

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> global menjadi isu krusial yang membutuhkan solusi mendesak. Studi pendahuluan ini menguraikan dua perspektif yang saling terkait dalam menelaah permasalahan ini. penelitian ini meninjau dimensi ekonomi dari polusi global [5]. Diargumenkan menurut Grossman, G.(1995) bahwa diferensiasi ekonomi dunia dan kebijakan negara maju yang memindahkan teknologi tidak ramah lingkungan ke negara berkembang berkontribusi signifikan terhadap masalah ini [5]. Studi pendahuluan pada perspektif ini penting untuk memahami bagaimana praktik ekonomi global dapat berdampak negatif terhadap lingkungan secara menyeluruh [6].

Penelitian sebelumnya [6] menggunakan pendekatan data panel untuk menguji hubungan antara emisi CO<sub>2</sub> dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Data panel dari 65 negara selama periode 1995-2013 dianalisis dengan model dinamis dan prosedur uji coba empat langkah [6]. Penelitian tersebut relevan untuk mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang menyebabkan emisi CO<sub>2</sub> dan mengevaluasi efektivitas kebijakan pengurangan emisi karbon dioksida [6].

Aplikasi sebelumnya yaitu Terrascope [9] menggunakan pendekatan intrupsi finansial berupa sistem jual beli oksigen. Hal ini dilakukan untuk mengurangi jumlah emisi karbon dioksida. Dengan komersialisasi oksigen, dapat mengurangi bahan pembentuk karbon dioksida. Sehingga dapat memperlambat pembentukan molekul karbon dioksida pada tiap proses bisnis (manufaktur, transport, dll). Solusi tersebut, memberikan keuntungan finansial dan lingkungan kepada perusahaan. Keuntungan finansial didapatkan dari hasil memperjualbelikan oksigen [9].

Namun pada penelitian terdahulu di Tabel 2.1 belum adanya instrumen pelacak dari jumlah karbon dioksida yang dihasilkan dari suatu proses bisnis.

Pada kegiatan tersebut belum ada penelitian terkait pelacakan jumlah emisi karbondioksida dengan menggunakan sistem perangkat lunak. **Sehingga pada penelitian ini dirancang aplikasi Carleet untuk melacak emisi karbon dioksida yang terdiri atas 2 segmen yaitu pihak industri dan orang yang menerapkan gaya hidup sehat. Kebutuhan pengguna didapat dengan penerapan metode UX Journey kepada dua segmen tersebut.**

**Tabel 2. 1** Penelitian Sebelumnya

| No | Insight  | Hasil  | Metode   | Batasan   | Kutipan |
|----|--|--|--|---|---------|
| 1  | Dampak pertumbuhan ekonomi, nilai tambah industri terhadap emisi karbon dioksida | Penelitian membuktikan hasil pengolahan data pertumbuhan ekonomi, nilai tambah industri, dan populasi memengaruhi peningkatan emisi karbon | Penelitian ini menggunakan pendekatan kausalitas dengan analisis regresi panel statis untuk menguji pengaruh pertumbuhan ekonomi, nilai tambah industri, dan populasi terhadap emisi karbon dioksida di lima negara ASEAN (Indonesia, Filipina, Malaysia, Brunei Darussalam, Vietnam) periode 2000–2018. | Penelitian ini tidak menunjukkan hubungan secara spesifik teknologi yang digunakan untuk mengurangi emisi karbon industri | [1]     |
| 2  | Menilai Dampak Faktor-Faktor Pendorong Emisi Karbon                              | Menurut Penelitian Redwan Ahmed faktor terpenting  | Menggunakan data panel yang dikumpulkan dari 65 negara   | Penelitian ini belum adanya solusi berupa   | [7]     |

|   |   |  |   |  |     |
|---|---|--|---|--|-----|
|   | Dioksida Global                               | yang mendorong emisi CO2 global adalah pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi, korupsi, dan pembangunan keuangan | selama tahun 1995 hingga 2013. dan menggunakan prosedur pengujian empat langkah (yaitu, uji akar unit panel, uji kointegrasi panel, estimasi jangka panjang, yaitu estimasi FMOLS dan uji kausalitas Granger) | perangkat lunak untuk mengurangi jumlah emisi karbon dioksida                                  |     |
| 3 | Dekarbonisasi menyeluruh: Jejak Karbon Produk | Meningktanya pengurangan emisi karbon dioksida dan juga dapat menjual hasil karbon dioksidadalam bentuk liquid | Menggunakan data history  | Riset ini belum adanya pelacak emisi karbon dan berfokus pada manufaktur maupun industri besar | [9] |

