

KOMPUTASI STATISTIK
ANALISIS FAKTOR PENYUMBANG EMISI METANA (CH₄) DI
ASIA TENGGARA



2KS3 /KELOMPOK 11

I.G.N. Ari Sadewa	(222313127)
M. Zidan Kurnia Ahida	(222313224)
Rezky Amaliah	(222313344)

KOMPUTASI STATISTIK
POLITEKNIK STATISTIKA STIS
2025

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Perubahan iklim global/*climate change* akhir-akhir ini semakin memprihatinkan dan perlu penanganan lebih serius dan mendalam untuk mengatasi masalah ini. Salah satu penyebab utamanya adalah peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Gas-gas ini memerangkap panas dan menyebabkan peningkatan suhu bumi. Salah satu GRK yang sangat berpengaruh meskipun jumlahnya relatif kecil adalah metana (CH_4).

Metana memiliki Global Warming Potential (GWP) sekitar 28 kali lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO_2) dalam waktu 100 tahun terakhir (NASA Earth Observatory). Meskipun konsentrasinya hanya sekitar 1.92 ppm atau 0.000192% dibandingkan karbon dioksida yang mencapai 422,8 ppm di atmosfer (NOAA Global Monitoring Earth Report, 2024), dampaknya bisa sangat besar terhadap pemanasan global. Sejak revolusi industri dan peningkatan kegiatan pertanian yang intensif, konsentrasi metana meningkat lebih dari 150%, dan metana kini diperkirakan bertanggung jawab atas sekitar 20% kontribusi terhadap perubahan iklim abad ke-20 (NASA, 2023).

Metana terbentuk dan berasal dari berbagai sumber. Sekitar 30% berasal dari lahan basah (danau, rawa, sungai), 20% dari sektor pertanian (peternakan, pengelolaan limbah, dan budidaya padi), dan 30% dari aktivitas ekstraksi bahan bakar fosil (minyak, gas, dan batu bara). Sisanya berasal dari kebakaran hutan, pembakaran biomassa, permafrost, rayap, bendungan, dan lautan.

Di kawasan Asia Tenggara, yang mayoritas terdiri dari negara berkembang, pertumbuhan ekonomi, urbanisasi yang pesat, serta meningkatnya aktivitas di sektor pertanian dan industri menjadi pendorong utama naiknya emisi gas rumah kaca, terutama metana. Perbedaan kondisi dan aktivitas di setiap negara turut menyebabkan variasi dalam besaran emisi metana yang dilepaskan.

Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyumbang terhadap emisi metana di Asia Tenggara. Analisis ini bertujuan untuk memahami sektor-sektor dominan yang menjadi sumber emisi metana, serta untuk memberikan dasar ilmiah bagi pengambilan kebijakan yang lebih efektif dalam pengendalian emisi dan perlindungan lingkungan. Dengan mengetahui faktor penyebab utamanya, upaya mitigasi dapat difokuskan pada sektor-sektor prioritas yang paling berkontribusi terhadap peningkatan emisi.

OBJECTIVE

- Rumusan Masalah

1. Negara apa yang menjadi penyumbang emisi metana tertinggi di kawasan Asia Tenggara?
2. Apa saja sektor-sektor yang menjadi kontributor utama emisi metana?
3. Bagaimana perbandingan tingkat emisi metana dari setiap negara dalam berbagai sektor di kawasan Asia Tenggara.

- Tujuan

1. Mengidentifikasi negara dengan tingkat emisi metana tertinggi di Asia Tenggara.
2. Menganalisis kontribusi sektor-sektor utama terhadap emisi metana di negara dengan tingkat emisi metana tertinggi.
3. Memvisualisasikan data emisi metana.

