

# Recarbon: Aplikasi Edukasi Jejak Karbon Berbasis Flutter

## *ReCarbon: Flutter-Based Carbon Footprint Education App*

1<sup>st</sup> Akhdan Pangestuaji Widodo  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

akhdanpangestuaji@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Pramudia Putra Pamungkas  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

sarcastrope@student.telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Alfian Akbar Gozali  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia

alfian@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak** - Berdasarkan data dari Global Carbon Atlas pada tahun 2019, menunjukkan bahwa Indonesia menempati urutan ke-8 penyumbang emisi gas rumah kaca tertinggi di dunia dengan total emisi sebesar 618 Metric Ton CO<sub>2</sub>. Untuk menangani permasalahan ini, pemerintah menerbitkan mata pelajaran Pendidikan Lingkungan Hidup yang diatur dalam UU no. 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup terutama pasal 65 ayat 2 bahwa salah satu hak masyarakat adalah mendapatkan pendidikan lingkungan hidup. Namun, solusi dari pemerintah tersebut kurang efektif dikarenakan kurangnya pemahaman masyarakat dan pendidik terhadap permasalahan pendidikan lingkungan dan kurikulum pendidikan lingkungan yang belum memadai dan kurang aplikatif. Oleh karena itu, kami mengangkat permasalahan jejak karbon dan menawarkan solusi teknologi pendidikan yaitu ReCarbon. ReCarbon, merupakan aplikasi berbasis Flutter yang bertujuan untuk membantu masyarakat dalam meningkatkan pengetahuan tentang jejak karbon dan pola hidup ramah lingkungan melalui pendekatan edukasi serta agar pendidikan lingkungan dapat dilakukan lebih aplikatif dan menyenangkan. Hasil dari pengujian kepada 61 target pengguna terkait keefektifan, kebergunaan dan, kepuasan tampilan aplikasi menghasilkan rata-rata presentase sebesar 88,99% yang artinya target pengguna sangat setuju bahwa ReCarbon dapat memenuhi tujuannya.

**Kata Kunci** - jejak karbon, perubahan iklim, pendidikan, lingkungan, aplikasi, flutter

**Abstract** - Based on data from the Global Carbon Atlas in 2019, shows that Indonesia ranks as the 8th highest contributor to greenhouse gas emissions in the world, with 618 Metric Tons of total emission of CO<sub>2</sub>. To address this problem, the government has released environmental education topics as regulated in UU No.32 in 2009, concerning environmental protection and management, particularly Article 65(2) which states, one of the rights of the community is to receive environmental education. However, the solution is ineffective due to a lack of community and educator understanding of environmental education issues, and the environmental education program is inadequate and less applicable. Therefore, we raise the issue of carbon footprint and offer a technology-based education solution, ReCarbon. ReCarbon, is a Flutter-based app to help improve people's knowledge of carbon footprints and ecological lifestyles through education so that environmental education can be made more applicable and fun. The results of testing on 61 target users related to the effectiveness, usefulness, and satisfaction of the application display resulted in an average percentage of 88.99%, which means that the target users strongly agree that ReCarbon can fulfill its goals.

**Keywords** - carbon footprint, climate change, education, environment, application, flutter

### I. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Global Carbon Atlas pada tahun 2019, menunjukkan bahwa Indonesia menempati urutan ke-8 penyumbang emisi gas rumah kaca tertinggi di dunia dengan total emisi yang dihasilkan mencapai 618 Metric Ton CO<sub>2</sub> [1]. Pada laporan keempat dari Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) menyatakan bahwa gaya hidup manusia, memiliki kontribusi yang sangat signifikan terhadap peningkatan gas rumah kaca [2]. Gaya hidup atau aktivitas-aktivitas manusia yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan disebut sebagai jejak karbon, yang dimana dapat menimbulkan dampak secara langsung terhadap perubahan iklim [3].

Dalam prosesnya, jejak karbon disebabkan oleh beberapa faktor aktivitas manusia seperti penggunaan kendaraan dengan bahan bakar fosil, penggunaan energi listrik, dan konsumsi makanan. Dari aktivitas ini, jejak karbon juga sangat berdampak besar terhadap perubahan iklim sehingga menimbulkan berbagai permasalahan seperti cuaca ekstrim, bencana alam, perubahan produksi rantai makanan,

penyebaran penyakit, rusaknya ekosistem laut, mencairnya es kutub, dan berkurangnya persediaan air bersih. Dampak-dampak tersebut secara jangka panjang akan berdampak terhadap kehidupan manusia [4].