## **2.2 Kerangka Teori**

Emisi karbon, yang sebagian besar berupa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), telah menjadi salah satu penyebab utama pemanasan global dan perubahan iklim dalam beberapa dekade terakhir [1]. Aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil untuk energi, transportasi, dan kegiatan industri, adalah kontributor utama peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer [2]. Menurut data yang disampaikan oleh Earth System Research Laboratory, emisi karbon global telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan dengan kontribusi besar dari kawasan Asia Pasifik, termasuk Indonesia [2]. Dampak yang dihasilkan tidak hanya mempengaruhi lingkungan tetapi juga kesehatan manusia, dengan penyakit seperti pneumonia, asma, dan infeksi saluran pernapasan akut (ISPA) menjadi lebih umum di daerah dengan kualitas udara yang buruk [3]. Di Indonesia, emisi karbon dari sektor transportasi dan industri terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. Laporan dari World Bank menunjukkan bahwa Asia Pasifik mencatat emisi karbon tertinggi di dunia pada tahun 2018, dengan total emisi mencapai 14,99 Gt [1]. Negara-negara seperti Indonesia, Malaysia, Vietnam, dan Filipina berkontribusi signifikan terhadap emisi ini karena pertumbuhan industri yang pesat dan ketergantungan yang tinggi pada bahan bakar fosil [1]. Di samping itu, tingginya angka deforestasi di Indonesia juga memperburuk situasi karena hutan yang merupakan penyerap karbon alami semakin berkurang.

### **2.2.1 Karbon Footprint**

Karbon footprint adalah ukuran dari jumlah total eksklusif emisi karbon dioksida yang ditimbulkan secara langsung maupun tidak langsung oleh suatu aktivitas atau yang terakumulasi sepanjang siklus hidup suatu produk atau bisa disebut juga gas rumah kaca [36]. Dalam karbon footprint itu sendiri terdapat banyak emisi gas yang terdiri dari karbon dioksida, gas metana, dinitrogen oksida dan berbagai gas rumah kaca lainnya [36]. Dalam permasalahan yang dialami di Indonesia maupun di seluruh dunia ialah banyaknya emisi karbon dioksida, yang menyebabkan Perubahan iklim secara mendadak [42]. Pemanasan yang dialami di Indonesia sendiri, isu penyebabnya ialah banyaknya sektor industri sendiri yang terus bertambah berjalanya waktu dimana emisi dihasilkan dari kegiatan sektor industri seperti sektor energi, bahan baku dan utilitas [42]. Pada tahun 2019 sektor

penyumbang emisi terbesar yaitu sektor industri sebesar 37%, diikuti dengan sektor transportasi sebesar 27%, dan sektor penghasil listrik dan panas sebesar 27%. Hal ini menunjukkan kontribusi Indonesia terkait pengurangan emisi karbon belum memadai [43]. Emisi tersebut mengakibatkan perubahan iklim terjadi secara mendadak yang diakibatkan oleh karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), bertindak sebagai penjebak panas, sehingga energi matahari yang seharusnya kembali ke angkasa terperangkap di bumi. Proses ini membuat suhu permukaan bumi terus meningkat dan memicu perubahan iklim yang berdampak luas pada lingkungan [36].

### **2.2.2 UX Journey**

UX Journey adalah kerangka kerja yang memandu perancang dalam mengembangkan produk yang berfokus pada pengguna [23]. Kerangka ini terdiri dari empat tahapan utama: Discover (menemukan), Explore (menggali), Test (menguji), dan Listen (mendengarkan) [23]. Setiap tahapan dalam UX Journey bertujuan untuk memahami pengguna dengan lebih baik dan menyesuaikan produk dengan kebutuhan mereka. Kerangka UX Journey memungkinkan perancang untuk terus menyesuaikan desain sesuai umpan balik dari pengguna di setiap tahap proses [23]. Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa desain yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna [23]. Tahap akhir, yaitu mendengarkan, mencakup pengumpulan masukan dari pengguna untuk mengevaluasi kelayakan dan potensi pengembangan lebih lanjut dari solusi yang dirancang. Pendekatan UX Journey dapat diterapkan oleh berbagai kelompok, seperti pelajar, akademisi, peneliti, dan industri [23]. Bagi pelajar, UX Journey berfungsi sebagai jalur pembelajaran untuk memahami penerapan UX dalam mengeksplorasi kebutuhan pengguna serta menilai kualitas kebutuhan dari segi atribut UX dan pengembangan perangkat lunak [23]. Di lingkungan akademis, kerangka ini berguna untuk menyusun kurikulum yang menghubungkan dunia akademis dengan industri [23]. Bagi peneliti, UX Journey menjadi metode yang efektif untuk memahami kebutuhan pengguna dengan memperhatikan atribut kualitas UX, baik untuk riset praktis maupun teoretis [23]. Sementara itu, di industri, UX Journey membantu dalam penelitian atau pengembangan produk

dengan keterbatasan sumber daya, memastikan produk yang dihasilkan sesuai dengan harapan pengguna melalui keterlibatan pengguna di setiap tahap [23].