- Variabel yang digunakan

1. Budidaya padi (*rice cultivation*)
Budidaya padi menghasilkan metana (CH_4) karena kondisi anaerob di lahan sawah yang tergenang. Pada tahun 2022, emisi dari budidaya padi diperkirakan mencapai 5,7 miliar ton CO_2e , menyumbang sekitar 1,2% dari total emisi global. Ini mencakup hampir 30% emisi metana dari pertanian. Praktik seperti pengeringan berselang dan varietas padi baru dapat mengurangi emisi hingga 90% dibandingkan dengan genangan penuh.
2. Fermentasi enterik (*enteric fermentation*)
Proses pencernaan pada ruminansia seperti sapi menghasilkan metana yang signifikan. Fermentasi enterik merupakan salah satu sumber utama emisi metana dari sektor pertanian.
3. Pengelolaan pupuk kandang (*manure management*)
Pupuk kandang yang tidak dikelola dengan baik menghasilkan emisi metana dan dinitrogen oksida (N_2O). Praktik pengelolaan yang efisien dapat mengurangi emisi ini secara signifikan.
4. Sisa pembakaran tanaman (*burning crop residues*)
Pembakaran sisa tanaman setelah panen melepaskan CO_2 , CH_4 , dan N_2O ke atmosfer. Praktik ini umum di beberapa negara berkembang dan berkontribusi pada emisi GRK.
5. Kebakaran savanna (*savanna fires*)
Kebakaran di wilayah savana, baik alami maupun akibat aktivitas manusia, menghasilkan emisi metana dan dinitrogen oksida.
6. Kebakaran tanah organik (*organic soils fires*)

Pembakaran tanah organik, seperti gambut, melepaskan CO₂, CH₄, dan N₂O dalam jumlah besar.

7. Kebakaran hutan lainnya (*other forest fires*)

Kebakaran hutan, baik alami maupun akibat deforestasi, berkontribusi pada emisi GRK melalui pelepasan CO₂, CH₄, dan N₂O.

8. Manufaktur pestisida (*pesticides manufacturing*)

Proses produksi pestisida menghasilkan emisi CO₂, CH₄, dan N₂O. Data FAOSTAT mencatat emisi dari sektor ini sejak tahun 1990.

9. Pengolahan makanan (*food processing*)

Pengolahan makanan melibatkan penggunaan energi yang menghasilkan emisi CO₂, CH₄, dan N₂O. Emisi dari sektor ini dicatat sejak tahun 1990.

10. Konsumsi rumah tangga (*food household consumption*)

Emisi dari konsumsi makanan di rumah tangga mencakup penggunaan energi untuk memasak dan penyimpanan, serta limbah makanan yang dihasilkan.

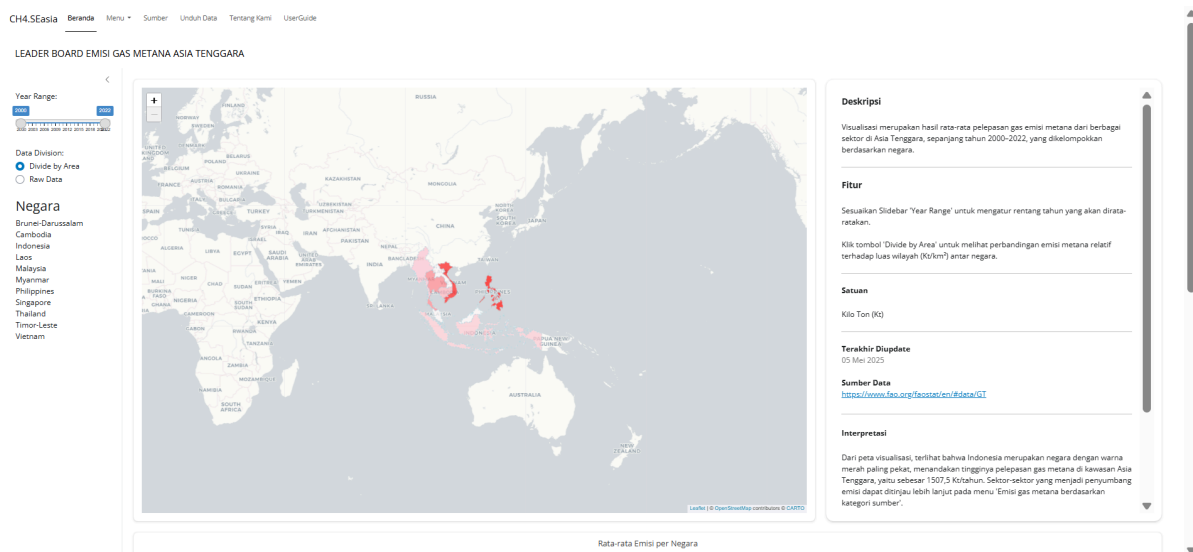
11. Limbah sisa makanan (*food waste*)

Limbah makanan yang dibuang ke tempat pembuangan akhir menghasilkan metana saat terurai. FAO mencatat bahwa limbah makanan bertanggung jawab atas sekitar 8% emisi GRK global.

