

**SKRIPSI**

**DESAIN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI KARBON  
MENGUNAKAN METODE WATERFALL**



**Nama : Sri Astuti**

**NIM : 146220121034**

**PROGRAM STUDI AKUNTANSI  
FAKULTAS BISNIS DAN HUMANIORA  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN MUHAMMADIYAH SORONG**

**2025**

**DESAIN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI KARBON**

**MENGGUNAKAN METODE WATERFALL**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk ujian skripsi**

**Untuk memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh**

**Gelar Sarjana Akuntansi (S.Ak.)**

**PROGRAM STUDI AKUNTANSI**

**FAKULTAS EKONOMI BISNIS DAN HUMANIORA**

**UNIVERSITAS PENDIDIKAN MUHAMMADIYAH SORONG**

**TAHUN 2025**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### DESAIN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI KARBON MENGGUNAKAN METODE WATERFALL

Nama : Sri Astuti

NIM : 146220121034

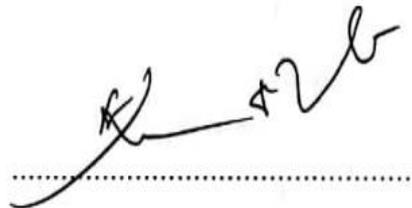
Telah disetujui tim pembimbing

Pada Rabu, 21 Mei 2025

Pembimbing I

Yusron Dfinubun, S.E., M.Acc.

NIDN. 1407079001



.....

Pembimbing II

Musriani, S.M., M.M.

NIDN. 1401129801



.....

## HALAMAN PENGESAHAN

### DESAIN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI KARBON MENGGUNAKAN METODE WATERFALL

**NAMA** : Sri Astuti  
**NIM** : 146220121034  
**WAKTU PENELITIAN** : 12 Desember 2025 – 21 Mei 2025

Skripsi ini telah di uji oleh Dewan Penguji Skripsi  
Program Studi Akuntansi Fakultas Ekonomi Bisnis dan Humaniora  
Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

Pada: 28 Mei 2025

Dewan Penguji Skripsi

Pembimbing Skripsi

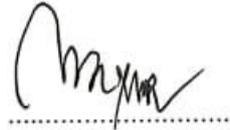
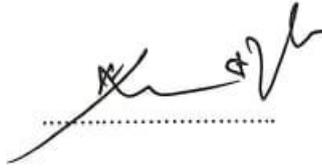
Yusron Difinubun, S.E., M.Acc.  
NIDN. 1407079001

Ketua Penguji

Munzir, S.E., M.Ak.  
NIDN. 1409039302

Anggota Penguji

Annisa' Khaerani, S.Ak., M.Acc.  
NIDN. 14070339501



Sorong  
Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Ekonomi Bisnis dan Humaniora

  
  
Fuad Ardiansyah, S.Psi., M.Si.  
NIDN. 1419099401

# PERNYATAAN KEASLIAN

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sri Astuti

NIM : 146220121034

Judul Skripsi : **Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka.

Sorong, 27 Mei 2025

Yang membuat pernyataan,



Sri Astuti

146220121034

## **MOTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTO**

*"You may encounter many defeats, but you must not be defeated. In fact, it may be necessary to encounter the defeats, so you can know who you are, what you can rise from, how you can still come out of it"*

**-Maya Angelou**

*"Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan."*

**(Yeremia 29:11)**

*"Hidup sering kali menguji kita dengan cara yang sulit, dan kadang kita perlu kehilangan arah untuk menemukan jalan yang sebenarnya. Kesalahan bukan akhir dari segalanya, melainkan bagian penting dari proses belajar dan bertumbuh. Jangan terlalu keras menilai diri sendiri, karena setiap langkah membawa pelajaran dan mendekatkan kita pada tujuan. Yakinlah bahwa Tuhan mengizinkan setiap keadaan terjadi dengan maksud yang baik untuk kebaikan kita"*

**-ohhsri**

### **PERSEMBAHAN**

Untuk mereka yang menjadi sumber kekuatan dan harapan: Keluarga tersayang yang selalu menyertai di setiap proses perjalanan dengan cinta dan doa tanpa henti

## ABSTRAK

Sri Astuti/ 146220121034. **DESAIN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI KARBON MENGGUNAKAN METODE WATERFALL**. Skripsi. Fakultas Ekonomi Bisnis dan Humaniora. Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong. Mei, 2025.

Penelitian ini bertujuan untuk, mengidentifikasi komponen-komponen utama yang dibutuhkan dalam perancangan sistem informasi akuntansi karbon, merancang sistem informasi akuntansi karbon dengan menggunakan metode Waterfall yang efektif dan efisien dalam mendukung pengelolaan dan pelaporan emisi karbon dan menilai kesesuaian rancangan sistem tersebut dengan peraturan dan standar akuntansi karbon internasional seperti GHG Protocol dan ISO 14064. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif, dengan fokus pada tahap analisis kebutuhan dan desain sistem tanpa implementasi teknis. Pendekatan pengumpulan data meliputi tinjauan literatur, pencatatan, dan observasi. Sistem informasi ini membutuhkan aspek-aspek utama seperti data aktivitas sumber emisi, volume aktivitas, faktor emisi, klasifikasi emisi berdasarkan Scope 1, 2, dan 3, dan hasil perhitungan dalam ton CO<sub>2</sub>e. Sistem didesain secara sistematis dengan menggunakan *Entity Relationship Diagram (ERD)*, *Data Flow Diagram (DFD)*, *Use Case Diagram*, dan *wireframe*, dengan metode pengembangan Waterfall. Selain itu, arsitektur sistem telah disesuaikan dengan prinsip-prinsip pelaporan emisi karbon yang diuraikan dalam GHG Protocol dan ISO 14064. Penelitian ini memberikan kontribusi konseptual dalam pengembangan sistem informasi penghitungan karbon yang memungkinkan pelaporan yang transparan, bertanggung jawab, dan partisipatif, khususnya dalam konteks ekonomi rendah karbon di Indonesia.

**Kata Kunci: Akuntansi Karbon, Sistem Informasi, Database, Metode Waterfall, Emisi Karbon, GHG Protocol, ISO 14064**

*Abstract: This research aims to, identify the main components needed in designing a carbon accounting information system, design a carbon accounting information system using the Waterfall method that is effective and efficient in supporting the management and reporting of carbon emissions and assess the suitability of the system design with international carbon accounting regulations and standards such as the GHG Protocol and ISO 14064. This research uses a descriptive qualitative approach, focusing on the needs analysis and system design stages without technical implementation. Data collection approaches included literature review, note-taking, and observation. The information system requires key aspects such as emission source activity data, activity volume, emission factors, emission classification based on Scope 1, 2 and 3, and calculation results in tons of CO<sub>2</sub>e. The system is systematically designed using Entity Relationship Diagram (ERD), Data Flow Diagram (DFD), Use Case Diagram, and wireframe, with Waterfall development method. In addition, the system architecture has been adapted to the principles of carbon emissions reporting outlined in the GHG Protocol and ISO 14064. This research makes a conceptual contribution to the development of carbon accounting information systems that enable transparent, accountable, and participatory reporting, particularly in the context of Indonesia's low-carbon economy.*

**Keywords: Carbon Accounting, Information System, Database, Waterfall Method, Carbon Emissions, GHG Protocol, ISO 14064**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur di panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, Sang sumber kasih dan pengharapan, atas penyertaan dan kekuatan yang diberikan dalam setiap proses kehidupan, terlebih selama penulis menyusun skripsi ini yang berjudul: "**Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall**". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi Bisnis dan Humaniora, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong.

Proses penyusunan skripsi ini penuh dengan tantangan yang menguji kesabaran dan keteguhan hati. Namun, berkat doa dan dukungan dari berbagai pihak, penulis dapat melewatinya dan menyelesaikan tugas akhir ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus, atas kasih dan penyertaan-Nya yang tiada henti menguatkan setiap langkah, memberikan ketenangan di saat lelah, dan menjadi terang dalam masa-masa gelap perjalanan ini.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Lukas Bongga dan Ibu Dorkas Paranga, atas cinta yang tak terukur, doa yang tak terputus, dan dukungan yang tak pernah padam. Meski penulis menjalani proses ini jauh dari pandangan dan pelukan hangat kalian, namun cinta dan harapan kalian selalu menjadi sumber kekuatan yang tak tergantikan. Gelar ini penulis persembahkan sebagai bentuk cinta dan balas budi, meski tak akan pernah sebanding dengan segala pengorbanan kalian.
3. Bapak Rustamadji, M.Si., selaku Rektor Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di lingkungan kampus yang luar biasa ini.
4. Bapak Fuad Ardiansyah, S.Psi., M.Si., selaku Dekan Fakultas Ekonomi Bisnis dan Humaniora.

5. Bapak Munzir, S.E., M.Ak., selaku Wakil Dekan II Fakultas Ekonomi Bisnis dan Humaniora.
6. Ibu Alyn Wulandary, S.E., M.Ak., CPA., Akt., selaku Ketua Program Studi Akuntansi, yang telah memberikan banyak arahan dan dorongan selama penulis menempuh studi.
7. Bapak Yusron Difininubun, S.Ak., M.Acc. dan Ibu Musriani, S.M., M.M. selaku dosen pembimbing I dan II, atas bimbingan, waktu, dan ilmu yang begitu berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan staf Fakultas Ekonomi Bisnis dan Humaniora Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong, yang telah dengan sabar dan penuh dedikasi membimbing penulis selama masa perkuliahan.
9. Untuk kakak dan adik kandung tersayang, terima kasih atas segala bentuk dukungan yang mungkin tak selalu diucapkan, tapi selalu terasa. Kalian menjadi bagian penting dalam proses ini, tempat berbagi cerita, tanya, dan keluh yang tidak selalu mudah disampaikan pada orang lain. Terima kasih atas perhatian dan kepedulian yang sederhana namun bermakna, yang membuat langkah ini terasa lebih mungkin untuk dilanjutkan, bahkan saat rasanya ingin berhenti.
10. Untuk kedua ponakan kecilku tercinta, kalian mungkin belum mengerti banyak tentang apa yang sedang kuusahakan, tapi senyum kalian, cara kalian memanggil namaku, dan tingkah lucu yang sering tidak terduga, menjadi penyemangat tersendiri di sela penat yang datang tanpa aba-aba. Kehadiran kalian mengingatkanku akan hal-hal yang sederhana, bahwa dalam hidup yang penuh tekanan, masih ada ruang untuk tertawa dan merasa ringan. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini dengan cara kalian yang apa adanya namun begitu berarti.

11. Teman-teman Akuntansi Angkatan 2021, terima kasih atas perjalanan penuh kenangan, semangat kebersamaan, dan dukungan moril yang senantiasa kalian berikan dari awal perkuliahan hingga akhir. Rekan-rekan hebat dari Tim Kosabangsa, terima kasih karena telah menjadi bagian dari perjalanan penting ini. Terima kasih atas kekompakan, kerja sama, dan kisah yang menyemangati penulis di tengah proses yang menantang.
12. Dan terakhir, tak lupa berterima kasih kepada diriku sendiri Sri karena telah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena tidak menyerah, meskipun begitu banyak rintangan yang membuat langkah terasa berat. Di tengah tekanan, kelelahan, dan keinginan untuk berhenti, namun kamu memilih tetap melanjutkan, meski tidak selalu tahu harus ke mana. Kamu pernah merasa tak mampu lagi, ingin menyerah dan berhenti saja, tapi ingatan akan cinta dan pengorbanan orang tua selalu jadi alasan untuk kembali berjuang. Terima kasih karena tetap percaya dan bertahan. Kamu layak bangga karena telah melalui semuanya hingga mencapai titik ini. Perjalanan ini bukan sekadar pencapaian akademik, tapi bukti bahwa kamu telah menang melawan banyak hal dalam dirimu sendiri.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna dan masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat serta menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan pengetahuan di bidang akuntansi hijau dan keberlanjutan.

Sorong, 25 Mei 2025  
Penulis,

Sri Astuti

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMANAN SUB JUDUL .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	10
1.3 Tujuan Penelitian .....	11
1.4 Manfaat Penelitian .....	11
1.5 Definisi Konsep Variabel .....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Kajian Teori .....	13
2.1.1 Teori Sistem ( <i>Systems Theory</i> ).....	13
2.1.2 Contingency Theory .....	14
2.1.3 Sistem Informasi Akuntansi .....	14
2.1.4 Akuntansi Karbon ( <i>Carbon Accounting</i> ).....	17
2.1.5 Database .....	22
2.1.6 Alat Bantu Analisis Perancangan Sistem Informasi .....	28
2.1.7 Metode Waterfall.....	31
2.1.8 Carbon.....	33
2.2 Kerangka Pikir .....	36
BAB III METODOLOGI.....	38
3.1 Jenis Penelitian.....	38
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	39

3.2.1 Waktu Penelitian .....	39
3.2.2 Tempat Penelitian.....	39
3.3 Desain Penelitian.....	39
3.4 Teknik Pengumpulan Data .....	42
3.5 Teknik Analisis Data.....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	44
4.1.1 Tahap Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis).....	44
4.2.2 Tahap Desain (Design).....	48
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....	78
4.2.1 Komponen Utama dalam Sistem Informasi Akuntansi Karbon Berbasis Database.....	78
4.2.2 Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall	84
4.2.3 Kepatuhan Terhadap Standar GHG Protocol dan ISO 14064 .....	95
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>100</b>
5.1 KESIMPULAN .....	100
5.2 SARAN.....	101
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>103</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>116</b>

## DAFTAR TABEL

Table 1.1 Definisi Konsep Variabel .....	12
Tabel 2. 1 Masalah Lingkungan .....	19
Tabel 2. 2 Penggunaan Database dalam Bidang Akuntansi.....	26
Tabel 2. 3 Database yang digunakan mencatat informasi karbon.....	27
Tabel 2. 4 Struktur tabel dalam model database .....	27
Tabel 2. 5 Aktivitas Emisi Karbon Berdasarkan Scope GHG Protocol .....	35
Tabel 3. 1 Kalender Kegiatan .....	39
Tabel 4. 1 Jenis Informasi yang Diperlukan dalam Sistem Pelaporan Emisi .....	44
Tabel 4. 2 Kebutuhan Fungsional dalam Sistem Informasi Akuntansi Karbon .....	46
Tabel 4. 3 Kebutuhan Non-Fungsional dalam Sistem Informasi Akuntansi Kabron .....	47
Tabel 4. 4 Identifikasi Tipe Entitas .....	49
Tabel 4. 5 Tabel user.....	52
Tabel 4. 6 Tabel Perusahaan .....	52
Tabel 4. 7 Tabel Laporan .....	53
Tabel 4. 8 Tabel Aktivitas_Emisi.....	53
Tabel 4. 9 Tabel Faktor_Emisi .....	54
Tabel 4. 10 Tabel File_Laporan .....	54
Tabel 4. 11Tabel Dokumen_Pendukung .....	54
Tabel 4. 12 Identifikasi Entitas Eksternal .....	55
Tabel 4. 13 Aliran data entitas ke sistem.....	57
Tabel 4. 14 Identifikasi Proses Utama.....	59
Tabel 4. 15 Data Masuk dan Data Keluar .....	60
Tabel 4. 16 Data Store.....	61
Tabel 4. 17 Aktor .....	63
Tabel 4. 18 Use Case.....	64
Tabel 4. 19 Kertas Kerja Estimasi Emisi Karbon dan Evaluasi Biaya.....	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tren Emisi CO2 Global .....	2
Gambar 1. 2 Tren Emisi CO2 Indonesia .....	3
Gambar 2. 1 Ilustrasi Flowchart sistem informasi .....	17
Gambar 2. 2 Ilustrasi penerapan sistem informasi .....	22
Gambar 2. 3 Tampilan Database MySQL .....	24
Gambar 2. 4 Tampilan Database Oracle .....	25
Gambar 2. 5 Tampilan Database MongoDB .....	25
Gambar 2. 6 Simbol ERD .....	28
Gambar 2. 7 Simbol DFD .....	30
Gambar 2. 8 Simbol <i>Use Case Diagram</i> .....	31
Gambar 2. 9 Tahapan metode Waterfall .....	32
Gambar 2. 10 Kerangka Pikir .....	37
Gambar 3. 1 Desain Penelitian .....	41
Gambar 4. 1 Hubungan Antar Entitas .....	50
Gambar 4. 2 Entity Relationship Diagram (ERD) .....	51
Gambar 4. 3 Hubungan Entitas Eksternal Sistem .....	56
Gambar 4. 4 Diagram Konteks .....	58
Gambar 4. 5 Diagram Level 0 .....	62
Gambar 4. 6 <i>Use Case Diagram</i> .....	66
Gambar 4. 7 <i>Wireframe</i> Login .....	67
Gambar 4. 8 <i>Wireframe</i> Dashboard Perusahaan .....	68
Gambar 4. 9 <i>Wireframe</i> Input Aktivitas .....	68
Gambar 4. 10 <i>Wireframe</i> Laporan Emisi .....	69
Gambar 4. 11 <i>Wireframe</i> Verifikasi .....	70
Gambar 4. 12 <i>Wireframe</i> Verifikator .....	70
Gambar 4. 13 <i>Wireframe</i> Dashboard Admin .....	71
Gambar 4. 14 <i>Wireframe</i> Publikasi Emisi Halaman 1 .....	72
Gambar 4. 15 <i>Wireframe</i> Publikasi Emisi Halaman 2 .....	72
Gambar 4. 16 <i>Wireframe</i> Detail Kertas Kerja Emisi .....	73
Gambar 4. 17 Flowchart Sistem Informasi Akuntansi Karbon .....	74
Gambar 4. 18 Requirement Analysis .....	79
Gambar 4. 19 Relasi antar entitas .....	81

Gambar 4. 20 Representasi Visual Desain Sistem.....	85
Gambar 4. 21 Visualisasi pembagian Emisi berdasarkan Scope GHG Protocol.....	96
Gambar 4. 22 Prinsip Pelaporan GHG berdasarkan ISO 14064-1:2018.....	97

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Entity Relationship Diagram (ERD) .....	116
Lampiran 1. 2 Tabel Struktur Database .....	116
Lampiran 1. 3 Diagram Konteks .....	118
Lampiran 1. 4 Diagram Level 0 .....	119
Lampiran 1. 5 <i>Use Case Diagram</i> .....	120
Lampiran 1. 6 Desain <i>Wireframe</i> .....	121
Lampiran 1. 7 Referensi Pelaporan Emisi .....	126
Lampiran 1. 8 Standar internasional Pelaporan Emisi Karbon .....	127

# **BAB 1**

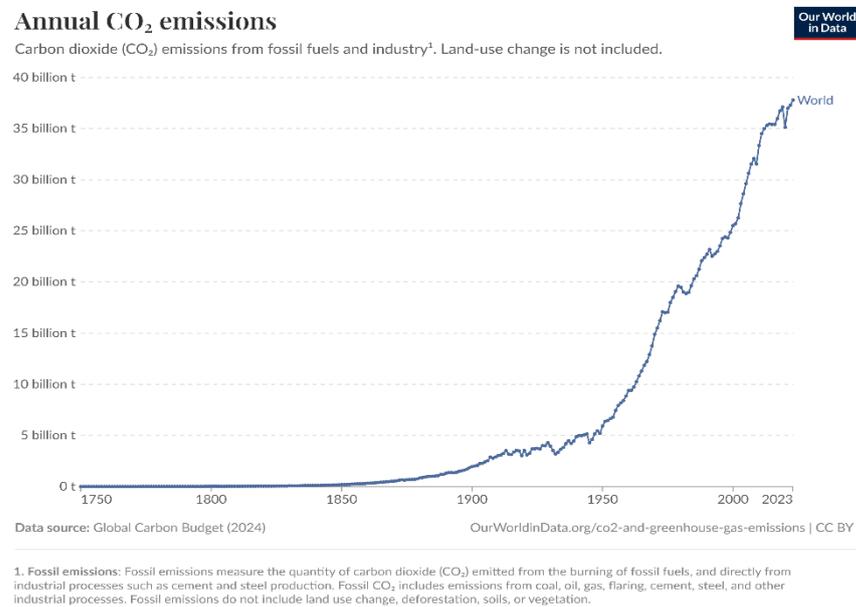
## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Akibat percepatan industrialisasi, emisi CO<sub>2</sub> global untuk tahun 2023 meningkat 1,1% mewakili peningkatan sekitar 410 juta ton (Mt Co<sub>2</sub>), persentase pertumbuhan emisi jauh lebih lambat daripada pertumbuhan PDB global, yang sekitar 3% pada tahun 2023 (IEA, 2024). Isu perubahan iklim global menjadi perhatian yang sangat penting di era sekarang ini, terutama karena meningkatnya kadar gas rumah kaca di atmosfer, terutama karbon dioksida. Gas ini sebagian besar dilepaskan melalui aktivitas manusia, termasuk pembakaran bahan bakar fosil dan penggundulan hutan. Emisi CO<sub>2</sub> global meningkat lebih dari 0,5% per tahun selama sepuluh tahun hingga tahun 2023 (IEA, 2024). Menurut data IPCC, penyebab peningkatan suhu global adalah emisi gas rumah kaca dari berbagai aktivitas manusia (Calvin et al., 2023). Terjadinya proses industrialisasi merupakan proses yang mempengaruhi lingkungan dan berkontribusi terhadap peningkatan pemanasan global dan perubahan iklim, sehingga menjadi isu yang mendesak saat ini dan menjadi topik diskusi di kalangan umat di seluruh dunia. Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> juga sebagian besar disebabkan oleh ekspansi populasi, industri, dan urbanisasi (Raihan & Tuspekova, 2023). Peningkatan emisi ini berpotensi meningkatkan bencana iklim dan merusak ekosistem global, sehingga perlu dilakukan tindakan segera (Shukla et al., 2022). Oleh karena itu, untuk mempertahankan pembangunan berkelanjutan dan mengurangi pengaruh negatif dari perubahan iklim, menurunkan emisi CO<sub>2</sub> dan meningkatkan kualitas lingkungan telah menjadi perhatian dunia (Evitasari, 2023).

Grafik ini menggambarkan emisi CO<sub>2</sub> global dari masa pra-industri hingga tahun 2023. Sebelum revolusi industri, emisi sangat rendah dan meningkat secara perlahan. Namun, sejak pertengahan abad ke-20 dan seterusnya, emisi mulai meningkat secara signifikan, Sebagian besar disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil dalam industri, transportasi dan pembangkit listrik. Emisi global mencapai puncaknya sekitar 6 miliar ton

pada tahun 1950, tetapi sejak saat itu terus meningkat hingga lebih dari 35 miliar ton per tahun. Meskipun tingkat kenaikan emisi telah berkurang dalam beberapa tahun terakhir, namun tetap relatif tinggi.



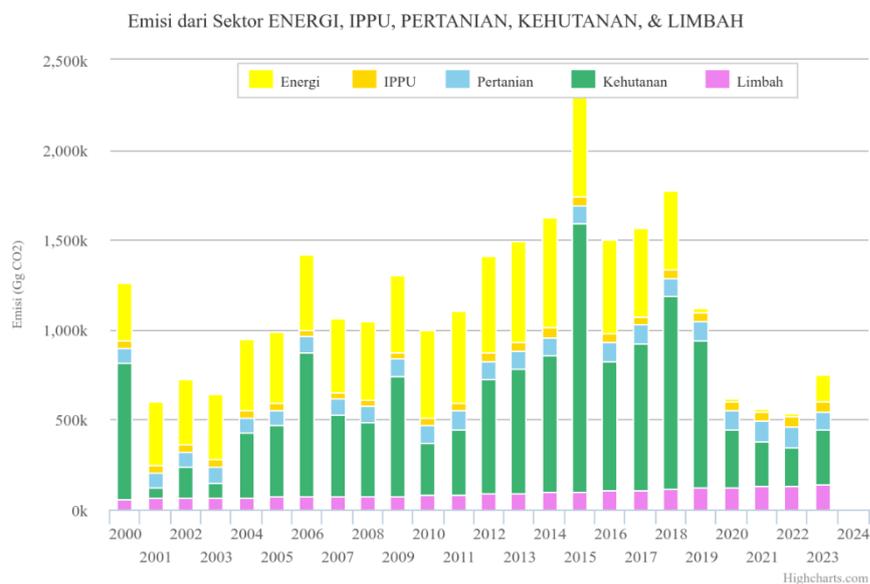
**Gambar 1. 1 Tren Emisi CO<sub>2</sub> Global**

Sumber: (Hannah Ritchie, 2020)

Urbanisasi dan industrialisasi dianggap sebagai pendorong utama pertumbuhan dan perubahan iklim. Menurut (United Nations, 2022), urbanisasi di seluruh dunia diperkirakan mencapai 8 miliar pada 2022 dan akan meningkat menjadi 9,7 miliar pada tahun 2050. Permintaan akan energi, transportasi, dan infrastruktur meningkat seiring dengan urbanisasi, sehingga memperparah emisi gas rumah kaca (United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), 2022). Selain itu, sebagai akibat dari meningkatnya industrialisasi, lebih banyak bahan bakar fosil digunakan untuk manufaktur dan produksi, yang sangat meningkatkan jumlah CO<sub>2</sub> yang dilepaskan ke atmosfer (IEA, 2023). Selain itu, proses ini mengarah pada konversi lahan menjadi daerah perkotaan, yang mengurangi ruangan alami penyerap karbon dan memperparah perubahan iklim (Saputra et al., 2024). Konsumsi energi dan emisi per kapita meningkat seiring dengan pesatnya peningkatan populasi perkotaan, yang menjadi hambatan signifikan dalam mencapai target pengurangan

emisi global (Salsabila Nur Amalina et al., 2023). Oleh karena itu, peralihan ke energi bersih dan perencanaan kota yang lebih berkelanjutan merupakan komponen penting dalam strategi untuk mengurangi dampak perubahan iklim (F. Wang et al., 2023a).

Dalam beberapa tahun terakhir, Indonesia juga mengalami peningkatan emisi CO<sub>2</sub> yang cukup signifikan. Peningkatan emisi karbon di sektor energi, transportasi, dan deforestasi disebabkan oleh urbanisasi yang cepat, pertumbuhan industri, dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Untuk memenuhi tujuan keberlanjutan, kondisi ini menyoroiti perlunya metode yang lebih efisien untuk mengurangi emisi dan beralih ke waterfall beberapa tahun terakhir:



**Gambar 1. 2 Tren Emisi CO<sub>2</sub> Indonesia**

Sumber: Signsmart.menlhk (Menlhk, 2024)

Fenomena cuaca ekstrem, seperti kekeringan berkepanjangan, gelombang panas, dan banjir besar, menyebabkan kerusakan ekosistem dan kehidupan manusia akibat pemanasan global yang disebabkan oleh emisi karbon (Febriani Irma, 2024a). Dampak dari perubahan iklim ini sangat luas, mencakup kerusakan ekosistem alam, ancaman terhadap ketahanan pangan, dan peningkatan ketidakpastian terhadap ketersediaan air bersih di

berbagai negara. Beberapa negara kecil di Pasifik dan Asia Tenggara sangat merasakan perubahan iklim yang rentan terhadap naiknya permukaan laut dan cuaca ekstrem (Charlotte Kate Weatherill, 2022). Selain itu, menurut (Salubi et al., 2025) peningkatan suhu global mempengaruhi kesehatan manusia, dengan meningkatnya jumlah penyakit yang ditularkan melalui udara dan air. Oleh karena itu, pengurangan emisi karbon menjadi sangat penting untuk menghindari dampak yang lebih parah di masa depan.

Negara-negara di seluruh dunia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dengan menerapkan undang-undang untuk mengurangi emisi di industri transportasi dan energi. Salah satu perjanjian internasional yang paling penting adalah perjanjian Paris 2015, yang dirancang untuk membatasi kenaikan suhu global hingga 1,5°C dibandingkan dengan tingkat pra-industri. Negara-negara penandatangan perjanjian ini berjanji untuk mengurangi deforestasi, meningkatkan upaya mereka untuk mengurangi emisi karbon (Calvin et al., 2023). Meskipun ada kemajuan, tantangan utama tetap memastikan bahwa pengurangan emisi dapat dengan mudah dipantau dan dilaporkan untuk memastikan efektivitas peraturan. Pengendalian emisi karbon yang efisien sangat bergantung pada teknologi yang dapat mengatur, melaporkan, dan memverifikasi emisi yang dihasilkan oleh berbagai industri secara akurat (Trinks et al., 2020). Sistem informasi berbasis data sangat penting untuk melacak pengurangan emisi dengan cara yang terstruktur dan terintegrasi, sehingga dapat memenuhi peraturan internasional yang lebih ketat dalam melaporkan emisi karbon (Lewandowski & Ullrich, 2023).

Sebagai respon terhadap ancaman perubahan iklim yang semakin nyata, berbagai negara dan sektor industri mulai mengimplementasikan inisiatif hijau yang bertujuan untuk mengurangi jejak karbon mereka dan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan (Sijabat, 2025). Penggunaan energi terbarukan juga mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam yang tidak dapat dipengaruhi, sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Judijanto et al., 2023). Meskipun penggunaan energi terbarukan

semakin berkembang, tantangan besar yang dihadapi oleh negara-negara adalah bagaimana mengelola dan memonitor emisi karbon yang dihasilkan oleh sektor-sektor yang sulit untuk di dekarbonisasi, seperti industri (Pangestu & Ayuningsasi, 2024), transportasi (Pangestu & Ayuningsasi, 2024), serta deforestasi (Gamatara & Kusumawardani, 2024) dan alih fungsi lahan (Gasser et al., 2020). Dalam konteks ini, pengembangan sistem informasi yang berbasis database untuk penghitungan dan pelaporan emisi karbon menjadi sangat penting. Sistem ini memungkinkan pengumpulan, penyimpanan dan analisis data emisi secara sistematis dan terintegrasi, yang sangat dibutuhkan untuk mendukung kebijakan yang lebih efektif dalam pengurangan emisi karbon.

Penerapan sistem ini tidak hanya membantu dalam pengelolaan data emisi karbon, tetapi juga dapat mempercepat transisi menuju ekonomi rendah karbon. Dalam hal ini, sistem informasi akuntansi karbon berbasis database mendukung peningkatan efisiensi energi dan penggunaan energi terbarukan, dengan memastikan bahwa laporan emisi yang dihasilkan dapat diakses oleh semua pemangku kepentingan, baik pemerintah, perusahaan maupun masyarakat. Ini membuka peluang baru untuk partisipasi dalam pasar karbon global dan memberikan insentif ekonomi untuk upaya pengurangan emisi, terutama bagi sektor-sektor yang berpotensi menghasilkan emisi besar, seperti sektor energi dan transportasi (H. Wang et al., 2025). Sistem informasi akuntansi karbon berbasis database memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung inisiatif hijau dan pengurangan emisi karbon yang efektif di tingkat global (Kaur et al., 2023). Menurut penelitian (L. Wang et al., 2024) dengan memanfaatkan teknologi informasi untuk mengelola data emisi karbon, sistem ini memungkinkan pengumpulan, penyimpanan, dan analisis data secara efisien dan transparan. Data yang dihasilkan dari sistem ini dapat digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana upaya pengurangan emisi telah berhasil, serta untuk merencanakan langkah-langkah mitigasi yang lebih efektif di masa depan. Dalam konteks ini, sistem ini juga memungkinkan perusahaan untuk melakukan audit internal terhadap emisi yang mereka

hasilkan, yang meningkatkan akuntabilitas dan transparansi dalam pelaporan (Athaya et al., 2025).

Sistem informasi akuntansi karbon berbasis database memainkan peran penting dalam mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam hal mengatasi perubahan iklim dan dampaknya (SDG 13) (Warchold et al., 2022). Melalui pengelolaan dan pengurangan emisi karbon yang efektif, sistem ini membantu negara-negara untuk memantau kemajuan mereka dalam mencapai target pengurangan emisi yang ditetapkan dalam perjanjian Paris. Negara seperti Indonesia, yang memiliki hutan tropis terbesar dan penting dalam pengelolaan karbon global, dapat memanfaatkan sistem ini untuk memantau upaya konservasi hutan dalam mendukung pengurangan emisi karbon yang lebih luar (Giebink et al., 2022). Sistem informasi ini juga memungkinkan pemerintah dan perusahaan untuk merancang kebijakan yang lebih berbasis data, memastikan bahwa langkah-langkah yang diambil untuk mengurangi emisi karbon sesuai dengan prinsip keberlanjutan (Bhatia et al., 2024). Dengan adanya data yang akurat, evaluasi terhadap kebijakan yang ditetapkan dapat dilakukan dengan efektif, dan kebijakan yang kurang efektif dapat disesuaikan atau diganti dengan solusi yang lebih tepat (OECD, 2024).

Implementasi sistem informasi akuntansi karbon berbasis database merupakan langkah strategis dalam mempercepat transisi menuju ekonomi hijau yang berkelanjutan. Langkah ini, yang akan dikembangkan dalam penelitian ini sebagai sebuah prototipe, didesain dengan menggunakan model pengembangan Model Waterfall (Rovce, 1970). Model Waterfall merupakan model pengembangan sistem terstruktur dan linier, dengan tahapan-tahapan yang berurutan, mulai dari analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan.

Penelitian ini berfokus pada tahap desain sistem karena merupakan fondasi dari proses pengembangan Waterfall, semua kebutuhan yang dianalisis kemudian didesain secara

terstruktur seperti model data, alur proses, dan antarmuka pengguna. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem informasi akuntansi karbon yang dapat memetakan proses pencatatan dan pelaporan karbon secara komprehensif. Dengan kata lain, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah model sistem dan bukan sebuah sistem yang sudah jadi. Pembatasan ini juga memungkinkan peneliti untuk menekankan validitas desain berdasarkan prinsip-prinsip akuntansi dan tuntutan pencatatan karbon, yang merupakan kontribusi utama dari penelitian ini terhadap bidang akuntansi.

Sistem informasi karbon menggunakan metode waterfall berperan penting dalam meningkatkan transparansi pelaporan emisi karbon, membuka peluang bagi negara Indonesia untuk mendapatkan insentif ekonomi dari pasar karbon global. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya mendukung mitigasi perubahan iklim, tetapi juga mendorong terciptanya ekonomi yang lebih berkelanjutan, sejalan dengan pencapaian tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 13 yang berfokus pada tindakan untuk mengatasi perubahan iklim secara mendesak dan global (Sebestyén et al., 2021).

Di Indonesia, khususnya di Papua yang kaya akan sumber daya alam, sistem ini memiliki potensi besar untuk menjaga kelestarian hutan dan biodiversitas. Papua, dengan keanekaragaman hayati yang tinggi dan hutan tropis yang berperan penting dalam menyerap karbon, menghadapi ancaman deforestasi dan perubahan penggunaan lahan. Hutan Papua, yang menyimpan sekitar 15 miliar ton karbon, merupakan paru-paru dunia dan aset penting dalam upaya melawan perubahan iklim (WRI Indonesia, 2024). Di Papua, terdapat hutan-hutan adat yang dijaga oleh masyarakat adat, yang telah hidup selaras dengan alam selama berabad-abad. Namun, hutan-hutan adat ini terancam oleh industri ekstraktif, seperti perkebunan kelapa sawit, komoditas kayu, pertambangan dan pembangunan infrastruktur. Implementasi sistem informasi akuntansi karbon dapat membantu masyarakat Papua maupun Pemerintah dalam mengelola sumber daya alam

secara lebih efektif., mendukung pengurangan emisi karbon, dan berkontribusi pada upaya mitigasi perubahan iklim secara global. Selain itu, sistem ini dapat mendorong pembangunan berkelanjutan yang sejalan dengan tujuan menjaga kelestarian alam dan memberikan manfaat sosial ekonomi bagi masyarakat lokal Papua. Sistem ini dapat memberikan manfaat, seperti membantu masyarakat adat dalam mengelola hutan adat mereka, mendapatkan akses ke pasar karbon global, dan memperkuat hak-hak mereka atas hutan adat.

Sistem informasi akuntansi karbon memainkan peran penting dalam pengelolaan emisi karbon secara global. Pengelolaan emisi yang lebih efisien dan transparan, yang didukung oleh teknologi informasi dan sistem akuntansi, sangat dibutuhkan untuk mengatasi tantangan perubahan iklim. Tujuan utama dari pengembangan sistem ini adalah untuk membantu masyarakat adat dalam mengelola hutan adat mereka, menyimpan data karbon. Hutan Papua seluas 500 juta hektar dapat mengikat jutaan ton karbon (WRI Indonesia, 2024), dan data ini dapat disimpan dalam sistem ini. Dengan memastikan bahwa data emisi karbon tercatat, dipantau, dan dilaporkan dengan akurat, sistem ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam upaya pengurangan emisi dan memfasilitasi negara-negara, termasuk Indonesia untuk berkontribusi pada pengurangan pemanasan global secara signifikan. Dengan sistem ini, masyarakat adat dapat menyimpan data karbon yang ada, mengelola hutan adat mereka secara berkelanjutan, dan memperoleh pendapatan dari penjualan data karbon kepada perusahaan-perusahaan yang ingin berinvestasi. Sistem ini hadir untuk membantu masyarakat adat di Papua dalam menjaga hutan mereka dan memperoleh pendapatan dari hutan tersebut. Pengembangan sistem ini bukan hanya membantu dalam memenuhi kewajiban internasional, tetapi juga mendorong Pembangunan berkelanjutan yang lebih hijau dan rendah karbon.