### 2.3 Konteks Penelitian

Perkembangan teknologi yang semakin berkembang seperti saat ini memudahkan kalangan masyarakat untuk melakukan apapun di *smartphone* digital, aplikasi ini dirancang sebagai aplikasi mobile yang memduahkan proses tracking emisi karbon [13]. Untuk membuat solusi desain aplikasi Carleet yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, dilakukan analisis persaingan, yang disajikan dalam Lampiran 1.

**Tabel 2. 2** Konteks Penelitian

| Kompetitor |                        | Penjelasan  | Literatur |
|------------|------------------------|---|-----------|
| Direct     | Terrascope             | Aplikasi karbon ini cara menggunakannya hanya dapat melacak emisi karbon sehari - hari pada proses industri   | [9]       |
|            | Eco Track              | Aplikasi ini berisi tentang penjelasan karbon dioksida dan melacak karbon kemana kita pergi dan dimana saja   | [31]      |
| Indirect   | Trash to cash          | Aplikasi penyumbangan sampah yang berisi pemilihan sampah dan jumlah sampah yang kita setorkan  | [32]      |
|            | Plastik bank Indonesia | Web yang dimana berisi penjelasan jenis sampah dan bagaimana cara memilihnya dan ada fitur penyetoran jenis sampah yang bekerja sama oleh pihak TPA | [33]      |

### 2.4 Studi Kelayakan

Studi kelayakan merupakan proses evaluasi untuk menilai kelayakan suatu proyek atau bisnis salah satu metode yang umum digunakan adalah analisis SWOT [12]. SWOT adalah singkatan dari *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities*,

dan *Threats* (Ancaman) [12]. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi faktor internal dan eksternal yang dapat memengaruhi keberhasilan proyek atau bisnis.

Tujuan utama analisis SWOT dalam konteks ini adalah untuk menilai kesiapan solusi desain dalam menghadapi peluang dan rintangan di pasar [12]. Kekuatan desain dievaluasi untuk mengetahui apakah desain tersebut mampu memanfaatkan peluang pasar secara maksimal. Di sisi lain, kelemahan desain diidentifikasi agar dapat diperbaiki sebelum diluncurkan, sehingga meminimalkan dampak negatif terhadap peluang pasar [12].

Dalam konteks permasalahan analisis SWOT dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan kelemahan permasalahan serta peluang dan ancaman yang ada dalam solusinya [12]. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, penelitian dapat mengembangkan strategi yang tepat untuk memperkuat kekuatan dan mengatasi kelemahan mereka dalam menyelesaikan permasalahan [12]. Kesimpulannya, analisis SWOT merupakan alat yang bermanfaat untuk mengevaluasi kelayakan proyek atau bisnis. Analisis ini membantu mengidentifikasi faktor-faktor didalam SWOT yang dapat memengaruhi keberhasilan dan mengembangkan strategi yang tepat untuk mencapai tujuan.

**Tabel 2. 3** SWOT Analysis

| <b>SWOT Analysis</b> |                |   |
|----------------------|----------------|---|
| Strength             | Advantages     | Aplikasi pelacak emisi karbon guna memudahkan para pihak industri untuk mengurangi emisi karbondioksida |
|                      | Uniqueness     | Adanya fitur <i>marketplace</i>   |
|                      | Selling Point  | Pengurangan emisi karbondioksida  |
|                      | Skills         | Kemampuan untuk mengurangi emisi karbondioksida   |
|                      | Other factor   | Industri yang berhubungan dapat membeli bahan mentah  |
| Weaknesses           | Limitations    | Harus menghidupkan Location   |
|                      | Lack of effort | Total Carbon yang diolah sangat diperhitungkan  |

|               |                   |  |
|---------------|-------------------|--|
|               | Problem           | Tidak dapat melakukan perhitungan jika fitur location mati                               |
|               | Poor strategy     | Menghidupkan Location dahulu   |
| Oppurtunities | Improvements      | Adanya fitur pengukur jejak emisi karbon dan fitur penjualan hasil mentah karbondioksida |
|               | Perfomance        | Adanya fitur pengukur emisi karbondioksida   |
|               | Oppornities       | Hanya dapat digunakan pada saat fitur lokasi hidup                                       |
|               | Costumer Behavior | Dapat mengukur jumlah emisi karbon yang dihirup  |
| Threats       | External trouble  | Pada saat lokasi mati maka tidak dapat menghitung emisi karbon di sekitarnya             |
|               | Obstacle          | Adanya aplikasi mobile pesaing   |
|               | Trends            | Adanya pembaruan aplikasi dikarenakan adanya perbaruan sistem                            |