12. Negara di Asia Tenggara yang terdiri atas Indonesia, Thailand, Vietnam, Malaysia, Singapura, Brunei Darussalam, Laos, Filipina, Myanmar, Kamboja, dan Timor Leste.

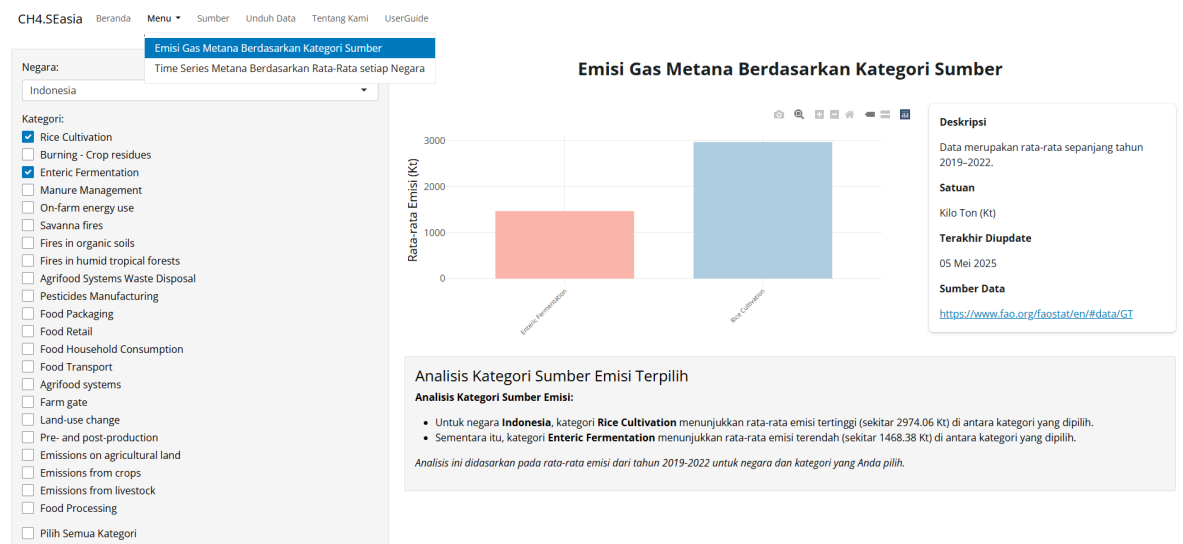
DESIGN DASHBOARD

Dasbor interaktif ini dikembangkan menggunakan platform R Shiny dengan desain antarmuka pengguna yang terstruktur. Antarmuka utama dilengkapi dengan navigasi pada bagian *header* yang menyediakan akses ke enam halaman fungsional, yaitu: Beranda, Menu, Sumber, Unduh Data, Tentang Kami, dan User Guide. Setiap halaman dirancang dengan fitur dan fungsionalitas spesifik yang selaras dengan tujuannya masing-masing, mulai dari penyajian visualisasi data, penyediaan informasi kontekstual, hingga fitur interaksi pengguna seperti pemfilteran dan pengunduhan data.