Meskipun telah banyak penelitian yang mengkaji terkait pentingnya pelaporan, pencatatan dan perhitungan informasi emisi karbon sebagai bagian dari upaya global untuk

mengatasi perubahan iklim, masih terdapat keterbatasan dalam perancangan sistem informasi karbon yang secara khusus menggunakan pendekatan Waterfall. Desain sistem informasi yang dapat membantu efisiensi dan transparansi pelaporan karbon belum dibahas secara menyeluruh dalam penelitian-penelitian seperti yang dilakukan oleh Lewandowski (2023) dan Wang et al., (2024), yang lebih banyak berkonsentrasi pada strategi pengurangan emisi dan implementasi kebijakan keberlanjutan. Selain itu, tidak banyak penelitian yang melihat penerapan sistem ini dalam kaitannya dengan kebijakan inisiatif hijau dan pasar karbon di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi dengan membuat desain sistem yang lebih menyeluruh dan sesuai dengan kebutuhan pengendalian emisi karbon secara real-time.

Penelitian ini mendesain sistem informasi akuntansi karbon menggunakan pendekatan Waterfall, sehingga menghasilkan sebuah sistem yang sistematis dan terstruktur. Berbeda dengan penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Lewandowski & Ullrich (2023) dan Wang et al., (2024) yang berfokus pada strategi pengurangan emisi dan implementasi kebijakan keberlanjutan, penelitian ini secara khusus merancang sistem informasi untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi pelaporan karbon. Selain itu, penelitian ini berfokus pada penggunaan sistem informasi ini dalam konteks pasar karbon Indonesia, khususnya di Papua, yang belum pernah diteliti dalam penelitian sebelumnya. Dengan teknologi ini, pelaporan karbon dapat dilakukan secara real time, sehingga memungkinkan perusahaan, pemerintah, dan masyarakat adat untuk mengelola emisi karbon dengan lebih baik dan memperoleh manfaat ekonomi dari perdagangan karbon global.

Penelitian ini dikembangkan dari penelitian sebelumnya mengenai pengelolaan emisi karbon dan sistem informasi berbasis data. Trinks et al. (2020) dan Bhatia et al. (2024) menekankan pentingnya sebuah sistem yang dapat diandalkan untuk mengelola,

melaporkan, dan memverifikasi emisi karbon guna mendukung regulasi global. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum membahas bagaimana sistem berbasis basis data dapat digunakan dalam penghitungan karbon. Meskipun Kaur et al., (2023) dan H. Wang et al., (2025) menyelidiki konsep penghitungan karbon dalam rantai pasokan dan industri, belum ada pendekatan sistematis terhadap desain basis data untuk pengelolaan emisi karbon di sektor-sektor yang sulit di dekarbonisasi seperti industri berat, transportasi, dan penggundulan hutan. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kekosongan penelitian dengan mengembangkan model sistem informasi berbasis basis data yang memungkinkan pemantauan emisi yang transparan, efisien, dan berbasis kebijakan, khususnya dalam konteks pengelolaan emisi di Papua yang berfungsi sebagai paru-paru dunia.

Berdasarkan uraian diatas maka sebuah desain yang disebut “**Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall**” di kembangkan untuk mengatasi masalah tersebut. Diharapkan melalui implementasi sistem ini, akan tercipta mekanisme yang lebih baik dalam pengelolaan emisi karbon dan pelaporan yang transparan, yang pada akhirnya dapat memfasilitasi masyarakat adat dan pemerintah dalam menjaga kelestarian sumber daya alam, khususnya hutan Papua yang kaya akan keanekaragaman hayati

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apa saja komponen utama yang dibutuhkan dalam desain sistem informasi akuntansi karbon?
2. Bagaimana desain sistem informasi akuntansi karbon menggunakan metode waterfall?
3. Bagaimana sistem desain sistem informasi akuntansi karbon memenuhi kepatuhan terhadap regulasi dan standar akuntansi karbon seperti ISO 14064 dan GHG Protocol?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

- 1 Menentukan komponen utama yang diperlukan dalam desain sistem informasi akuntansi karbon.
- 2 Mendesain sistem informasi akuntansi karbon menggunakan metode waterfall yang efektif dan efisien untuk mendukung pengelolaan serta pelaporan emisi karbon.
- 3 Menganalisis bagaimana sistem dapat dirancang agar sesuai dengan regulasi dan standar akuntansi karbon seperti ISO 14064 dan GHG Protocol.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian berjudul “Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall” memiliki manfaat teoritis dan praktis, diantaranya:

a. Manfaat Teoritis

Penelitian berjudul “Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall” diharapkan dapat memperkaya literatur tentang akuntansi karbon dan sistem informasi di Indonesia, khususnya dalam konteks mendukung kebijakan inisiatif hijau. Selain itu penelitian ini dapat membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang lebih spesifik tentang akuntansi karbon dan sistem informasi.

b. Manfaat Praktis

Penelitian berjudul “Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall” diharapkan memberikan manfaat nyata bagi berbagai pihak. Hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi praktis untuk pengembangan kebijakan inisiatif hijau, khususnya dalam hal pengelolaan emisi karbon. Selain itu, hasil penelitian ini dapat membantu masyarakat adat dan Perusahaan dalam mengakses pasar karbon global dengan menyediakan data emisi dan data hutan yang tercatat dalam sistem.

## 1.5 Definisi Konsep Variabel

Untuk mengukur variable-variabel yang diteliti, penelitian ini menggunakan operasional variabel sebagai berikut:

**Table 1.1 Definisi Konsep Variabel**

No	Konsep	Defenisi	Sumber
1	Sistem Informasi Akuntansi	sistem yang mengumpulkan, menyimpan, dan memproses data keuangan untuk menghasilkan informasi yang membantu organisasi dalam mengambil keputusan bisnis dan operasional	(Lestari et al., 2024)
2	Akuntansi Karbon	Sebuah metode untuk mengukur, memantau, dan melaporkan emisi gas rumah kaca (GRK) oleh perusahaan, masyarakat, atau pemerintah sebagai bagian dari akuntansi lingkungan.	(Taufik, 2025)
3	Database	Kumpulan data yang terhubung yang terstruktur dalam model tertentu untuk memungkinkan pengelolaan dan akses data dalam jumlah yang sangat besar.	(Fahzirah & Nasution, 2024)
4	Metode Waterfall	Model pengembangan sistem yang mengikuti metode berurutan, dengan setiap tahap harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.	(Saravanos & Curinga, 2023)
5	Carbon	Unsur kimia ini memiliki dampak yang cukup besar terhadap lingkungan, terutama melalui pelepasan gas rumah kaca seperti CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> , yang berkontribusi terhadap pemanasan global.	(Prajapati SK et al., 2023); (Shukla et al., 2022)

Sumber: Data di olah (2025)

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Kajian Teori**

#### **2.1.1 Teori Sistem (*Systems Theory*)**

Teori Sistem (*Systems Theory*) adalah pendekatan yang menekankan bahwa sebuah sistem terdiri dari elemen-elemen yang berinteraksi satu sama lain, baik secara internal maupun dengan lingkungan eksternal, untuk mencapai tujuan tertentu (Khuzwayo, 2020). Teori ini awalnya dikemukakan oleh Ludwig Von Bertalanffy pada tahun 1950-an dalam bidang biologi dan fisika, yang kemudian meluas ke disiplin ilmu lain termasuk manajemen, hukum, dan sistem informasi (Harney, 2024).

Salah satu prinsip penting dalam teori sistem ini adalah bahwa sistem bisa terbuka dan tertutup. Sistem terbuka berinteraksi dengan lingkungannya dan dapat beradaptasi dengan perubahan eksternal, sedangkan sistem tertutup lebih mandiri dan tidak terpengaruh oleh pengaruh eksternal (Arnold et al., 2024). Dalam konteks ini, sistem informasi akuntansi karbon harus dapat diakses untuk menyesuaikan dan mengintegrasikan berbagai sumber data dari perusahaan, pihak berwenang, dan auditor untuk menjamin pelaporan karbon yang tepat dan transparan.

Menurut (Langford, 2024), Teori Sistem juga menekankan konsep umpan balik (*feedback loops*) yang memungkinkan sistem untuk melakukan koreksi dan perbaikan berkelanjutan. Dalam sistem akuntansi karbon, mekanisme umpan balik ini dapat digunakan untuk memastikan keakuratan data yang dikumpulkan serta menyesuaikan sistem dengan regulasi yang terus berkembang. Selain itu, teori ini menjelaskan bahwa sistem harus memiliki keseimbangan antara kompleksitas dan efisiensi agar dapat beroperasi secara optimal dalam jangka panjang.

### **2.1.2 Contingency Theory**

Menurut *Contingency Theory*, tidak ada desain sistem akuntansi yang seragam karena kinerjanya bergantung pada faktor-faktor seperti lingkungan organisasi, strategi bisnis, teknologi, ukuran perusahaan, dan struktur manajemen (Siagian, 2025). Pendekatan ini menekankan bahwa sistem informasi akuntansi harus disesuaikan dengan kebutuhan spesifik organisasi agar dapat bekerja optimal. Faktanya, gagasan ini telah diterapkan secara luas pada desain sistem akuntansi dan manajemen untuk meningkatkan efisiensi dan pengambilan Keputusan berdasarkan data (Frans et al., 2020).

Menurut (Nguyen et al., 2023), ketidakpastian lingkungan, daya saing pasar, dan perubahan teknologi memiliki dampak yang besar terhadap implementasi sistem informasi akuntansi. Organisasi dalam konteks yang dinamis membutuhkan sistem akuntansi yang dapat beradaptasi dengan perubahan, sedangkan organisasi dengan struktur yang lebih solid dapat menggunakan sistem yang lebih konvensional. Selain itu, kemajuan teknis seperti penggunaan sistem berbasis cloud dan big data memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi pencatatan dan analisis keuangan.

### **2.1.3 Sistem Informasi Akuntansi**

Sistem adalah komponen-komponen yang terbentuk dan saling bergantung dan berinteraksi untuk mencapai tujuan Bersama (Hammouchi-Ghomari, 2022). Sistem dapat mencakup subsistem dan terhubung dengan sistem lain, membentuk jaringan yang kompleks. Cara kerja sistem ditentukan oleh komponen dan hubungan antar komponen tersebut. Sistem menerima input, memprosesnya dan menghasilkan output yang bermanfaat, sering berupa laporan atau dokumen. Output suatu sistem dapat menjadi input untuk sistem lain (A A Gde, 2020).

Informasi akuntansi adalah hasil pengelolaan data keuangan yang disajikan dalam bentuk yang relevan, akurat, dan dapat dipahami, sehingga dapat digunakan untuk

mendukung pengambilan keputusan dalam suatu organisasi (Syaharman, 2020). Informasi ini meliputi laporan keuangan, analisis biaya, dan indikator kinerja yang memberikan wawasan mengenai kondisi finansial suatu entitas. Fungsi utama informasi akuntansi adalah mendukung perencanaan, pengendalian, dan evaluasi aktivitas organisasi.

Sistem Informasi Akuntansi (SIA) adalah sistem yang mengumpulkan, menyimpan, dan memproses data keuangan untuk menghasilkan informasi yang membantu organisasi dalam mengambil keputusan bisnis dan operasional (Lestari et al., 2024). SIA mengintegrasikan teknologi informasi dan prinsip-prinsip akuntansi untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pencatatan transaksi dan penyusunan laporan keuangan.

Kegunaan sistem informasi menurut (Renaldo et al., 2022) sebagai berikut:

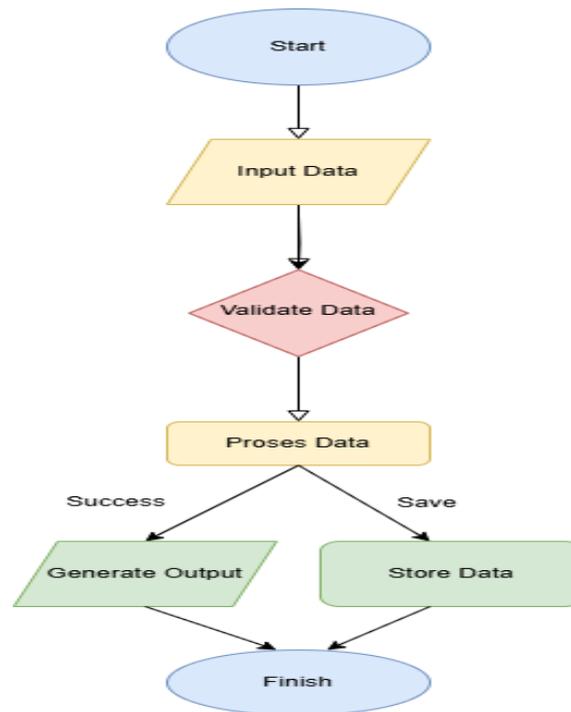
- a. Peningkatan produktivitas: Otomatisasi proses kerja mengurangi beban tugas manual, meminimalisir kesalahan, dan menghemat waktu, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas secara keseluruhan. Biaya operasional pun dapat ditekan dengan otomatisasi tugas-tugas berulang.
- b. Penguatan Kolaborasi: Sistem informasi yang terintegrasi mempermudah komunikasi dan koordinasi antar bagian, tim, dan lokasi kerja, sehingga kolaborasi menjadi lebih efektif dan produktivitas meningkat.
- c. Keputusan yang Lebih Tepat: Akses mudah terhadap data yang akurat dan terkini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dan terinformasi, sehingga meminimalisir kerugian akibat kesalahan perencanaan. Analisis data yang lebih komprehensif juga dimungkinkan.

Sistem informasi di era sekarang ini telah berkembang menjadi bagian integral dari berbagai sektor, didorong oleh inovasi teknologi seperti kecerdasan buatan (AI) (Judijanto et al., 2024), computing awan (cloud computing) (Ajay et al., 2024), analitik data besar (big data analytics) (Judijanto et al., 2024), dan blockchain (Suyanto et al., 2024). Sistem

informasi tidak hanya berfungsi untuk mendukung aktivitas operasional, tetapi juga menjadi alat strategis untuk meningkatkan daya saing organisasi. Berikut adalah karakteristik utama sistem informasi di era modern:

- a. Digitalisasi dan automasi: Sistem informasi saat ini mengotomatisasi berbagai tugas administratif dan operasional dengan bantuan database yang terstruktur, mengurangi beban kerja manual, dan meningkatkan produktivitas (Ramadani & Firdaus, 2024). Penggunaan teknologi seperti *machine learning* memungkinkan sistem untuk melakukan analisis prediktif dan mendukung pengambilan keputusan.
- b. Berbasis cloud computing: banyak organisasi kini beralih ke cloud computing untuk menyimpan dan mengelola database secara efisien. Teknologi ini memberikan fleksibilitas, skalabilitas, dan efisiensi biaya dalam pengelolaan sistem informasi (Suyanto et al., 2024).
- c. Terintegrasi dan Real-Time: sistem informasi sekarang ini memungkinkan integrasi antara berbagai departemen dalam organisasi dengan mengandalkan database real-time, sehingga informasi dapat diperbaharui dan diakses secara langsung (Seftyananta et al., 2024).

Flowchart berikut adalah ilustrasi alur kerja dalam sistem informasi. Flowchart ini memberikan Gambaran terkait bagaimana sistem informasi dirancang untuk mengotomatisasi serta mengintegrasikan berbagai fungsi guna mendukung pengelolaan data yang efisien.



**Gambar 2. 1 Ilustrasi Flowchart sistem informasi**

#### **2.1.4 Akuntansi Karbon (*Carbon Accounting*)**

Akuntansi karbon (*Carbon Accounting*) merupakan metode pengukuran, pemantauan, dan pelaporan emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan suatu perusahaan, masyarakat, atau negara (Taufik, 2025). *Carbon Accounting* merupakan komponen penting dari akuntansi lingkungan (*environmental accounting*) yang membantu mengelola dan melaporkan dampak emisi karbon. Menurut (Onuoha & Chioma, 2020), akuntansi lingkungan (*environmental accounting*) merupakan identifikasi, pengumpulan, penghitungan, dan analisis data biaya lingkungan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik di dalam perusahaan. *Carbon Accounting* membantu perusahaan dalam merencanakan dan mengimplementasikan strategi pengurangan emisi karbon, baik untuk mematuhi kebijakan pemerintah maupun untuk memenuhi target internal yang berhubungan dengan keberlanjutan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan transparansi mengenai dampak lingkungan dari suatu aktivitas, sekaligus untuk mematuhi peraturan yang berkaitan dengan pengurangan emisi karbon (F. Wang et al., 2023b). Selain itu, perhitungan karbon juga

digunakan untuk mendapatkan sertifikasi atau label yang menunjukkan bahwa perusahaan berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon, yang dapat meningkatkan citra perusahaan di mata konsumen dan investor yang peduli dengan isu lingkungan (Cohen et al., 2023).

Secara global, berbagai standar dan panduan telah dikembangkan untuk memastikan kesesuaian dalam pelaporan emisi karbon. Standar dalam perhitungan karbon meliputi Protokol Gas Rumah Kaca (GRK) yang dikembangkan oleh World Resources Institute (WRI) dan World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), dan Standar Pelaporan Keuangan Internasional (IFRS) S2 pengungkapan terkait iklim yang memberikan panduan untuk mengungkapkan informasi terkait iklim dalam laporan keuangan. ISO 14064-1, *Publicly Available Standard (PAS20250)* dan GHG Protocol, merupakan beberapa upaya yang dilakukan (Sharaf-Addin & Al-Dhubaibi, 2025). Melalui kerangka kerja protokol ini, organisasi dapat mengidentifikasi dan mengukur sumber emisi, menetapkan target pengurangan, memantau kemajuan, serta membuat Keputusan yang tepat untuk mengelola dan mencegah dampak iklim.

Selain sebagai alat pengukur dan pelaporan, akuntansi karbon juga berkaitan dengan pasar karbon. Perusahaan dan masyarakat dapat memanfaatkan perdagangan karbon dalam skema cap and trade, di mana mereka dapat membeli atau menjual kredit karbon berdasarkan batas emisi yang telah ditentukan (Adiwarman, 2024). Beberapa negara juga menerapkan pajak karbon sebagai bentuk regulasi yang mendorong perusahaan untuk mengurangi emisi karbonnya dengan cara meningkatkan biaya polusi (Kohlscheen et al., 2021).

Di Indonesia, regulasi terkait akuntansi karbon telah diatur dalam UU Peraturan Presiden No. 98 Tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon (BPK RI, 2021). Standar ini mengacu pada mekanisme perdagangan karbon dan pajak karbon yang bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di berbagai sektor industri.

Isu lingkungan yang relevan dengan perhitungan karbon mencakup berbagai tantangan global, seperti dampak perubahan iklim, memburuknya kualitas udara, dan pemanasan global akibat emisi gas rumah kaca. Salah satu kendala utama adalah ketidakakuratan pengukuran dan pelaporan emisi, yang dapat mempengaruhi efektivitas langkah-langkah pengukuran emisi karbon (Xiong et al., 2023). Selain itu, keterbatasan infrastruktur, teknologi, dan sumber daya manusia, penerapan akuntansi karbon masih belum merata di seluruh industri, terutama di negara berkembang (F. Wang et al., 2021). Meskipun banyak Perusahaan telah menerapkan program keberlanjutan, namun praktek *greenwashing* masih sering terjadi, di mana perusahaan hanya memenuhi persyaratan formal tanpa benar-benar berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon (Olivia et al., 2025).

Dalam penerapannya, akuntansi karbon berkaitan erat dengan berbagai masalah lingkungan. Beberapa masalah lingkungan yang dianalisis dalam akuntansi karbon yang disajikan dalam tabel di bawah ini:

**Tabel 2. 1 Masalah Lingkungan**

No.	Masalah Lingkungan	Dampak	Hubungan dengan Akuntansi Karbon	Sumber
1	Emisi Gas Rumah Kaca (GRK)	Pemanasan global, perubahan iklim	Pengukuran dan pelaporan emisi CO <sub>2</sub>	(Febriani Irma, 2024b)
2	Limbah Industri	Pencemaran tanah dan air	Perhitungan karbon dari proses limbah	(Ditia, 2024)
3	Deforestasi	Hilangnya penyerap karbon, gangguan ekosistem	Akuntansi karbon berbasis lahan	(Y. Li et al., 2022)]
4	Polusi Udara	Masalah kesehatan, hujan asam	Penghitungan karbon dari pembakaran bahan bakar fosil	(Hannun & Abdul Razzaq, 2022)

No.	Masalah Lingkungan	Dampak	Hubungan dengan Akuntansi Karbon	Sumber
5	Pemanasan Laut	Kenaikan suhu air laut, ancaman ekosistem laut	Akuntansi karbon sektor kelautan	(H. Li et al., 2024)
6	Pengelolaan Energi	Ketergantungan bahan bakar fosil	Evaluasi efisiensi energi dan emisi	(Hersaputri et al., 2024)

Sumber: Data di olah (2025)

Akuntansi karbon mencakup berbagai aspek yang bertujuan untuk mengukur, melaporkan, serta mengurangi emisi karbon dalam aktivitas bisnis dan industri. Berikut adalah beberapa ruang lingkup pembahasan utama dalam akuntansi karbon:

- a. Pencatatan Emisi: merupakan proses pengukuran, pencatat, dan pelaporan jumlah emisi karbon yang dihasilkan oleh suatu perusahaan (Shamsuzzaman et al., 2021). Sumber emisi dapat berasal dari berbagai sektor seperti industri, transportasi, dan energi.
- b. Perhitungan Karbon: bertujuan untuk mengestimasi jumlah karbon yang dilepaskan atau diserap oleh suatu perusahaan (Mota-Nieto et al., 2024). Perhitungan ini dilakukan dengan berbagai metode dan pendekatan
- c. Perdagangan Karbon: merupakan mekanisme yang memungkinkan Perusahaan untuk membeli atau menjual kredit karbon sebagai bagian dari upaya pengurangan emisi (Tanveer et al., 2024).
- d. Pelaporan dan kepatuhan: mengacu pada penerapan standar dan regulasi internasional, seperti GHG Protocol, ISO 14064 (ISO, 2024), serta kebijakan lingkungan yang diterapkan oleh pemerintah (United Nations Development Programme, 2022).

Untuk mendukung seluruh rangkaian proses tersebut, sistem informasi berperan penting dalam akuntansi karbon yang mana dapat memantau, mengukur, dan melaporkan

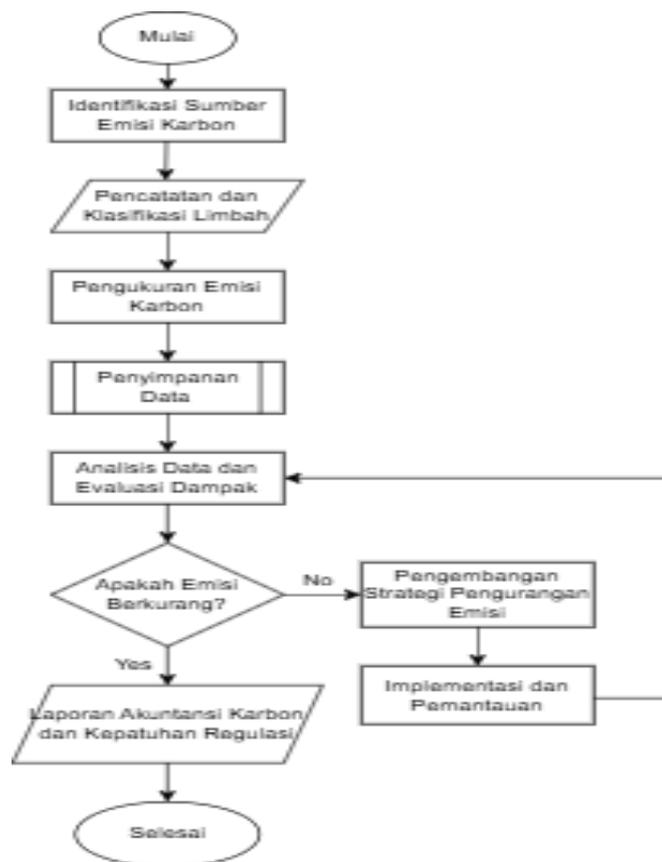
emisi karbon yang dihasilkan sebuah perusahaan. Sistem informasi ini memungkinkan pengumpulan data yang akurat mengenai emisi yang ditimbulkan dari berbagai kegiatan Perusahaan. Dengan sistem informasi, Perusahaan dapat melakukan pencatatan emisi secara efisien, mengukur dampak karbon, serta menyusun laporan yang sesuai dengan standar regulasi internasional, seperti GHG Protocol dan ISO 14064. Selain itu, sistem informasi dapat mendukung perencanaan dan pelaksanaan strategi pengukuran emisi yang lebih efektif, termasuk dalam hal pemantauan perdagangan karbon dan kepatuhan terhadap kebijakan lingkungan yang berlaku.

Berdasarkan uraian di atas, berikut adalah ilustrasi penerapan sistem informasi untuk masalah akuntansi karbon yang dihadapi oleh perusahaan dalam mengelola limbah plastic:

Masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan adalah limbah plastik yang dihasilkan dalam jumlah besar, yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat meningkatkan emisi karbon. Sebagai contoh, perusahaan XYZ menghasilkan limbah plastik dalam proses produksinya, yang dibakar di tempat pembuangan akhir dan berkontribusi pada polusi karbon. Untuk mengatasi masalah ini, penerapan Sistem Informasi Akuntansi Karbon dapat dimulai dengan mengidentifikasi sumber emisi yang berasal dari limbah plastik. Sistem akan mengklasifikasikan limbah menjadi organik dan non-organik, kemudian mengukur emisi karbon yang dihasilkan menggunakan standar penghitungan emisi seperti GHG Protocol. Data yang diperoleh akan disimpan dalam database yang terstruktur untuk dianalisis, guna menilai dampak lingkungan dari limbah plastik tersebut. Berdasarkan hasil analisis, strategi pengurangan emisi dapat dikembangkan, seperti mendorong daur ulang atau mengganti bahan produksi dengan bahan yang lebih ramah lingkungan. Setelah

strategi diterapkan, efektivitasnya dapat dipantau, dan laporan akuntansi karbon disusun untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku.

Berikut ini dilampirkan **flowchart** yang menggambarkan langkah-langkah penerapan sistem informasi akuntansi karbon dalam mengelola limbah plastik dan mengurangi emisi karbon. Flowchart ini menunjukkan proses mulai dari identifikasi sumber emisi hingga penyusunan laporan untuk pemangku kepentingan dan pemantauan strategi pengurangan emisi.



**Gambar 2. 2 Ilustrasi penerapan sistem informasi**

### 2.1.5 Database

Database merupakan sekumpulan data yang saling berkaitan berdasarkan model data (Fahzirah & Nasution, 2024). Database memudahkan pengelolaan data dalam jumlah besar dengan cara yang mudah di akses dan diubah. Berdasarkan konteks sistem

informasi, database digunakan untuk mendukung operasi bisnis, termasuk mencatat transaksi, mengelola informasi pelanggan, dan menyimpan data dalam perusahaan (Al Kez et al., 2022). Database biasanya disusun dalam table-tabel yang saling berhubungan, sehingga menyederhanakan proses pengelolaan dan pengambilan data (Pradipta et al., 2022).

Database memiliki berbagai kegunaan yang mendukung efisiensi dalam pengelolaan data, keamanan informasi, serta pengambilan keputusan yang lebih baik. Adapun kegunaan database sebagai berikut:

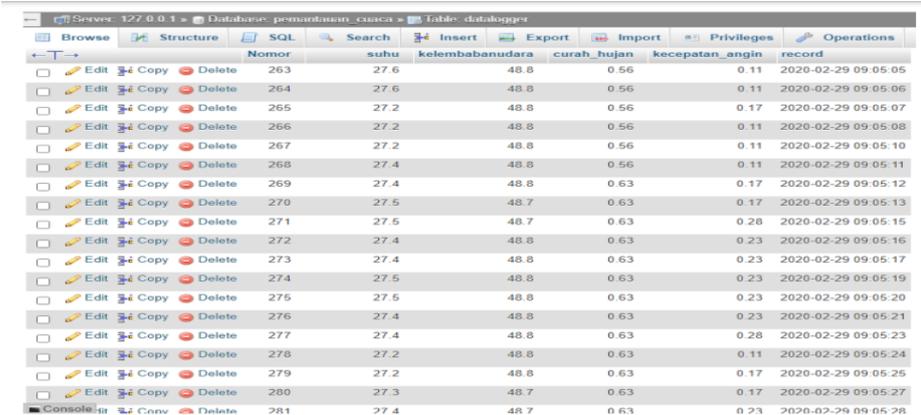
- a. Menyimpan dan Mengelola Data Secara Terstruktur: database memungkinkan penyimpanan informasi secara sistematis, memudahkan pengelolaan dan akses data (Fahzirah & Nasution, 2024).
- b. Meningkatkan Keamanan Data: database dirancang untuk menjaga integritas dan keamanan data, memastikan informasi terlindungi dari akses yang tidak sah (Fahzirah & Nasution, 2024).
- c. Mempermudah Integrasi Sistem: Database memungkinkan penyatuan berbagai sistem informasi dalam organisasi, memastikan konsistensi dan akurasi data (Doncevic & Fertalj, 2020).
- d. Mendukung Pengambilan Keputusan: Database menyediakan informasi yang akurat dan relevan, mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih baik (Zai & Nasution, 2024).
- e. Mengoptimalkan Pengelolaan Sumber Daya: Dengan manajemen data yang efektif, database membantu perusahaan mengelola sumber daya mereka dengan lebih efisien (Said et al., 2024).

Dalam pengembangan sistem informasi, terdapat berbagai jenis database yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan struktur data. Berikut merupakan jenis database yang umum digunakan:

1. Relational Database (RDBMS): menyimpan data dalam bentuk tabel dengan relasi antar data dan menggunakan *structured query language* (SQL) untuk pengelolaan data (EIDahshan et al., 2022). Database ini menjamin integritas dan konsistensi data melalui prinsip ACID (*Atomicity, Consistency, Isolation, Durability*) sehingga cocok untuk sistem yang membutuhkan akurasi tinggi. Contoh teknologi yang masuk dalam kategori ini adalah MySQL, Oracle Database dan lain-lain.

- a. MySQL

MySQL merupakan database yang paling banyak yang digunakan sekarang ini. Menurut Mumtahana, (2022), MySQL adalah sistem manajemen database relasional (RDBMS) yang menghasilkan informasi berdasarkan hubungan antar tabel. MySQL menyimpan data dalam bentuk tabel dengan struktur yang jelas.



	Nomor	suhu	kelembabanudara	curah_hujan	kecepatan_angin	record
263	27.6	48.8	0.56	0.11	2020-02-29 09:05:05	
264	27.6	48.8	0.56	0.11	2020-02-29 09:05:06	
265	27.2	48.8	0.56	0.17	2020-02-29 09:05:07	
266	27.2	48.8	0.56	0.11	2020-02-29 09:05:08	
267	27.2	48.8	0.56	0.11	2020-02-29 09:05:10	
268	27.4	48.8	0.56	0.11	2020-02-29 09:05:11	
269	27.4	48.8	0.63	0.17	2020-02-29 09:05:12	
270	27.5	48.7	0.63	0.17	2020-02-29 09:05:13	
271	27.5	48.7	0.63	0.28	2020-02-29 09:05:15	
272	27.4	48.8	0.63	0.23	2020-02-29 09:05:16	
273	27.4	48.8	0.63	0.23	2020-02-29 09:05:17	
274	27.5	48.8	0.63	0.23	2020-02-29 09:05:19	
275	27.5	48.8	0.63	0.23	2020-02-29 09:05:20	
276	27.4	48.8	0.63	0.23	2020-02-29 09:05:21	
277	27.4	48.8	0.63	0.28	2020-02-29 09:05:23	
278	27.2	48.8	0.63	0.11	2020-02-29 09:05:24	
279	27.2	48.8	0.63	0.17	2020-02-29 09:05:25	
280	27.3	48.7	0.63	0.17	2020-02-29 09:05:27	
281	27.4	48.7	0.63	0.23	2020-02-29 09:05:28	

**Gambar 2. 3 Tampilan Database MySQL**

(Sumber: Nur Hanif et al., 2021)

- b. Oracle

Oracle merupakan sistem manajemen database relasional (RDBMS) yang dirancang untuk menyimpan, mengatur, dan memproses data secara efektif

dengan menggunakan *Structured Query Language (SQL)* (Satriani & Ernawati, 2023).

NOMOR	KELEMBABANUDARA	SUHU	CURAH-HUJAN	KECEPATANANGIN	RECORD
222 255	48.9	27.5	0.56		0 29-FEB-20 09.04.55.000000000 AM
223 256	48.8	27.4	0.56		0 29-FEB-20 09.04.56.000000000 AM
224 257	48.8	27.2	0.56		0 06 29-FEB-20 09.04.58.000000000 AM
225 258	48.8	27.2	0.56		0 17 29-FEB-20 09.04.59.000000000 AM
226 259	48.8	27.4	0.56		0 11 29-FEB-20 09.05.00.000000000 AM
227 260	48.8	27.4	0.56		0 11 29-FEB-20 09.05.01.000000000 AM
228 261	48.8	27.2	0.56		0 06 29-FEB-20 09.05.02.000000000 AM
229 262	48.8	27.2	0.56		0 06 29-FEB-20 09.05.04.000000000 AM
230 263	48.8	27.6	0.56		0 11 29-FEB-20 09.05.05.000000000 AM
231 264	48.8	27.6	0.56		0 11 29-FEB-20 09.05.06.000000000 AM
232 265	48.8	27.2	0.56		0 17 29-FEB-20 09.05.07.000000000 AM
233 266	48.8	27.2	0.56		0 11 29-FEB-20 09.05.08.000000000 AM
234 267	48.8	27.2	0.56		0 11 29-FEB-20 09.05.10.000000000 AM
235 268	48.8	27.4	0.56		0 11 29-FEB-20 09.05.11.000000000 AM
236 269	48.8	27.4	0.63		0 17 29-FEB-20 09.05.12.000000000 AM
237 270	48.7	27.5	0.63		0 17 29-FEB-20 09.05.13.000000000 AM
238 271	48.7	27.5	0.63		0 28 29-FEB-20 09.05.15.000000000 AM
239 272	48.8	27.4	0.63		0 23 29-FEB-20 09.05.16.000000000 AM
240 273	48.8	27.4	0.63		0 23 29-FEB-20 09.05.17.000000000 AM
241 274	48.8	27.5	0.63		0 23 29-FEB-20 09.05.19.000000000 AM
242 275	48.8	27.5	0.63		0 23 29-FEB-20 09.05.20.000000000 AM

**Gambar 2. 4 Tampilan Database Oracle**

(Sumber: Nurhanif et al., 2021)

- NoSQL Database: merupakan sistem database non-relasional yang dirancang untuk model data yang lebih spesifik dengan skema yang fleksibel (Haryanto et al., 2024). Database ini lebih fleksibel dalam menyimpan data tidak terstruktur dan semi-terstruktur serta memiliki skalabilitas tinggi, sehingga cocok untuk menangani data dalam jumlah besar. Beberapa contoh teknologi yang termasuk dalam NoSQL adalah MongoDB, Firebase, Cassandra, dan Redis.

Document
{ "_id": ObjectId("65125fff7bcd79b0a97dcf3"), "name": "Admin", "role": 4, "username": "admin", "password": "admin" }
{ "_id": ObjectId("6549b0d7156c85b96cd47cfe"), "name": "Afdal Wahy1", "role": 1, "username": "afdalwaja12", "password": "afdalw12" }
{ "_id": ObjectId("6549b1ed156c85b96cd47cff"), "name": "Very", "role": 2, "username": "very12", "password": "veryaja" }
{ "_id": ObjectId("6549b20f156c85b96cd47d00"), "name": "Wisnu", "role": 3 }

**Gambar 2. 5 Tampilan Database MongoDB**

(Sumber: Wahyi & Jamzuri, 2023)

3. Time-Series Database: Time-Series Database merupakan database yang dirancang untuk menyimpan dan memproses data yang diatur berdasarkan waktu (de Waal, 2022). Database ini mampu menangani volume besar data berbasis waktu dan memiliki performa tinggi untuk query yang melibatkan timestamp. Contoh teknologi yang termasuk dalam kategori ini adalah InfluxDB dan TimescaleDB.

Penggunaan database dalam bidang akuntansi telah berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Database dapat digunakan untuk menyimpan, mengakses, dan menganalisis data keuangan secara efisien dan lebih mudah. Berikut merupakan informasi database yang digunakan dalam aplikasi ERP dan perangkat lunak akuntansi.