Indonesia tentu tidak terhindar dari permasalahan jejak karbon. Berdasarkan survei ke 23 negara di dunia pada tahun 2019 oleh YouGov, sebuah perusahaan opini dan data global menyimpulkan bahwa Indonesia menempati posisi tertinggi yang masyarakatnya tidak percaya bahwa aktivitas manusia dapat menyebabkan perubahan iklim[5]. Untuk menangani permasalahan jejak karbon, pemerintah menerbitkan mata pelajaran Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) yang diatur dalam UU no. 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup terutama pasal 65 ayat 2 bahwa salah satu hak masyarakat adalah mendapatkan pendidikan lingkungan hidup. Dengan tujuan agar masyarakat dapat teredukasi sejak dini bagaimana cara menjalani pola hidup ramah lingkungan[6]. Selain itu, hal tersebut juga didukung oleh Perpres No. 59 tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian SDGs di bagian daftar tujuan, target, dan indikator SDGs yaitu salah satunya dengan melaksanakan tujuan ke-13 poin 3 dari Sustainable Development Goals (SDGs) yang berbunyi “Meningkatkan pendidikan, penumbuhan kesadaran, serta kapasitas manusia dan kelembagaan terkait mitigasi, adaptasi, pengurangan dampak dan peringatan dini perubahan iklim.”[7].

Akan tetapi, solusi dari pemerintah tersebut kurang efektif dikarenakan masih rendahnya tingkat partisipasi masyarakat untuk berperan dalam Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) yang disebabkan oleh kurangnya pemahaman terhadap permasalahan pendidikan lingkungan yang ada, terbatasnya pemahaman para pendidik tentang pendidikan lingkungan, dan kurikulum pendidikan lingkungan yang belum memadai dan kurang aplikatif sehingga kurang mendukung penyelesaian permasalahan tingginya jejak karbon [8].

Terdapat salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat dijadikan solusi untuk permasalahan tersebut yaitu gamifikasi[9]. Gamifikasi dapat didefinisikan sebagai penerapan mekanisme permainan untuk membuat pembelajaran lebih menarik di mana permainan yang dirancang melibatkan pemain dalam berbagai jenis tantangan, terdapat peraturan dan memberikan umpan balik untuk mengukur hasil (Moncada dan Moncada, 2014)[10]. Beberapa komponen yang ada pada gamifikasi adalah badge, point, quest, dan leaderboard sehingga lebih menyenangkan dan menantang[11]. Gamifikasi juga fleksibel karena dapat diterapkan di dalam sebuah aplikasi gadget sehingga dapat diakses kapanpun dan dimanapun[12].

Oleh karena itu dibuatlah aplikasi ReCarbon, yaitu aplikasi berbasis Flutter yang bertujuan untuk membantu masyarakat dalam meningkatkan pengetahuan tentang edukasi jejak karbon dan pola hidup ramah lingkungan melalui fitur edukasi. Selain itu, terdapat fitur-fitur lain yaitu kalkulator karbon untuk menghitung jejak karbon yang dihasilkan oleh pengguna baik per hari, per bulan, atau pun per tahunnya. Fitur challenge berbasis gamifikasi sehingga selain menambah pengetahuan, pengguna juga dapat melakukan kegiatan nyata terhadap kepedulian lingkungan dan mengurangi jejak karbon. Fitur komunitas untuk menjalin kerjasama antar pengguna sehingga saling berkolaborasi dan memotivasi dalam mengatasi isu - isu tentang lingkungan.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Jejak Karbon