Gambar 1. Page Beranda

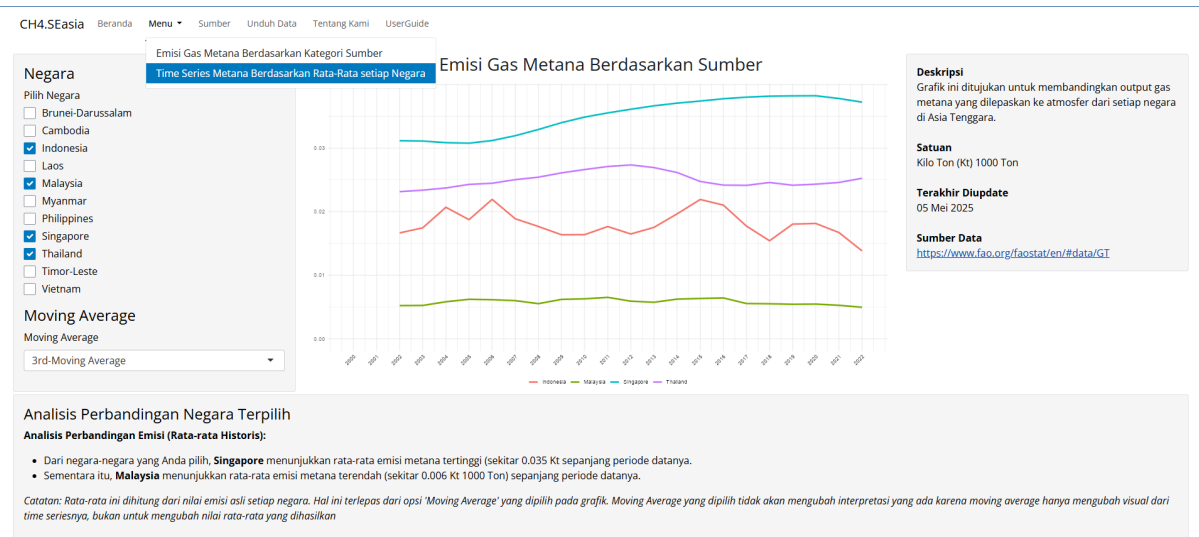
Halaman "Beranda" berfungsi sebagai ringkasan eksekutif yang kuat untuk dashboard CH4.SEasia, menyajikan analisis emisi metana di Asia Tenggara secara berlapis. Pengguna pertama kali disambut oleh peta choropleth interaktif yang menyoroti negara dengan emisi absolut tertinggi seperti Indonesia, didukung oleh panel kontrol dan deskripsi yang detail. Namun, wawasan yang lebih dalam disajikan pada grafik batang di bawahnya, yang menampilkan data emisi ternormalisasi per luas area (Kt/Km²), dan secara akurat mengidentifikasi Filipina, Singapura, serta Vietnam sebagai negara dengan tingkat emisi paling padat. Halaman ini disempurnakan dengan serangkaian panel informasi edukatif mengenai pemanasan global dan gas metana, menjadikan "Beranda" sebuah titik awal yang komprehensif yang memadukan visualisasi data, analisis bernuansa, dan konteks ilmiah.



Gambar 2. Navigasi Menu untuk Emisi Metana berdasarkan Kategori Sumber

Tab Menu menampilkan *pop-up* yang berisi 2 opsi navigasi untuk dipilih, yaitu "Emisi Gas Metana Berdasarkan Kategori Sumber" dan "Time Series Emisi Metana Berdasarkan Kategori Sumber dan Negara". Kedua opsi ini membuka visualisasi data lebih lanjut.

Halaman “Emisi Gas Metana Berdasarkan Kategori Sumber” dalam dashboard CH4.SEAsia menampilkan visualisasi interaktif berupa grafik batang yang menyajikan rata-rata emisi gas metana (dalam Kilo Ton) dari berbagai kategori sumber di sektor pertanian dan pangan untuk negara-negara kawasan Asia Tenggara (ASEAN) pada periode 2019–2022. Pengguna dapat memilih satu negara dari dropdown (contohnya Indonesia), serta mencentang satu atau beberapa kategori sumber seperti Rice Cultivation, Enteric Fermentation, dan Burning - Crop Residues. Grafik secara otomatis menyesuaikan untuk menampilkan perbandingan emisi antar kategori yang dipilih. Di samping grafik, terdapat kotak informasi yang menampilkan deskripsi data, satuan, tanggal terakhir pembaruan (05 Mei 2025), dan sumber data (FAOSTAT). Di bawah grafik, terdapat analisis teks otomatis yang mengidentifikasi kategori dengan emisi tertinggi dan terendah dari yang dipilih. Halaman ini bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam memahami kontribusi masing-masing sumber terhadap total emisi metana di setiap negara ASEAN guna mendukung upaya mitigasi perubahan iklim berbasis data.