**Tabel 2. 2 Penggunaan Database dalam Bidang Akuntansi**

No	Keterangan	Sumber Literatur
1	Odoo: digunakan untuk otomatisasi laporan keuangan dan pencatatan transaksi. Odoo menggunakan PostgreSQL sebagai database untuk menyimpan dan mengelola data transaksi dan operasional.	<a href="http://www.odoo.com">www.odoo.com</a>
2	Oracle Financials: menggunakan Oracle Database untuk menyimpan data transaksi keuangan dan laporan analitik	<a href="http://www.oracle.com">www.oracle.com</a>
3	SAP: menggunakan SAP HANA atau Oracle Database untuk menyimpan data dan mengelola data Perusahaan secara terintegrasi.	<a href="http://www.sap.com">www.sap.com</a>
4	MYOB: menggunakan Microsoft SQL Server sebagai database untuk mengelola data keuangan dan transaksi	<a href="http://www.myob.com">www.myob.com</a>

Sumber: Diolah (2025)

Dalam sebuah sistem untuk mencatat, menyimpan, dan mengelola data emisi karbon dari sensor emisi, laporan produksi, serta aktivitas lain yang berkontribusi terhadap jejak karbon. Berikut merupakan implementasi database yang digunakan dalam mencatat informasi karbon:

**Tabel 2. 3 Database yang digunakan mencatat informasi karbon**

No	Keterangan	Sumber Literatur
1	CDP (Carbon Disclosure Project): Database dunia yang menyimpan dan mengatur data emisi karbon dari pemerintah dan Perusahaan.	<a href="https://www.cdp.net/en">https://www.cdp.net/en</a>
2	VER (Verified Emission Reductions) & Gold Standard:	<a href="https://www.goldstandard.org/">https://www.goldstandard.org/</a>
3	NDC Registry (Nationally Determined Contributions)- UNFCCC: Database yang menyimpan informasi mengenai komitmen negara-negara dalam mengurangi emisi karbon berdasarkan Perjanjian Paris	<a href="https://unfccc.int/">https://unfccc.int/</a>

Standar pelaporan emisi karbon harus menjadi panduan desain sistem database yang digunakan dalam sistem informasi karbon. Data emisi karbon dapat dicatat, diproses, dan dilaporkan secara sistematis melalui model database ini. Tabel berikut mencantumkan tabel-tabel utama dari bagian struktur database yang akan dirancang:

**Tabel 2. 4 Struktur tabel dalam model database**

No	Tabel	Deskripsi
1	Perusahaan	Informasi mengenai perusahaan yang melaporkan emisi disimpan oleh perusahaan
2	Sumber Emisi	Mendokumentasikan beberapa sumber emisi perusahaan, termasuk kendaraan bermotor, mesin, dan prosedur produksi
3	Data Emisi	Melacak emisi karbon berdasarkan kategori dan waktu
4	Metode Perhitungan	Menjelaskan bagaimana emisi karbon dihitung berdasarkan kriteria tertentu

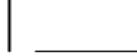
Sumber: Data diolah (2025)

### 2.1.6 Alat Bantu Analisis Perancangan Sistem Informasi

Alat bantu yang digunakan dalam perancangan sistem informasi akuntansi berbasis database ini adalah:

#### 1. Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan diagram diagram yang digunakan untuk perancangan sebuah database. Menurut Agarwal et al., (2024), ERD membantu dalam memahami bagaimana data diatur dan bagaimana hubungan antar data diteorikan sebelum diimplementasikan dalam database relasional. Afiifah et al., (2022), menyatakan bahwa ERD merupakan langkah awal dalam perancangan database yang dapat digunakan untuk mencegah kesalahan konseptual dan menyediakan struktur data yang lebih efisien. Menurut Al-Fedaghi, (2021), ERD terdiri dari tiga komponen utama yaitu entitas, karakteristik, dan hubungan. Entitas adalah objek atau konsep yang dapat diidentifikasi secara unik dalam sistem, atribut adalah properti dari sebuah entitas, dan relasi menggambarkan bagaimana entitas berinteraksi satu sama lain.

No	Simbol	Nama	Keterangan
1		Entitas	Jenis entitas dapat berupa suatu elemen lingkungan, sumber daya atau transaksi yang <i>field-fieldnya</i> dipergunakan dalam aplikasi program
2		Hubungan atau Relasi	Menunjukkan nama relasi antar satu entitas dengan entitas lainnya
3		Atribut	Atribut adalah karakteristik dari sebuah entitas
4		Garis Relasi	Menunjukkan hubungan (keterkaitan) antar entitas
5		Entitas Lemah	Entitas yang kemunculannya tergantung dari entitas lain yang lebih kuat

**Gambar 2. 6 Simbol ERD**

Sumber: Sihotang et al., (2021)

## 2. *Data Flow Diagram (DFD)*

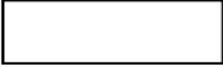
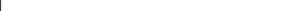
*Data Flow Diagram (DFD)* adalah diagram yang digunakan untuk merepresentasikan aliran data dalam suatu sistem (Aleryani, 2024). Menurut Failly et al., (2020), DFD efektif digunakan untuk memeriksa bagaimana data mengalir melalui sebuah sistem, sehingga lebih mudah untuk menemukan kekurangan potensial dan meningkatkan desain sistem. Schneider et al., (2024), menunjukkan bahwa DFD sering digunakan dalam pengembangan sistem untuk memvisualisasikan proses bisnis, meningkatkan efisiensi komunikasi dan mengidentifikasi persyaratan keamanan sistem.

Rizkiaputri & Auliandri, (2020) berpendapat bahwa DFD terdiri dari empat komponen dasar, yaitu entitas eksternal, proses, aliran data dan penyimpanan data. Entitas eksternal berinteraksi dengan sistem sebagai sumber atau tujuan data. Proses menggambarkan kegiatan atau operasi yang dilakukan selama pemrosesan data. Aliran data menggambarkan pergerakan data dari satu bagian sistem ke bagian lain, sedangkan penyimpanan data berfungsi sebagai tempat penyimpanan informasi sistem.

DFD meningkatkan pemahaman sistem, memfasilitasi keterlibatan pemangku kepentingan, dan menyediakan dokumentasi visual untuk pengembangan dan pemeliharaan sistem di masa depan (Satyaninggrat et al., 2023). Menurut Kusuma et al., (2023), DFD mengandung banyak level yang digunakan untuk menjelaskan sistem secara bertahap, dimulai dari:

1. Diagram konteks: menunjukkan proses utama sistem dan interaksinya dengan entitas eksternal
2. Diagram Level 0: memecah diagram konteks menjadi prosedur-prosedur yang lebih rinci

3. Diagram *Level 0* dan seterusnya: memberikan detail yang lebih besar pada setiap sub proses dalam diagram sebelumnya.

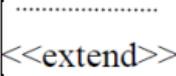
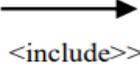
Simbol	Arti
	Menunjukkan entitas dan tujuan
	Menunjukkan arusdata
	Menunjukkan proses
	Menunjukkan PROSES Data
	
	

**Gambar 2. 7 Simbol DFD**

Sumber: Sihotang et al., (2021b)

### 3. Use Case Diagram

Menurut Benabderrezak, (2024), *Use Case Diagram* merupakan diagram dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang menggambarkan bagaimana pengguna (aktor) berinteraksi dengan sistem. Diagram ini berguna untuk mendefinisikan kebutuhan sistem dan membantu pemangku kepentingan memahami bagaimana sistem akan digunakan (Alturas, 2023). Menurut Imtiaz Malik et al., (2023), komponen utama dari *Use Case Diagram* adalah aktor, *use case*, dan hubungannya, seperti asosiasi, inklusi, dan perluasan. Diagram ini juga dapat digunakan sebagai alat analisis untuk mengidentifikasi fungsionalitas sistem yang kritis sebelum diimplementasikan. Menurut Aleryani, (2024), *Use Case Diagram* sering digunakan Bersama dengan *Data Flow Diagram (DFD)* untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih baik tentang bagaimana data mengalir dalam sistem dan bagaimana pengguna berinteraksi dengan fitur yang tersedia.

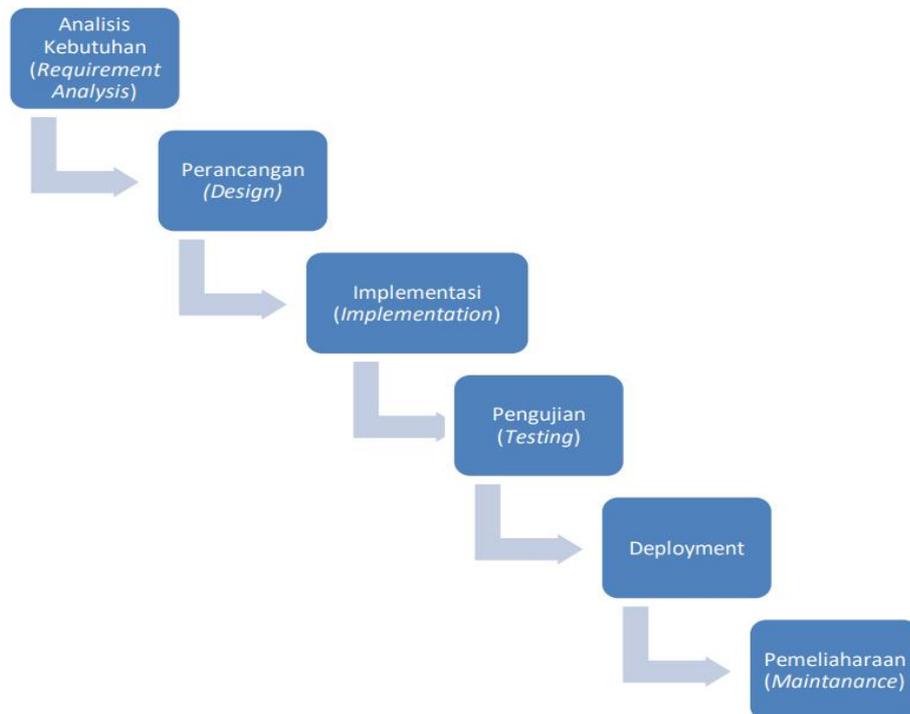
Simbol	Nama	Deskripsi
	Actor	Digunakan untuk menjelaskan sesuatu atau seseorang yang sedang berinteraksi dengan sistem.
	Use Case	Menggambarkan suatu perilaku dari sistem tanpa mengungkapkan struktur internal dari sistem tersebut.
	Assosiation	Jalur komunikasi antar actor dengan use case yang saling berpartisipasi.
	Extend	Penambahan perilaku ke dalam use case dasar yang tidak tahu tentang hal tersebut.
	Use case generalization	Hubungan antara use case umum dengan use case yang lebih spesifik, yang mewarisi dan menambah fitur terhadapnya.
	Include	Penambahan perilaku ke dalam use case dasar yang secara eksplisit menjelaskan penambahannya.

**Gambar 2. 8 Simbol Use Case Diagram**

Sumber: Suharni et al., (2023)

### 2.1.7 Metode Waterfall

Menurut Saravanos & Curinga, (2023), metode Waterfall merupakan model perancangan perangkat lunak yang dikenal sebagai salah satu metode pengembangan yang paling awal. Model ini menggunakan metode desain yang berurutan, yang mengharuskan penyelesaian setiap tahap sebelum melangkah ke tingkat selanjutnya. Paradigma ini sering digunakan dalam pengembangan perangkat lunak karena kerangka kerjanya yang jelas dan sistematis, namun memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan beradaptasi terhadap kebutuhan yang berkembang selama proyek berlangsung (Ly et al., 2025).



**Gambar 2. 9 Tahapan metode Waterfall**

Sumber: (Choldun & Rahmadewi, 2023)

Tahapan berurutan dari Metode Waterfall:

1. Requirement Analysis: Menentukan kebutuhan sistem antara lain: kebutuhan informasi, kebutuhan fungsional, dan kebutuhan non-fungsional.
2. Sistem Design: Merancang struktur database, diagram ERD, diagram aliran data, *Use Case Diagram* dan *wireframe* sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisa
3. Implementation: Membuat sistem sesuai dengan rancangan yang telah dibuat
4. Integration and Testing: Memverifikasi bahwa sistem memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan
5. Deployment: Menerapkan sistem ke dalam pengaturan langsung
6. Maintenance: Menjaga agar sistem tetap update setelah diterapkan

### 2.1.8 Carbon

Carbon merupakan salah satu zat yang paling banyak terdapat di bumi. Karbon adalah elemen paling banyak keempat di alam semesta dan berfungsi sebagai unsur dasar dari semua makhluk hidup dan tak hidup (Prajapati SK et al., 2023). Karbon menjadi perhatian utama karena dampaknya terhadap lingkungan dan ekonomi global. Salah satu tantangan utama terkait karbon adalah pelepasan gas rumah kaca, terutama karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan metana ( $\text{CH}_4$ ), dari aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, penggundulan hutan, dan proses industri (Shukla et al., 2022). Suhu rata-rata bumi meningkat karena efek rumah kaca, yang diperparah oleh emisi karbon ini dan memiliki berbagai dampak negatif terhadap lingkungan.

Berdasarkan sifat dan sumbernya, karbon dapat dibagi menjadi dua kategori utama (Pertiwi et al., (2024); Islam et al., (2024); World Bank, (2024); Wu et al., (2025); Raza et al., 2024); Zhen et al., (2024) yaitu sebagai berikut:

1. Karbon Organik: karbon yang terdapat dalam organisme hidup dan zat berbasis karbon lainnya yang dihasilkan oleh proses biologis.
  - a. Karbon dalam Makhluk Hidup: karbon yang terdapat jaringan bakteri, tanaman, dan hewan
  - b. Karbon dalam Tanah: Karbon ini berasal dari sisa-sisa organik dan limbah tanaman yang terurai di dalam tanah
  - c. Karbon dalam Kegiatan Industri: Ini adalah karbon yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti gas alam, batu bara, dan minyak
2. Karbon Anorganik:
  - a. Karbon dalam Batuan Karbonat: Dolomit dan batu kapur mengandung karbon yang disimpan sebagai mineral karbonat

- b. Karbon di Atmosfer: Metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) adalah dua bentuk karbon yang berkontribusi terhadap efek rumah kaca
- c. Karbon dalam Proses Pelapukan: Reaksi kimia pelapukan batuan karbonat melepaskan atau menyerap karbon emisi.

Emisi karbon, terutama dalam bentuk Metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan penyebab utama efek rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Ketika gas-gas ini menumpuk di atmosfer suhu bumi akan meningkat, yang menyebabkan sejumlah dampak lingkungan yang serius, seperti:

1. Perubahan Kondisi Cuaca: Ketidakstabilan iklim yang disebabkan oleh kenaikan suhu mengubah pola curah hujan, mengintensifkan badai, dan meningkatkan kemungkinan kekeringan di beberapa daerah (Bolan et al., 2024).
2. Kenaikan Permukaan Laut: Pulau-pulau kecil dan masyarakat pesisir yang banyak dihuni terancam menghilang akibat kenaikan permukaan laut yang disebabkan oleh suhu yang memanas dan es yang mencair (Dong et al., 2024).
3. Gangguan Ekosistem: Dengan mengubah habitat alami, menyebabkan hilangnya beberapa spesies, dan mengganggu rantai makanan ekosistem, emisi karbon berdampak pada keanekaragaman hayati (Weiskopf et al., 2020).

Sejumlah UU dan pedoman telah diberlakukan untuk mengatur dan menurunkan emisi gas rumah kaca sebagai hasil dari meningkatnya kesadaran di seluruh dunia akan dampak emisi karbon. Di bawah ini merupakan beberapa aturan yang berlaku:

1. Perjanjian Paris 2015: Perjanjian Paris adalah perjanjian internasional yang mewajibkan pemerintah negara anggota untuk menjaga kenaikan suhu global kurang dari  $2^\circ\text{C}$  di atas tingkat pra-industri, dengan target  $1,5^\circ\text{C}$  (UNFCCC, 2022).
2. *GHG Protocol*: Standar internasional yang memberikan petunjuk kepada perusahaan dan organisasi tentang cara mengukur, melaporkan, dan mengendalikan emisi

karbon mereka secara metodis dan terbuka (Momblanco et al., 2024). GHG Protocol membagi emisi karbon ke dalam kategori utama (Hertwich & Wood, 2024), yaitu:

- a. Scope 1: Emisi yang berasal langsung dari sumber yang dimiliki atau di bawah pengawasan
- b. Scope 2: Emisi tidak langsung yang dihasilkan dari energi yang dibeli dan digunakan oleh perusahaan
- c. Scope 3: Emisi tidak langsung yang terkait dengan semua hal yang dilakukan perusahaan tetapi tidak secara langsung dikendalikan.

Berikut merupakan tabel yang menunjukkan aktivitas nyata penyebab emisi karbon berdasarkan klasifikasi Scope 1, 2, dan 3 dari GHG Protocol.

**Tabel 2. 5 Aktivitas Emisi Karbon Berdasarkan Scope GHG Protocol**

Scope	Kategori	Aktivitas Nyata
Scope 1	Pembakaran bahan bakar stasioner	Penggunaan genset berbahan bakar diesel atau gas; Kompor berbahan bakar LPG atau kayu bakar
	Transportasi dalam batas	Kendaraan pribadi/angkutan umum berbahan bakar BBM yang beroperasi dalam kota
	Proses industri dan penggunaan produk	Proses industri seperti produksi semen, baja, amonia, dll.
	Pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan lainnya (AFOLU)	Emisi dari fermentasi enterik ternak; Pengelolaan pupuk dan kotoran ternak; Pembakaran sisa tanaman
Scope 2	Limbah dan air dalam batas	Pengelolaan sampah (TPA) dan air limbah di dalam kota
	Energi yang dipasok dari jaringan	Konsumsi listrik dari PLN; Penggunaan district heating/cooling; Sistem uap dan pemanas dari jaringan energi
Scope 3	Limbah & Air di luar batas	Sampah kota yang dibuang di luar kota, Air limbah yang dikelola oleh fasilitas di luar wilayah kota
	Transportasi di luar perbatasan	Penerbangan domestik/internasional oleh warga kota; Pengiriman logistik ke/dari luar kota
	Kerugian transmisi & distribusi	Kehilangan energi selama penyaluran listrik (T&D Losses)

Scope	Kategori	Aktivitas Nyata
Scope 3	Emisi tidak Langsung lainnya	Emisi dari konsumsi produk, makanan, dan jasa yang diproduksi di luar kota (embodied emissions)

Sumber: GHG Protocol (2025)

3. Standar internasional ISO 14064: meningkatkan akuntabilitas dan keandalan laporan emisi karbon dengan membuat sistem untuk mengukur, melaporkan, dan memverifikasi emisi gas rumah kaca dalam bisnis (ISO, 2024).

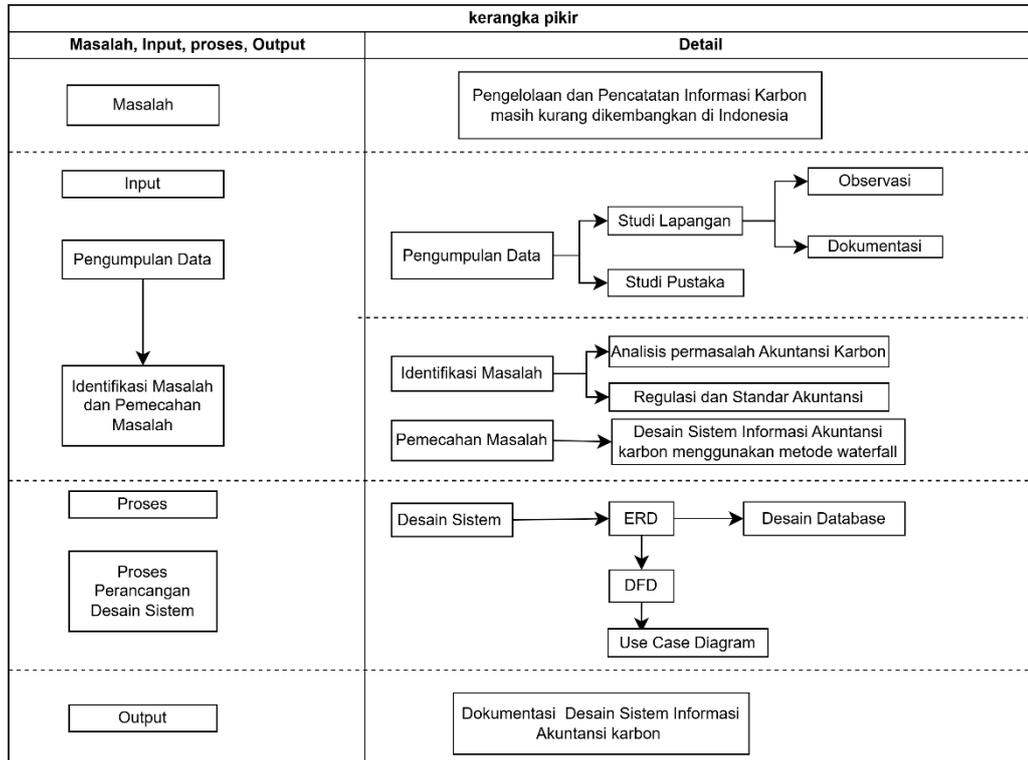
## 2.2 Kerangka Pikir

Kerangka pikir ini menggambarkan hubungan logis di antara tahapan-tahapan yang berbeda dalam Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall. Pengembangan kerangka pikir ini dimulai dengan variable-variabel yang menjadi ciri dari permasalahan yang ada, kemudian dilanjutkan dengan tahap-tahap penyelesaian masalah untuk menghasilkan rancangan sistem yang diusulkan.

Banyak perusahaan di Indonesia yang belum mengadopsi sistem dokumentasi emisi karbon karena kurangnya implementasi dan kesadaran akan pentingnya pencatatan yang sistematis. Hambatan mendasarnya bukanlah kesulitan dalam mendokumentasikan, tetapi kurangnya sistem yang digunakan secara luas. Faktor penghambat lainnya adalah kurangnya studi mengenai desain sistem informasi penghitungan karbon berbasis data dan kebutuhan akan kepatuhan terhadap peraturan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem informasi yang mampu menyimpan dan mengelola data karbon bisnis untuk meningkatkan transparansi dan efektivitas pemantauan dan analisis emisi karbon.

Pada gambar di bawah, penelitian ini dimulai dari tahap Input, yang meliputi pengumpulan data melalui investigasi lapangan (observasi dan dokumentasi) dan tinjauan literatur untuk memahami isu-isu yang ada. Langkah selanjutnya adalah Identifikasi Masalah dan

Pemecahan Masalah, di mana penelitian ini mengkaji peraturan dan standar yang relevan sebagai dasar untuk desain sistem dan mengevaluasi isu-isu penghitungan karbon.



**Gambar 2. 10 Kerangka Pikir**

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif. (Rachman et al., 2024), mendefinisikan metode penelitian kualitatif sebagai pendekatan yang digunakan untuk meneliti pada kondisi objek yang alamiah. Dimana peneliti berperan sebagai instrumen utama, teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi (gabungan), analisis data bersifat induktif, dan hasil penelitian kualitatif lebih mengutamakan makna daripada generalisasi. Menurut Hasan et al., (2022), metode penelitian kualitatif deskriptif merupakan pengumpulan data atau fakta yang dipaparkan berbentuk teks, kata atau gambar, bukan angka atau statistik. Teknik deskriptif digunakan untuk mendefinisikan kebutuhan sistem, rancangan model data, membangun struktur dan fitur sistem informasi yang dikembangkan. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk menjelaskan sebuah ide atau desain tanpa melakukan implementasi atau pengujian sistem secara langsung.

Penelitian ini juga menggunakan pendekatan pengembangan model Waterfall, yang merupakan paradigma pengembangan sistem yang dilakukan secara bertahap dan berurutan. Seperti yang dikatakan Saravanos & Curinga, (2023), metode Waterfall adalah pendekatan sistematis untuk pengembangan perangkat lunak yang terdiri dari tahap analisis, desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Namun, karena penelitian ini berfokus pada desain, maka penelitian ini hanya tahap analisis kebutuhan dan desain sistem yang diselesaikan.

## 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

### 3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 5 bulan, dimulai dari bulan November 2024 s/d Maret 2025. Berdasarkan waktu penelitian, berikut adalah kalender kegiatan selama pelaksanaan penyusunan:

**Tabel 3. 1 Kalender Kegiatan**

No	Nama Kegiatan	Estimasi Waktu Penelitian					
		Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
		2024	2025				
1	Pengajuan Judul Skripsi						
2	Penyusunan Proposal Penelitian						
3	Seminar Usulan Penelitian						
4	Pengumpulan dan Analisis kebutuhan Sistem						
5	Penyusunan Dokumentasi Perancangan Sistem						
6	Ujian Skripsi						
7	Publikasi Artikel						

Sumber: Penulis, (2025)

### 3.2.2 Tempat Penelitian

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

## 3.3 Desain Penelitian

Desain penelitian ini menggunakan metode Waterfall, yaitu pendekatan pengembangan sistem secara bertahap dan berurutan. Desain ini terdiri dari beberapa proses utama yang dilakukan secara metodis untuk membuat desain sistem informasi akuntansi karbon berbasis database. Pendekatan Waterfall yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis)

Langkah ini mencoba untuk mengidentifikasi dan menilai kebutuhan sistem sebelum melakukan desain.

- a. Studi Literatur: mengkaji observasi, dokumentasi, wawancara untuk lebih memahami kebutuhan pengguna dan karakter sistem.
- b. Pengumpulan Data: Mengumpulkan informasi yang dibutuhkan untuk merancang sistem.
- c. Analisis Kebutuhan Sistem: Dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan Menyusun daftar kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.

## 2. Perancangan Sistem (Design)

Setelah kebutuhan sistem diidentifikasi, tahap ini berfokus pada pembuatan struktur dan model sistem.

Sub-tahap:

- a. Desain ERD (Entity Relationship Diagram): Menciptakan hubungan antara data dalam sistem untuk mendefinisikan struktur basis data.
- b. Desain DFD (Data Flow Diagram): Menggambarkan bagaimana data mengalir melalui sistem untuk membantu memahami operasi yang terjadi.
- c. Desain UML (Unified Modeling Language): Membuat diagram seperti *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, dan lainnya untuk mendokumentasikan alur sistem.

## 3. Implementasi Desain (Implementation)

Meskipun penelitian ini hanya sampai tahap perancangan dalam metode waterfall, tahap ini merupakan tahap implementasi dari desain yang telah dibuat.

- a. Pengembangan *Wireframe*: Membuat antarmuka pengguna untuk merepresentasikan sistem yang akan dikembangkan secara visual.
- b. Desain Basis Data: Menyesuaikan struktur basis data sesuai dengan ERD yang telah dibuat sebelumnya.

## 4. Evaluasi Desain (Testing)

Sebelum dokumentasi akhir diselesaikan, desain sistem dinilai untuk memastikan bahwa desain tersebut sesuai dengan persyaratan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

- a. Pemeriksaan dan Revisi Desain: Memastikan bahwa ERD, DFD, UML, *wireframe*, dan basis data telah sesuai dengan persyaratan.
  - b. Evaluasi Sistem Secara Keseluruhan: Menentukan apakah desain sistem mampu memenuhi tujuan penelitian
5. Dokumentasi dan Laporan (Deployment & Maintenance)

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah mempersiapkan dokumentasi untuk laporan penelitian.

- a. Dokumentasi Perancangan Sistem: Mengkompilasi semua hasil desain (ERD, DFD, *Use Case Diagram*, *wireframe*, dan database).
- b. Penyusunan Laporan Penelitian: Mengkonsolidasikan semua hasil penelitian ke dalam laporan penelitian.

Berikut gambar yang menunjukkan desain penelitian yang digunakan dalam perancangan sistem informasi akuntansi karbon:



**Gambar 3. 1 Desain Penelitian**

### **3.4 Teknik Pengumpulan Data**

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem informasi akuntansi karbo berbasis database.

Teknik yang digunakan antara lain:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan referensi dari buku, jurnal ilmiah, laporan penelitian, dan sumber-sumber lain yang kredibel mengenai akuntansi karbon, sistem informasi, dan perancangan sistem database.

2. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data langsung dari sumbernya.

Metode yang digunakan dalam studi lapangan ini adalah:

- a. Dokumentasi: mengumpulkan dokumentasi relevan, seperti laporan akuntansi karbon standar akuntansi, dan regulasi yang digunakan dalam pengelolaan data karbon

- b. Observasi

Mengamati proses pencatatan dan pelaporan karbon yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan sistem yang akan dirancang.

### **3.5 Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data dalam penelitian ini digunakan untuk menginterpretasikan dan memahami data yang diperoleh sehingga memungkinkan Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall. Analisis data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Analisis kebutuhan sistem

- a. Data dari literatur dan studi lapangan dievaluasi untuk lebih memahami kebutuhan pengguna dan spesifikasi sistem.

- b. Mengidentifikasi masalah-masalah dalam pencatatan dan pelaporan penghitungan karbon untuk menentukan karakteristik utama yang harus dimasukkan ke dalam sistem.
2. Analisis Standar dan Regulasi
  - a. Mengacu pada persyaratan penghitungan karbon yang berlaku, seperti standar pelaporan karbon nasional dan internasional.
  - b. Memeriksa peraturan perusahaan atau kelompok untuk mengelola data emisi karbon.
3. Analisis Perancangan Sistem
  - a. Merancang Model sistem berdasarkan persyaratan yang telah dievaluasi sebelumnya
  - b. Untuk memvisualisasikan struktur dan operasi sistem, buatlah diagram desain seperti Entity Relationship Diagram (ERD), Data Flow Diagram (DFD), dan UML (Unified Modeling Language).
4. Evaluasi Desain
  - a. Evaluasi desain sistem untuk memastikan bahwa desain tersebut telah memenuhi kebutuhan pengguna.
  - b. Dokumentasi hasil analisis sebagai dasar untuk proses desain selanjutnya.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil Penelitian**

Hasil penelitian ini diperoleh berdasarkan analisis dari GHG Protocol, ISO 14064, dan berbagai laporan perusahaan yang diperoleh dari *Carbon Disclosure Project (CDP)*. Informasi tersebut kemudian digunakan untuk membuat desain konseptual untuk sistem informasi akuntansi karbon menggunakan metode waterfall.

#### **4.1.1 Tahap Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis)**

Tahap ini merupakan tahap identifikasi dan perumusan informasi dan fitur yang akan digunakan dalam sistem berdasarkan pengamatan dan referensi dari standar pelaporan emisi seperti GHG Protocol dan ISO 14064.

a. Kebutuhan Informasi

Hasil penelitian ini menunjukkan informasi yang dikumpulkan dalam sistem pelaporan emisi karbon yang terdiri dari:

**Tabel 4. 1 Jenis Informasi yang Diperlukan dalam Sistem Pelaporan Emisi**

#### **Karbon**

<b>Jenis Informasi</b>	<b>Deskripsi</b>
Sumber Emisi	Aktivitas yang menyebabkan emisi karbon, seperti konsumsi energi (listrik, BBM), penggunaan bahan baku, transportasi, dan penggunaan pendingin. Dikategorikan ke dalam scope 1, scope 2 dan scope 3
Volume Aktivitas	Kuantitas aktivitas yang menjadi dasar perhitungan emisi, dinyatakan dalam satuan Kwh, liter, kg, atau m <sup>3</sup>
Faktor Emisi	Nilai referensi emisi dari setiap unit aktivitas, mengacu pada standar GHG Protocol, ISO 14064 dan data laporan emisi sebuah perusahaan
Kategori Emisi (Scope)	Klasifikasi emisi ke dalam scope 1 (langsung), scope 2

Jenis Informasi	Deskripsi
	(tidak langsung dari konsumsi energi), dan scope 3 (tidak langsung dari aktivitas rantai nilai)
Hasil Perhitungan	Total emisi dalam ton CO <sub>2</sub> e berdasarkan perhitungan eksternal dan dicatat ke dalam sistem dengan menggunakan rumus volume aktivitas × faktor emisi
Periode Pelaporan	Waktu pelaporan (bulanan, tahunan atau periode tertentu) untuk tujuan pelacakan historis dan analisis tren
Target dan Realisasi Reduksi Emisi	Informasi mengenai target penurunan emisi perusahaan dan pencapaian aktual dalam periode tertentu
Visualisasi Data Emisi	Penyajian data emisi dalam bentuk tabel, grafik, dashboard, atau ringkasan laporan
Dokumen Pendukung dan Verifikasi	Bukti-bukti pelengkap seperti metode perhitungan, referensi faktor emisi, dan status verifikasi

**Sumber: data di olah (2025)**

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa sistem informasi akuntansi karbon memerlukan adanya elemen data utama yaitu informasi mengenai aktivitas sumber emisi, volume aktivitas, faktor emisi, klasifikasi emisi berdasarkan ruang lingkup, dan hasil perhitungan emisi dalam satuan ton CO<sub>2</sub>e. data pendukung lainnya meliputi periode pelaporan, tujuan dan realisasi penurunan emisi, visualisasi hasil, dan dokumentasi verifikasi untuk menjamin pelaporan emisi yang transparan dan akuntabel.

b. **Kebutuhan Fungsional**

Dalam memastikan sistem informasi akuntansi karbon beroperasi secara efektif, berikut ini adalah sejumlah kebutuhan fungsional yang dibutuhkan, yang berfungsi sebagai fondasi utama untuk mencatat, memproses, dan melaporkan data emisi karbon secara akurat. Kriteria fungsional ini mencakup kemampuan yang harus dimiliki yang mendukung semua tindakan pengguna, seperti memasukkan data aktivitas emisi,

memilih faktor emisi yang sesuai, melakukan penghitungan emisi dan menghasilkan laporan karbon yang dapat diverifikasi.

**Tabel 4. 2 Kebutuhan Fungsional dalam Sistem Informasi Akuntansi Karbon**

<b>Fitur Utama</b>	<b>Deskripsi</b>
Pengelolaan Data Emisi	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Menerima dan menyimpan data aktivitas emisi yang dilaporkan oleh perusahaan (konsumsi energi, transportasi, dll)</li> <li>b. Menyimpan dan mengelola informasi faktor emisi</li> <li>c. Mendukung pengelolaan kategori emisi (scope 1, scope 2 dan scope 3), data pengguna dan periode pelaporan, termasuk data emisi yang berasal dari Rantai pasokan, penggunaan produk dan transportasi yang terkait dengan scope 3</li> </ul>
Kontrol Akses Berbasis Peran ( <i>Role-Based Access Control</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Admin: memiliki akses penuh untuk mengelola data master seperti aktivitas emisi, pengguna, dan pengaturan sistem</li> <li>b. User Input (Perusahaan): bertanggung jawab untuk memasukkan data kegiatan dan dokumen pendukung</li> <li>c. Publik: memiliki akses terbatas untuk melihat data emisi yang telah dirilis sebagai bentuk transparansi informasi kepada pihak eksternal atau masyarakat umum.</li> <li>d. Verifikator/Pihak Ketiga: memiliki akses terbatas untuk meninjau dan melakukan verifikasi data tanpa perlu mengubahnya, sehingga mendukung audit dan verifikasi.</li> </ul>
Visualisasi Data Emisi	Fitur ini menampilkan hasil data emisi dalam bentuk grafik, tabel, dan dashboard interaktif untuk menunjukkan tren emisi berdasarkan periode waktu, lokasi atau jenis kegiatan tertentu
Ekspor Laporan Emisi	Menyediakan fitur yang dapat menghasilkan dan mengekspor laporan emisi karbon dalam bentuk PDF, Excel, CSV, atau XML.

<b>Fitur Utama</b>	<b>Deskripsi</b>
Upload Dokumen Pendukung	Memungkinkan pengguna untuk mengunggah dokumen-dokumen yang relevan seperti faktur listrik, catatan audit, atau metodologi penghitungan emisi sebagai bukti dan pendukung verifikasi data
Fitur Pencarian dan Filter Data	Sistem ini dilengkapi dengan fungsi pencarian dan penyaringan data berdasarkan tahun, lokasi, jenis kegiatan, dan kategori sumber emisi untuk memudahkan analisis dan penelusuran informasi yang lebih spesifik, termasuk filter berdasarkan jenis emisi seperti energi, bahan bakar atau produk.

**Sumber: Data diolah (2025)**

c. Kebutuhan Non-Fungsional

Hasil analisis memperlihatkan kebutuhan non-fungsional dalam desain sistem informasi akuntansi karbon untuk menunjang performa sistem agar berjalan secara optimal, stabil, dan memenuhi prinsip transparansi dan standar pelaporan yang berlaku. Berikut ini merupakan tabel yang berisi aspek-aspek kebutuhan non-fungsional:

**Tabel 4. 3 Kebutuhan Non-Fungsional dalam Sistem Informasi Akuntansi Kabron**

<b>Aspek</b>	<b>Deskripsi</b>
Keamanan Data	Sistem harus mampu melindungi data emisi dari akses yang tidak diinginkan, menjaga kerahasiaan data perusahaan, dan memastikan integrasi data melalui control akses pengguna dan pengacakan (enkripsi), jika diperlukan.
Usability	Antarmuka sistem diupayakan sederhana dan mudah digunakan oleh berbagai kalangan pengguna, baik teknik maupun non-teknis, sehingga proses pemasukan, dan pelaporan emisi dapat dilakukan secara efisien.
Akurasi	Data emisi yang diinput ke dalam sistem harus merujuk pada faktor emisi yang telah terverifikasi dan sesuai dengan standar

Aspek	Deskripsi
	yang berlaku. Akurasi diperlukan agar hasil pelaporan dapat digunakan untuk mengambil keputusan dan menyediakan pelaporan eksternal.
Ketersediaan Sistem	Sistem harus dapat diakses secara stabil dan konsisten, terutama selama periode-periode penting seperti audit internal atau pelaporan tahunan. Waktu downtime sistem harus dijaga seminimal mungkin untuk mencegah gangguan dalam proses pelaporan.
Kepatuhan	Sistem ini dimaksudkan untuk memfasilitasi pelaporan karbon yang memenuhi standar internasional seperti GHG Protocol dan ISO 14064. Kepatuhan sangat penting untuk menjaga integritas dan akuntabilitas pelaporan emisi perusahaan

**Sumber: Data diolah (2025)**

#### 4.2.2 Tahap Desain (Design)

Pada tahap desain, dibuat rancangan teknis yang menjadi acuan dalam pengembangan sistem informasi akuntansi karbon. Desain ini meliputi desain database, ERD, DFD, *Use Case Diagram*, dan *wireframe* yang menjelaskan struktur data, alur proses, interaksi pengguna, dan tampilan pertama sistem. Setiap komponen dirancang untuk menjamin bahwa sistem dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan juga mendukung pencatatan dan pelaporan karbon dengan baik. Desain ini berfungsi sebagai dasar untuk pengujian dan evaluasi pada tahap implementasi selanjutnya.