Berdasarkan analisis SWOT pada Tabel 2.3 aplikasi ini memiliki kekuatan signifikan berupa fitur marketplace yang memfasilitasi pembelian bahan mentah dan penjualan hasil olahan karbon, serta fokus utamanya sebagai alat pengurangan emisi karbondioksida. Namun, analisis SWOT mengungkap bahwa keunggulan ini sangat terhambat oleh kelemahan mendasar: seluruh fungsi inti aplikasi, termasuk perhitungan emisi karbon dan pengukur jejak karbon, bergantung sepenuhnya pada fitur lokasi yang aktif. Tanpa lokasi dihidupkan, aplikasi menjadi tidak berfungsi sama sekali, menjadikan selling point-nya tidak andal dan menciptakan kerentanan operasional yang besar. Ketergantungan teknis ini tidak hanya membatasi pemanfaatan peluang (seperti pengukuran jejak karbon) tetapi juga memperkuat ancaman eksternal, seperti ketidakmampuan bersaing dengan aplikasi pesaing dan risiko kehilangan kepercayaan pengguna ketika lokasi mati. Hasil analisisnya menunjukkan perlunya solusi mendesak untuk mengatasi

ketergantungan pada lokasi agar potensi inovatif aplikasi dapat terwujud secara konsisten dan kompetitif.

## 2.5 Research Gap

Studi pendahuluan ini menegaskan pentingnya penelitian yang komprehensif untuk mengatasi emisi CO<sub>2</sub>. Penelitian [5] menghasilkan model matematis yang menunjukkan faktor-faktor penting yang mempengaruhi timbulnya emisi karbondioksida. Penelitian [6] memberikan solusi berupa kebijakan untuk memperjualbelikan karbondioksida. Namun, kedua penelitian tersebut belum mengedepankan implementasi teknis. Penelitian ini mempertimbangkan tidak hanya hubungan antar variabel ekonomi dan lingkungan, tetapi juga efektivitas kebijakan berbasis data empiris berupa kebutuhan pengguna. Penggabungan kedua perspektif ini, penelitian ini bertujuan untuk memahami faktor-faktor penyebab emisi CO<sub>2</sub> secara menyeluruh dan menghasilkan solusi teknis berupa perangkat lunak.

## 2.6 Validasi dan Verifikasi

Penelitian ini melakukan pengujian validasi dan verifikasi untuk memastikan perangkat lunak yang dikembangkan memenuhi standar kualitas dan kebutuhan pengguna. Pengujian ini menggunakan dua metode yaitu *Acceptance Criteria* dan *User Requirement Metric*. *Acceptance Criteria* adalah kriteria yang harus dipenuhi oleh perangkat lunak untuk memenuhi persyaratan pengguna dan memastikan fungsionalitasnya [14]. Kriteria ini tercantum dalam dan mencakup aspek-aspek seperti kemudahan penggunaan, efisiensi, dan keandalan. *User Requirement Metric* adalah parameter pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi kepuasan pengguna terhadap fitur-fitur perangkat lunak [15]. Parameter ini tercantum pada dan mencakup aspek-aspek seperti kemudahan belajar, kemudahan penggunaan, dan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna. Sehingga dapat menilai apakah perangkat lunak yang dikembangkan sesuai dengan kriteria dan persyaratan bahwa perangkat tersebut dapat dijalankan dengan optimal.

Selain itu, Use Case Model adalah salah satu komponen Unified Modeling Language (UML), yang merupakan bahasa grafis semi-formal yang umum

digunakan untuk memodelkan sistem perangkat lunak berorientasi objek [16]. Metode yang digunakan untuk memformalisasi definisi hubungan antara Use Case Model juga dikenal sebagai Use Case Logic. Selain itu, model Use Case ini dapat digunakan untuk membantu berkomunikasi dengan berbagai pemangku kepentingan yang terlibat dalam perencanaan proyek [16]. Untuk mendapatkan fungsionalitas yang dibutuhkan, ini merupakan langkah pertama. Terlepas dari kenyataan bahwa model Use Case ini sangat bermanfaat, itu hanyalah penjelasan informal yang penuh dengan keraguan dan ketidakjelasan. Manfaat tersebut sangat penting untuk memperoleh pengetahuan yang lebih baik tentang metode pengembangan perangkat lunak.