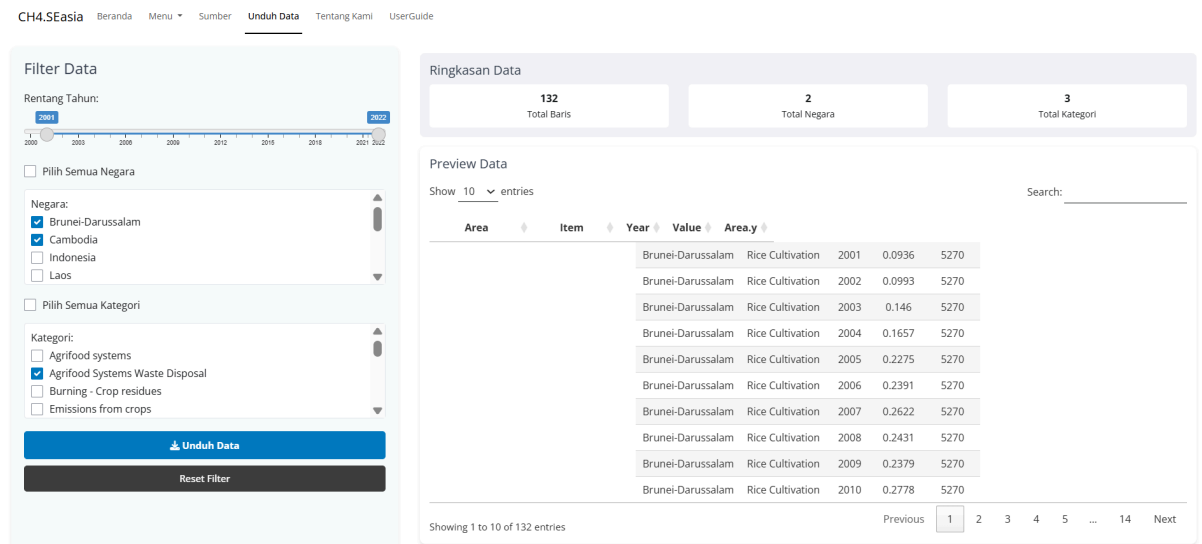
Gambar 3. Navigasi Menu untuk Time Series Metana berdasarkan Rata-rata setiap Negara

Halaman “Time Series Metana Berdasarkan Rata-Rata Setiap Negara” dalam dashboard CH4.SEAsia menyajikan visualisasi tren emisi gas metana dari berbagai negara Asia Tenggara selama periode 2000 hingga 2022. Pengguna dapat memilih beberapa negara sekaligus (misalnya Indonesia, Malaysia, Singapura, dan Thailand) untuk membandingkan output metana secara historis. Grafik time series yang dihasilkan memperlihatkan pergerakan rata-rata emisi dari masing-masing negara secara dinamis, dilengkapi dengan opsi *Moving Average* (misalnya 3rd-Moving Average) untuk memperhalus tren visualisasi tanpa mempengaruhi nilai rata-rata asli. Pada sisi kanan, terdapat panel informasi yang menampilkan deskripsi grafik, satuan data (Kilo Ton per 1000 Ton), tanggal pembaruan terakhir (05 Mei 2025), serta sumber data dari FAOSTAT. Di bawah grafik, tersedia hasil analisis otomatis yang menyimpulkan negara dengan rata-rata emisi metana tertinggi dan terendah dari negara-negara yang dipilih—dalam contoh ini, Singapura tercatat memiliki emisi rata-rata tertinggi (± 0.035 Kt), sementara Malaysia memiliki yang terendah (± 0.006 Kt). Fitur ini memudahkan pembuat kebijakan, peneliti, dan masyarakat umum dalam menilai perbandingan emisi antar negara secara informatif dan berbasis data.