##### a. Perancangan Database

Proses perancangan database dimulai dengan membuat model data konseptual yang independent, berdasarkan kebutuhan pencatatan dan pelaporan emisi karbon. Desain ini mengacu pada standar internasional seperti GHG Protocol dan ISO 14064. Tahap ini memastikan bahwa struktur data yang dibuat dapat mendukung akurasi, konsistensi, dan ketertelusuran data emisi secara keseluruhan.

## 1. Identifikasi Tipe Entitas

**Tabel 4. 4 Identifikasi Tipe Entitas**

<b>Nama Entitas</b>	<b>Atribut</b>	<b>Keterangan</b>
User	id_user (PK), jenis_user, password, email, nama_user	Entitas yang berisi informasi pengguna sistem, baik perusahaan maupun publik yang memiliki hak akses terhadap sistem
Perusahaan	Id_perusahaan (PK), id_user (FK), nama_perusahaan, status_perusahaan, tanggal_dibuat, email, sektor, Alamat	Entitas yang berisikan informasi perusahaan pelapor emisi karbon yang terdaftar dalam sistem
Aktivitas Emisi	Id_aktivitas (PK), id_user (FK), id_perusahaan (FK), id_laporan (FK), id_scope (FK), jenis_aktivitas, volume_aktivitas, metode_perhitungan, nilai_emisi, sumber_data	Entitas yang mencatat data aktivitas perusahaan yang menghasilkan emisi karbon
Faktor Emisi	Id_faktor emisi (PK), id_aktivitas emisi (FK), nilai_emisi, tanggal_diperbaharui_status, deskripsi	Entitas yang berisikan informasi faktor-faktor emisi yang digunakan sebagai referensi dalam pelaporan emisi
Dokumen Pendukung	Id_dokumen (PK), id_aktivitas (FK), tanggal_upload, tipe_file, nama_file	Entitas yang berisikan file atau dokumen bukti pendukung aktivitas emisi yang dilaporkan perusahaan
Laporan Emisi	Id_laporan (PK), id_perusahaan (FK), status_verifikasi, id_dokumen (FK), periode_pelaporan, status, total_emisi, tanggal_submit	Entitas yang berisi ringkasan data emisi karbon yang dilaporkan oleh perusahaan dalam periode tertentu

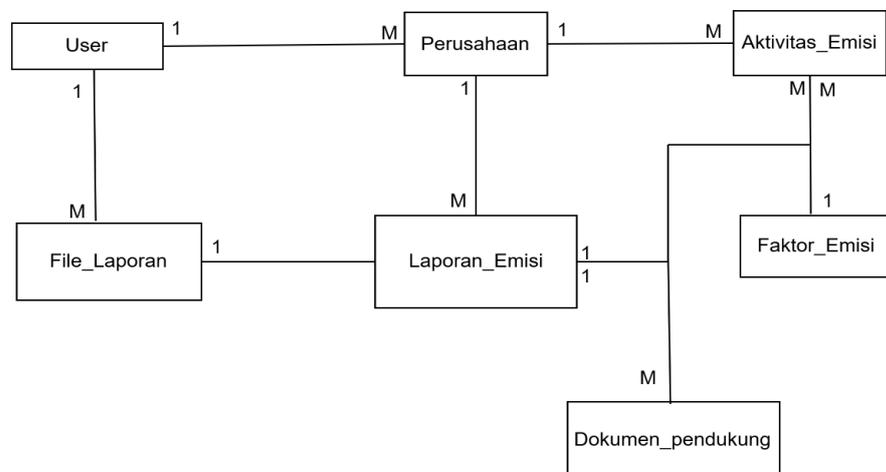
Nama Entitas	Atribut	Keterangan
File Laporan	Id_file (PK), id_laporan (FK), tanggal_upload, tipe_file, nama_file	Entitas yang merupakan laporan akhir emisi yang dihasilkan perusahaan selama periode pelaporan tertentu

Sumber: Data diolah (2025)

Tabel di atas memperlihatkan entitas utama dan atribut yang digunakan dalam sistem. Setiap entitas mencakup berbagai komponen penting dalam pelaporan emisi karbon, seperti pengguna, perusahaan sebagai pelapor, aktivitas emisi, faktor emisi, dokumen pendukung, laporan emisi, dan file laporan.

## 2. Hubungan Antar Entitas

Selanjutnya adalah mengidentifikasi hubungan antar entitas dengan diagram hubungan antar entitas. Notasi 1 dan M (*many*) menunjukkan jenis hubungan antar entitas, dimana “1” berarti satu entitas, dan “M” berarti banyak entitas. Hubungan ini mewakili keterlibatan antar data yang menjadi dasar dari struktur database.



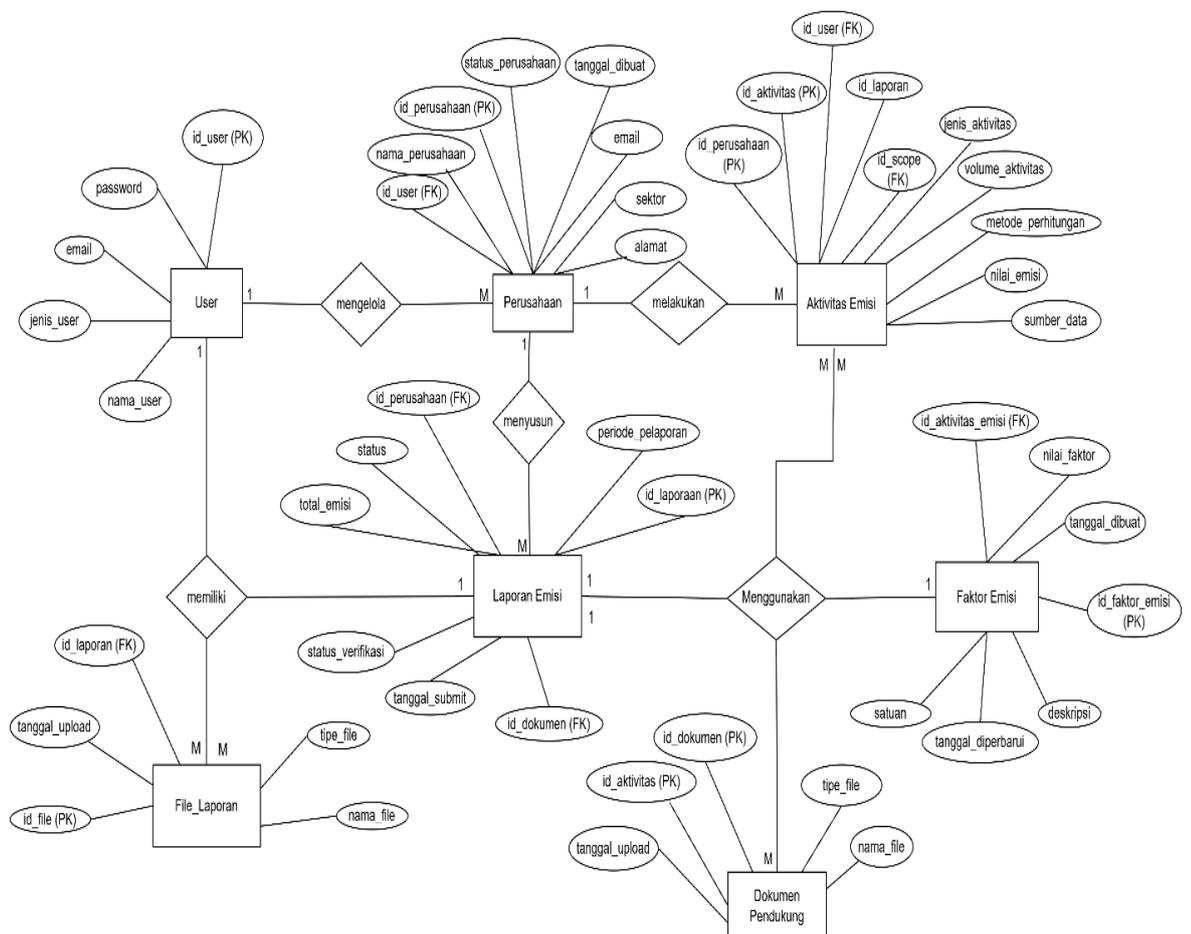
Gambar 4. 1 Hubungan Antar Entitas

Gambar diatas menjelaskan hubungan antara entitas-entitas utama dalam sistem informasi akuntansi karbon, seperti user, perusahaan, laporan emisi, dan

dokumen pendukung. Hubungan tersebut menggambarkan aliran data yang saling berkaitan. Misalnya, satu user dapat mengelola beberapa laporan emisi. Seluruh relasi ini menjadi dasar dari relasi skema dan implementasi sistem database.

### 3. Membuat *Entity Relationship Diagram* (ERD)

Selanjutnya adalah membuat *Entity Relationship Diagram* (ERD) sebagai representasi visual dari entitas dan hubungan antar entitas di dalam sistem. ERD ini menggambarkan bagaimana data-data seperti user, perusahaan, aktivitas emisi, faktor emisi, laporan emisi, dokumen pendukung dan file laporan dihubungkan melalui hubungan yang memperlihatkan proses pemasukan, dan pelaporan emisi karbon di dalam sistem.



**Gambar 4. 2 Entity Relationship Diagram (ERD)**

Hubungan antar entitas pada ERD memperlihatkan bagaimana alur pelaporan emisi karbon, di mana user mengelola perusahaan, perusahaan membuat laporan emisi yang berisi berbagai aktivitas emisi, aktivitas tersebut dihitung berdasarkan faktor emisi dan dilengkapi dengan dokumen pendukung, dimana file laporan berfungsi untuk menyimpan file laporan.

#### 4. Desain Database

Pada tahap ini dilakukan desain database sebagai dasar penyimpanan data dalam sistem. Rancangan database ini merupakan turunan dari *Entity Relationship Diagram* (ERD) yang sebelumnya telah dibuat, dimana setiap entitas dan relasi pada ERD diturunkan ke dalam struktur tabel yang lebih rinci. Berikut tabel hasil pembuatan entitas sistem informasi karbon.

**Tabel 4. 5 Tabel user**

No	Nama Field	Type	Size
1	idUser*	Int	4
2	namaUser**	Varchar	100
3	jenisUser	Varchar	15
4	Email	Varchar	100
5	Password	Varchar	100

Sumber: Data Diolah (2025)

Tabel ini berfungsi mencatat informasi pengguna sistem yang disimpan dalam bentuk array. Setiap pengguna mempunyai identifikasi dengan email yang harus didaftarkan.

**Tabel 4. 6 Tabel Perusahaan**

No	Nama Field	Type	Size
1	idPerusahaan*	Int	4
2	idUser**	Int	4
3	namaPerusahaan	Varchar	100
4	Email	Varchar	100
5	Alamat	Text	
6	Sektor	Varchar	50
7	statusPerusahaan	Varchar	20
8	tanggalDibuat	Date	

Sumber: Data Diolah (2025)

Tabel di atas mencatat data perusahaan yang melakukan pelaporan emisi. Setiap perusahaan diidentifikasi dengan id perusahaan dan dihubungkan dengan pengguna melalui id\_user.

**Tabel 4. 7 Tabel Laporan**

No	Nama Field	Type	Size
1	idLaporan*	Int	4
2	idPerusahaan**	Int	4
3	statusVerifikasi	Varchar	20
4	periodePelaporan	Varchar	20
5	totalEmisi	Decimal	12, 3
6	Status	Varchar	20

Sumber: Data Diolah (2025)

Tabel ini berisi laporan-laporan emisi yang dibuat oleh perusahaan. Masing-masing laporan memiliki id\_laporan dan dikaitkan dengan perusahaan melalui id\_perusahaan. Data dalam tabel ini mencakup periode pelaporan (tahun, triwulan), total emisi yang dihasilkan, dan status laporan.

**Tabel 4. 8 Tabel Aktivitas\_Emisi**

No	Nama Field	Type	Size
1	idAktivitasEmisi*	Int	4
2	idPerusahaan**	Int	4
3	idLaporan**	Int	4
4	jenisAktivitas	Varchar	100
5	volumeAktivitas	Decimal	10, 2
6	idScope**	Int	1
7	metodePerhitungan	Varchar	100
8	nilaiEmisi	Decimal	12, 3
9	sumberEmisi	Varchar	100

Sumber: Data Diolah (2025)

Pada tabel ini terdapat aktivitas-aktivitas yang dihasilkan oleh perusahaan. Aktivitas ini dicatat dengan id\_aktivitas yang dihubungkan dengan perusahaan dan laporan emisi melalui field key id\_perusahaan dan id\_laporan.

**Tabel 4. 9 Tabel Faktor\_Emisi**

No	Nama Field	Type	Size
1	idFaktorEmisi*	Int	4
2	idAktiivtasEmisi**	Int	4
3	nilaiFaktor	Decimal	10,4
4	Satuan	Varchar	50
5	Deskripsi	Text	
6	tanggalDiperbarui	Date	

Sumber: Data Diolah (2025)

Pada tabel ini menampung faktor emisi sebagai acuan untuk menentukan nilai emisi yang dihasilkan dari aktivitas tertentu. Faktor emisi ditandai dengan `id_faktor_emisi` dan dihubungkan dengan aktivitas emisi melalui `id_aktivitas_emisi`. Dalam tabel ini juga mencatat nilai faktor emisi dengan satuan misalnya `tCo2e/liter`

**Tabel 4. 10 Tabel File\_Laporan**

No	Nama Field	Type	Size
1	idFileLaporan*	Int	4
2	idLaporan**	Int	4
3	namaFile	Varchar	100
4	tipeFile	Varchar	20
5	tanggalUpload	Date	
6	tanggalSubmit	Date	

Sumber: Data Diolah (2025)

Dalam tabel ini terdapat file-file laporan yang diupload oleh perusahaan. Setiap file memiliki `id_file` sebagai kunci utama dan terhubung ke laporan emisi melalui `id_laporan`.

**Tabel 4. 11Tabel Dokumen\_Pendukung**

No	Nama Field	Type	Size
1	idDokumen*	Int	4
2	idAktivitas**	Int	4
3	namaFile	Varchar	100
4	tipeFile	Varchar	20
5	tanggalUpload	Date	

Sumber: Data Diolah (2025)

Pada tabel ini memuat dokumen-dokumen pendukung yang berkaitan dengan kegiatan emisi yang diupload oleh perusahaan. Dimana setiap dokumen memiliki id\_dokumen sebagai primary key dan dihubungkan dengan aktivitas emisi melalui id\_aktivitas.

**b. Perancangan Alur Data (*Data Flow Diagram*)**

1. Diagram konteks

Diagram konteks memperlihatkan keterkaitan sistem terhadap entitas luar yang dilibatkan dalam pelaporan emisi karbon. Diagram ini menunjukkan aliran data utama yang mengalir masuk dan keluar dari sistem secara menyeluruh.

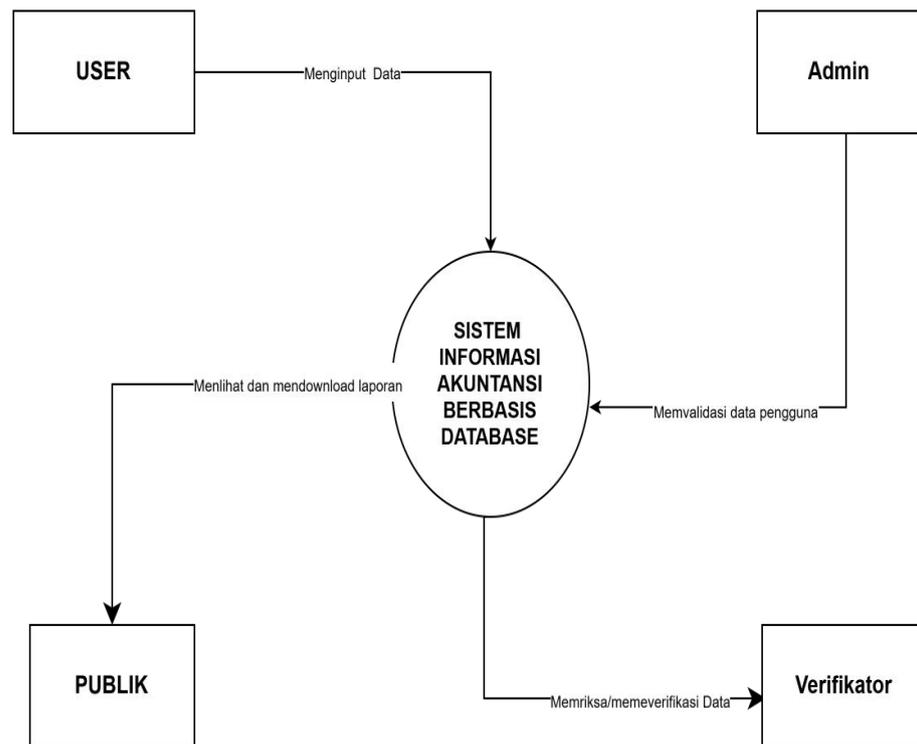
i. Identifikasi Entitas Eksternal.

**Tabel 4. 12 Identifikasi Entitas Eksternal**

<b>Entitas</b>	<b>Deskripsi</b>
Perusahaan	Entitas ini melakukan input data aktivitas emisi karbon, mengupload file laporan pendukung, dan menyusun serta mengeksport laporan emisi
Admin	Pengelola sistem yang bertanggung jawab untuk menambah dan memvalidasi data pengguna, mengatur faktor emisi, mengupdate format laporan, serta memeriksa dan memvalidasi laporan emisi yang diinput oleh pengguna
Publik	Entitas eksternal yang hanya memiliki akses untuk melihat dan mengunduh data emisi karbon yang dipublikasikan oleh sistem dalam upaya mendorong transparansi informasi kepada publik
Verifikator/Pihak Ketiga	Entitas ini bertugas untuk memverifikasi data yang dilaporkan oleh perusahaan. Verifikator memastikan keakuratan dan kelengkapan data yang dilaporkan, tanpa dapat merubah data yang ada dalam sistem

Sumber: Data Diolah (2025)

Entitas eksternal sebagai pihak yang melakukan interaksi dengan sistem yang terdiri dari Perusahaan, Admin, Publik, dan Verifikator/Pihak Ketiga. Setiap entitas mempunyai peran yang berbeda dalam menginput data, mengelola informasi, dan mengakses laporan emisi karbon yang dihasilkan oleh sistem. Dibawah ini merupakan ilustrasi keterkaitan antara entitas eksternal dengan sistem.



**Gambar 4. 3 Hubungan Entitas Eksternal Sistem**

## ii. Identifikasi Aliran Data

Identifikasi aliran data pada diagram konteks berfungsi untuk menampilkan interaksi antara entitas eksternal dengan sistem. Aliran data menjelaskan jenis data yang masuk ke dalam sistem dari masing-masing entitas, serta data yang dihasilkan atau dikirim kembali oleh sistem ke entitas lain. Hal ini diperlukan untuk mengetahui bahwa setiap aktor dalam sistem menerima dan memberikan informasi sesuai dengan perannya. Berikut merupakan tabel yang menyajikan aliran

**Tabel 4. 13 Aliran data entitas ke sistem**

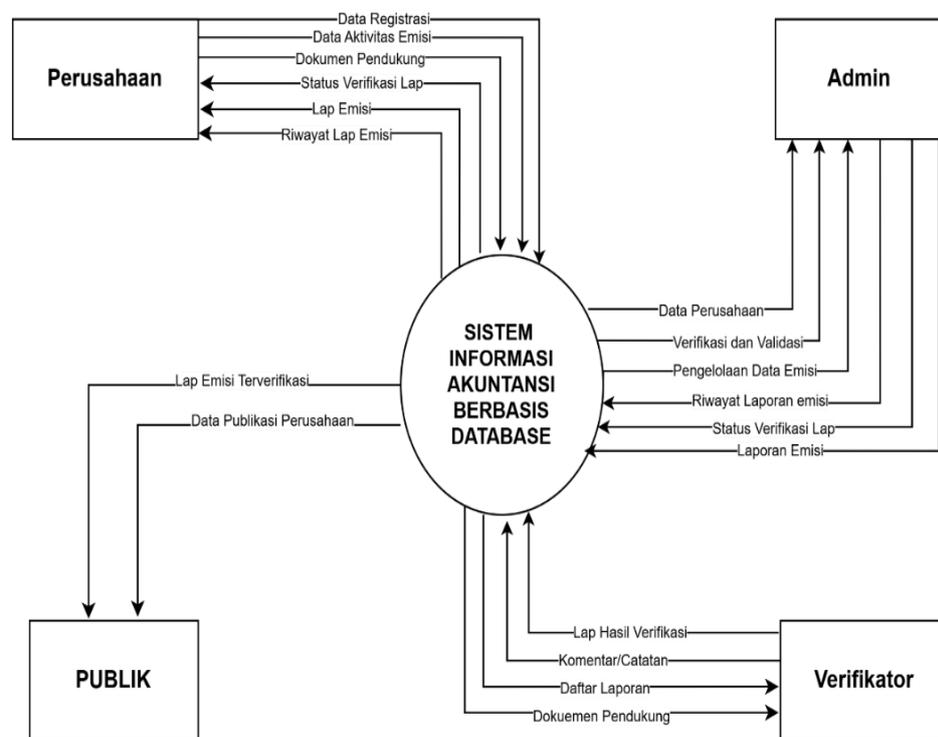
<b>Entitas</b>	<b>Aliran data ke sistem</b>	<b>Aliran data dari sistem</b>
Perusahaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Data registrasi dan profil perusahaan</li> <li>b. Data aktivitas emisi (jenis, volume, metode, nilai emisi, sumber data)</li> <li>c. Dokumen pendukung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Status Verifikasi Laporan (diterima, ditolak, revisi)</li> <li>b. Laporan Emisi</li> <li>c. Riwayat laporan emisi perusahaan</li> </ul>
Admin	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Riwayat laporan emisi</li> <li>b. Status verifikasi laporan</li> <li>c. Laporan emisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Data perusahaan</li> <li>b. Verifikasi dan validasi</li> <li>c. Pengelolaan data emisi</li> </ul>
Publik	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Laporan Emisi</li> <li>b. Data Publikasi Perusahaan</li> </ul>
Verifikator/Pihak Ketiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Hasil verifikasi laporan emisi</li> <li>b. Komentar/catatan hasil verifikasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Daftar laporan yang perlu diverifikasi</li> <li>b. Dokumen pendukung terkait</li> </ul>

Sumber: Data Diolah (2025)

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui setiap entitas memiliki alur data yang berbeda sesuai dengan perannya di dalam sistem. Perusahaan sebagai pelopor bertugas untuk menginput data emisi dan mengupload dokumen, admin berperan untuk memvalidasi dan mengelola data, sedangkan publik hanya memiliki akses untuk melihat dan mendownload data emisi yang telah dipublikasikan dan verifikator bertugas memeriksa keakuratan dan kelengkapan data laporan yang dikirim perusahaan. Alur data ini sebagai dasar untuk membangun sistem yang efektif, transparan, dan akuntabel.

### iii. Membuat Diagram Konteks

Langkah selanjutnya adalah merancang diagram konteks yang menunjukkan aliran data antara sistem dan entitas eksternal yang dilibatkan. Diagram ini memperlihatkan bagaimana sistem menerima input dari pengguna, seperti data aktivitas emisi dan dokumen pendukung, serta memproses informasi untuk menghasilkan laporan emisi. Berikut merupakan gambar diagram konteks sistem yang telah dirancang.



**Gambar 4. 4 Diagram Konteks**

## 2. Diagram Level 0

Diagram level 0 merupakan sebuah representasi visual dari sebuah sistem informasi. Diagram ini merupakan versi sederhana dari diagram konteks dan hanya menunjukkan satu proses utama. dalam diagram level 0, proses utama sistem diuraikan menjadi beberapa proses yang lebih rinci yang berinteraksi dengan entitas eksternal.

i. Identifikasi Proses Utama

Di tahap ini, proses utama dalam diagram konteks akan diuraikan dengan membaginya ke dalam sub-sub proses yang lebih detail. Ini bertujuan untuk menggambarkan setiap aktivitas yang terjadi di dalam sistem secara detail.

**Tabel 4. 14 Identifikasi Proses Utama**

No	Nama Proses	Deskripsi	Entitas Terkait
1.0	Akun	Menerima data registrasi perusahaan dan mengelola informasi akun perusahaan	Perusahaan, Admin
2.0	Aktivitas	Menerima data aktivitas emisi dari perusahaan dan mengelolanya untuk keperluan pelaporan	Perusahaan, Admin
3.0	Dokumentasi	Mengelola dokumen pendukung yang diunggah oleh perusahaan terkait emisi karbon	Perusahaan, Admin
4.0	Verifikasi	Menyediakan verifikasi laporan emisi oleh verifikator, termasuk komentar/catatan dan status	Admin, Verifikator, Perusahaan
5.0	Laporan	Menyajikan data laporan emisi, grafik dan publikasi kepada publik dan pemangku kepentingan.	Perusahaan, Verifikator, publik, Admin

Sumber: Data Diolah (2025)

Berdasarkan tabel di atas, sistem ini terdiri dari lima proses utama di antaranya: akun untuk registrasi perusahaan, aktivitas untuk mencatat data emisi, dokumentasi untuk mengunggah dokumen pendukung, verifikasi

untuk memeriksa laporan oleh verifikator, dan laporan untuk menyajikan data emisi yang telah di verifikasi kepada publik.

ii. Identifikasi Data Masuk dan Data Keluar

**Tabel 4. 15 Data Masuk dan Data Keluar**

<b>Proses</b>	<b>Data Masuk</b>	<b>Data Keluar</b>
1.0 Akun	Data Registrasi (dari perusahaan)	Data perusahaan (ke admin)
2.0 Aktivitas	Data aktivitas emisi (dari perusahaan)	Data aktivitas emisi (ke perusahaan) pengelolaan data emisi (ke admin)
3.0 Dokumentasi	Dokumen pendukung (dari perusahaan)	Dokumen pendukung (ke verifikator)
4.0 Verifikasi	Verifikasi dan validasi (dari admin), komentar/catatan, daftar laporan (dari verifikator)	Status verifikasi laporan (ke perusahaan dan admin), Riwayat laporan emisi dan laporan emisi (ke admin),
5.0 Laporan	Data verifikasi, riwayat lap emisi, status verifikasi lap (dari verifikasi), laporan hasil verifikasi (dari verifikator)	Riwayat laporan emisi, laporan emisi (ke perusahaan), laporan emisi terverifikasi, data publikasi perusahaan (ke publik)

Sumber: Data Diolah (2025)

Tabel di atas menunjukkan aliran data masuk dan keluar dalam proses sistem. Masing-masing tahap meliputi pengumpulan dan pengolahan data yang dimulai dari registrasi perusahaan hingga pengelolaan aktivitas emisi, dokumentasi, verifikasi dan pelaporan. Data yang dikirimkan perusahaan diolah

dan diteruskan kepada pihak-pihak terkait seperti admin, verifikator dan publik untuk memastikan lancarnya pelaporan dan verifikasi emisi karbon.

iii. Identifikasi Data Store

Identifikasi data store ini dilakukan untuk mengetahui dimana data-data yang digunakan dalam proses pengelolaan informasi disimpan. Masing-masing data store menunjukkan sekumpulan data yang dipakai atau dihasilkan oleh proses utama dalam sistem.

**Tabel 4. 16 Data Store**

<b>Data Store</b>	<b>Isi Data</b>	<b>Proses</b>
DS1 – Data Akun	Informasi registrasi dan identitas perusahaan pengguna sistem	1.0 Akun. 4.0 verifikasi
DS2 – Data Aktivitas	Data aktivitas emisi dari perusahaan	2.0 aktivitas. 4.0 verifikasi
DS3 – Dokumen Pendukung	File dan dokumen bukti atau aktivitas yang diunggah	3.0 dokumentasi, 4.0 verifikasi
DS4 – Data Verifikasi	Catatan verifikasi dan validasi oleh verifikator dan admin termasuk komentar/catatan	4.0 verifikasi, 5.0 laporan
DS5 – Laporan Emisi	Laporan emisi hasil entri dan verifikasi, termasuk status dan histori	4.0 verifikasi, 5.0 laporan

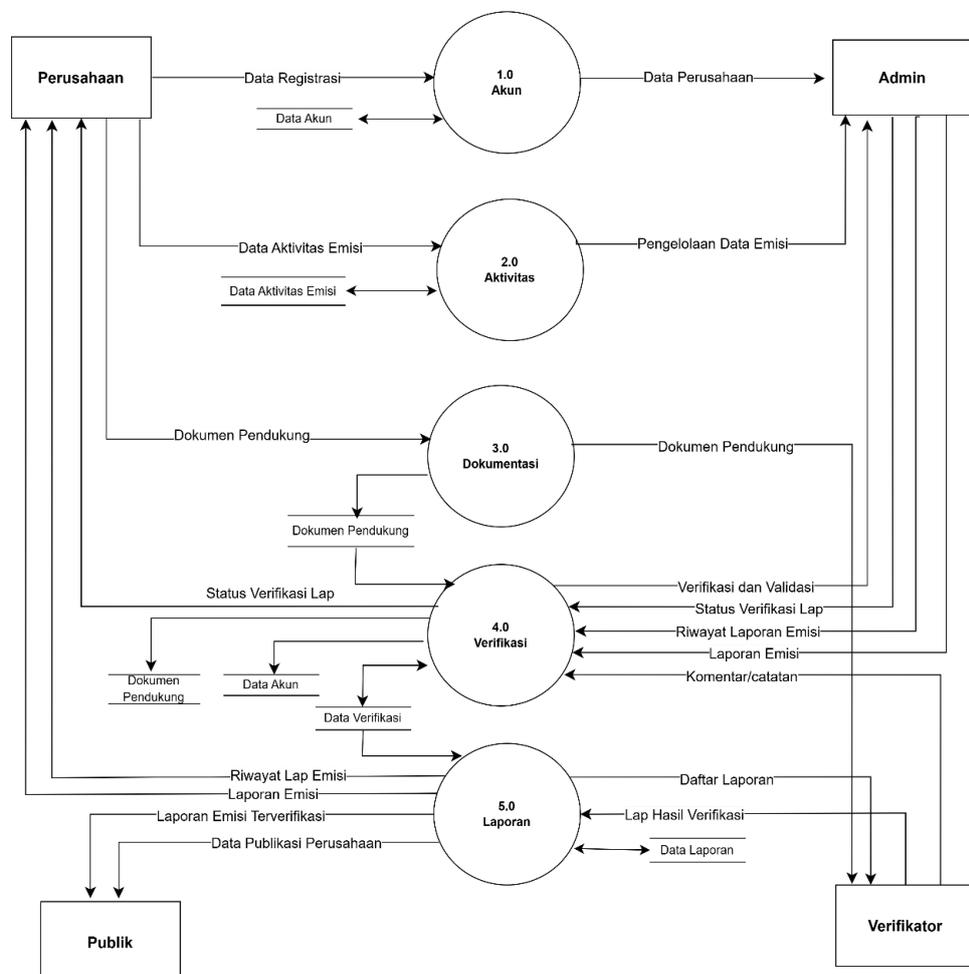
Sumber: Data Diolah (2025)

Berdasarkan tabel di atas, memperlihatkan lima jenis data yang digunakan untuk mendukung proses pencatatan dan pelaporan emisi karbon. Data akun di pakai pada saat registrasi dan verifikasi perusahaan. Data aktivitas mencatat aktivitas emisi. Dokumen pendukung memuat file bukti

yang diunggah oleh perusahaan. Data verifikasi menyimpan hasil validasi dari verifikator, dan laporan emisi menyimpan hasil akhir yang telah diverifikasi. Setiap penyimpanan data saling terhubung dengan proses yang relevan untuk memastikan informasi yang disimpan akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

#### iv. Visual Diagram Level 0

Pada tahapan ini, pemodelan DFD *Level 0* digunakan untuk mendefinisikan aliran data antara proses utama sistem dan aktor yang terlibat. Grafik ini menggambarkan pergerakan data ke dan dari sistem melalui lima proses dasar: akun, aktivitas, dokumentasi, verifikasi, dan pelaporan.



**Gambar 4.5 Diagram Level 0**

Gambar tersebut menunjukkan bahwa setiap entitas berinteraksi dengan sistem berdasarkan perannya. Perusahaan mengirimkan data, admin mengelola dan memverifikasinya, verifikator memberikan umpan balik dan publik dapat melihat laporan yang dipublikasikan.

### c. Perancangan *Use Case Diagram*

#### 1. Identifikasi Aktor

Dalam mendukung kelancaran sistem, perlu dilakukan identifikasi aktor-aktor yang berperan dalam sistem tersebut. Setiap aktor memiliki peran yang berbeda sesuai dengan fungsinya dalam proses pengelolaan dan pelaporan emisi karbon.

**Tabel 4. 17 Aktor**

No	Aktor	Peran
1	Perusahaan (User Input)	Pengguna utama yang melakukan registrasi, input data aktivitas emisi, upload dokumen, ekspor laporan emisi dan logout
2	Admin	Pengelolaan sistem. Bertugas mengelola data master (aktivitas pengguna), serta memverifikasi laporan
3	Verifikator/pihak ketiga	Pihak eksternal independen yang memverifikasi laporan emisi, memberikan komentar/catatan, tapi tidak dapat mengubah data.
4	Publik	Pengakses informasi terbatas. Hanya dapat melihat dan mengunduh laporan emisi yang telah dipublikasikan

Sumber: Data Diolah (2025)

Berdasarkan tabel di atas, setiap aktor dalam sistem memiliki perannya masing, perusahaan sebagai pengguna utama bertugas untuk memasukkan data emisi, mengunggah dokumen, dan mengekspor laporan. Admin

mengelola sistem dan melakukan verifikasi laporan, verifikator yang merupakan pihak eksternal yang memiliki peran memberikan catatan tanpa mengubah data dan publik hanya dapat melihat dan mengunduh laporan yang telah dipublikasikan.

## 2. Identifikasi Use Case

Tahap selanjutnya selanjutnya adalah mengidentifikasi use case. Tahap ini bertujuan mendeskripsikan fungsi utama yang dapat dilakukan oleh setiap aktor dalam sistem. Setiap use case menggambarkan interaksi antara pengguna dengan sistem.

**Tabel 4. 18 Use Case**

Use Case	Deskripsi
Registrasi dan Login	Pengguna mendaftar dengan memasukkan data pribadi atau login ke dalam sistem menggunakan identitas yang telah didaftarkan untuk mengakses fitur-fitur yang sesuai dengan perannya
Input Data Aktivitas Emisi	Pengguna menginput data terkait aktivitas yang menghasilkan emisi karbon, termasuk informasi mengenai jenis aktivitas, sumber emisi, dan volume emisi yang dihasilkan
Upload Dokumen Pendukung	Pengguna mengupload dokumen yang mendukung data emisi yang dimasukkan, seperti invoice, laporan atau dokumen lain yang relevan
Lihat Status Verifikasi	Pengguna dapat melihat status verifikasi laporan emisi, apakah laporan tersebut sudah diverifikasi oleh admin atau masih dalam proses verifikasi
Ekspor Laporan Emisi	Pengguna dapat mengekspor laporan emisi yang telah dikompilasi dalam format yang sesuai (misalnya: PDF)

Use Case		Deskripsi
Kelola Data Master		Admin dapat mengatur data master yang digunakan dalam sistem, seperti jenis aktivitas emisi, faktor emisi, atau kategori lain yang diperlukan
Verifikasi Emisi	Laporan	Admin memverifikasi laporan emisi yang dikirimkan oleh pengguna untuk memastikan keakuratan dan kesesuaian dengan standar yang berlaku
Komentar/Feedback Verifikasi		Verifikator memberikan komentar atau umpan balik terhadap laporan emisi, memberikan klarifikasi atau instruksi untuk revisi jika diperlukan
Publikasi Emisi	Laporan	Setelah diverifikasi, admin mempublikasikan laporan emisi kepada publik atau pemangku kepentingan lainnya yang relevan, sesuai dengan kebijakan transparansi
Laporan Terpublikasi	Emisi	Pengguna dapat melihat laporan emisi yang telah dipublikasikan, memastikan bahwa informasi yang mereka masukkan telah disebar luaskan sesuai
Logout		Pengguna keluar dari sistem setelah menyelesaikan aktivitas mereka

Sumber: Data Diolah (2025)

Tabel di atas memperlihatkan serangkaian aktivitas penting dalam sistem, mulai dari proses registrasi, input data emisi, hingga penerbitan laporan. Use case ini dirancang untuk memenuhi semua kebutuhan fungsional sistem sesuai dengan peran masing-masing aktor, serta mendukung prinsip transparansi dan akuntabilitas dalam pelaporan emisi karbon

### 3. Visual Use Case Diagram

Pada tahap ini dilakukan pembuatan *Use Case Diagram* untuk menggambarkan hubungan antara aktor dan fungsionalitas sistem secara

keseluruhan. *Use Case Diagram* bertujuan untuk menunjukkan gambaran visual bagaimana setiap aktor bekerja.



