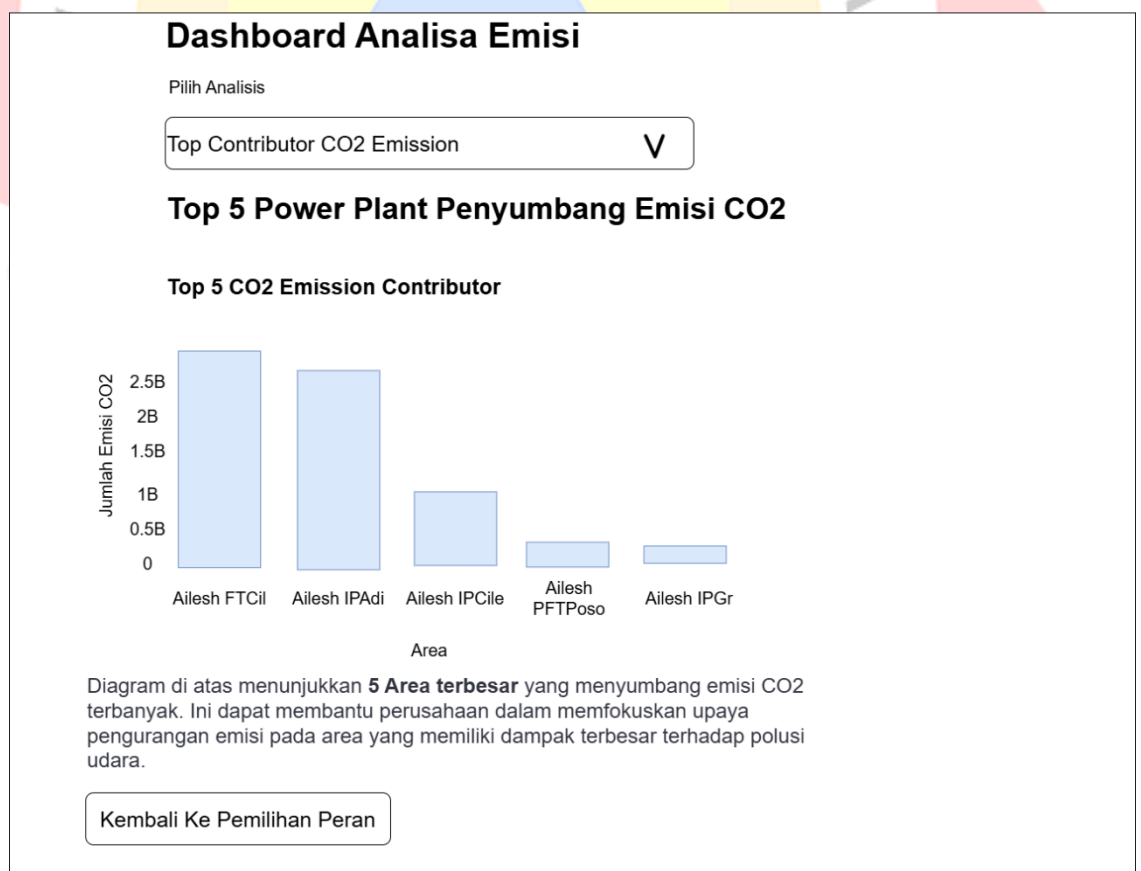
Gambar 3. 7 Tampilan Admin

Menu Admin Pilih tindakan : ☐ Upload dataset ☐ Logout ☐ Lihat dashboard sebagai user Upload Dataset CSV Panduan Upload : 1. Download template file csv: ☐ Template All Input ☐ Template All Output ☐ Template Emission to Air 2. Upload file sesuai format tersebut Upload File All Input Drag and Drop file here Limit 200MB per file . CSV Browse Files Upload File All Output Drag and Drop file here Limit 200MB per file . CSV Browse Files Upload File Emission to Air Drag and Drop file here Limit 200MB per file . CSV Browse Files	Silahkan Upload Ketiga File CSV Terlebih Dahulu
---	--

Gambar 3. 6 Unggah Dataset



Gambar 3. 9 Tampilan Admin analisa



Gambar 3. 8 Tampilan User

3.8 Jadwal penelitian *Gantt chart*

Table 3. 1Gant Chart

Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengumpulan data dari tim ailesh																
Analisa code untuk melakukan pembersihan data																
Evaluasi Bersama tim ailesh untuk memastikan data sudah bersih																
Pembuatan <i>Dashboard</i> Python																
Pencarian jurnal																
Penyusunan laporan akhir																