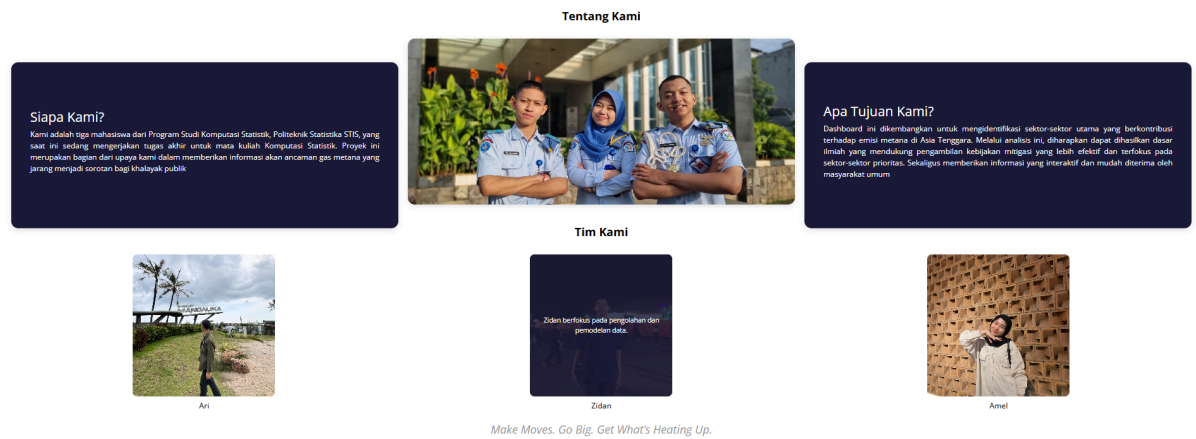
Gambar 4. Page Sumber Data

Halaman “Sumber Data” pada dashboard CH4.SEasia memberikan informasi lengkap mengenai asal-usul data yang digunakan untuk mengestimasi emisi gas metana dan luas area negara-negara ASEAN. Tiga sumber utama yang digunakan meliputi: (1) *FAOSTAT Emisi Gas Rumah Kaca* dari FAO yang menyediakan data estimasi emisi metana; (2) *World Bank Surface Area Data* yang menyajikan informasi luas permukaan negara berdasarkan data resmi Bank Dunia; serta (3) *GeoJSON ASEAN Maps* yang menyuplai data spasial wilayah Asia Tenggara dalam format GeoJSON. Seluruh data mencakup periode tahun 2000 hingga 2022. Di bagian bawah halaman, tercantum pula penjelasan bahwa seluruh data diproses dengan bahasa pemrograman R menggunakan berbagai paket seperti *readxl*, *tidyr*, *dplyr*, *ggplot2*, *shiny*, *sf*, dan lainnya. Penjelasan ini mempertegas bahwa dashboard dikembangkan dengan pendekatan ilmiah dan transparan, serta ditujukan untuk keperluan edukasi dan analisis akademik.



Gambar 5. Page Unduh Data

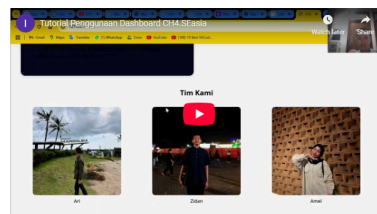
Halaman "Unduh Data" pada *dashboard* CH4.SEasia berfungsi sebagai pusat data interaktif yang memberikan keleluasaan penuh kepada pengguna untuk mengakses dan mengeksplor data mentah. Melalui panel "Filter Data" di sisi kiri, pengguna dapat secara spesifik menentukan data yang diinginkan dengan menggunakan kombinasi kontrol, seperti *slider* untuk memilih rentang tahun, serta daftar *checkbox* untuk menyeleksi satu atau beberapa negara ASEAN dan kategori sumber emisi. Setiap perubahan pada filter ini akan secara otomatis diperbarui pada panel kanan, di mana bagian "Ringkasan Data" menampilkan jumlah total baris, negara, dan kategori yang terpilih secara *real-time*. Di bawahnya, sebuah tabel "Preview Data" yang interaktif menampilkan sampel data sesuai kriteria, memungkinkan pengguna untuk memvalidasi kolom-kolom seperti Area, Item, dan Value sebelum mengunduh. Setelah yakin dengan pilihannya, pengguna dapat dengan mudah mengklik tombol "Unduh Data" untuk mendapatkan file berisi data yang telah disesuaikan, menjadikan halaman ini alat yang sangat berguna untuk mendukung analisis dan riset lebih lanjut.