**Gambar 4. 6 Use Case Diagram**

Pada diagram ini, perusahaan berinteraksi dengan elemen-elemen seperti registrasi dan login, memasukkan data aktivitas emisi, mengunggah dokumen pendukung, melihat status verifikasi, mengekspor laporan emisi, melihat laporan yang telah diterbitkan, dan logout. Admin memiliki kemampuan untuk memeriksa laporan, mengelola data master, mempublikasikan laporan, dan logout. Verifikator dapat memberikan komentar atau kritik terhadap laporan yang telah dikonfirmasi namun tidak dapat

mengubah data. Sementara itu, publik hanya dapat melihat laporan emisi yang telah dipublikasikan.

#### d. Perancangan *Wireframe*

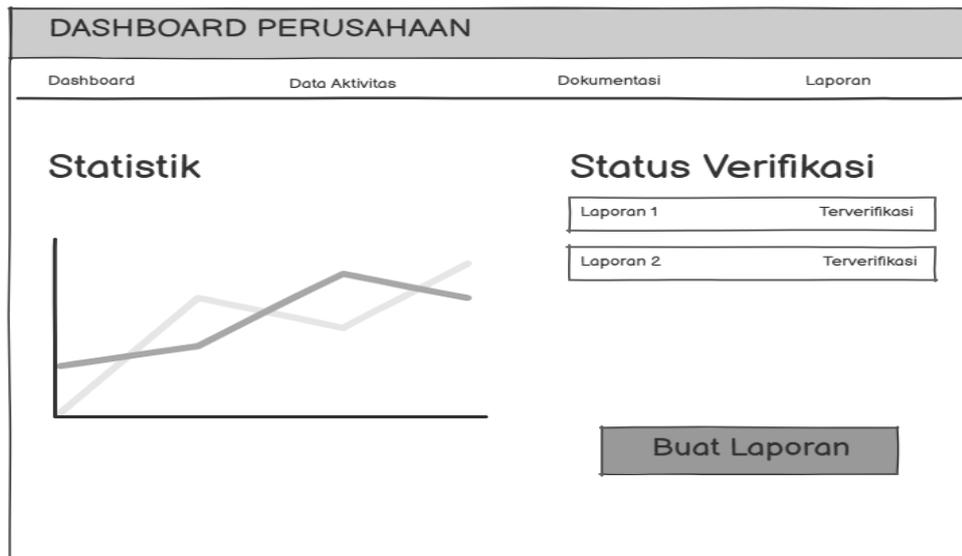
##### 1. Desain Registrasi/*Login*

The wireframe shows a registration page for a system titled "SISTEM INFORMASI AKUNTANSI KARBON". The page has a header with a home icon and the word "Registrasi". The main content area contains a registration form with three input fields labeled "Nama", "Email", and "Kata Sandi". Below the "Kata Sandi" field is a "DAFTAR" button and a link that says "Sudah punya akun? [Login](#)". The footer contains the copyright notice "© 2025 - Sistem".

**Gambar 4. 7 *Wireframe Login***

Gambar di atas menunjukkan tampilan *wireframe* registrasi pengguna sistem. Terdapat tiga kolom input, yaitu nama, email, dan password, yang harus diisi untuk mendaftarkan akun. Di bawah formulir, tersedia sebuah tombol daftar dan sebuah tautan login untuk pengguna yang sudah memiliki akun. Bagian navigasi atas berisi ikon beranda dan tombol registrasi, sedangkan bagian bawah berisi hak cipta sistem.

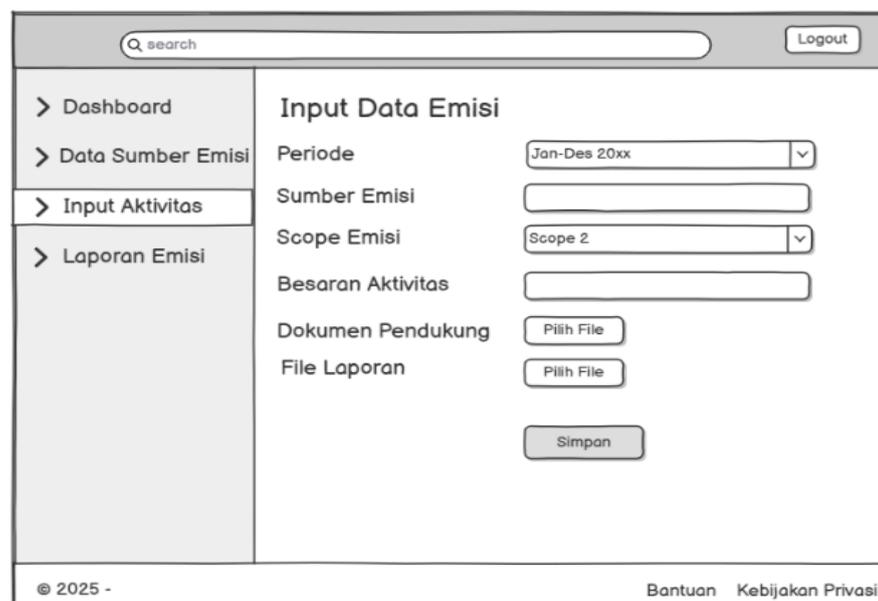
## 2. Desain Dashboard Perusahaan



**Gambar 4. 8 Wireframe Dashboard Perusahaan**

Gambar di atas menunjukkan tampilan dashboard perusahaan dalam sistem. *Wireframe* ini berisi menu seperti dashboard, data aktivitas, dokumentasi, dan laporan. Di bagian tengah, ada tampilan grafik emisi dan kolom status verifikasi yang berisi daftar laporan dan status. Terdapat juga fitur untuk membuat laporan baru.

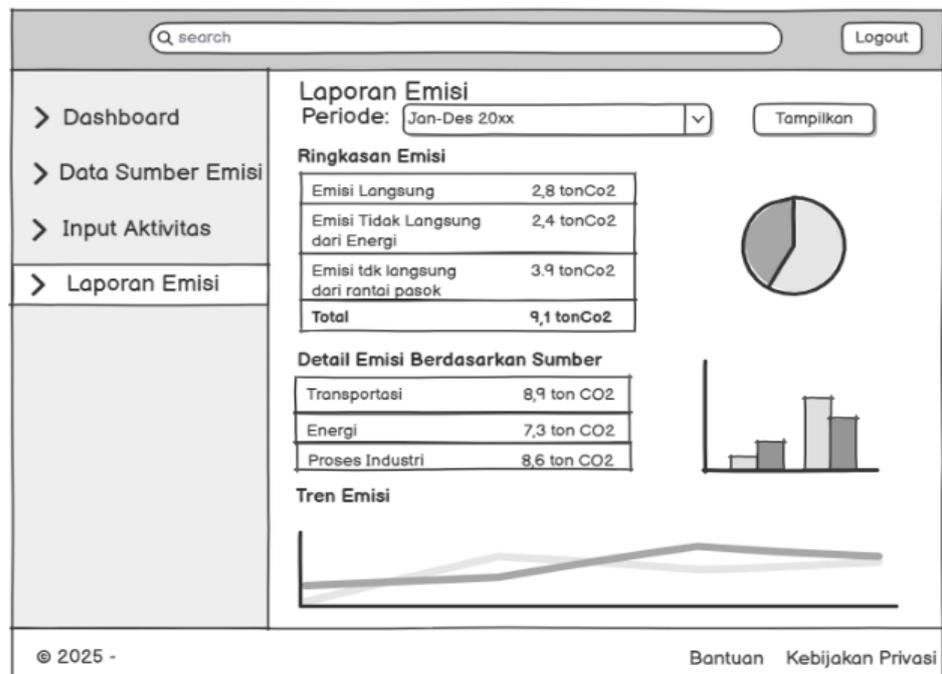
## 3. Desain Input Aktivitas



**Gambar 4. 9 Wireframe Input Aktivitas**

Gambar di atas menunjukkan tampilan halaman input data emisi. Halaman tersebut digunakan oleh pengguna untuk menginput data terkait aktivitas emisi, termasuk periode pelaporan, sumber emisi, scope emisi (scope 1, scope 2, dan scope 3), jumlah aktivitas, dan mengunggah dokumen pendukung serta file laporan. Terdapat fitur simpan untuk menyimpan data ke dalam sistem.

#### 4. Desain Laporan Emisi



**Gambar 4. 10 Wireframe Laporan Emisi**

Gambar di atas merupakan laporan emisi pengguna atau perusahaan berdasarkan periode yang dipilih. Terdapat ringkasan total emisi dari kategori yang berbeda, serta tampilan grafik dalam bentuk diagram lingkaran, diagram, dan garis tren. Informasi terperinci juga disajikan berdasarkan jenis sumber. Hal ini memudahkan pengguna mengetahui emisi yang dilaporkan secara visual dan informatif.

## 5. Desain verifikasi

The wireframe shows a page titled "VERIFIKASI". At the top, there is a navigation bar with links for "Dashboard", "Laporan", "Pengaturan", and "Logout". Below the navigation bar, there is a "Filter" section with the text "Daftar Laporan" and a dropdown menu. Underneath the filter is a table with the following data:

Laporan	Perusahaan	Status	Aksi ...
Laporan	Perusahaan x	Proses	Verifikasi ...
Laporan 2	Perusahaan y	Proses	Verifikasi ...

**Gambar 4. 11 Wireframe Verifikasi**

Gambar di atas didesain untuk memberikan kemudahan bagi admin atau verifikator dalam meninjau dan memproses laporan emisi yang dikirim oleh pengguna atau perusahaan. Terdapat daftar laporan yang dapat difilter sesuai dengan kriteria tertentu, disertai dengan informasi nama laporan, perusahaan, status dan tindakan verifikasi. Menu verifikasi berfungsi mengarahkan admin untuk melanjutkan ke tahap review selanjutnya.

## 6. Desain Verifikator

The wireframe shows a page titled "Feedback Verifikator". At the top, there is a search bar and a "Logout" button. On the left side, there is a sidebar menu with the following items: "Dashboard", "Daftar Laporan", "Feedback Verifikasi", "Riwayat Verifikasi", "Profil", and "Keluar". The main content area contains the following form elements:

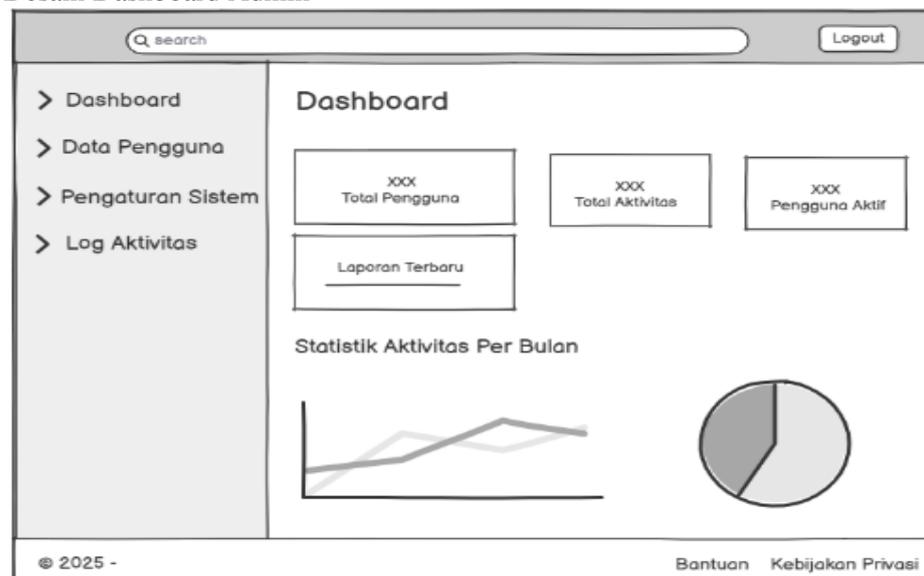
- Nama Laporan:** A dropdown menu with the value "Jan-Des 20xx".
- Periode:** A dropdown menu with the value "Diverifikasi".
- Status Saat Ini:** A button labeled "Lihat Dokumen".
- Komentar/Feedback Tambahan:** A text input field.
- Status Tambahan:** Three radio buttons: "Tetap Diverifikasi", "Ditolak", and "Diperlukan".
- Upload Dokumen Pendukung (Opsional):** A button labeled "Pilih File".
- Buttons:** "Simpan" and "Kembali ke Daftar Verifikasi".

At the bottom of the page, there is a footer with the text "© 2025 -" and "Bantuan Kebijakan Privasi".

**Gambar 4. 12 Wireframe Verifikator**

Gambar di atas memperlihatkan formulir untuk menyampaikan umpan balik atas laporan yang telah diperiksa. Verifikator dapat menentukan nama dan periode laporan, melihat status saat ini, mengakses dokumen, dan menambahkan komentar atau umpan balik tambahan. Terdapat opsi status tambahan terverifikasi, ditolak, perbaikan dan tersedia menu upload dokumen pendukung jika diperlukan. Menu simpan dan ke Kembali ke daftar verifikasi membantu navigasi dan penyimpanan data.

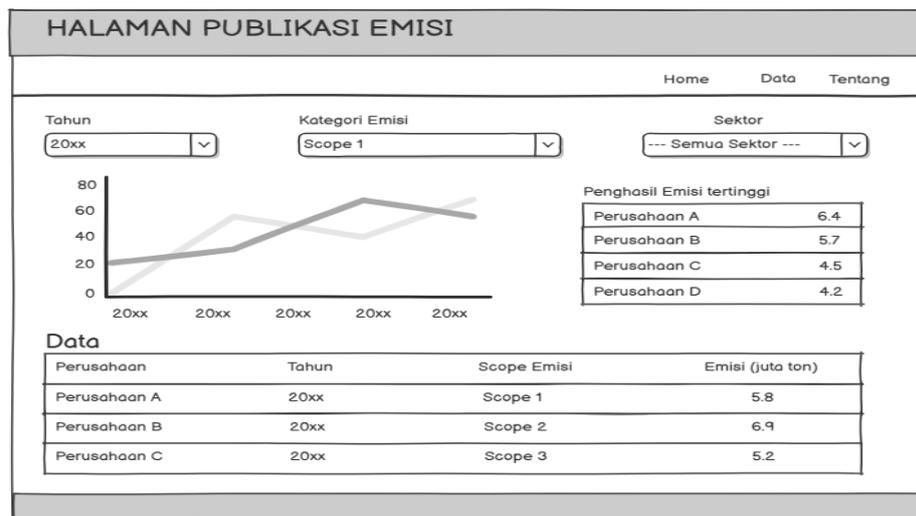
#### 7. Desain Dashboard Admin



**Gambar 4. 13 Wireframe Dashboard Admin**

Gambar di atas merupakan tampilan dashboard untuk admin yang menampilkan informasi data ringkasan seperti total pengguna, total aktivitas, dan jumlah pengguna aktif. Admin juga dapat mengakses laporan terbaru dan memonitor statistic aktivitas emisi melalui grafik dan diagram. Menu di bagian kiri memudahkan akses ke fitur-fitur penting seperti manajemen pengguna, mengatur sistem, dan log aktivitas. Tampilan ini menunjang pengawasan dan pengaturan sistem yang lebih efisien.

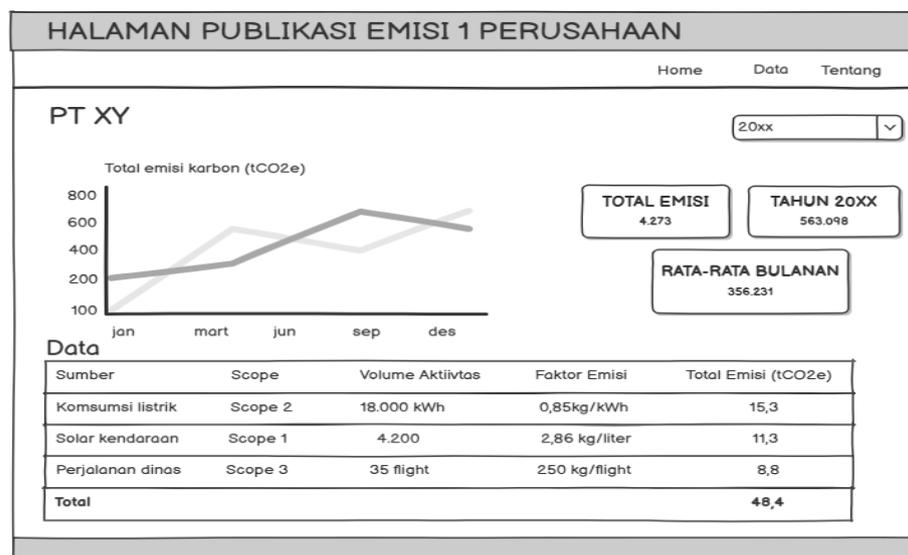
## 8. Desain Publikasi Emisi Halaman 1



Gambar 4. 14 Wireframe Publikasi Emisi Halaman 1

Gambar di atas adalah tampilan publikasi emisi untuk pengguna umum. Tampilan ini memberikan informasi kepada publik untuk melihat data emisi karbon berdasarkan tahun, kategori emisi, dan sektor. Informasi tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Hal ini bertujuan untuk mendorong transparansi dan akuntabilitas pelaporan emisi karbon perusahaan.

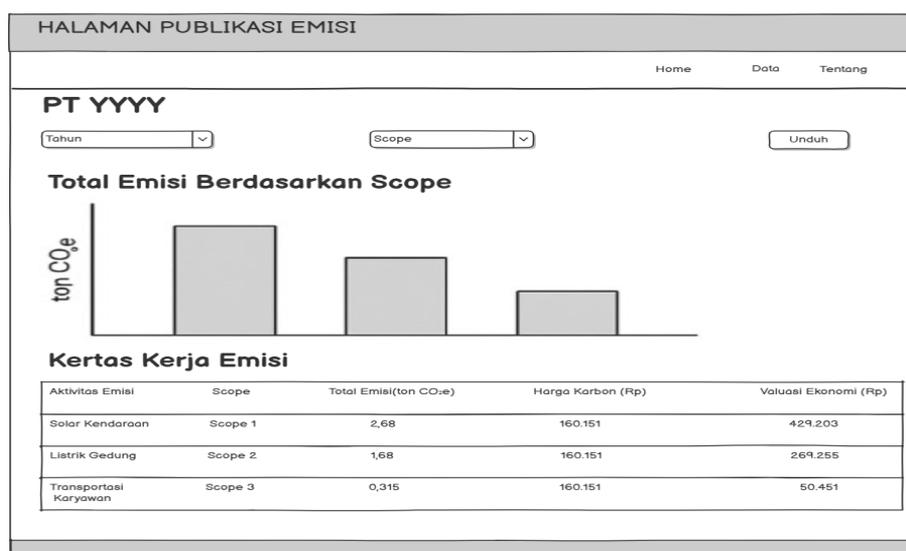
## 9. Wireframe Publikasi Emisi Halaman 2



Gambar 4. 15 Wireframe Publikasi Emisi Halaman 2

Gambar di atas menggambarkan halaman publikasi emisi karbon untuk satu perusahaan. Halaman ini mencakup grafik emisi karbon bulanan, ringkasan total emisi tahunan, dan rata-rata bulanan. Pengguna dapat memilih tahun pelaporan. Bagian bawah berisi tabel data sumber emisi yang disusun berdasarkan ruang lingkup, volume aktivitas, faktor emisi, dan total emisi (tCO<sub>2</sub>e). Halaman ini dimaksudkan untuk memberikan informasi yang transparan kepada publik mengenai tingkat emisi.

#### 10. Desain Halaman Detail Kertas Kerja Emisi



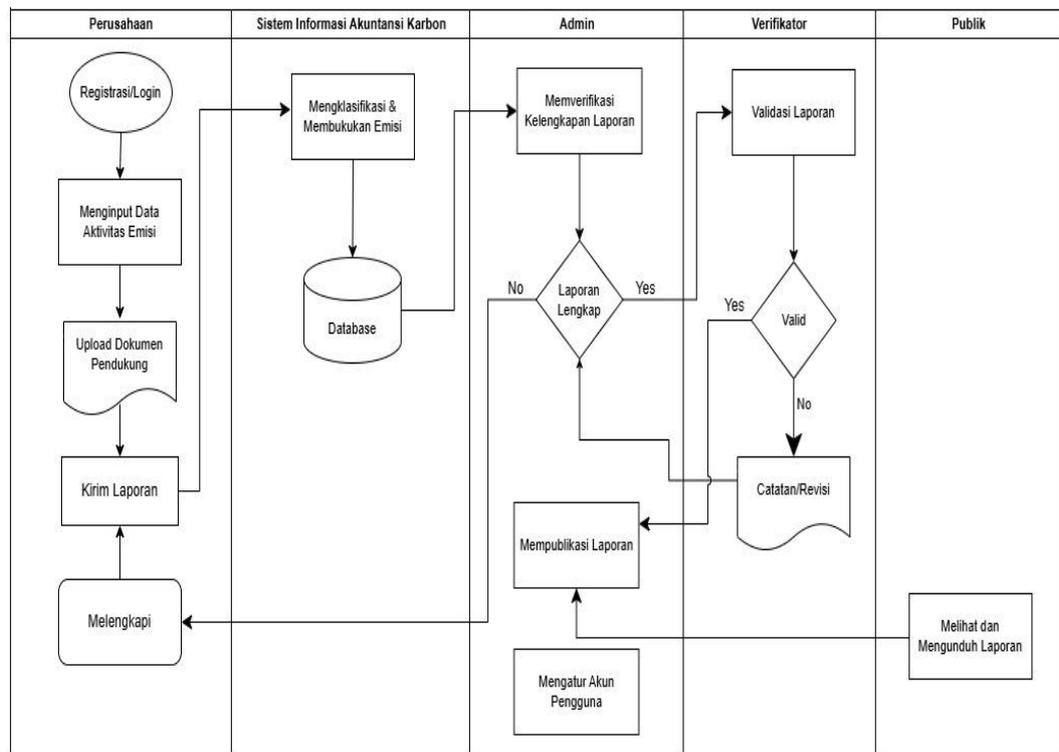
**Gambar 4. 16 Wireframe Detail Kertas Kerja Emisi**

Gambar diatas menampilkan desain halaman Detail Kertas Kerja Emisi dalam sistem publikasi emisi karbon yang dirancang untuk publik. Desain ini berisi informasi dari sistem informasi penghitungan karbon mengenai cara menghitung emisi karbon dari berbagai kegiatan yang dikategorikan sebagai scope 1, 2, dan 3. Data yang disediakan dapat disaring berdasarkan tahun dan ruang lingkup, dan grafik batang menggambarkan total emisi untuk setiap ruang lingkup. Tabel kertas kerja emisi mencakup informasi mengenai aktivitas, total emisi (ton CO<sub>2</sub>e), harga karbon, kemungkinan pendapatan, biaya, dan

keuntungan. Halaman ini hanya dapat dibaca dan memberikan wawasan kepada publik mengenai data lingkungan perusahaan.

#### e. Flowchart Sistem Informasi Akuntansi Karbon

Flowchart di bawah ini menggambarkan alur kerja sistem informasi akuntansi karbon, yang dimaksudkan untuk memudahkan proses pelaporan emisi karbon oleh perusahaan sekaligus memastikan kelengkapan dan keterlacakan perhitungan karbon hingga penerbitan laporan yang transparan.



**Gambar 4. 17 Flowchart Sistem Informasi Akuntansi Karbon**

Deskripsi Flowchart:

1. Pertama, perusahaan atau pengguna mendaftarkan atau masuk ke dalam sistem
2. Perusahaan memasukkan data aktivitas emisi. Berdasarkan kategori yang relevan, data ini mencakup informasi tentang tindakan yang menghasilkan emisi karbon

3. Sebagai bagian dari prinsip akuntabilitas dan transparansi , perusahaan juga menyediakan dokumentasi pendukung, seperti faktur, buti aktivitas, atau dokumen perhitungan emisi
4. Setelah itu, sistem akan mengklasifikasikan data aktivitas dan secara otomatis memasukkannya ke dalam database sistem informasi akuntansi karbon melalui prosedur klasifikasi dan perhitungan emisi.
5. Setelah proses pembukuan, perusahaan dapat mengirim laporan kepada pihak admin
6. Jika terdapat kekurangan atau kesalahan data, sistem akan memberikan umpan balik, dan perusahaan dapat melengkapi laporan melalui proses koreksi dan perbaikan dokumen
7. Admin bertugas melakukan verifikasi kelengkapan laporan, yaitu memeriksa apakah seluruh data dan dokumen pendukung sudah sesuai standar yang diterapkan
  - Jika laporan belum lengkap, laporan dikembalikan ke perusahaan untuk dilengkapi
  - Jika sudah lengkap, laporan diteruskan ke verifikator
8. Verifikator melakukan proses validasi laporan, yaitu mengecek kebenaran dan kewajaran data emisi yang dilaporkan
  - Jika tidak valid, verifikator akan memberikan catatan atau revisi yang harus ditindaklanjuti oleh perusahaan
  - Jika valid, laporan dapat dilanjutkan ke tahap publikasi
9. Setelah validasi, admin mempublikasikan laporan, menjadikannya tersedia secara terbuka
10. Publik sebagai pengguna eksternal dapat melihat dan mengunduh laporan mendukung prinsip transparansi dan akuntabilitas pelaporan emisi karbon.

11. Selain itu admin juga memiliki tanggung jawab untuk mengatur akun pengguna baik untuk perusahaan maupun verifikator.

Flowchart ini menggambarkan tahapan-tahapan penting dalam proses perhitungan karbon, mulai dari pencatatan data aktivitas emisi hingga penerbitan laporan. Sistem ini tidak melakukan perhitungan otomatis, melainkan mengatur informasi yang diberikan oleh perusahaan ke dalam format laporan perhitungan karbon yang sistematis dan jelas.

Salah satu proses utama yang digambarkan dalam diagram alir sistem informasi penghitungan karbon ini adalah proses pembukuan, yang sangat penting untuk mencatat data emisi dari berbagai kegiatan. Kertas kerja digunakan sebagai alat pencatatan awal untuk mengumpulkan, memperkirakan, dan mengkategorikan data emisi sebelum dimasukkan ke dalam database utama. Kertas kerja ini mencakup informasi penting seperti aktivitas emisi, kategori ruang lingkup, volume aktivitas, faktor emisi, temuan perhitungan emisi karbon, dan data verifikasi untuk memvalidasi kebenaran perhitungan. Selain itu, kertas kerja ini juga digunakan untuk menilai nilai emisi melalui valuasi ekonomi, yaitu penghitungan nilai moneter emisi karbon berdasarkan harga karbon tertentu. Dalam konteks ini, harga karbon yang digunakan adalah nilai referensi dari pasar karbon China yang dikonversikan ke dalam mata uang Rupiah. Kertas kerja ini membuat proses pencatatan menjadi lebih sistematis, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan sebelum data akhir dicatat dan diproses dalam sistem. Contoh kertas kerja di bawah ini menunjukkan format dan kolom-kolom penting yang digunakan untuk mencatat emisi karbon dan menghitung valuasi ekonomi.

**Tabel 4. 19 Kertas Kerja Estimasi Emisi Karbon dan Evaluasi Biaya**

No	Aktivitas Emisi	Scope	Volume & Satuan	Faktor Emisi (ton CO <sub>2</sub> e/unit)	Total Emisi (ton CO <sub>2</sub> e)	Harga Karbon (Rp)	Valuasi Ekonomi (Rp)
1	Solar Kendaraan	Scope 1	1000 liter	0,00268	2,68	160.151	429.203
2	Listrik Gedung	Scope 2	2000 kWh	0,00084	1,68	160.151	268.255
3	Pembakaran Limbah	Scope 1	500 kg	0,0019	0,95	160.151	152.143
4	Penggunaan AC	Scope 2	20 unit	0,03	0,6	160.151	96.091
5	Transportasi Karyawan	Scope 3	1500 km	0,00021	0,315	160.151	50.451
6	Penggunaan Air	Scope 3	100 m <sup>3</sup>	0,00034	0,034	160.151	5.445
7	Produksi Barang	Scope 1	300 unit	0,006	1,8	160.151	288.271
<b>Total</b>					<b>8,059</b>		<b>1.289.859</b>

Sumber: Diolah (2025)

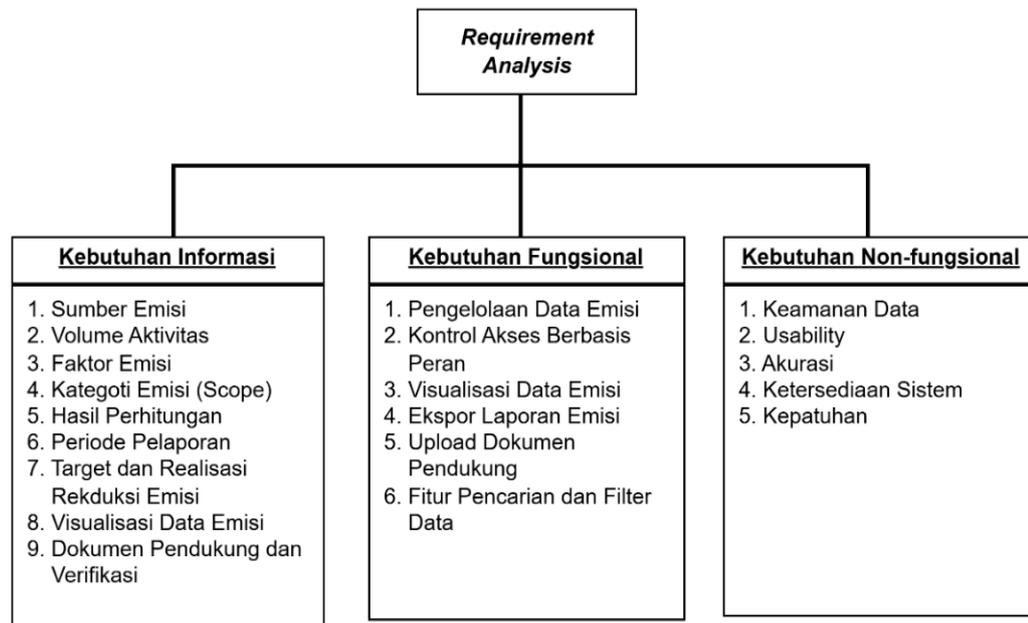
Tabel ini menampilkan nilai ekonomi dari emisi karbon yang dihasilkan dari berbagai aktivitas perusahaan. Total emisi untuk setiap kegiatan ditentukan dengan mengalikan volume dengan faktor emisi (ton CO<sub>2</sub>e/unit). Untuk menghitung nilai ekonomi, total emisi dikalikan dengan harga karbon sebesar Rp 160.151 per ton CO<sub>2</sub>e. Sebagai contoh, Solar Kendaraan dengan volume 1.000 liter dan faktor emisi 0,00268 menghasilkan 2,68 ton CO<sub>2</sub>e, yang jika dikalikan dengan harga karbon menghasilkan valuasi ekonomi sebesar Rp 429.203. Total emisi yang dihasilkan adalah 8,059 ton CO<sub>2</sub>e, dengan nilai ekonomi sekitar Rp1,29 juta. Estimasi ini memungkinkan perusahaan untuk menilai dampak finansial dari emisi karbon dan mengelola rencana pengurangannya.

## **4.2 Pembahasan Hasil Penelitian**

### **4.2.1 Komponen Utama dalam Sistem Informasi Akuntansi Karbon Berbasis Database**

Meskipun tujuan dari sistem informasi akuntansi karbon ini adalah untuk membantu masyarakat adat dalam mengelola hutan adat dan data karbon secara berkelanjutan, namun desain yang dihasilkan dalam penelitian ini menggunakan istilah “perusahaan” sebagai representasi umum dari unit pelapor emisi. Hal ini dilakukan untuk memungkinkan fleksibilitas dalam implementasi sistem, sehingga dapat digunakan tidak hanya oleh pelaku usaha, tetapi juga oleh lembaga, unit kerja pemerintah, dan masyarakat adat yang membutuhkan pemantauan dan pelaporan emisi karbon secara sistematis dan akuntabel.

Komponen utama dari sistem informasi akuntansi karbon adalah elemen utama yang diperlukan untuk membuat sistem pelaporan emisi karbon yang terstruktur, efisien, dan dapat dipertanggungjawabkan (Bai et al., 2024). Sistem ini dirancang untuk membantu perusahaan dalam melakukan pencatatan dan pelaporan emisi karbon, terutama media informasi kepada publik terkait emisi karbon yang dikeluarkan oleh perusahaan secara digital dengan mengacu pada regulasi nasional dan standar internasional seperti GHG Protocol dan ISO 14064. Dalam proses desain sistem, dilakukan analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi informasi yang harus tersedia, fungsi yang harus dijalankan oleh sistem, dan kriteria teknis pendukung dalam operasional sistem. Analisis kebutuhan ini menjadi dasar untuk pengembangan desain dan struktur sistem secara menyeluruh. Berikut adalah gambar yang menunjukkan hasil analisis kebutuhan sistem, yang membagi komponen utama ke dalam tiga kategori kebutuhan informasi, kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional.



**Gambar 4. 18 Requirement Analysis**

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, sistem informasi ini bertujuan untuk memberikan informasi yang komprehensif mengenai kegiatan operasional emisi karbon sebuah perusahaan. Data yang dibutuhkan terdiri dari aktivitas sumber emisi, scope emisi, jumlah emisi yang dilaporkan, dokumen pendukung, status verifikasi, dan total temuan laporan emisi yang telah divalidasi. Informasi ini sangat penting tidak hanya untuk evaluasi kinerja lingkungan internal perusahaan, tetapi juga untuk pemangku kepentingan eksternal seperti masyarakat, pemerintah, dan kalangan akademik. Penelitian ini mengimplikasikan bahwa kebutuhan informasi sistem bersifat operasional dan strategis, karena sistem ini berfungsi sebagai landasan bagi transparansi dan akuntabilitas perusahaan dalam isu-isu lingkungan.

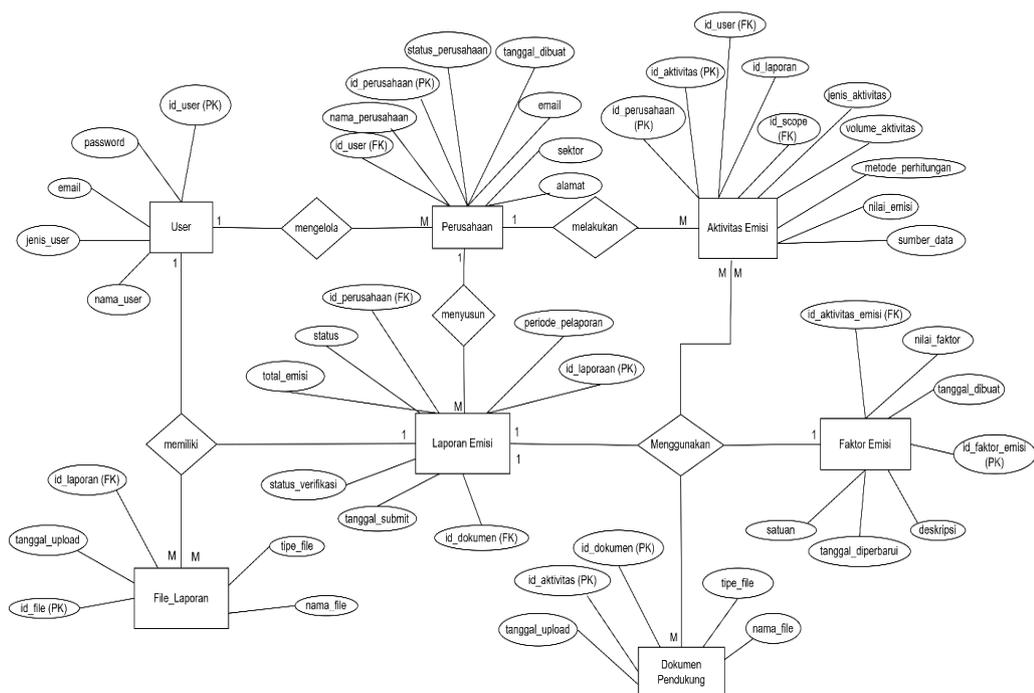
Berdasarkan analisis kebutuhan fungsional, sistem harus memiliki fitur-fitur utama yang dapat menangani proses input, penyimpanan, dan penyajian data aktivitas emisi karbon. Identifikasi pengguna (registrasi dan login), pengisian formulir aktivitas emisi, mengunggah dokumen pendukung, tampilan dashboard emisi, status verifikasi laporan, dan ekspor laporan dalam format tertentu merupakan fungsi-fungsi yang

dibutuhkan. Sementara itu, admin dan verifikator, sistem harus dapat merampingkan proses verifikasi data, memberikan umpan balik kepada perusahaan, dan menyediakan laporan yang dapat diakses oleh publik. Interpretasi dari kebutuhan ini menyiratkan bahwa sistem tersebut harus dapat mendukung operasi yang rumit dengan cara yang praktis, serta menjembatani komunikasi antara berbagai pemangku kepentingan yang memiliki peran yang berbeda dalam pengelolaan data emisi.