Jejak karbon adalah jumlah total gas rumah kaca (termasuk karbon dioksida dan metana) yang dihasilkan oleh tindakan manusia. Gambar 2.1. menunjukkan sumber penyebab emisi jejak karbon. Jejak karbon merupakan sarana yang sangat penting untuk memahami dampak perilaku seseorang terhadap pemanasan global. Inilah sebabnya mengapa seseorang yang secara efektif ingin berkontribusi untuk menghentikan pemanasan global, setidaknya dalam skala individu atau bahkan organisasi, perlu mengukur dan melacak kontribusi jejak karbonnya[13]. Jika jumlah jejak karbon di bumi terlalu banyak, maka bukan hanya lingkungan yang bisa rusak, tapi juga kesehatan manusia seperti kelaparan, kekurangan gizi, resiko infeksi penyakit meningkat dan masih banyak lagi. Karena hal itu, perlu adanya gaya hidup sehat dan ramah lingkungan untuk mengurangi peningkatan jejak karbon seperti menghemat listrik, menanam pohon, mengurangi menggunakan kendaraan bahan bakar minyak dan sebagainya[14].



Gambar 2.1 Jejak Karbon[15].

### B. Edukasi Jejak Karbon

Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara (UU Sisdiknas, 2003). Pendidikan atau edukasi merupakan wahana yang paling tepat dalam memberikan pengetahuan, keterampilan, dan sikap tentang kepedulian lingkungan kepada manusia[16]. Perubahan iklim dapat terjadi salah satunya adalah karena gaya hidup manusia. Gaya hidup atau aktivitas-aktivitas manusia yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan disebut sebagai jejak karbon, yang dimana dapat menimbulkan dampak secara langsung[3].

Isu terkait perubahan iklim sudah ditetapkan menjadi salah satu poin di Sustainable Development Goals (SDGs) yaitu poin ke-13. Untuk menangani permasalahan tersebut, pemerintah menerbitkan mata pelajaran Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH) yang diatur dalam UU no. 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup[6]. Menurut Barlia (2008:3), pendidikan lingkungan hidup harus dapat mendidik individu-individu yang responsif terhadap laju perkembangan teknologi, memahami masalah-masalah di biosfer, dan berketerampilan

siap guna yang produktif untuk menjaga dan mempertahankan kelestarian alam[16].

Oleh karena itu tujuan jangka panjang PLH adalah mengembangkan warga negara yang memiliki pengetahuan tentang lingkungan biofisik dan masalahnya yang berkaitan, menumbuhkan kesadaran agar terlibat secara efektif dalam tindakan menuju pembangunan masa depan yang lebih baik, dapat dihuni dan membangkitkan motivasi untuk mengerjakannya (Stapp, et al.1970). Objek kajian PLH ada di lingkungan sekitar sekolah. Setiap sekolah memiliki lingkungan yang berbeda sehingga akan semakin menarik karena keragamannya. Walaupun objek kajiannya berbeda namun tujuan pembelajarannya tetap sama[17]. Gambar 2.2. menunjukkan salah satu bentuk Pendidikan Lingkungan Hidup di lingkungan sekolah.



Gambar 2.2 Edukasi Jejak Karbon[18]]

### C. Flutter

Flutter merupakan framework pengembangan aplikasi multiplatform untuk mengembangkan aplikasi di berbagai sistem operasi termasuk Android, iOS, Windows, Linux, MacOS serta web dengan menggunakan single codebase, sehingga dapat mempercepat proses pengembangan aplikasi multiplatform.

Flutter menggunakan bahasa pemrograman Dart yang menyediakan kompilasi *Just-In-Time (JIT)*, yang memungkinkan flutter untuk melakukan *hot-reload*, yaitu proses dimana hasil modifikasi kode dapat ditampilkan langsung ke dalam aplikasi tanpa harus menjalankan aplikasi dari awal, sehingga dapat mempercepat proses pengembangan aplikasi. Dart juga mendukung kompilasi *Ahead-Of-Time (AOT)* yang memungkinkan perform aplikasi tinggi dengan efisiensi kode *ARM* di perangkat Android dan iOS.[19].

Dasar dari framework flutter adalah *flutter engine*, yang bertugas untuk melakukan rasterisasi gabungan scene setiap terdapat frame baru yang perlu digambarkan/ ditampilkan dengan menyediakan implementasi level rendah (*low-level implementation*) dari API inti Flutter (*Flutter's core API*) yang meliputi grafis melalui Skia, text layout, file dan network I/O, accessibility support, arsitektur plugin, dart runtime dan compile toolchain [20]. Gambar 2.3 menunjukkan diagram arsitektur dari flutter.