Gambar 6. Page Tentang Kami

Halaman "Tentang Kami" secara komprehensif memperkenalkan tim pengembang dan visi proyek CH4.SEasia melalui tata letak yang informatif dan personal. Pada bagian atas, halaman ini menjelaskan bahwa tim terdiri dari mahasiswa Politeknik Statistika STIS yang mengembangkan *dashboard* sebagai tugas akhir dengan tujuan mulia, yaitu untuk mengidentifikasi sektor penyumbang emisi metana di Asia Tenggara guna mendukung mitigasi perubahan iklim. Identitas dan tujuan ini dibingkai oleh foto formal tim yang kemudian dilengkapi dengan pengenalan individual yang lebih kasual di bagian "Tim Kami", yang menampilkan foto Ari, Zidan, dan Amel. Halaman ini ditutup dengan *tagline* kreatif "Make Moves. Go Big. Get What's Heating Up," yang secara efektif merangkul semangat dan relevansi dari proyek ini dalam satu kalimat yang kuat.

Panduan Pengguna



1. Beranda
2. Menu
3. Sumber
4. Unduh Data
5. Tentang Kami

Pertanyaan Umum

Apakah data bisa diunduh?
Ya, pengguna dapat mengunduh data yang telah difilter melalui menu Unduh Data.

Gambar 7. Page User Guide

Halaman "Panduan Pengguna" berfungsi sebagai pusat dukungan lengkap yang memadukan panduan visual dan tekstual untuk memaksimalkan pengalaman pengguna. Bagian atas halaman menampilkan video tutorial dari YouTube yang mendemonstrasikan fungsionalitas utama *dashboard*, mulai dari navigasi di halaman "Beranda" hingga penggunaan fitur-fitur analitis. Di bawahnya, terdapat seksi "Pertanyaan Umum" (FAQ) dalam format *accordion* yang efisien, memberikan jawaban cepat untuk pertanyaan esensial seperti ketersediaan unduhan data, fokus analisis pada gas metana, dan sumber data yang digunakan. Secara krusial, halaman ini juga menyediakan instruksi teknis dan tautan ke repositori GitHub untuk pengguna yang ingin menjalankan aplikasi secara lokal, menjadikan *dashboard* ini tidak hanya informatif tetapi juga transparan dan mudah diakses bagi audiens umum maupun teknis.

● Timeline Pengerjaan



CONTRIBUTION

Pengembangan *dashboard* CH4.SEasia adalah sebuah upaya kolaboratif. Proses pengerjaan proyek, mulai dari penyusunan proposal hingga tahap finalisasi, melibatkan kontribusi spesifik dari setiap anggota tim sebagai berikut:

1. I.G.N. Ari Sadewa:
 - Bertanggung jawab atas penyusunan kerangka dan arsitektur utama *dashboard*.
 - Mengembangkan halaman Beranda, Unduh Data, dan User Guide.
 - Memimpin proses integrasi untuk menyatukan semua halaman menjadi aplikasi yang kohesif.
2. Muhammad Zidan Kurnia Ahida:
 - Mengembangkan modul analisis pada halaman Menu, yaitu visualisasi *time series* metana berdasarkan rata-rata emisi setiap negara.
 - Menyusun dan mendesain halaman Tentang Kami.
3. Rezky Amaliah:
 - Berkontribusi pada halaman Menu dengan membangun fitur analisis emisi gas metana berdasarkan kategori sumber.
 - Mengembangkan halaman Sumber untuk menyajikan informasi asal-usul data.

CONCLUSION

Project ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai emisi gas metana di negara-negara kawasan Asia Tenggara berdasarkan sumber emisi dari tahun 1990 hingga 2022. Dalam *dashboard* project ini, berisi beberapa visualisasi data berupa *bar chart* dan *trendline*.

Secara keseluruhan, project ini menunjukkan bahwa pengelolaan sumber emisi sangat penting dalam upaya mitigasi gas rumah kaca, khususnya metana, di Asia Tenggara. Dengan data yang interaktif dan visualisasi yang jelas, project ini diharapkan dapat membantu pengambil kebijakan, peneliti, dan masyarakat umum untuk lebih memahami distribusi serta tren emisi metana dan mengambil langkah-langkah yang lebih terarah dalam pengendaliannya.