Sementara kebutuhan non-fungsional untuk sistem informasi akuntansi karbon berbasis database meliputi kerahasiaan data, kemudahan akses, keamanan sistem dan kinerja. Sistem harus menjaga keamanan informasi perusahaan dengan menerapkan otoritas akses yang benar dan melindungi data sensitif, terutama data emisi dan dokumen pendukung. Tampilan yang mudah digunakan dan sesuai dengan semua perangkat akan memastikan kemudahan akses. Komponen-komponen non fungsional ini sangat penting untuk memastikan sistem tersebut memenuhi kebutuhan berbagai macam pengguna, baik internal maupun eksternal. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem tidak hanya didorong oleh fungsionalitas tekniknya, tetapi juga oleh kemampuannya untuk menjaga kepercayaan pengguna melalui kinerja yang konsisten, aman dan inklusif.

Ketiga komponen utama ini berfungsi sebagai dasar untuk mengembangkan sistem informasi akuntansi karbon yang mampu memenuhi persyaratan pelaporan emisi secara sistematis, fungsional, dan transparan. Dengan memperhatikan kebutuhan informasi, fungsional, dan non-fungsional, sistem ini diharapkan tidak hanya berfungsi sebagai alat pelaporan teknis, tetapi juga sebagai media pertanggungjawaban perusahaan terhadap isu-isu lingkungan. Komponen-komponen ini memastikan bahwa data yang diperoleh lengkap, prosesnya efisien, dan hasil pelaporan dapat diandalkan untuk berbagai pemangku kepentingan.

Untuk meningkatkan validitas dan memperkuat struktur komponen-komponen penting, desainnya menggunakan metode teknis yang disesuaikan dengan persyaratan pencatatan, pelaporan, dan pembatasan emisi karbon secara sistematis. Teknik ini memperhitungkan persyaratan pengguna yang penting seperti akurasi data, akses cepat ke informasi, dan ketertelusuran proses penghitungan emisi. Dalam konteks ini, hubungan antar entitas dimaksudkan untuk saling berhubungan secara logis dan efektif, sehingga memudahkan integrasi data dari beragam operasi emisi. Hubungan antar entitas berikut ini menunjukkan saling ketergantungan dari persyaratan-persyaratan tersebut dalam sebuah sistem informasi penghitungan karbon yang komprehensif, bertanggung jawab, dan mampu memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis data lingkungan.



**Gambar 4. 19 Relasi antar entitas**

Untuk meningkatkan validitas dan struktur komponen-komponen ini, sistem dibuat menggunakan pendekatan teknis yang mencerminkan kebutuhan-kebutuhan tersebut seperti yang ditampilkan pada gambar di atas. Salah satunya adalah *Entity Relationship Diagram* (ERD), yang mempresentasikan struktur logis data dimana entitas seperti perusahaan, aktivitas emisi, faktor emisi, laporan dan dokumen pendukung, dikembangkan berdasarkan informasi yang dikumpulkan selama tahap analisis kebutuhan. ERD ini menguraikan hubungan antar data dan berfungsi sebagai dasar untuk struktur database sistem. Selain itu, *Data Flow Diagram* (DFD) digunakan untuk menggambarkan aliran data di seluruh sistem. DFD terdiri dari lima proses utama antara lain, pengelolaan akun, pencatatan aktivitas emisi, dokumentasi pendukung, proses verifikasi dan pelaporan. Setiap proses mencakup interaksi data yang jelas dengan entitas pengguna seperti perusahaan, administrator, verifikator dan publik. DFD tidak hanya menggambarkan aliran data, tetapi juga menunjukkan bagaimana sistem berfungsi secara logis dari awal hingga akhir. *Use Case Diagram* digunakan untuk mempresentasikan interaksi antara pengguna dan sistem. Diagram ini mendefinisikan fungsi-fungsi sistem berdasarkan peran masing-masing aktor. Perusahaan, sebagai pengguna utama, dapat melakukan registrasi, memasukkan data emisi, mengunggah dokumen dan melacak status verifikasi. Administrator mengelola data dan memvalidasi laporan, sedangkan verifikator memberikan umpan balik tetapi tidak dapat mengubah data. publik hanya dapat melihat laporan yang telah dipublikasikan. Diagram ini memastikan bahwa setiap fungsi sistem dijalankan sesuai dengan peran dan hak akses pengguna.

Temuan penelitian ini selaras dengan Teori Sistem (*Systems Theory*) dan *Contingency Theory*, yang memberikan landasan penting untuk membangun sistem informasi akuntansi karbon berbasis database. Teori sistem menegaskan bahwa sebuah sistem terdiri dari elemen-elemen yang saling terkait dan berinteraksi dengan cara yang

terorganisir untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam konteks ini, sistem informasi akuntansi karbon yang dirancang mencakup elemen-elemen yang saling berinteraksi seperti input aktivitas emisi perusahaan, verifikasi administratif, dan tampilan laporan kepada publik. Setiap komponen sistem, mulai dari database dan dashboard hingga fitur ekspor data, dimaksudkan untuk berinteraksi satu sama lain, yang mencerminkan ide sistem terbuka yang diartikulasikan dalam teori ini. Sistem terbuka ini dapat menerima input dari dunia luar, menyesuaikan dengan Batasan emisi karbon yang berlaku, dan menghasilkan output berupa informasi yang transparan dan dapat diakses oleh publik sebagai bentuk tanggung jawab perusahaan. Dengan demikian, gagasan ini memperkuat argumen bahwa keberhasilan suatu sistem sangat bergantung pada integrasi komponen-komponennya dan kemampuannya untuk berinteraksi dengan lingkungannya.

Selanjutnya, temuan penelitian ini juga sesuai dengan *Contingency Theory* yang menyebutkan bahwa tidak ada satu jenis sistem yang dapat diterapkan secara universal untuk semua organisasi karena efektivitas sistem sangat bergantung pada kondisi tertentu, termasuk struktur organisasi, peraturan industri, dan ketentuan pelaporan. Sistem yang dirancang dalam penelitian ini adalah respon terhadap kebutuhan kontekstual di Indonesia, dimana pelaporan emisi karbon belum sepenuhnya terdigitalisasi dan keterlibatan pemerintah serta masyarakat menjadi semakin penting dalam mengevaluasi kinerja lingkungan perusahaan. Sistem ini dapat mengakomodir berbagai macam pengguna, termasuk perusahaan, verifikator, dan masyarakat umum, serta dibuat cukup fleksibel untuk memenuhi standar pelaporan internasional seperti GHG Protocol, ISO 14064 dan tetap mematuhi peraturan yang berlaku di Indonesia. Hal ini menggambarkan bagaimana konsep contingency diterapkan dalam desain sistem, di mana fitur, format data, dan prosedur perizinan dimodifikasi agar sesuai dengan tata kelola dan lingkungan operasional saat ini. Sebagai hasilnya, teori ini mendukung

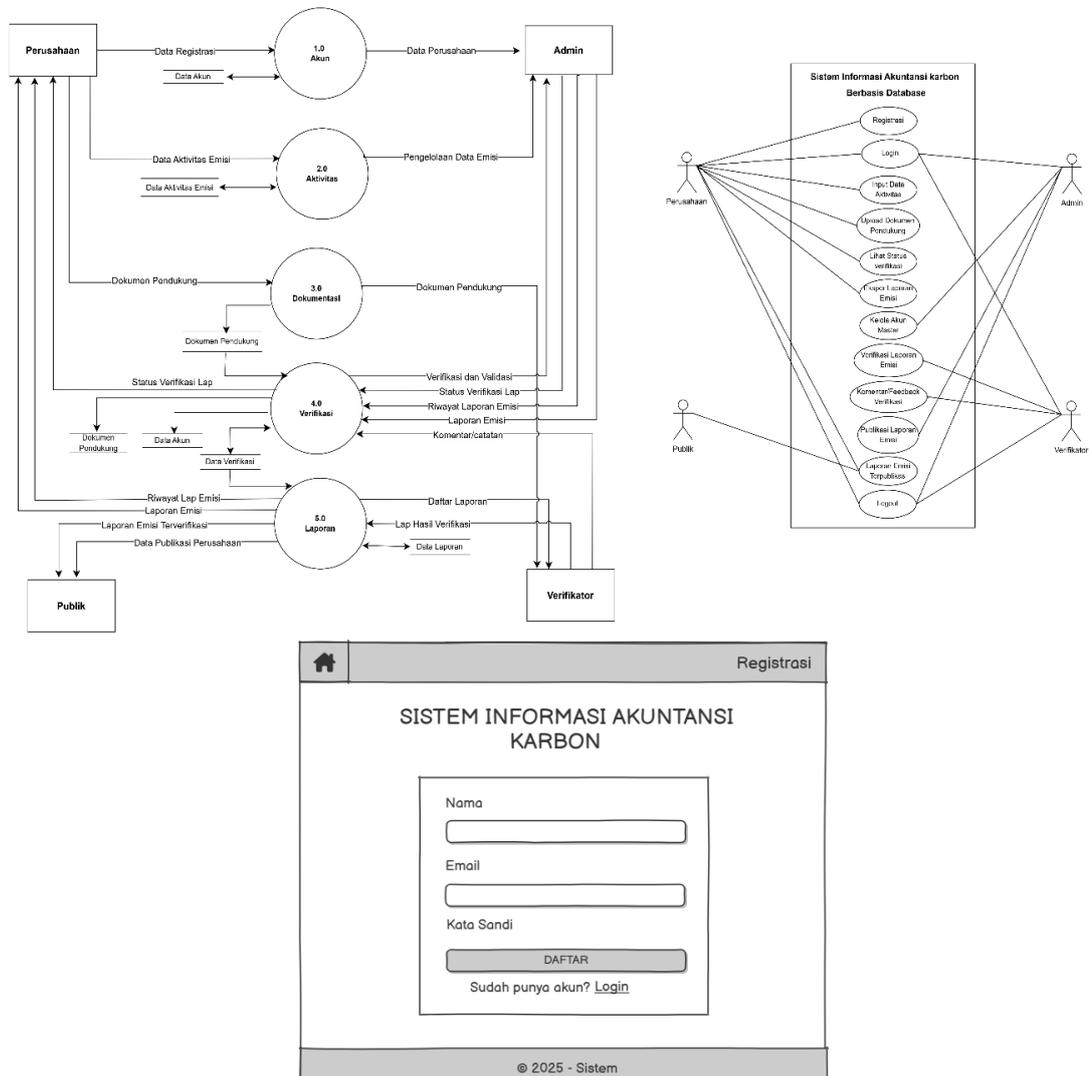
kesimpulan bahwa sistem informasi untuk akuntansi karbon tidak dapat dibuat dengan cara yang umum, namun harus mempertimbangkan lingkungan, aktor pengguna, dan tujuan kelembagaan. Kombinasi dari kedua teori ini memberikan dasar yang kuat untuk menjelaskan perlunya sistem yang terintegrasi, fleksibel, dan mampu menangani masalah-masalah yang terkait dengan pelaporan emisi karbon secara tepat dan kontekstual.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, keterkaitan hasil penelitian ini mendukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Trinkis et al., (2020) dan Bhatia et al., (2024) yang menyebutkan bahwa sistem pelaporan emisi yang terpercaya diperlukan untuk menunjang kepatuhan terhadap regulasi global dan meningkatkan transparansi dalam pengelolaan karbon. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Kaur et al., (2023) yang mengungkapkan bahwa digitalisasi sistem pelaporan karbon dapat meningkatkan akuntabilitas perusahaan terhadap isu-isu lingkungan dan memfasilitasi proses evaluasi berbasis data.

#### **4.2.2 Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall**

Sebuah sistem informasi akuntansi karbon berbasis database dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelaporan emisi karbon yang sistematis, transparan, dan berskala internasional. Langkah ini merupakan kelanjutan dari analisis kebutuhan yang telah ditentukan sebelumnya, yang kemudian diwujudkan dalam bentuk desain teknis sistem. Rancangan ini menghasilkan struktur database, *Entity Relationship Diagram* (ERD), *Data Flow Diagram* (DFD), *Use Case Diagram* dan rancangan *Wireframe* yang menggambarkan struktur data, alur proses, interaksi pengguna, dan tampilan sistem. Keseluruhan desain dibuat dengan menggunakan pendekatan teknik Waterfall yang mengutamakan prosedur yang linier dan terstruktur. Perancangan ini tidak hanya berusaha untuk memenuhi kebutuhan teknologi secara fungsional, tetapi juga

memungkinkan akuntabilitas pelaporan, memfasilitasi verifikasi data, dan memberikan akses informasi yang dapat dipercaya untuk berbagai pemangku kepentingan termasuk bisnis, pemerintah, dan masyarakat.



**Gambar 4. 20 Representasi Visual Desain Sistem**

### 1. *Entity Relationship Diagram (ERD)*

*Entity Relationship Diagram (ERD)* yang dibuat untuk penelitian ini menggambarkan struktur logis dari data dan keterkaitan antar entitas yang terlibat dalam pelaporan dan pendokumentasian emisi karbon perusahaan. ERD ini merupakan hasil dari penelitian kebutuhan informasi dengan menggunakan standar pelaporan GHG Protocol dan ISO 14064, serta data dari laporan perusahaan.

Dalam diagram ini, terdapat delapan entitas utama, yaitu pengguna, perusahaan, aktivitas emisi, faktor emisi, laporan emisi, file laporan, dokumen pendukung, dan kategori cakupan. Entitas pengguna berisi informasi mengenai pengguna yang memiliki akses ke sistem, seperti administrator, perusahaan, atau verifikator dan mencakup karakteristik seperti `id_user`, `nama_user`, `email`, `password`, dan `tipe_user`. Setiap pengguna dapat mengelola satu atau beberapa entitas perusahaan, yang berisi informasi identitas perusahaan pelapor, seperti nama, sektor, alamat, dan status.

Entitas aktivitas emisi melacak berbagai jenis aktivitas perusahaan yang mengeluarkan emisi karbon, termasuk informasi mengenai jenis aktivitas, volume dan sumber data. Setiap aktivitas berhubungan dengan laporan emisi dan perusahaan. Entitas faktor emisi mendukung perhitungan emisi dengan menyediakan data referensi mengenai nilai faktor emisi yang digunakan dalam akuntansi karbon, serta informasi tambahan seperti unit dan deskripsi sumber faktor tersebut. Selain itu, data aktivitas dilengkapi dengan entitas dokumen pendukung, yang berisi file atau dokumentasi fisik dari aktivitas emisi, seperti bukti pemakaian energi, metode perhitungan atau catatan operasional lainnya yang diunggah oleh pengguna.

Entitas pelaporan emisi menyimpan ringkasan informasi tentang hasil laporan yang dihasilkan perusahaan, seperti total emisi yang diperoleh secara manual dan status verifikasi. File laporan digunakan untuk menyimpan dokumen pelaporan yang telah diselesaikan, sementara semua prosedur dan bukti tindakan dikonsolidasikan ke dalam satu entitas pelaporan. Hubungan antara entitas-entitas ini memfasilitasi alur pencatatan dan pelaporan emisi karbon yang sistematis tanpa memerlukan perhitungan otomatis, namun tetap memungkinkan untuk mendokumentasikan komponen dan nilai yang relevan. Dengan demikian, ERD ini

berfungsi sebagai dasar untuk pengembangan sistem berbasis data yang mendorong pelaporan emisi yang akuntabel dan transparan dengan tetap mengikuti kriteria pelaporan karbon yang berlaku saat ini.

## 2. Struktur Database

Struktur database dari sistem informasi akuntansi karbon ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan pencatatan dan pelaporan emisi karbon perusahaan secara sistematis. Setiap tabel mencerminkan entitas utama yang telah dinyatakan sebelumnya dalam ERD dan selanjutnya dipecah menjadi beberapa field dengan jenis dan ukuran data yang sesuai. Tujuan dari arsitektur ini adalah untuk memberikan akurasi pencatatan, efisiensi penyimpanan data, dan keterkaitan informasi untuk memfasilitasi transparan pelaporan. Setiap tabel mencerminkan fungsi spesifik, seperti:

- a. Tabel user menyimpan data akun dan peran pengguna
- b. Tabel perusahaan memuat informasi identitas dan status perusahaan pelaporan
- c. Tabel laporan emisi berisi data ringkasan laporan dan status verifikasi
- d. Tabel aktivitas emisi merekam aktivitas yang menghasilkan emisi dengan detail volume dan metode perhitungan
- e. Tabel faktor emisi menyimpan nilai referensi faktor emisi untuk perhitungan karbon
- f. Tabel file laporan dan dokumen pendukung menyimpan file digital terkait laporan dan bukti aktivitas.

Relasi antar tabel menggunakan primary key dan foreign key untuk menjaga konsistensi dan memungkinkan pelacakan data secara sistematis.

## 3. *Data Flow Diagram* (DFD)

*Data Flow Diagram* (DFD) pada penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan aliran data secara keseluruhan dalam sistem informasi akuntansi karbon berbasis database. DFD dipakai untuk menggambarkan keterkaitan antara sistem dengan entitas luar, serta untuk menjabarkan arus data yang masuk dan keluar dari sistem sesuai dengan prosedur utama yang telah didesain. Pada penelitian ini, perancangan DFD diselesaikan hingga tahap diagram konteks dan DFD level 0, sesuai dengan ruang lingkup penelitian yang berfokus pada desain sistem.

Diagram Konteks menggambarkan sistem sebagai proses tunggal yang berinteraksi dengan empat entitas eksternal utama: Perusahaan, Administrasi, Publik, dan Verifikator. Perusahaan adalah anggota aktif yang melakukan registrasi, memasukkan data aktivitas emisi, dan mengunggah dokumentasi pendukung. Administrator memiliki otoritas penuh atas sistem, termasuk kemampuan untuk memeriksa data dan mengelola faktor emisi. Publik merupakan pihak pasif yang hanya menerima informasi emisi yang telah diverifikasi, sedangkan Verifikator, sebagai pihak yang tidak memihak, memvalidasi laporan emisi tanpa memiliki wewenang untuk mengubah data. Aliran data yang digambarkan dalam grafik ini mewakili struktur sistem yang memfasilitasi kontrol internal (melalui verifikasi) dan transparansi ke luar.

DFD Level 0 kemudian mengembangkan proses tunggal dari diagram konteks, menghasilkan lima proses utama yang menggambarkan fungsi-fungsi utama sistem. Proses 1.0 Akun mengelola registrasi dan identitas perusahaan sebagai pengguna sistem. Proses 2.0 Aktivitas menangani data aktivitas emisi seperti jenis aktivitas, volume, teknik perhitungan, dan hasil. Proses 3.0 Dokumentasi menyimpan dan mengelola dokumen-dokumen pendukung yang diserahkan oleh perusahaan untuk membuktikan emisi yang telah dilaporkan.

Proses 4.0 Verifikasi memungkinkan administrator dan verifikator untuk menilai data dan dokumen emisi yang diunggah, menghasilkan status verifikasi, catatan koreksi, atau penolakan laporan. Terakhir, proses 5.0 Report menghasilkan laporan emisi bersertifikat yang dapat diakses kembali oleh perusahaan dan dipresentasikan kepada publik. Semua prosedur ini dihubungkan dengan data store seperti DS1 (Data Akun), DS2 (Aktivitas), DS3 (Dokumen Pendukung), DS4 (Verifikasi), dan DS5 (Laporan Emisi).

Dalam hal fungsionalitas, struktur lima proses utama dalam DFD Level 0 menunjukkan pemisahan peran yang jelas (modularitas) di dalam sistem. Hal ini sangat penting untuk memastikan integritas dan keamanan data karena setiap proses memiliki tujuan tertentu dan hanya berinteraksi dengan data yang relevan. Sebagai contoh, dokumen yang disediakan oleh bisnis hanya dapat dilihat oleh verifikator dan administrator, bukan oleh masyarakat umum, dan hasil verifikasi hanya dipublikasikan setelah status laporan disetujui. Desain ini juga menunjukkan gagasan akses berbasis peran, yang konsisten dengan persyaratan sistem pelaporan peraturan seperti *GHG Protocol* dan ISO 14064.

Secara keseluruhan, DFD yang dirancang lebih dari sekedar alat dokumentasi teknis tetapi DFD ini juga mencerminkan prinsip-prinsip ilmiah dan praktis untuk mengembangkan sistem informasi penghitungan karbon yang adaptif dan dapat dipertanggungjawabkan yang dapat mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Desain ini menyediakan platform yang solid untuk tahap pengembangan selanjutnya, termasuk implementasi sistem dan penambahan kemampuan yang lebih dinamis dan real-time.

#### 4. *Use Case Diagram*

*Use Case Diagram* pada penelitian ini menggambarkan interaksi antara aktor eksternal dengan sistem informasi penghitungan karbon berbasis database.

Aktor eksternal dalam sistem ini dibagi menjadi empat kategori yaitu perusahaan, administrator, verifikator, dan publik. *Use Case Diagram* ini menggambarkan beberapa skenario penggunaan sistem yang melibatkan masing-masing aktor dan menyoroti fitur-fitur inti dari sistem.

Dalam desain ini, perusahaan berperan sebagai pengguna utama yang memasukkan data aktivitas emisi, mengunggah dokumen pendukung, dan mengakses laporan verifikasi. Administrator bertugas untuk memelihara sistem, termasuk memeriksa laporan, memantau faktor emisi, dan memastikan bahwa data yang dimasukkan oleh organisasi telah sesuai dengan peraturan. Verifikator memvalidasi laporan yang diberikan oleh perusahaan tanpa mengubah data yang ada. Sementara itu, publik hanya dapat membaca dan mengunduh laporan emisi yang telah divalidasi.

Setiap aktor berinteraksi dengan sistem melalui *use case*, yang mendefinisikan kemampuan aktor. Perusahaan dapat memasukkan data aktivitas emisi, mengunggah dokumen pendukung, dan mendapatkan laporan emisi. *Use case* utama untuk admin adalah verifikasi laporan, manajemen faktor emisi, dan manajemen pengguna. Verifikator memiliki aplikasi seperti memvalidasi laporan dan memberikan umpan balik atas laporan yang diberikan oleh perusahaan. Sedangkan publik hanya dapat melihat dan mengunduh laporan emisi yang telah diverifikasi.

*Use Case Diagram* ini menggambarkan hubungan antara aktor dan sistem, serta aliran fungsionalitas yang harus disediakan oleh sistem informasi penghitungan karbon. Teknik ini memungkinkan setiap fungsionalitas sistem diklasifikasikan secara eksplisit berdasarkan siapa yang akan menggunakannya, sehingga menjamin pemisahan yang tepat antara berbagai bentuk akses dan fungsi

di dalam sistem. Gambar ini juga memberikan gambaran umum tentang bagaimana para pelaku berinteraksi dan aliran data di dalam sistem.

#### 5. *Wireframe*

Desain *wireframe* merupakan langkah penting dalam pengembangan sistem informasi karena menyediakan representasi visual dari struktur tampilan dan alur navigasi antarmuka pengguna sebelum sistem tersebut sepenuhnya dibuat. *Wireframe* digunakan untuk menunjukkan bagaimana halaman-halaman penting dari sistem informasi akuntansi karbon berbasis database akan muncul ketika digunakan oleh berbagai pihak seperti perusahaan pelapor, administrator, verifikator, dan masyarakat umum. *Wireframe* ini sangat penting untuk memastikan bahwa antarmuka pengguna memenuhi kebutuhan setiap pelaku dan membantu kelancaran proses pelaporan emisi karbon yang kompleks.

Berdasarkan hasil penelitian ini, desain antarmuka sistem informasi akuntansi karbon berbasis database yang disesuaikan dengan kebutuhan pengguna dari berbagai pihak, yaitu perusahaan, admin, verifikator, dan publik, tercermin dalam desain *wireframe*. Delapan *wireframe* utama yang dikembangkan adalah halaman registrasi/login, dashboard perusahaan, input aktivitas emisi, laporan emisi, verifikasi, tampilan verifikator, dashboard admin, dan publikasi emisi. Setiap *wireframe* disusun secara sistematis sesuai dengan alur kerja sistem dan peran pengguna dalam siklus pelaporan emisi karbon. Untuk mempermudah pemasukan data, termasuk pengunggahan dokumen pendukung yang sangat penting dalam proses verifikasi, halaman input aktivitas dibuat dalam format form yang terstruktur. Di sisi lain, halaman pelaporan dan verifikasi emisi dibuat untuk memudahkan akurasi, kelengkapan, dan evaluasi oleh verifikator dan perusahaan.

Secara keseluruhan, temuan desain *wireframe* menggambarkan bahwa sistem ini lebih dari sekadar alat pelaporan. Sistem ini juga berfungsi sebagai

platform kolaboratif bagi perusahaan pelapor dan pihak-pihak lain yang berkepentingan seperti verifikator dan administrator. Temuan ini konsisten dengan prinsip desain yang berpusat pada pengguna, yang menyatakan bahwa antarmuka dan fungsionalitas harus disesuaikan dengan kebutuhan dan kenyamanan pengguna. Hal ini juga sesuai dengan prinsip *GHG Protocol* dan ISO 14064 yang mengedepankan transparansi, verifikasi, dan tanggung jawab dalam pelaporan emisi. Perubahan tampilan rilis emisi juga mendorong keterbukaan informasi kepada publik dan pihak ketiga lainnya, sehingga meningkatkan akuntabilitas perusahaan atas kontribusinya terhadap tantangan lingkungan.

Temuan ini menunjukkan bahwa *wireframe* dapat digunakan sebagai titik awal untuk membangun sistem informasi berbasis database yang mendorong pelaporan emisi karbon yang lebih sistematis, terdokumentasi, dan dapat dipertanggungjawabkan. Selain menawarkan bantuan teknis selama pengembangan sistem, desain *wireframe* memungkinkan keterlibatan publik yang lebih besar dan pengawasan eksternal terhadap operasi dekarbonisasi perusahaan. Dalam lingkungan akademis, temuan ini memberikan kontribusi metodologis terhadap teknik desain sistem yang disesuaikan dengan persyaratan khusus pelaporan lingkungan.

#### 6. Alur kerja sistem informasi akuntansi karbon

Diagram alir adalah alat bantu visual yang digunakan untuk menggambarkan alur kerja suatu sistem secara logis, sistematis, dan berurutan. Dalam konteks sistem informasi penghitungan karbon berbasis database, diagram alir tidak hanya menggambarkan proses teknis seperti input dan penyimpanan data, tetapi juga merepresentasikan keseluruhan siklus pelaporan emisi karbon, mulai dari input aktivitas emisi perusahaan hingga publikasi laporan ke publik. Langkah penghitungan emisi merupakan komponen penting dalam diagram alir yang

dirancang untuk studi ini, karena langkah ini menggabungkan penggunaan kertas kerja penghitungan karbon untuk mencatat dan memvalidasi proses penghitungan emisi secara sistematis. Kertas kerja ini tidak berdiri sendiri, tetapi merupakan bagian penting dari langkah-langkah proses yang diilustrasikan dalam diagram alir khususnya dalam proses pembukuan. Kertas kerja ini tidak berdiri sendiri, namun merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari tahapan proses yang digambarkan dalam diagram alir, khususnya proses pembukuan sebelum data diverifikasi oleh pihak ketiga.

Hasil perancangan sistem menunjukkan bahwa alur kerja terdiri dari beberapa proses utama, antara lain login pengguna, input data aktivitas emisi, penyusunan kertas kerja, unggah dokumen pendukung, validasi admin, verifikasi pihak ketiga (verifikator), dan publikasi ke halaman publik. Dalam proses pembukuan, perusahaan harus mengisi kertas kerja dalam format tabel dengan informasi seperti jenis kegiatan, volume, klasifikasi ruang lingkup (1, 2, atau 3), faktor emisi, total emisi CO<sub>2</sub>, dan nilai ekonomi (harga karbon, estimasi pendapatan, biaya mitigasi, dan estimasi keuntungan). Data dalam kertas kerja ini kemudian dimasukkan ke dalam dokumen, yang kemudian diperiksa dan disimpan di dalam sistem untuk keperluan audit internal dan eksternal. Kertas kerja ini menggunakan estimasi pasar karbon di China sekitar ¥ 70,42 per ton CO<sub>2</sub>e kemudian dikonversi ke rupiah sebesar Rp 160.151. Hal ini dipilih karena, meskipun Indonesia memiliki peraturan tentang Nilai Ekonomi Karbon (NEK), saat ini belum ada referensi harga karbon yang tepat dan dapat diterapkan secara nasional. Dengan mengacu pada pasar karbon China, sistem ini mempertahankan dasar yang dapat diandalkan dan relevan untuk memperkirakan nilai ekonomi emisi karbon.

Temuan desain yang perlu dicatat adalah bahwa sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai media untuk melaporkan emisi, tetapi juga menjalankan fungsi akuntansi karbon secara penuh. Dokumen yang dikembangkan tidak hanya mengumpulkan data aktivitas dan menghitung emisi, tetapi juga berfungsi sebagai alat analisis ekonomi karbon, dengan mempertimbangkan insentif dan biaya lingkungan yang prospektif. Sistem ini juga memisahkan dengan jelas peran pengguna, administrator, dan verifikator, sehingga memperkuat prinsip-prinsip akuntabilitas dan transparansi dalam pelaporan karbon. Sebagai hasilnya, sistem ini tidak bersifat pasif, namun secara aktif mendukung proses tata kelola emisi karbon baik dari sisi teknis maupun administratif.

Dari sudut pandang teoritis, pendekatan ini konsisten dengan tujuan GHG Protocol, yang menekankan pentingnya mengklasifikasikan emisi berdasarkan ruang lingkup, menggunakan faktor emisi yang dapat dilacak, dan menyertakan pihak ketiga dalam proses verifikasi. Pendekatan ini juga sesuai dengan standar pelaporan ISO 14064, yang mengharuskan perusahaan untuk menjelaskan proses penghitungan mereka dan memberikan informasi pendukung yang dapat diverifikasi. Secara konseptual, desain ini mencerminkan *systems theory*, di mana setiap bagian dari sistem (pengguna, data, proses, dokumen) berinteraksi dengan cara yang sistematis untuk memenuhi tujuan sistem pelaporan emisi yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Penggabungan kertas kerja ke dalam diagram alir juga mendorong akuntansi lingkungan modern, di mana data emisi tidak hanya didokumentasikan tetapi juga diperiksa dalam hal kelayakan ekonomi.

Secara keseluruhan, diagram alir dan desain kertas kerja menunjukkan bagaimana sistem informasi penghitungan karbon tidak hanya dibuat untuk memenuhi persyaratan teknis pelaporan, tetapi juga untuk mengatasi masalah akuntabilitas, transparansi, dan analisis ekonomi dari aktivitas emisi karbon

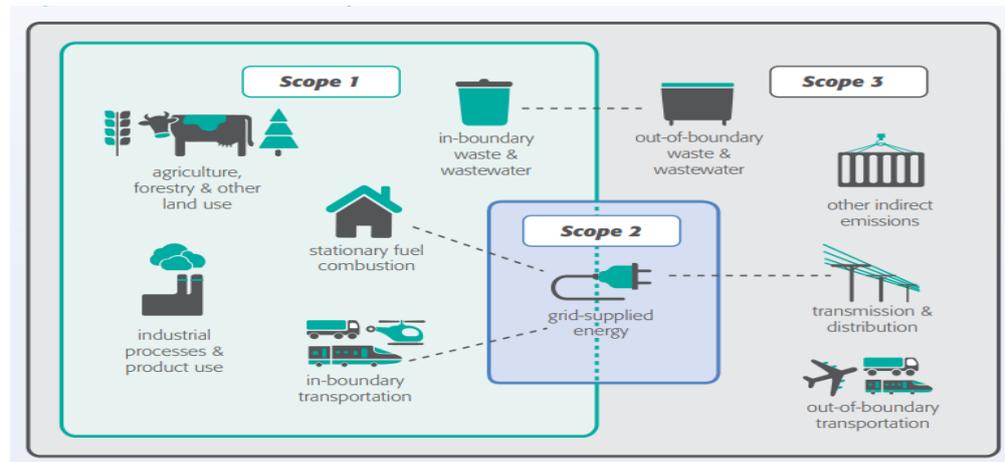
perusahaan. Sistem ini merupakan langkah strategis menuju sistem pelaporan yang tidak hanya terstandarisasi, tetapi juga berbasis bukti dan bernilai strategis, serta memperkuat posisi perusahaan dalam menghadapi peraturan pasar karbon di masa depan.

Secara teori, temuan ini mendukung *Systems Theory*, yang menekankan bahwa sistem terdiri dari bagian-bagian yang saling berinteraksi satu sama lain untuk membentuk satu kesatuan yang berkesinambungan untuk mencapai tujuan tertentu. Dalam hal ini, identifikasi entitas, atribut, hubungan antar entitas, dan pembuatan struktur tabel database menunjukkan adanya saling ketergantungan antar komponen data yang memungkinkan terjadinya proses pencatatan, pengelolaan dan pelaporan emisi karbon secara komprehensif. Setiap komponen database dimaksudkan untuk memfasilitasi aliran informasi yang efisien antara pengguna, kegiatan emisi, dokumentasi pendukung dan laporan emisi. Hal ini sejalan dengan prinsip sistem terbuka dalam teori sistem, di mana desainnya memfasilitasi pertukaran data dengan organisasi eksternal dan juga mendukung pembaharuan dan umpan balik sebagai bagian dari mekanisme adaptif terhadap aturan pelaporan karbon.

Dengan demikian, hasil perancangan ini tidak hanya menunjukkan struktur data yang diperlukan untuk pelaporan emisi karbon, tetapi juga bagaimana sistem informasi akuntansi karbon dapat dibagi secara terstruktur, logis dan konsisten. Relevansi dari desain ini berasal dari kemampuan untuk menghubungkan pencatatan tindakan operasional dengan pembuatan laporan yang dapat diverifikasi, sehingga memberikan kontribusi terhadap transparansi lingkungan dan tanggung jawab perusahaan dalam prosedur pelaporan karbon. Hal ini memperkuat peran sistem dalam mendukung pengelolaan akuntansi karbon yang kredibel dan sesuai standar internasional.

#### **4.2.3 Kepatuhan Terhadap Standar GHG Protocol dan ISO 14064**

GHG Protocol dan ISO 14064 merupakan standar global utama untuk memantau dan melaporkan emisi gas rumah kaca. GHG Protocol membagi pelaporan emisi ke dalam tiga kategori: Scope 1 untuk emisi langsung dari kegiatan operasional, Scope 2 untuk emisi tidak langsung dari penggunaan energi, dan Scope 3 untuk emisi lain-lain yang dihasilkan dari rantai pasokan dan kegiatan eksternal.



**Gambar 4. 21 Visualisasi pembagian Emisi berdasarkan Scope GHG Protocol**

Visualisasi pembagian ruang lingkup di atas menunjukkan bagaimana GHG Protocol mengkategorikan sumber emisi karbon organisasi sesuai dengan control operasional dan Batasan sistem. Pembagian ini membantu organisasi dalam mengidentifikasi emisi secara metodis yang dihasilkan dari tindakan langsung dan tidak langsung. Pembagian ini juga digunakan dalam sistem informasi yang dirancang untuk penelitian ini untuk memastikan konsistensi dengan standar internasional dan memungkinkan adanya verifikasi eksternal.

Sementara itu, ISO 14064 menetapkan kerangka kerja kuantitatif dan prosedural untuk pelaporan, pemantauan, dan verifikasi gas rumah kaca yang komprehensif. Standar ini mengurangi pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, mengukur dan melaporkan emisi dan pembuangan gas rumah kaca. ISO 14064-1:2018 mendorong penggunaan prinsip-prinsip penting seperti relevansi, kelengkapan, konsistensi, ketepatan dan transparansi untuk menjadi bahwa informasi terkait emisi yang dihasilkan

dapat dipercaya, dibandingkan dan digunakan oleh para pemangku kepentingan untuk mengambil Keputusan yang tepat.

ISO 14064-1:2018(E)	
<b>4 Principles</b>	
<b>4.1 General</b>	The application of principles is fundamental to ensure that GHG-related information is a true and fair account. The principles are the basis for, and will guide the application of, the requirements in this document.
<b>4.2 Relevance</b>	Select the GHG sources, GHG sinks, GHG reservoirs, data and methodologies appropriate to the needs of the intended user.
<b>4.3 Completeness</b>	Include all relevant GHG emissions and removals.
<b>4.4 Consistency</b>	Enable meaningful comparisons in GHG-related information.
<b>4.5 Accuracy</b>	Reduce bias and uncertainties as far as is practical.
<b>4.6 Transparency</b>	Disclose sufficient and appropriate GHG-related information to allow intended users to make decisions with reasonable confidence.

**Gambar 4. 22 Prinsip Pelaporan GHG berdasarkan ISO 14064-1:2018**

Sumber: ISO 14064-1:2018 (E), halaman 7

Keduanya menekankan transparansi, akurasi, kelengkapan, dan konsistensi sebagai landasan pelaporan emisi yang dapat dipercaya. Penekanan pada kriteria ini dimaksudkan untuk menjamin bahwa data emisi dapat dipercaya, diverifikasi oleh pihak berwenang dan dapat digunakan oleh para pemangku kepentingan dalam proses pengambilan keputusan dan pembentukan kebijakan lingkungan.