Gambar 2.3 Flutter architecture diagram[21]

### D. Firebase

Firebase merupakan *BaaS (Backend as a Service)* yang memberikan pelayanan *service backend* sehingga developer dapat berfokus dalam mengembangkan aplikasi tanpa harus khawatir dengan backend. Firebase menyediakan bermacam fitur yang mempermudah developer untuk mengembangkan aplikasi diantaranya yaitu:

- **Firebase Authentication**, menyediakan *SDK* dan *library UI* yang siap digunakan didalam aplikasi untuk meng-autentikasi pengguna aplikasi.
- **Cloud Firestore**, merupakan *NoSQL cloud-hosted database* yang dimana data disimpan dalam bentuk *JSON* dan tersinkronisasi secara *realtime* ke seluruh platform yang terhubung dengan database.
- **Cloud Storage**, merupakan fitur penyimpanan dari firebase yang dapat digunakan untuk menyimpan data dari user [22].

### E. Android Studio

Android Studio merupakan IDE berbasis IntelliJ IDEA, yang dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi flutter dengan bantuan plugin Flutter dan Dart, beberapa fitur dari Android studio yang dapat membantu proses pengembangan aplikasi antara lain: Integrasi terhadap framework Flutter yang lengkap, memiliki testing tools dan framework yang luas, menyediakan built in emulator, terintegrasi dengan version control system seperti git[23].

### F. Figma

Figma adalah editor grafik vektor dan alat prototyping berbasis web, dengan alat berbasis vektor yang hidup di cloud, Figma memungkinkan para penggunanya untuk bekerja di mana saja dari browser. [24]

## III. METODE

Bagian ini menjelaskan analisis kebutuhan pengguna, perancangan aplikasi hingga kebutuhan hardware & software dalam pengembangan aplikasi ReCarbon.

### A. Analisis Kebutuhan Pengguna

Informasi kebutuhan pengguna dan karakteristiknya digali dengan metode wawancara. Wawancara dilaksanakan pada 21 Desember - 25 Desember 2021. Wawancara dilakukan terhadap 2 orang mahasiswa, 2 orang pelajar SMA, 2 orang pekerja kantoran, 1 orang guru. Serta dilakukan juga survey menggunakan Google Form untuk mendukung permasalahan yang diangkat terkait perubahan iklim,

lingkungan, dan jejak karbon dengan jumlah responden yaitu sebanyak 34 orang dengan 91% adalah pelajar dan 9% adalah pekerja.

### 1) Hasil Menggali Informasi

Berikut merupakan kesimpulan dari survey dan wawancara yang dilakukan.

1. Pendidikan Lingkungan Hidup, jejak karbon, dan lingkungan
  - Sebagian besar pengguna menilai bahwa media pembelajaran pendidikan lingkungan hidup yang pernah dipelajari masih cenderung konvensional
  - Setiap pengguna mempunyai cara belajar yang berbeda-beda seperti ada yang hanya menggunakan teks, membutuhkan video, dan membutuhkan suatu gambar ilustrasi.
  - Pengguna menyadari berbagai permasalahan lingkungan yang ada di sekitar mereka. Namun, tidak mengetahui bahwa salah satu penyebabnya karena jejak karbon.
2. Pentingnya perhitungan jejak karbon
  - Sebagian besar pengguna tidak mengetahui bahwa jejak karbon dapat dihitung.
  - Sebagian besar pengguna merasa tertarik jika terdapat metode untuk menghitung jejak karbon.
  - Sebagian besar pengguna merasa penting untuk mengetahui jumlah jejak karbon agar dapat mengontrol aktivitas sehari-harinya sehingga lebih ramah lingkungan.
  - Terdapat pengguna yang merasa perhitungan jejak karbon tidak diperlukan karena yang terpenting adalah tindakan dari masyarakat itu sendiri terhadap lingkungan. Namun, jika itu dapat memotivasi orang untuk lebih ramah lingkungan dapat menjadi pengecualian.
3. Pentingnya gamifikasi dan praktik dalam pendidikan lingkungan
  - Sebagian besar pengguna berpendapat bahwa gamifikasi akan membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik dan menyenangkan.
  - Beberapa pengguna berpendapat bahwa penerapan gamifikasi sebagai metode pendidikan praktik maka dianggap sangat cocok sebagai metode pendidikan lingkungan hidup.
  - Pengguna berharap bahwa penerapan pendidikan lingkungan secara praktek maupun teori dapat diterapkan sedini mungkin.
  - Pengguna berpendapat bahwa praktik peduli lingkungan lebih tepat untuk mengurangi permasalahan lingkungan khususnya mengurangi emisi karbon dioksida.
4. Peran dan pentingnya komunitas lingkungan
  - Pengguna merasa bahwa komunitas lingkungan sangat penting dan mampu menggerakkan masyarakat lain untuk peduli terhadap lingkungan secara tidak langsung.