HASIL

Dashboard interaktif CH4.SEasia secara efektif menjawab rumusan masalah utama melalui visualisasi data yang terstruktur. Pada halaman Beranda, analisis untuk mengidentifikasi negara penyumbang emisi tertinggi langsung disajikan. Visualisasi peta *choropleth* memberikan gambaran geografis instan mengenai intensitas emisi, yang kemudian diperjelas oleh grafik batang "Rata-rata Emisi per Negara". Analisis ini mengungkapkan temuan kunci bahwa Singapura, Filipina, dan Vietnam merupakan negara dengan rata-rata emisi metana per kilometer persegi (Kt/Km²) tertinggi di Asia Tenggara. Penggunaan metrik emisi per luas area ini sangat krusial karena memungkinkan perbandingan yang adil antar negara dengan luas wilayah yang berbeda. Untuk menjawab rumusan masalah kedua mengenai sektor kontributor, halaman "Menu" menyediakan fitur "Metana Berdasarkan Sumber". Grafik garis interaktif pada fitur ini memungkinkan analisis tren yang mendalam, di mana pengguna dapat memilih negara spesifik dan melihat kontribusi emisi dari berbagai sektor dari waktu ke waktu. Sebagai contoh, analisis menunjukkan bahwa di Indonesia, sektor budidaya padi (*Rice Cultivation*) menjadi salah satu sumber emisi yang dominan, sementara data untuk negara lain dapat menunjukkan pola berbeda, seperti dominasi sektor peternakan, yang secara efektif menjawab tujuan untuk membandingkan kontribusi sektoral.

Selain menyajikan temuan utama, *dashboard* CH4.SEasia dirancang sebagai alat analisis yang komprehensif, transparan, dan mudah diakses. Fungsionalitas ini didukung oleh beberapa halaman pendukung yang krusial. Halaman "Unduh Data" meningkatkan nilai guna proyek dengan memungkinkan pengguna, baik akademisi maupun publik, untuk memfilter dan mengunduh set data spesifik untuk analisis mandiri lebih lanjut. Transparansi dan kredibilitas ilmiah diperkuat melalui halaman "Sumber", yang secara jelas mencantumkan sumber data primer (FAOSTAT, World Bank, GeoJSON) beserta tautan langsung. Lebih lanjut, untuk memastikan aksesibilitas, *dashboard* dilengkapi dengan "Panduan Pengguna" yang berisi video tutorial dan bagian pertanyaan umum (FAQ), serta halaman "Tentang Kami" yang memperkenalkan tim dan misi proyek. Secara keseluruhan, kombinasi antara visualisasi data yang menjawab langsung pertanyaan penelitian dengan fitur-fitur pendukung yang solid menjadikan *dashboard* ini sebuah platform yang tidak hanya informatif tetapi juga andal dan fungsional untuk edukasi dan analisis mengenai emisi gas metana di Asia Tenggara.

REFERENCES

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *FAOSTAT: Emissions – Totals*. Diakses pada 3 Mei 2025, dari <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023, March 20). *Sixth Assessment Report (AR6)*. Diakses pada 3 Mei 2025, dari <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- NASA Scientific Visualization Studio. (2023). *Global Atmospheric Methane (CH₄) [Visualisasi]*. National Aeronautics and Space Administration. Diakses pada 4 Mei 2025, dari <https://svs.gsfc.nasa.gov/5116/>
- NOAA Climate.gov. (n.d.). *Current GHG Levels. National Oceanic and Atmospheric Administration*. Diakses pada 4 Mei 2025, dari <https://www.climate.gov/ghg/current-levels>
- NOAA Climate.gov. (n.d.). *Climate change: Atmospheric carbon dioxide. National Oceanic and Atmospheric Administration*. Diakses pada 4 Mei 2025, dari <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- United States Environmental Protection Agency. (n.d.). *The importance of methane*. EPA. Diakses pada 3 Mei 2025, dari <https://www.epa.gov/gmi/importance-methane>
- The World Bank. (n.d.). *Land area (sq. km)*. The World Bank. Diakses pada 5 Mei 2025, dari https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.TOTL.K2?name_desc=false