Hasil dari penelitian ini mengungkapkan bahwa desain sistem informasi akuntansi karbon berbasis database mempertimbangkan struktur klasifikasi dan prinsip-prinsip teknologi dari kedua standar tersebut. Pada tahap analisis kebutuhan, sistem menggunakan pendekatan berbasis aktivitas dan mengategorikan pelaporan berdasarkan cakupan untuk memenuhi konsep konsistensi dan komparabilitas data. Pada tahap desain, sistem ini memiliki fitur input untuk aktivitas emisi berdasarkan jenis bahan bakar, energi, dan aktivitas lain yang berkontribusi terhadap emisi, seperti yang disyaratkan oleh GHG Protocol dan ISO 14064. Sistem ini juga memungkinkan untuk

memasukkan dokumen bukti, riwayat pelaporan, dan status verifikasi, yang menghasilkan jejak audit untuk setiap entri data emisi.

Temuan ini konsisten dengan *Systems Theory*, yang memandang perusahaan sebagai sistem terbuka yang harus berinteraksi dengan lingkungannya secara adaptif. Sistem informasi penghitungan karbon yang dikembangkan menjawab kebutuhan eksternal akan transparansi dan pelaporan emisi. Selain itu, berdasarkan *Contingency Theory*, sistem ini dimaksudkan untuk dapat beradaptasi dengan kondisi dan karakteristik unik masing-masing perusahaan, seperti skala operasi yang bervariasi, jenis emisi, dan persyaratan pelaporan. Hal ini menunjukkan bahwa memasukkan standar pelaporan internasional ke dalam sistem informasi tidak hanya meningkatkan fungsi akuntansi lingkungan, tetapi juga meningkatkan daya tanggap organisasi terhadap tuntutan eksternal dan perubahan peraturan.

Implikasi dari penelitian ini sangat besar dalam mendorong metode pelaporan emisi karbon yang lebih sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan. Dengan sistem informasi akuntansi karbon berbasis database yang mengacu pada GHG Protocol dan ISO 14064, perusahaan dapat lebih mudah menyiapkan laporan emisi karbon yang memenuhi berbagai kebutuhan, mulai dari kepatuhan terhadap peraturan pemerintah, persyaratan audit eksternal, hingga pelaporan sukarela kepada para pemangku kepentingan seperti investor, konsumen, dan lembaga pemeringkat keberlanjutan. Pelaporan menjadi lebih terstandarisasi, terdokumentasi, dan dapat ditelusuri, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas keputusan strategis.

Selain itu, pendekatan ini juga meningkatkan tata kelola lingkungan berbasis data, karena informasi yang dikumpulkan berasal dari operasi perusahaan yang sebenarnya dan dilengkapi dengan bukti-bukti pendukung. Fitur verifikasi oleh pihak internal dan eksternal memberikan kredibilitas pada laporan dan mengembangkan

budaya akuntabilitas di dalam organisasi. Selain itu, penggunaan GHG Protocol dan standar ISO 14064 dalam sistem ini memungkinkan sistem pelaporan untuk diintegrasikan dengan proyek-proyek lain di seluruh dunia, seperti *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD) dan *Net Zero Pathways*. Di luar perusahaan, sistem ini memungkinkan verifikasi independen dan masyarakat umum untuk mengakses data emisi yang dipublikasikan, sehingga memperluas cakupan pemantauan dan memfasilitasi kolaborasi lintas sektor dalam inisiatif dekarbonisasi. Dengan demikian, sistem ini lebih dari sekadar alat pelaporan teknis; sistem ini juga merupakan alat strategis untuk membangun citra perusahaan sebagai bisnis yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan meningkatkan kepercayaan publik.

Penelitian sebelumnya, khususnya yang dilakukan oleh Wang dkk. (2024), menunjukkan bahwa sistem pelaporan digital berdasarkan kriteria GHG Protocol dapat meningkatkan transparansi, efisiensi, dan akuntabilitas pengelolaan data emisi. Wang et al. menekankan perlunya desain sistem berdasarkan prinsip-prinsip standar internasional dalam studi mereka mengenai sistem pelaporan emisi berbasis web untuk menghindari kesalahan pencatatan, mempercepat proses validasi, dan meningkatkan kepercayaan pengguna. Studi ini mendukung temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa sistem informasi berbasis data yang dibangun dapat mencakup spektrum lengkap persyaratan pelaporan karbon, dengan pendekatan yang disesuaikan dengan tuntutan operasional di lapangan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Penelitian ini menghasilkan desain sistem informasi akuntansi karbon berbasis database yang memungkinkan perusahaan untuk mencatat, mendokumentasikan, dan melaporkan emisi karbon secara sistematis, transparan dan sesuai dengan standar internasional. Berdasarkan temuan penelitian dan pembahasan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Komponen utama sistem informasi karbon berbasis data antara lain: (1) Kebutuhan informasi: Mencakup data aktivitas emisi (sumber, jumlah, faktor emisi), klasifikasi scope 1, 2, dan 3, hasil perhitungan CO<sub>2</sub>e, periode pelaporan, tujuan dan realisasi pengurangan emisi, visualisasi data, dokumen pendukung, dan status verifikasi. (2) Kebutuhan Fungsional: Meliputi kemampuan pengelolaan data emisi, kontrol akses peran (admin, perusahaan, verifikator, publik), visualisasi grafik dan dashboard, ekspor laporan, unggah dokumen, dan pencarian/penyaringan data. (3) Kebutuhan Non-Fungsional: Memastikan keamanan data, kenyamanan penggunaan, input dan perhitungan yang akurat, stabilitas sistem, dan kesesuaian dengan persyaratan pelaporan internasional.
2. Desain Sistem Informasi Akuntansi Karbon Menggunakan Metode Waterfall dilakukan secara menyeluruh dan terstruktur menggunakan model pengembangan Waterfall namun penelitian ini hanya mencakup hingga tahap desain sistem. (1) Merancang struktur database dengan entitas utama (Perusahaan, Aktivitas Emisi, Faktor Emisi, Cakupan Emisi, Laporan, Dokumen Verifikasi) dan relasi dengan menggunakan ERD untuk mencegah terjadinya duplikasi data. (2) Desain Aliran Data (Data Flow Diagram/DFD): Memetakan input, pemrosesan, penyimpanan, dan output laporan emisi, dari konteks hingga proses yang spesifik. (3) Diagram Kasus

Penggunaan (*Use Case Diagram*): Mengidentifikasi aktor (admin, pengguna perusahaan, verifikator, publik) dan interaksinya untuk mendeskripsikan fungsionalitas sistem berdasarkan kebutuhan pengguna. (4) Membuat *wireframe* untuk antarmuka pengguna utama (login, dashboard, formulir input, gambar) untuk memastikan navigasi dan kegunaan yang mudah.

3. Sistem informasi penghitungan karbon berbasis database dirancang untuk memenuhi standar internasional dan mendorong pelaporan emisi yang dapat diandalkan dan transparan. Fitur dan komponen utama dirinci dalam tiga aspek utama: (1) Sistem informasi penghitungan karbon berbasis database dirancang sesuai dengan standar internasional ISO 14064 dan GHG Protocol untuk memastikan keakuratan, transparansi, dan akuntabilitas pelaporan, dengan emisi yang dikelompokkan berdasarkan scope 1, 2, dan 3 serta formulir input yang mencatat volume aktivitas, faktor emisi, dan metode penghitungan CO<sub>2</sub>e. (2) Sistem ini memfasilitasi proses audit dan verifikasi dengan menyediakan alat bantu pengunggahan dokumen dan pelacakan status verifikasi, serta desain basis data yang memungkinkan penelusuran data mulai dari operasi emisi hingga laporan akhir. (3) Fungsi kontrol akses pengguna dan dashboard visualisasi data memungkinkan transparansi dan kesederhanaan akses untuk pihak internal dan eksternal, sehingga sistem dapat menghasilkan laporan emisi karbon yang akurat, transparan, dan sesuai dengan standar ISO 14064 dan GHG Protocol.

## 5.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian dengan mempertimbangkan ruang lingkup penelitian yang terbatas pada tahap desain sistem, berikut ini adalah beberapa rekomendasi untuk penelitian dan pengembangan implementasi sistem di masa yang akan datang:

1. Melibatkan para pemangku kepentingan dalam sistem, seperti pemerintah dan perusahaan, sangat penting untuk mendorong keberlanjutan, transparansi, dan

berkontribusi pada pelaporan emisi karbon yang bertanggung jawab. Penelitian di masa depan dapat melihat bagaimana para pemangku kepentingan ini secara aktif terlibat dalam pengembangan dan pelaksanaan sistem.

2. Menerapkan sistem ini di komunitas atau organisasi nirlaba dapat menjadi fokus penelitian di masa mendatang untuk memperluas manfaat sistem ini dalam mendorong transparansi dan akuntabilitas publik atas emisi karbon, terutama di sektor non-komersial, yang juga berperan penting dalam keberlanjutan lingkungan.
3. Sangat disarankan untuk mengembangkan sistem ke tahap implementasi dan pengujian sehingga efektivitas dan efisiensi sistem dapat dievaluasi dengan segera. Selain itu, sistem ini juga harus disusun agar dapat beradaptasi dengan dinamika kebijakan iklim, serta kemajuan teknologi digital dan peraturan terbaru, agar tetap relevan dan berkelanjutan dari waktu ke waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- A A Gde, S. U. (2020). *Desain Sistem Informasi Melalui Analisis Input-Proses- Output*. 1–14. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19822.64329>
- Adiwarman. (2024). Potential and Risks of Money Laundering in Carbon Trading. *AML/CFT Journal*, 2(2), 126–146. <https://doi.org/10.59593/amlcft.2024.v2i2.136>
- Afiifah, K., Azzahra, Zaimah Fira, & Anggoro, A. D. (2022). Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram dalam Perancangan Database: Sebuah Literature Review. *JURNAL INTECH*, 3(2), 18–22.
- Agarwal, Ms. B., Lakhakar, Ms. S., Bagate, Ms. N., Malich, M., Nirjala, & Mulla, Mrs. N. (2024). “IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development| Vol. 11, Issue 12, 2024 | ISSN (Online): 2321-0613” 11, no. 12 (n.d.). *International Journal for Scientific Research & Development*, 11(12), 54–57.
- Ajay, N., Dr. Mohan, H. S., Dr. Vikas, R. S., Santhosh, K. M., & Shwetha, B. V. (2024). A Systematic and Comprehensive Review of Literature on Security Threats, Mitigation Strategies and Optimization Techniques in Cloud Computing. *Original Research Paper*, 12(4), 4497–4512. <https://www.ijisae.org/index.php/IJISAE/article/view/7139/6101>
- Al Kez, D., Foley, A. M., Laverty, D., Del Rio, D. F., & Sovacool, B. (2022). Exploring the sustainability challenges facing digitalization and internet data centers. *Journal of Cleaner Production*, 371, 133633. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133633>
- Aleryani, A. Y. (2024). Analyzing Data Flow: A Comparison between Data Flow Diagrams (DFD) and User Case Diagrams (UCD) in Information Systems Development. *European Modern Studies Journal*, 8(1), 313–320. [https://doi.org/10.59573/emsj.8\(1\).2024.28](https://doi.org/10.59573/emsj.8(1).2024.28)
- Al-Fedaghi, S. (2021). Conceptual Data Modeling: Entity–Relationship Models as Thinging Machines. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(9), 247–260. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2021.21.9.33>
- Alturas, B. (2023). Connection between UML *Use Case Diagrams* and UML class diagrams: A matrix proposal. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 72(3), 161–168. <https://doi.org/10.1504/IJCAT.2023.10058804>
- Arnold, T., Kleve, H., & Pieper, T. M. (2024). Systems Theory. In C. Howorth & A. Discua Cruz (Eds.), *Elgar Encyclopedia of Family Business* (pp. 431–435). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800888722.ch108>

- Athaya, N. S., Tamba, R. R., Safitri, T. N., Panjaitan, G. O., Manao, M. C., & Armita, V. (2025). *Pengukuran Emisi Karbon, Pelaporan Keberlanjutan, dan Pengungkapan Lingkungan terhadap Kinerja Keberlanjutan Perusahaan*. 5(1).
- Benabderrezak, Y. (2024). *UML Use Case Diagram in simple words*. 1–4. <https://www.researchgate.net/Publication/385746749>
- Bai, Y., Zhang, R., Yu, B., Zhang, L., Guan, J., & Ma, Y. (2024). Development and implementation of carbon accounting models and standardization platforms in Public institutions. *Energy Informatics*, 7(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00342-2>
- Bhatia, M., Meenakshi, N., Kaur, P., & Dhir, A. (2024). Digital technologies and carbon neutrality goals: An in-depth investigation of drivers, barriers, and risk mitigation strategies. *Journal of Cleaner Production*, 451, 141946. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141946>
- Kaur, R., Patsavellas, J., Haddad, Y., & Salonitis, K. (2023). The Concept of Carbon Accounting in Manufacturing Systems and Supply Chains. *Energies*, 17(1), 10. <https://doi.org/10.3390/en17010010>
- Lewandowski, S., & Ullrich, A. (2023). Measures to reduce corporate GHG emissions: A review-based taxonomy and survey-based cluster analysis of their application and perceived effectiveness. *Journal of Environmental Management*, 325, 116437. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116437>
- Trinks, A., Mulder, M., & Scholtens, B. (2020). An Efficiency Perspective on Carbon Emissions and Financial Performance. *Ecological Economics*, 175, 106632. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106632>
- Wang, L., Wang, H., Li, Y., Yan, X., Wang, M., Guo, M., Fang, M., Kong, Y., & Hu, J. (2024). The Design and Implementation of an Intelligent Carbon Data Management Platform for Digital Twin Industrial Parks. *Energies*, 17(23), 5972. <https://doi.org/10.3390/en17235972>
- Bhatia, M., Meenakshi, N., Kaur, P., & Dhir, A. (2024). Digital technologies and carbon neutrality goals: An in-depth investigation of drivers, barriers, and risk mitigation strategies. *Journal of Cleaner Production*, 451, 141946. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141946>
- Bolan, S., Padhye, L. P., Jasemizad, T., Govarathanan, M., Karmegam, N., Wijesekara, H., Amarasiri, D., Hou, D., Zhou, P., Biswal, B. K., Balasubramanian, R., Wang, H., Siddique, K. H. M., Rinklebe, J., Kirkham, M. B., & Bolan, N. (2024). Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. *Science of The Total Environment*, 909, 168388. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168388>

- BPK RI. (2021). *PENYELENGGARAAN NILAI EKONOMI KARBON UNTUK PENCAPAIAN TARGET KONTRIBUSI YANG DITETAPKAN SECARA NASIONAL DAN PENGENDALIAN EMISI GAS RUMAH KACA DALAM PEMBANGUNAN NASIONAL*.  
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/187122/perpres-no-98-tahun-2021>
- Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., ... Péan, C. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland*. (First, pp. 8–81). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Charlotte Kate Weatherill. (2022). Sinking Paradise? Climate change vulnerability and Pacific Island extinction narratives. *Elsevier BV*.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2022.04.011>
- Choldun, I., & Rahmadewi, R. (2023). Penerapan Metode Waterfall Pada Aplikasi Pembelajaran Seni Budaya Berbasis Website Menggunakan Framework Reactjs. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(13), 335–348.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8151254>
- Cohen, S., Kadach, I., & Ormazabal, G. (2023). Institutional investors, climate disclosure, and carbon emissions. *Journal of Accounting and Economics*, 76(2–3), 101640.  
<https://doi.org/10.1016/j.jacceco.2023.101640>
- de Waal, N. (2022). *Literature Study: Timeseries Databases*. 1–37.
- Ditia, S. (2024). The effect of industrial waste on air pollution and water pollution causes climate change. *Journal of Waste and Sustainable Consumption*, 1(1), 18–26.  
<https://doi.org/10.61511/jwsc.v1i1.2024.668>
- Doncevic, J., & Fertalj, K. (2020). Database Integration Systems. *2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, 1617–1622. <https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245245>
- Dong, W. S., Ismailluddin, A., Yun, L. S., Ariffin, E. H., Saengsupavanich, C., Abdul Maulud, K. N., Ramli, M. Z., Miskon, M. F., Jeofry, M. H., Mohamed, J., Mohd, F. A., Hamzah, S. B., & Yunus, K. (2024). The impact of climate change on coastal

- erosion in Southeast Asia and the compelling need to establish robust adaptation strategies. *Heliyon*, 10(4), e25609. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25609>
- EIDahshan, K., Selim, E., Ismail Ebada, A., Abouhawwash, M., Nam, Y., & Behery, G. (2022). Handling Big Data in Relational Database Management Systems. *Computers, Materials & Continua*, 72(3), 5149–5164. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.028326>
- Evitasari, N. (2023). Pengaruh Pendanaan Iklim terhadap Penurunan Emisi Karbon melalui Energi Terbarukan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 23(2), 183–194. <https://doi.org/10.21002/jepi.2023.12>
- Fahzirah, I., & Nasution, M. I. P. (2024). PENGENALAN SISTEM DATABASE : KONSEP DASAR DAN MANFAATNYA DALAM PERUSAHAAN. *Jurnal Ilmiah Nusantara ( JINU)*, 1(4), 673–678.
- Faily, S., Scandariato, R., Shostack, A., Sion, L., & Ki-Aries, D. (2020). *Contextualisation of Data Flow Diagrams for security analysis* (No. arXiv:2006.04098). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.04098>
- Febriani Irma, M. (2024a). TINGGINYA KENAIKAN SUHU AKIBAT PENINGKATAN EMISI GAS RUMAH KACA DI INDONESIA. *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 2(1), 26–32. <https://doi.org/10.30631/jssit.v2i1.49>
- Febriani Irma, M. (2024b). TINGGINYA KENAIKAN SUHU AKIBAT PENINGKATAN EMISI GAS RUMAH KACA DI INDONESIA. *JSSIT: Jurnal Sains dan Sains Terapan*, 2(1), 26–32. <https://doi.org/10.30631/jssit.v2i1.49>
- Frans, A., Vahrurnisa, P., & Iskandar, M. (2020). *The Contingency Approaches to the Design of Accounting Systems*. 11(04), 949–956. <https://tojqi.net/index.php/journal/article/view/8207/5843>
- Gamatara, M. P. J., & Kusumawardani, D. (2024). PENGARUH DEFORESTASI TERHADAP EMISI CO<sub>2</sub> PADA NEGARA BERIKLIM TROPIS DI BENUA ASIA. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 8(2), 1239–1256. <https://doi.org/10.31955/mea.v8i2.4129>
- Gasser, T., Crepin, L., Quilcaille, Y., Houghton, R. A., Ciais, P., & Obersteiner, M. (2020). Historical CO<sub>2</sub> emissions from land use and land cover change and their uncertainty. *Biogeosciences*, 17(15), 4075–4101. <https://doi.org/10.5194/bg-17-4075-2020>
- Giebink, C. L., Domke, G. M., Fisher, R. A., Heilman, K. A., Moore, D. J. P., DeRose, R. J., & Evans, M. E. K. (2022). The policy and ecology of forest-based climate

- mitigation: Challenges, needs, and opportunities. *Plant and Soil*, 479(1–2), 25–52.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-022-05315-6>
- Hannah Ritchie, M. R. (2020). CO<sub>2</sub> emissions. *Published Online at OurWorldinData.Org*.  
<https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- Hannun, R. M., & Abdul Razzaq, A. H. (2022). Air Pollution Resulted from Coal, Oil and Gas Firing in Thermal Power Plants and Treatment: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1002(1), 012008.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1002/1/012008>
- Harney, B. (2024). Systems theory. In K. Hutchings, S. Michailova, & A. Wilkinson (Eds.), *A Guide to Key Theories for Human Resource Management Research* (pp. 312–318). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781035308767.ch41>
- Haryanto, B., Ardiansyah, A., & Kurniasih, M. (2024). *PENGENALAN DATABASE NOSQL DAN PERBANDINGANNYA DENGAN DATABASE RELASIONAL*. 12(1).
- Hasan, D. M., Pd, S., Pd, M., Harahap, D. T. K., Si, M., Hasibuan, S., Rodliyah, I., Si, S., Pd, M., Thalbah, S. Z., Pd, S., Pd, M., Ratnaningsih, P. W., Pd, S., & Hum, M. (2022). *METODE PENELITIAN KUALITATIF*.
- Hersaputri, L. D., Yeganyan, R., Cannone, C., Plazas-Niño, F., Osei-Owusu, S., Kountouris, Y., & Howells, M. (2024). Reducing Fossil Fuel Dependence and Exploring Just Energy Transition Pathways in Indonesia Using OSeMOSYS (Open-Source Energy Modelling System). *Climate*, 12(3), 37.  
<https://doi.org/10.3390/cli12030037>
- Hertwich, E. G., & Wood, R. (2024). The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry. *Environmental Research Letters*, 13(10), 104013.  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae19a>
- IEA. (2023). *Global Gas Security Review 2023 Including the Gas Market Report Q3 2023*.  
<https://www.iea.org/reports/global-gas-security-review-2023>
- IEA. (2024, February). CO<sub>2</sub> Emissions in 2023 A new record high, but is there light at the end of the tunnel? *IEA*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/33e2badc-b839-4c18-84ce-f6387b3c008f/CO2Emissionsin2023.pdf>
- Imtiaz Malik, M., Azam Sindhu, M., & Ayaz Abbasi, R. (2023). Extraction of *Use Case Diagram* elements using natural language processing and network science. *PLOS ONE*, 18(6), e0287502. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287502>

- Islam, M., Wehrle, R., Pätzold, S., & Brüggemann, N. (2024). Substantial contribution of inorganic carbon sources to CO<sub>2</sub> emissions in calcareous vineyard soils in Germany. *European Journal of Soil Science*, 75(4), e13551. <https://doi.org/10.1111/ejss.13551>
- ISO. (2024). *Climate action and ISO standards*. <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/climate-action-iso-standards.pdf>
- Judijanto, L., Mayasari, N., Widiastuti, S., Saputri, D. Y., & Muthmainah, H. N. (2024). Artificial Intelligence dan Big Data: Analisis Bibliometrik terhadap Inovasi Teknologi dan Tantangan Penelitian. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 3(09), 1458–1474. <https://doi.org/10.58812/jmws.v3i09.1606>
- Judijanto, L., Putri, V. K., Ansori, T., & Khamaludin, K. (2023). Analisis Dampak Penggunaan Energi Terbarukan, Efisiensi Energi, dan Teknologi Hijau pada Pengurangan Emisi Karbon di Industri Manufaktur Kota Tangerang. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(12), 1127–1138. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i12.860>
- Kaur, R., Patsavellas, J., Haddad, Y., & Salonitis, K. (2023). The Concept of Carbon Accounting in Manufacturing Systems and Supply Chains. *Energies*, 17(1), 10. <https://doi.org/10.3390/en17010010>
- Khuzwayo, D. Q. O. (2020). *The Systems Theory Conceptualised And Pasted to Teaching and Learning*. 10.
- Kohlscheen, E., Moessner, R., & Takats, E. (2021). Effects of Carbon Pricing and Other Climate Policies on CO<sub>2</sub> Emissions. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3943030>
- Kusuma, A. S., Pande, N. N., & Welda, W. (2023). *DEVELOPMENT OF E-MODULES FOR MAKING DATA FLOW DIAGRAMS IN INFORMATION SYSTEMS ANALYSIS AND DESIGN COURSES AT INSTIKI INDONESIA CAMPUS*. 12(4).
- Langford, M. (2024). *The Three Worlds of Systems Theory*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4969234>
- Lestari, Sutikno, & Kustiwi. (2024). Evaluasi Kinerja Sistem Informasi Akuntansi Terhadap Pengambilan Keputusan Pada Laporan Keuangan. *Jurnal Mutiara Ilmu Akuntansi*, 2(2), 229–238. <https://doi.org/10.55606/jumia.v2i2.2592>
- Lewandowski, S., & Ullrich, A. (2023). Measures to reduce corporate GHG emissions: A review-based taxonomy and survey-based cluster analysis of their application and

- perceived effectiveness. *Journal of Environmental Management*, 325, 116437. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116437>
- Li, H., Lu, J., Tong, H., & Liu, Y. (2024). Impact of high temperature heat waves on ocean carbon sinks: Based on literature analysis perspective. *Journal of Sea Research*, 198, 102487. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2024.102487>
- Li, Y., Brando, P. M., Morton, D. C., Lawrence, D. M., Yang, H., & Randerson, J. T. (2022). Deforestation-induced climate change reduces carbon storage in remaining tropical forests. *Nature Communications*, 13(1), 1964. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29601-0>
- Ly, D., Overeem, M., Brinkkemper, S., & Dalpiaz, F. (2025). The Power of Words in Agile vs. Waterfall Development: Written Communication in Hybrid Software Teams. *Journal of Systems and Software*, 219, 112243. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2024.112243>
- Menlhk, S. (2024). Tingkat Emisi. *Sign Smart*. [https://signsmart.menlhk.go.id/v2.1/app/chart/emisi\\_m](https://signsmart.menlhk.go.id/v2.1/app/chart/emisi_m)
- Momblanco, H., Aiuto, K., & Huckins, S. (2024). *Overview of GHG Protocol Integration in Regulatory Climate Disclosure Rules*. 1–23.
- Mota-Nieto, J., Brander, M., & Díaz-Herrera, P. R. (2024). Carbon accounting methods for the system-wide evaluation of carbon capture, utilisation and storage: A case study in Mexico's Southeast Region. *Journal of Cleaner Production*, 453, 142159. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142159>
- Mumtahana, H. A. (2022). Optimization of Transaction Database Design with MySQL and MongoDB. *Sinkron*, 7(3), 883–890. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v7i3.11528>
- Nguyen, T. H., Nguyen, D. T., Nguyen, T. A., & Nguyen, C. D. (2023). Impacts of contingency factors on the application of strategic management accounting in Vietnamese manufacturing enterprises. *Cogent Business & Management*, 10(2), 2218173. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2218173>
- Nurhanif, N., Away, Y., & Surbakti, M. S. (2021). Performance Analysis of Database Synchronization on DBMS MySQL and Oracle by Using Event-Driven and Time-Driven Data for Monitoring Weather. *Journal of Aceh Physics Society*, 10(4), 107–112. <https://doi.org/10.24815/jacps.v10i4.20084>
- OECD. (2024). *Towards more accurate, timely, and granular product-level carbon intensity metrics: Challenges and potential solutions: An IFCMA report* (Inclusive Forum on Carbon Mitigation Approaches Papers No. 4; Inclusive Forum on

- Carbon Mitigation Approaches Papers, Vol. 4, pp. 1–111).  
<https://doi.org/10.1787/87bbd6bf-en>
- Olivia, T., Breliastiti, R., Jeninfer, & Hanjaya, A. E. (2025). Mewaspadai Praktik Greenwashing Dalam Implementasi ESG. *Journal of Business And Entrepreneurship*, 12(2). <https://doi.org/10.46273/5eejxq04>
- Onuoha, T. E., & Chioma, J. (2020). *OGBONNA, G.N. (PhD), Department of Accounting, Faculty of Management Sciences.*, 9(4), 62–89.
- Pangestu & Ayuningsasi. (2024). Pengaruh Konsumsi Energi Sektor Industri, Rumah Tangga, dan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Indonesia. *Inisiatif: Jurnal Ekonomi, Akuntansi dan Manajemen*, 3(4), 297–311. <https://doi.org/10.30640/inisiatif.v3i4.3154>
- Pertiwi, V., Chairul, C., & Syamsuardi, S. (2024). Potential Carbon Content and Inorganic Carbon Sequestration in the Karst Area of Silokek Geopark, Sijunjung Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(3), 632–637. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i3.7432>
- Pradipta, R. A., Wintoro, P. B., & Budiyanto, D. (2022). PERANCANGAN PEMODELAN BASIS DATA SISTEM INFORMASI SECARA KONSEPTUAL DAN LOGIKAL. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 10(2), 127–132. <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i2.2541>
- Prajapati SK, Kumar V, Dayal P, Gairola A, Borate RB, & Srivastava R. (2023). The role of carbon in life’s blueprint and carbon cycle understanding earth’s essential cycling system: Benefits and harms to our planet. *AgriSustain-an International Journal*, 01(1), 21–32. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8385430>
- Rachman, A., Yochanan, E., Samanlangi, A. I., & Purnomo, H. (2024). *METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF DAN R&D.* [https://www.researchgate.net/Publication/377469385\\_METODE\\_PENELITIAN\\_KUANTITATIF\\_KUALITATIF\\_DAN\\_RD](https://www.researchgate.net/Publication/377469385_METODE_PENELITIAN_KUANTITATIF_KUALITATIF_DAN_RD)
- Raihan, A., & Tuspekova, A. (2023). Towards net zero emissions by 2050: The role of renewable energy, technological innovations, and forests in New Zealand. *Journal of Environmental Science and Economics*, 2(1), 1–16. <https://doi.org/10.56556/jescae.v2i1.422>
- Ramadani, D. P., & Firdaus, R. (2024). *Evolusi Sistem Informasi Manajemen Dari Manual ke Otomatis The Evolution of Information Management System From Manual to Automatic.* 3.

- Raza, S., Irshad, A., Margenot, A., Zamanian, K., Li, N., Ullah, S., Mehmood, K., Ajmal Khan, M., Siddique, N., Zhou, J., Mooney, S. J., Kurganova, I., Zhao, X., & Kuzyakov, Y. (2024). Inorganic carbon is overlooked in global soil carbon research: A bibliometric analysis. *Geoderma*, 443, 116831. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116831>
- Renaldo, N., Suhardjo, Suharti, Suyono, & Cecilia. (2022). Benefits and Challenges of Technology and Information Systems on Performance. *Journal of Applied Business and Technology*, 3(3), 302–305. <https://doi.org/10.35145/jabt.v3i3.114>
- Rizkiaputri, M., & Auliandri, T. A. (2020). Identification of Information Distortion on Data Flow Diagram (DFD) and Corrective Plans Using a Management Information System Prototype in the Cemara Mas Tanggulangin Cigarette Company. *International Journal of Innovation*, 11(9).
- Rovce, D. W. W. (1970). In *MANAGING THE DEVELOPMENT OF LARGE SOFTWARE SYSTEMS* (pp. 328–338). IEEE WESCON.
- Said, G. S., Moch. Shofi 'Adlani, & Susi Susilawati. (2024). Urgensi Pemanfaatan Databases Pada Sektor Pendidikan. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 2(6), 736–740. <https://doi.org/10.62504/jimr704>
- Salsabila Nur Amalina, I., Wahyudi, H., & Ciptawaty, U. (2023). Pengaruh GDP Per Kapita, dan Konsumsi Energi Terhadap Emisi CO2 di Indonesia. *Journal on Education*, 6(1), 6508–6517. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.3872>
- Salubi, E. A., Gizaw, Z., Schuster-Wallace, C. J., & Pietroniro, A. (2025). Climate change and waterborne diseases in temperate regions: A systematic review. *Journal of Water and Health*, 23(1), 58–78. <https://doi.org/10.2166/wh.2024.314>
- Saputra, H. Y., Syah, N., Dewata, I., Razak, A., Diliarosta, S., & Azhar, A. (2024). *Urbanisasi Dan Dampaknya Terhadap Kualitas Lingkungan: Literatur Review*. 2(12), 920–926.
- Saravanos, A., & Curinga, M. X. (2023). Simulating the Software Development Lifecycle: The Waterfall Model. *Applied System Innovation*, 6(6), 108–126. <https://doi.org/10.3390/asi6060108>
- Satriani, A. D., & Ernawati, I. A. (2023). *MEMAHAMI PERAN DARI MEMBATALKAN DATA DALAM DATABASE ORACLE*.
- Satyaningrat, L. M. W., Hamijaya, P. D. N., & Rahmah, K. (2023). Analisis Pemodelan Data Flow Diagram pada Sistem Basis Data Wisata Kuliner di Kota Balikpapan: Analysis of Data Flow Diagram on Culinary Tourism Database System in

- Balikpapan City. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 3(2), 236–246. <https://doi.org/10.57152/malcom.v3i2.920>
- Schneider, S., Ferreyra, N. E. D., Quéval, P.-J., Simhandl, G., Zdun, U., & Scandariato, R. (2024). *How Dataflow Diagrams Impact Software Security Analysis: An Empirical Experiment* (No. arXiv:2401.04446). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.04446>
- Sebestyén, V., Czvetkó, T., & Abonyi, J. (2021). The Applicability of Big Data in Climate Change Research: The Importance of System of Systems Thinking. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 619–092. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.619092>
- Seftyananta, R., Shalshabilla, I., Rachmawan, R. A., & Susilo, D. E. (2024). *Analisis Peran Sistem Informasi Dalam Meningkatkan Efektivitas Pengendalian Persediaan Barang Dagang Pada PT. Mayora Indah Tbk. 04(02)*.
- Shamsuzzaman, M., Shamsuzzoha, A., Maged, A., Haridy, S., Bashir, H., & Karim, A. (2021). Effective monitoring of carbon emissions from industrial sector using statistical process control. *Applied Energy*, 300, 117352. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117352>
- Sharaf-Addin, H. H., & Al-Dhubaibi, A. A. S. (2025). Carbon sustainability reporting based on GHG protocol framework: A Malaysian practice towards net-zero carbon emissions. *Environmental and Sustainability Indicators*, 25, 100588. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100588>
- Shukla, P. R., Skea, J., Reisinger, A., & IPCC (Eds.). (2022). *Climate change 2022: Mitigation of climate change*. IPCC.
- Siagian, F. F. Y. (2025). *THE APPLICATION OF CONTINGENCY THEORY IN ACCOUNTING AND MANAGEMENT PRACTICE: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW FROM 2013 TO 2023*. 2(1), 1–20.
- Sihotang, R., Saputro, H., & Novari, S. (2021a). SISTEM INFORMASI PENGGAJIAN LKPENGLISH ACADEMY MENGGUNAKAN EMBARCADERO XE2 BERBASIS CLIET SERVER. *JTIM*, 4(1), 28–36.
- Sijabat, F. M. (2025). *MENGINTEGRASIKAN EKONOMI HIJAU DAN KEBERLANJUTAN: KAJIAN LITERATUR ATAS PRAKTIK TERBAIK DI BERBAGAI NEGARA*. 3(1), 53–63.
- Suharni, Susilowati, E., & Pakusadewa, F. (2023). PERANCANGAN WEBSITE RUMAH MAKAN NINIK SEBAGAI MEDIA PROMOSI MENGGUNAKAN UNIFIED MODELLING LANGUAGE. *Jurnal Rekayasa Informasi*, 12(1), 1–12.

- Suyanto, S., Astuti, I., & Duryana, D. (2024). Exploring Blockchain Technology for Transparency and Efficiency in Indonesia's Financial Sector. *Nomico*, 1(9), 36–45. <https://doi.org/10.62872/36j2sm39>
- Syahrman, S. (2020). PERANAN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI DALAM MENGAMBIL KEPUTUSAN MANAJEMEN PADA PT WALET SOLUSINDO. *Bisnis-Net Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 3(2), 185–192. <https://doi.org/10.46576/bn.v3i2.1007>
- Tanveer, U., Ishaq, S., & Hoang, T. G. (2024). Enhancing carbon trading mechanisms through innovative collaboration: Case studies from developing nations. *Journal of Cleaner Production*, 482, 144122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144122>
- Taufik, M. (2025). The Effect Of Carbon Accounting Implementation On Financial And Environmental Performance: An Empirical Study On Companies That Go Public. *Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi Dan Keuangan*, 5(4), 10. <https://doi.org/10.53697/emak.v5i4.2214>
- Trinks, A., Mulder, M., & Scholtens, B. (2020). An Efficiency Perspective on Carbon Emissions and Financial Performance. *Ecological Economics*, 175, 106632. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106632>
- UNFCCC. (2022). *Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement on its third session, held in Glasgow from 31 October to 13 November 2021*. United Nations. <https://unfccc.int/documents/460950>
- United Nations. (2022). *World population prospects 2022: Summary of results*. United Nations. [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022\\_summary\\_of\\_results.pdf?](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf?)
- United Nations Development Programme. (2022). Guidance for Implementing National Voluntary Carbon Footprint Programs in Latin America. In *Guidance for Implementing National Voluntary Carbon Footprint Programs in Latin America* (pp. 1–139). UNDP, New York. [https://climatepromise.undp.org/sites/default/files/research\\_report\\_document/PN\\_UD\\_Carbon\\_ENG\\_v02.pdf](https://climatepromise.undp.org/sites/default/files/research_report_document/PN_UD_Carbon_ENG_v02.pdf)
- United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2022). Envisaging the Future of Cities. In *Envisaging the Future of Cities* (p. 422). United Nations Human

- Settlements Programme (UN-Habitat).  
[https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr\\_2022.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf)
- Wahyi, A., & Jamzuri, E. R. (2023). *Pengembangan Application Programming Interface pada Database MongoDB menggunakan FastAPI*. 11(1), xxx–xxx.
- Wang, F., Harindintwali, J. D., Wei, K., Shan, Y., Mi, Z., Costello, M. J., Grunwald, S., Feng, Z., Wang, F., Guo, Y., Wu, X., Kumar, P., K&auml;stner, M., Feng, X., Kang, S., Liu, Z., Fu, Y., Zhao, W., Ouyang, C., ... Tiedje, J. M. (2023a). Climate change: Strategies for mitigation and adaptation. *The Innovation Geoscience*, 1(1), 100015. <https://doi.org/10.59717/j.xinn-geo.2023.100015>
- Wang, F., Harindintwali, J. D., Yuan, Z., Wang, M., Wang, F., Li, S., Yin, Z., Huang, L., Fu, Y., Li, L., Chang, S. X., Zhang, L., Rinklebe, J., Yuan, Z., Zhu, Q., Xiang, L., Tsang, D. C. W., Xu, L., Jiang, X., ... Chen, J. M. (2021). Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality. *The Innovation*, 2(4), 100180. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100180>
- Wang, H., Shen, Y., Luo, T., Wang, F., & Liu, Y. (2025). The chain reaction of carbon emission trading policy in efficiency and rebound: Evidence from spatial perspective in China. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 36. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-04078-y>
- Wang, L., Wang, H., Li, Y., Yan, X., Wang, M., Guo, M., Fang, M., Kong, Y., & Hu, J. (2024). The Design and Implementation of an Intelligent Carbon Data Management Platform for Digital Twin Industrial Parks. *Energies*, 17(23), 5972. <https://doi.org/10.3390/en17235972>
- Warchold, A., Pradhan, P., Thapa, P., Putra, M. P. I. F., & Kropp, J. P. (2022). Building a unified sustainable development goal database: Why does sustainable development goal data selection matter? *Sustainable Development*, 30(5), 1278–1293. <https://doi.org/10.1002/sd.2316>
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., Hyde, K. J. W., Morelli, T. L., Morissette, J. T., Muñoz, R. C., Pershing, A. J., Peterson, D. L., Poudel, R., Staudinger, M. D., Sutton-Grier, A. E., Thompson, L., Vose, J., Weltzin, J. F., & Whyte, K. P. (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of The Total Environment*, 733, 137782. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>
- World Bank. (2024). *State and Trends of Carbon Pricing 2024*. World Bank.

- WRI Indonesia. (2024). Protecting the Landscape of Tanah Papua. *WRI Indonesia*.  
<https://wri-indonesia.org/en/initiatives/protecting-landscape-tanah-papua>
- Wu, M., Zhao, Y., Li, H., Ma, W., & Gao, Y. (2025). Assessment of Soil Organic and Inorganic Carbon Under Afforestation and Natural Vegetation Restoration Using Stable Carbon Isotope ( $\delta^{13}\text{C}$ ) Measurements. *Agriculture*, 15(1), 80.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture15010080>
- Xiong, T., Liu, Y., Yang, C., Cheng, Q., & Lin, S. (2023). Research overview of urban carbon emission measurement and future prospect for GHG monitoring network. *Energy Reports*, 9, 231–242. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.04.047>
- Zai, S. H. D., & Nasution, M. I. P. (2024). Peran Basis Data Dalam Transformasi Digital di Era Industri. *JoSES: Journal of Sharia Economics Scholar*, 2(2), 84–86.  
<https://doi.org/10.5281/ZENODO.12528183>
- Zemmouchi-Ghomari, L. (2022). Basic Concepts of Information Systems. In D. Reilly (Ed.), *Contemporary Issues in Information Systems—A Global Perspective*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97644>
- Zhen, Z., Xu, L., & Gao, W. (2024). Distribution and Preservation of Total Organic Carbon and Total Inorganic Carbon in Pipahai Lake over the Past Century. *Water*, 16(21), 3064. <https://doi.org/10.3390/w16213064>



<b>No</b>	<b>Nama Field</b>	<b>Type</b>	<b>Size</b>
2	idUser**	Int	4
3	namaPerusahaan	Varchar	100
4	email	Varchar	100
5	alamat	Text	
6	sektor	Varchar	50
7	statusPerusahaan	Varchar	20
8	tanggalDibuat	Date	

### Tabel laporan

<b>No</b>	<b>Nama Field</b>	<b>Type</b>	<b>Size</b>
1	idLaporan*	Int	4
2	idPerusahaan**	Int	4
3	statusVerifikasi	Varchar	20
4	periodePelaporan	Varchar	20
5	totalEmisi	Decimal	12, 3
6	status	Varchar	20

### Tabel aktivitas emisi

<b>No</b>	<b>Nama Field</b>	<b>Type</b>	<b>Size</b>
1	idAktivitasEmisi*	Int	4
2	idPerusahaan**	Int	4
3	idLaporan**	Int	4
4	jenisAktivitas	Varchar	100
5	volumeAktivitas	Decimal	10, 2
6	idScope**	Int	1
7	metodePerhitungan	Varchar	100
8	nilaiEmisi	Decimal	12, 3
9	sumberEmisi	Varchar	100

### Tabel Faktor emisi

<b>No</b>	<b>Nama Field</b>	<b>Type</b>	<b>Size</b>
1	idFaktorEmisi*	Int	4
2	idAktivitasEmisi**	Int	4
3	nilaiFaktor	Decimal	10, 4
4	satuan	Varchar	50
5	deskripsi	Text	
6	tanggalDiperbarui	Date	

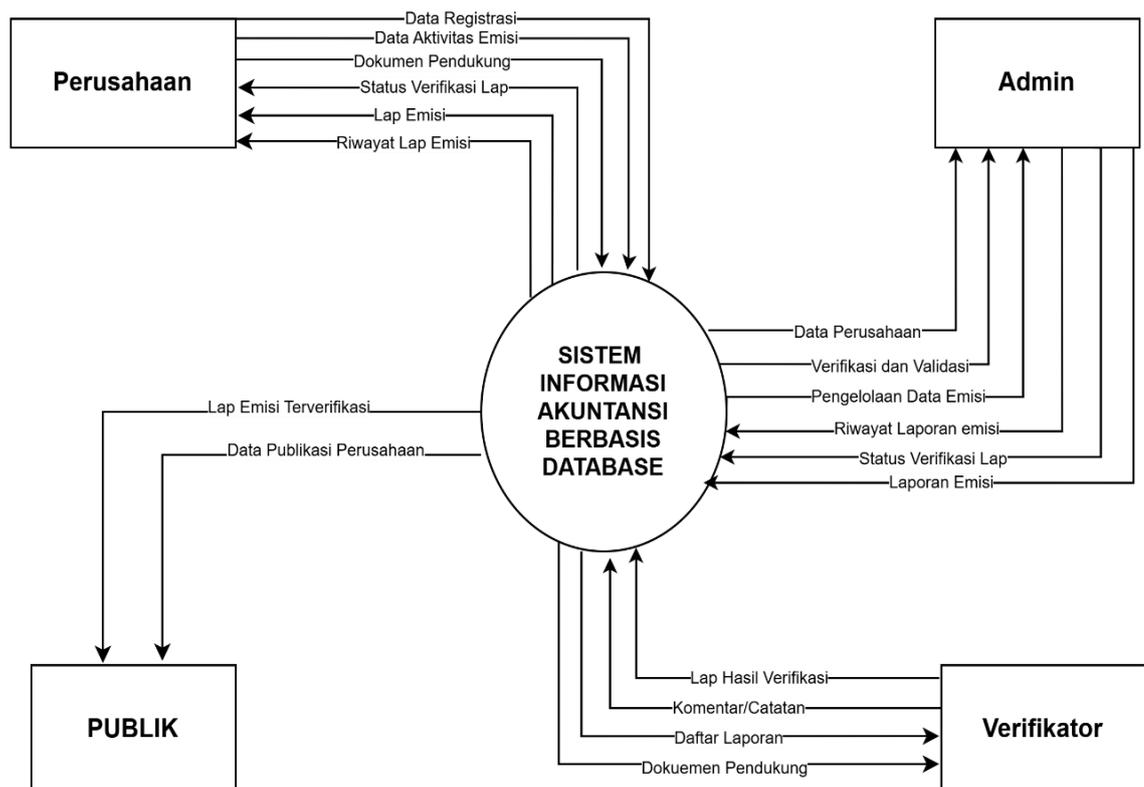
### Tabel File Laporan

No	Nama Field	Type	Size
1	idFileLaporan*	Int	4
2	idLaporan**	Int	4
3	namaFile	Varchar	100
4	tipeFile	Varchar	20
5	tanggalUpload	Date	
6	tanggalSubmit	Date	

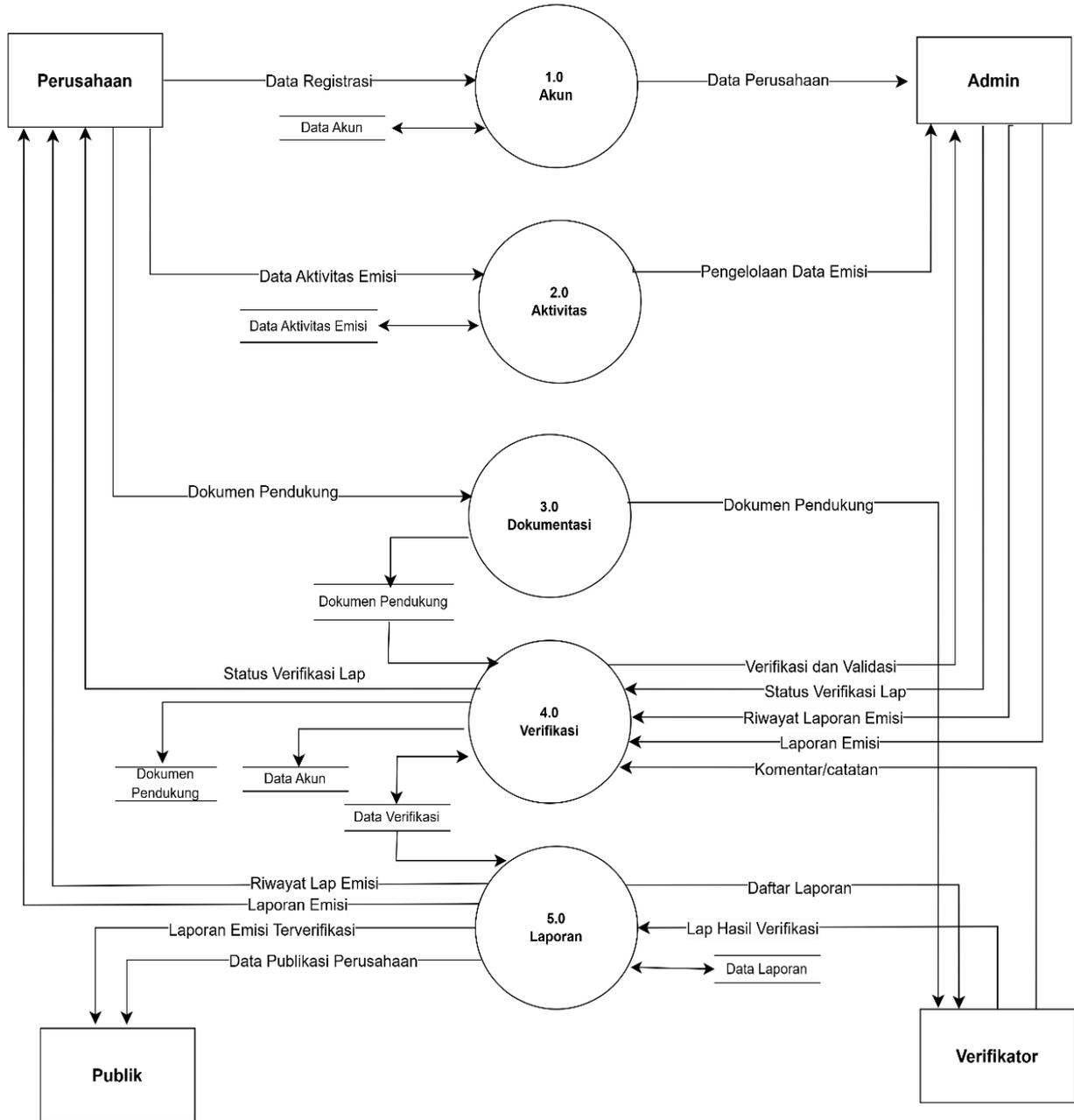
### Tabel Dokumen Pendukung

No	Nama Field	Type	Size
1	idDokumen*	Int	4
2	idAktivitas**	Int	4
3	namaFile	Varchar	100
4	tipeFile	Varchar	20
5	tanggalUpload	Date	

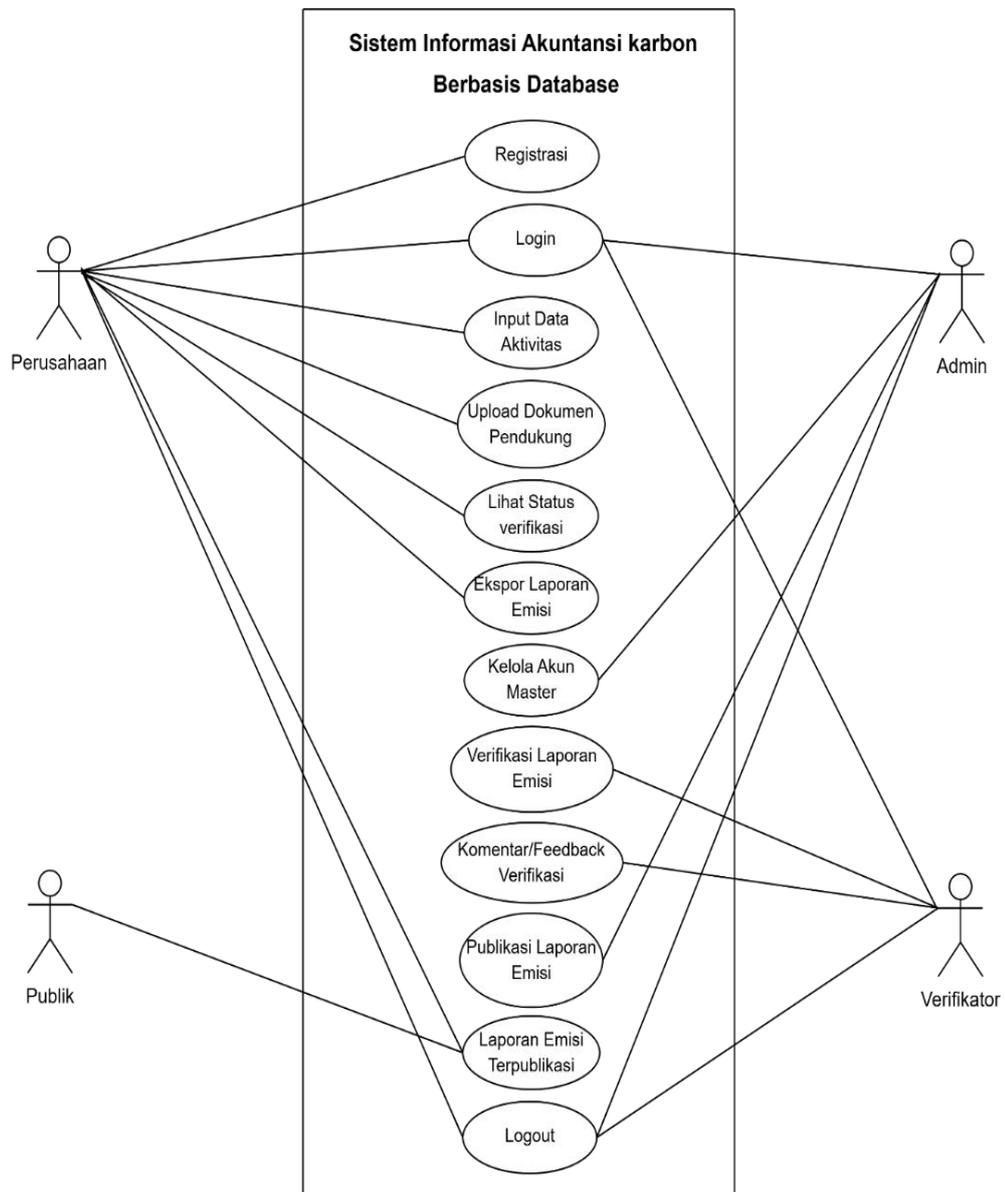
### Lampiran 1. 3 Diagram Konteks



Lampiran 1. 4 Diagram Level 0



Lampiran 1. 5 Use Case Diagram



## Lampiran 1. 6 Desain Wireframe

### Wireframe Halaman Login dan Registrasi

The wireframe shows a registration page for the 'SISTEM INFORMASI AKUNTANSI KARBON'. It features a header with a home icon and the word 'Registrasi'. The main content area contains a registration form with fields for 'Nama', 'Email', and 'Kata Sandi'. A 'DAFTAR' button is positioned below the password field, and a link for 'Sudah punya akun? Login' is located below the button. The footer contains the copyright notice '© 2025 - Sistem'.

Registrasi

SISTEM INFORMASI AKUNTANSI  
KARBON

Nama

Email

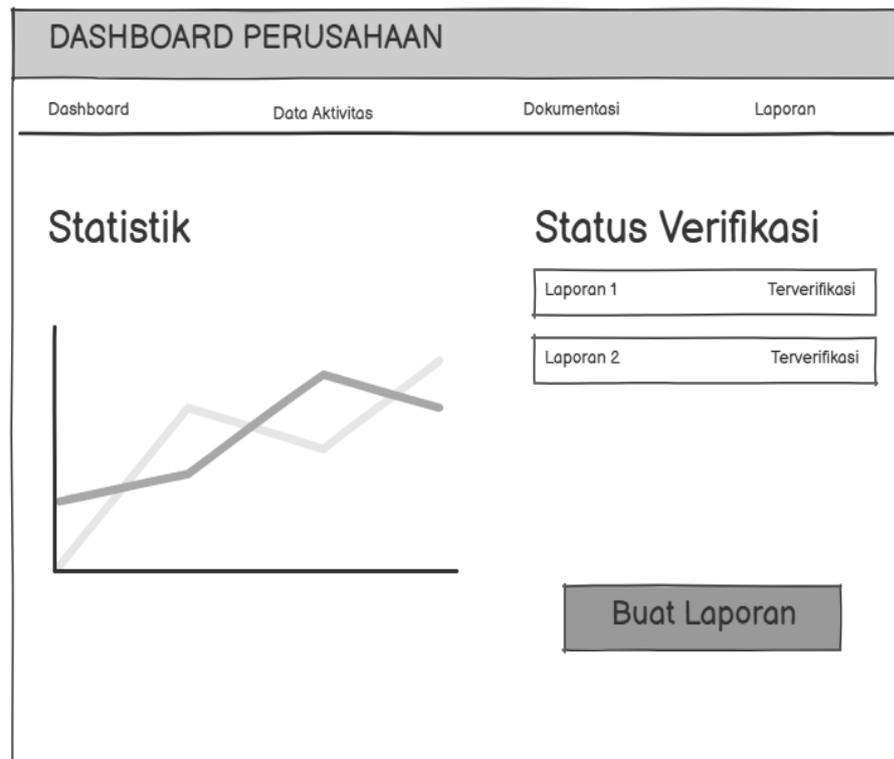
Kata Sandi

DAFTAR

Sudah punya akun? [Login](#)

© 2025 - Sistem

### Wireframe Dashboard Perusahaan



### Wireframe Input Aktivitas Emisi

Q search Logout

- > Dashboard
- > Data Sumber Emisi
- > Input Aktivitas
- > Laporan Emisi

## Input Data Emisi

Periode: Jan-Des 20xx

Sumber Emisi:

Scope Emisi: Scope 2

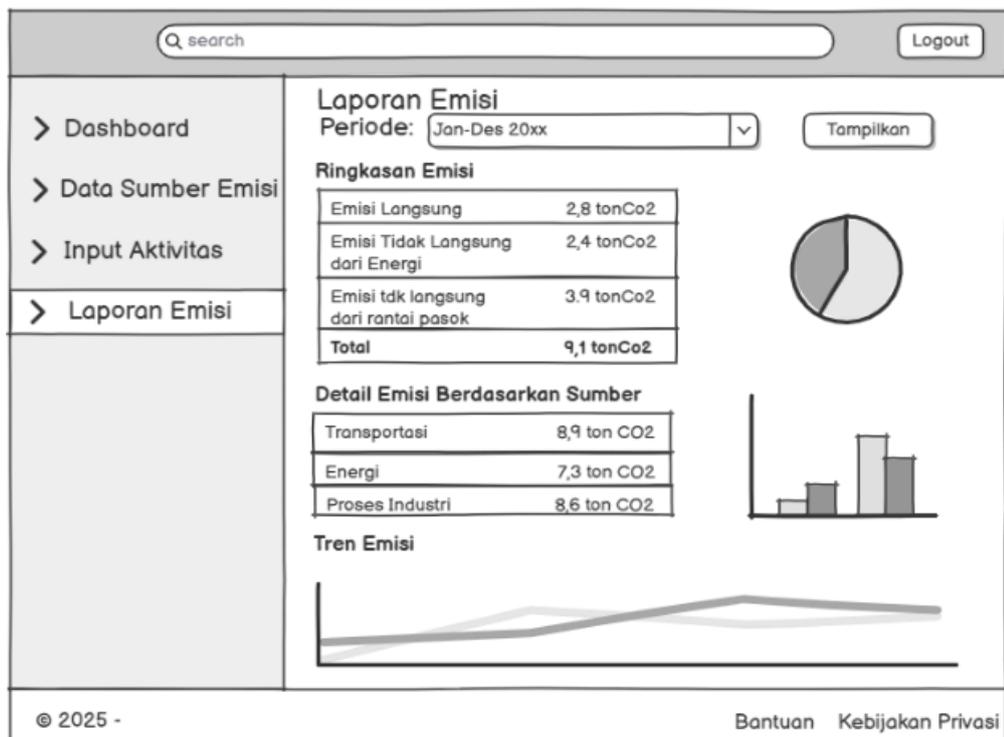
Besaran Aktivitas:

Dokumen Pendukung:

File Laporan:

© 2025 - Bantuan Kebijakan Privasi

### Wireframe Laporan Emisi



### Wireframe Verifikasi

**VERIFIKASI**

Dashboard
Laporan
Pengaturan
Logout

## Filter

### Daftar Laporan

Laporan	Perusahaan	Status	Aksi ...
Laporan	Perusahaan x	Proses	Verifikasi ...
Laporan 2	Perusahaan y	Proses	Verifikasi ...

### Wireframe Verifikator

Logout

- > Dashboard
- > Daftar Laporan
- > Feedback Verifikasi
- > Riwayat Verifikasi
- > Profil
- > Keluar

## Feedback Verifikator

Nama Laporan:

Periode:

Status Saat Ini:

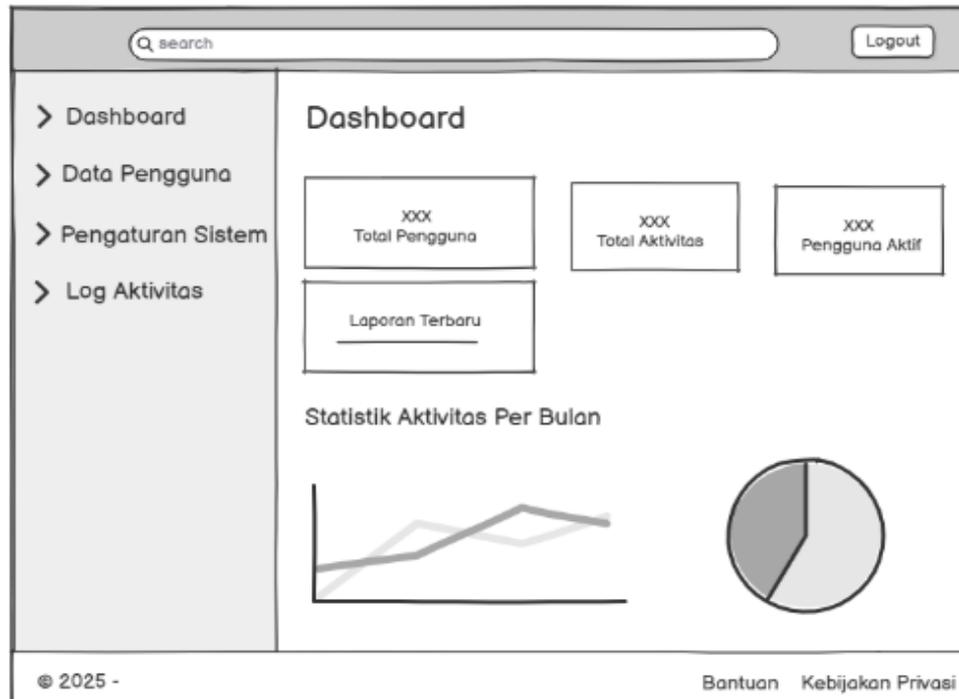
Komentar/Feedback Tambahan

Status Tambahan:  Tetap Diverifikasi  Ditolak  
 Diperlukan

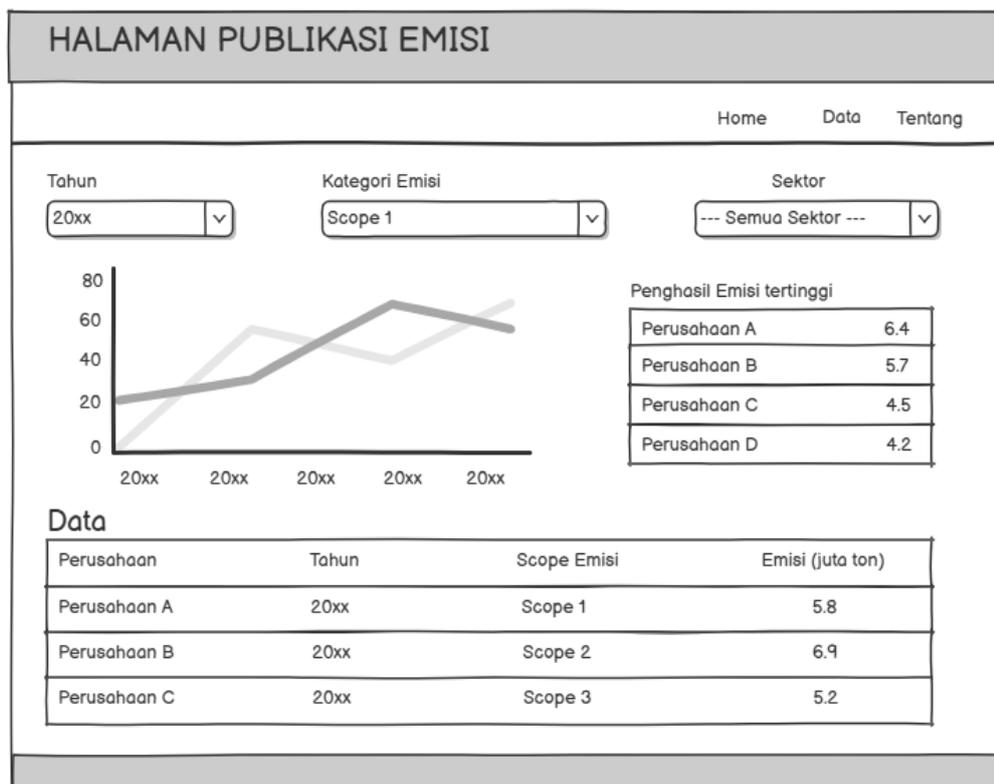
Upload Dokumen Pendukung (Opsional)

© 2025 -
Bantuan Kebijakan Privasi

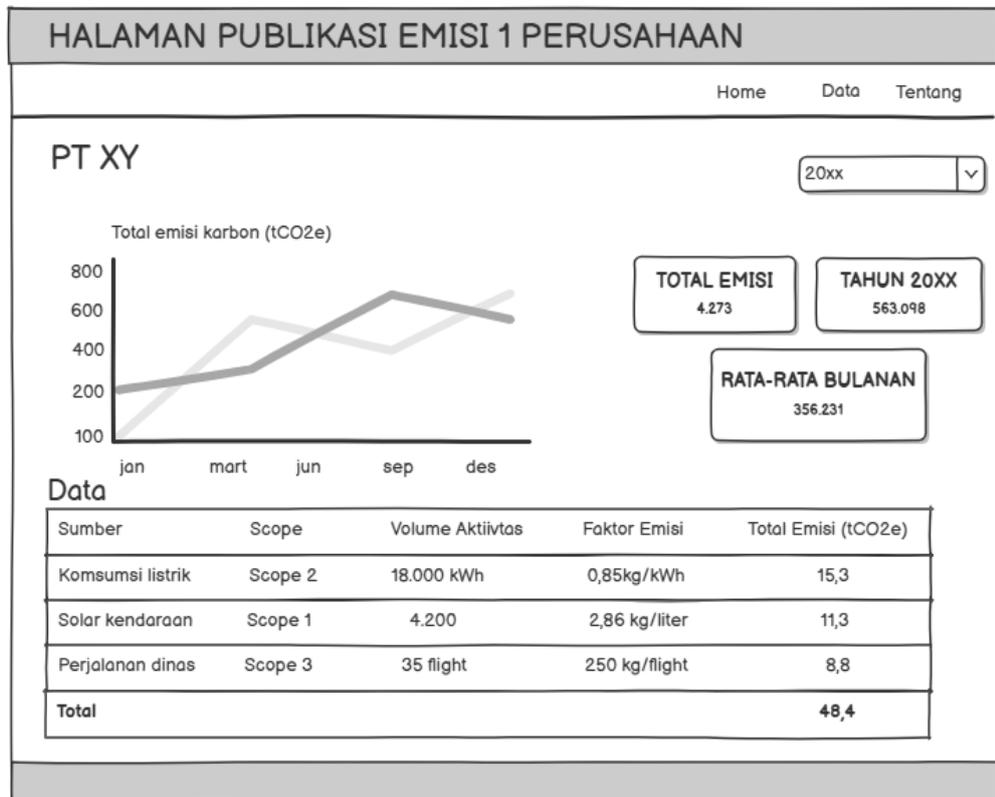
### Wireframe Dashboard Admin



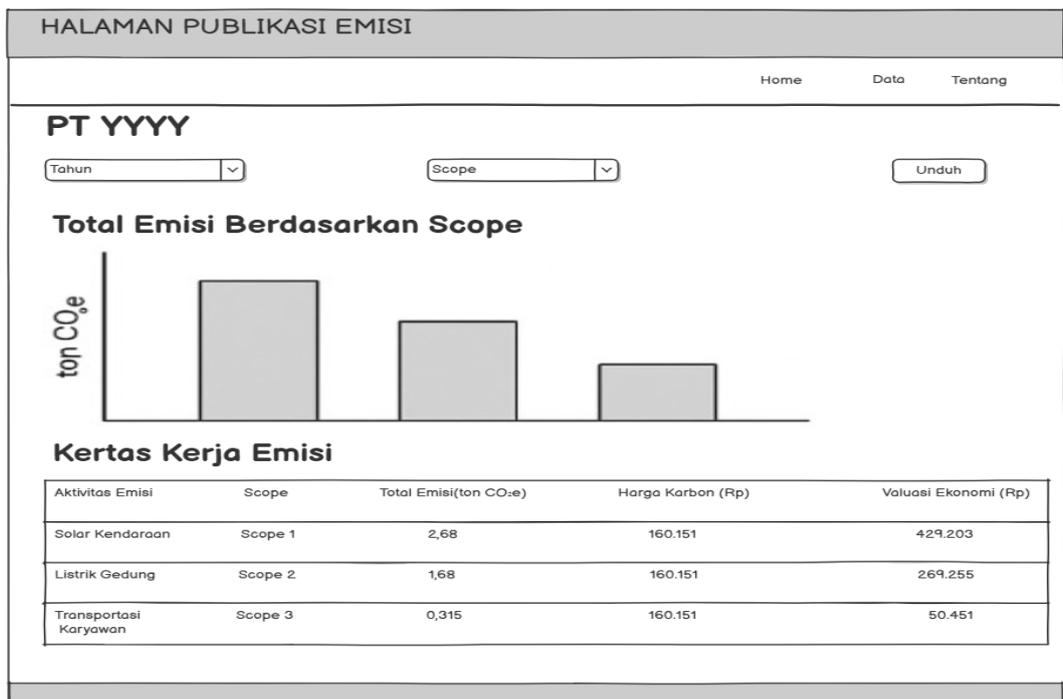
### Wireframe Publikasi Emisi Halaman 1



Wireframe Publikasi Emisi Halaman 2



Desain Halaman Detail Kertas Kerja Emisi



## Lampiran 1. 7 Referensi Pelaporan Emisi

### Ringkasan Laporan Data Emisi dan Energi Perusahaan di Ikhtisar Kinerja

#### Keberlanjutan

## Ikhtisar Kinerja Keberlanjutan

### Sustainability Performance Highlights

Deskripsi Description	Satuan Units	2022	2021	2020
<b>Aspek Ekonomi [OJK B.1]</b> Economy Aspect				
Kuantitas Produk/Jasa Yang Dijual Quantity of Products/Services Sold	Kategori Produk Product Category	7 Produk Batu bara 7 Coal Products	6 Produk Batu bara 6 Coal Products	6 Produk Batu bara 6 Coal Products
Pendapatan Revenue	Juta Rupiah Million Rupiah	42.648.590	29.261.468	17.325.192
Laba (Rugi) Bersih Tahun Berjalan Net Profit (Loss) for the Year	Juta Rupiah Million Rupiah	12.567.582	7.909.113	2.386.819
Produk ramah lingkungan Eco-friendly product	Unit Produk Product Unit	2 PLTS	1 PLTS	-
Pelibatan Pemasok Lokal (dalam negeri) Involvement of local Supplier (domestic)	Perusahaan/Mitra Companies/ Partners	519	462	531
<b>Aspek Lingkungan [OJK B.2]</b> Environment Aspect				
Penggunaan BBM (Solar) Fuel consumption (diesel)	Kiloliter	265.415	174.819	144.321
	GigaJoules	10.267.367	6.762.855	5.583.036
Penggunaan listrik Electricity consumption	kWh	125.616.851	119.923.281	112.420.921
	GigaJoules	452.221	431.724	404.517
Emisi Gas Rumah Kaca Greenhouse Gas Emission	ton CO <sub>2</sub> e	828.914	558.038	470.735
Hasil Absolut Penurunan Emisi Absolute Emission Reduction Results	ton CO <sub>2</sub> e	182.792	165.524	117.426
Penggunaan Air Water consumption	Megaliter	2.177,50	1.605,03	1.521,59
Pengurangan (Penambahan) Air Limbah Non-B3 Reduction (Addition) of Non-Hazardous Waste Water	Megaliter	(90.085)	54.761	(2.429)
Pengurangan (Penambahan) Limbah Padat Non-B3 Reduction (Addition) of Non-Hazardous Solid Waste	Ton Tons	2,78	(12,51)	(25,84)
Pengurangan (Penambahan) Limbah Padat dan Cair B3 Reduction (addition) of Hazardous Solid and Liquid Waste	Ton Tons	(1.078,16)	(472,27)	(107,41)

## Lampiran 1. 8 Standar internasional Pelaporan Emisi Karbon

### Sektor sumber emisi GHG Protocol (Sektor Sumber Emisi Menurut GHG Protocol

Sumber: GHG Protocol. *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities, Version 1.1*, halaman

15)

Figure 3 Emission source sectors

Sectors in the GPC	
<b>STATIONARY ENERGY</b>	
	<p>Stationary energy sources are one of the largest contributors to a city's GHG emissions. These emissions come from the combustion of fuel in residential, commercial and institutional buildings and facilities and manufacturing industries and construction, as well as power plants to generate grid-supplied energy. This sector also includes fugitive emissions, which typically occur during extraction, transformation, and transportation of primary fossil fuels.</p>
<b>TRANSPORTATION</b>	
	<p>Transportation covers all journeys by road, rail, water and air, including inter-city and international travel. GHG emissions are produced directly by the combustion of fuel or indirectly by the use of grid-supplied electricity. Collecting accurate data for transportation activities, calculating emissions and allocating these emissions to cities can be a particularly challenging process. To accommodate variations in data availability, existing transportation models, and inventory purposes, the GPC offers additional flexibility in calculating emissions from transportation.</p>
<b>WASTE</b>	
	<p>Waste disposal and treatment produces GHG emissions through aerobic or anaerobic decomposition, or incineration. GHG emissions from solid waste shall be calculated by disposal route, namely landfill, biological treatment and incineration and open burning. If methane is recovered from solid waste or wastewater treatment facilities as an energy source, it shall be reported under Stationary Energy. Similarly, emissions from incineration with energy recovery are reported under Stationary Energy.</p>
<b>INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE (IPPU)</b>	
	<p>GHG emissions are produced from a wide variety of non-energy related industrial activities. The main emission sources are releases from industrial processes that chemically or physically transform materials (e.g., the blast furnace in the iron and steel industry, and ammonia and other chemical products manufactured from fossil fuels and used as chemical feedstock). During these processes many different GHGs can be produced. In addition, certain products used by industry and end-consumers, such as refrigerants, foams or aerosol cans, also contain GHGs which can be released during use and disposal.</p>
<b>AGRICULTURE, FORESTRY AND OTHER LAND USE (AFOLU)</b>	
	<p>Emissions and removals from the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector are produced through a variety of pathways, including livestock (enteric fermentation and manure management), land use and land use change (e.g., forested land being cleared for cropland or settlements), and aggregate sources and non-CO2 emission sources on land (e.g., fertilizer application and rice cultivation).</p>

## Prinsip pelaporan GHG berdasarkan ISO 14064-1:2018 (E)

ISO 14064-1:2018(E)

### 4 Principles

#### 4.1 General

The application of principles is fundamental to ensure that GHG-related information is a true and fair account. The principles are the basis for, and will guide the application of, the requirements in this document.

#### 4.2 Relevance

Select the GHG sources, GHG sinks, GHG reservoirs, data and methodologies appropriate to the needs of the intended user.

#### 4.3 Completeness

Include all relevant GHG emissions and removals.

#### 4.4 Consistency

Enable meaningful comparisons in GHG-related information.

#### 4.5 Accuracy

Reduce bias and uncertainties as far as is practical.

#### 4.6 Transparency

Disclose sufficient and appropriate GHG-related information to allow intended users to make decisions with reasonable confidence.