### 2) Fitur Yang Dibutuhkan

Berdasarkan hasil dari survey dan wawancara yang dilakukan maka fitur yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.

#### 1. Fitur Edukasi Lingkungan

Yang berisi konten edukasi terkait permasalahan lingkungan melalui 3 jenis yaitu berita, artikel, dan video.

#### 2. Fitur Kalkulator Jejak Karbon

Sehingga pengguna dapat mengetahui dan menghitung jumlah jejak karbon dari aktivitas yang sudah dilakukan

#### 3. Fitur Challenge Berbasis Gamifikasi

Yang memuat tantangan secara praktik dan teori sehingga pengguna dapat melakukan pendidikan secara praktik.

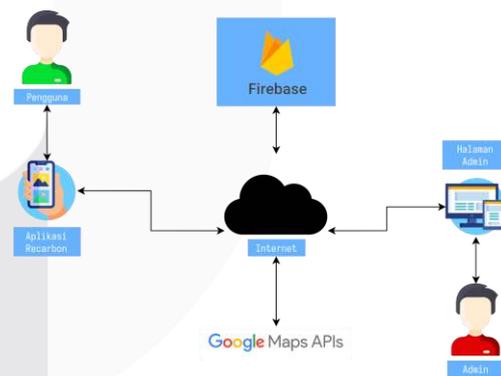
#### 4. Fitur Komunitas dan Micro Sosial Media

Sebagai wadah untuk pengguna dapat saling berkolaborasi dan berkampanye terkait gerakan peduli lingkungan baik secara individu maupun komunitas

### B. Perancangan Aplikasi

#### 1) Gambaran Umum Aplikasi

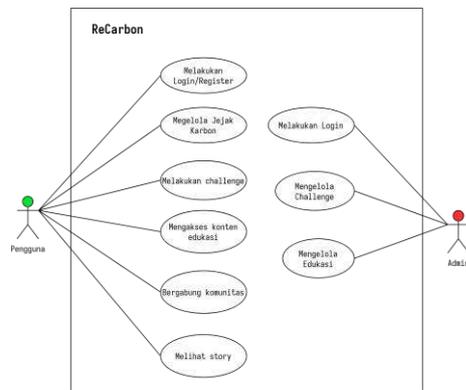
Aplikasi yang akan dirancang bernama ReCarbon, terdapat aplikasi pengguna dan halaman website admin seperti yang terlihat di gambar 3.1. Aplikasi pengguna akan terhubung ke layanan Firebase untuk menyimpan hasil penghitungan jejak karbon, mengakses konten challenge, membuat atau bergabung dengan komunitas, dan mengakses konten edukasi. Halaman website admin akan terhubung ke layanan Firebase untuk mengelola konten yang terdapat di dalam challenge dan edukasi.



Gambar 3.1 Arsitektur Aplikasi

#### 2) Use Case Diagram

Berdasarkan kebutuhan pengguna yang telah dianalisis, fitur-fitur dalam aplikasi dapat disajikan dalam use case diagram seperti pada Gambar 3.2. Pengguna dapat mengakses fitur-fitur aplikasi seperti kalkulator jejak karbon, challenge, komunitas, dan edukasi. Sedangkan admin dapat mengakses halaman admin untuk mengolah data-data yang terdapat di challenge dan edukasi.



Gambar 3.2 Use Case Diagram

Ketika pengguna mengakses fitur Kalkulator Jejak Karbon, pengguna dapat menghitung jejak karbon yang telah dihasilkan, kemudian pengguna dapat melihat diagram total jejak karbon yang telah dihasilkan, pengguna juga dapat melihat history jejak karbon secara detail dalam bentuk list, dan dapat mengedit atau menghapus data jejak karbon yang telah tersimpan.

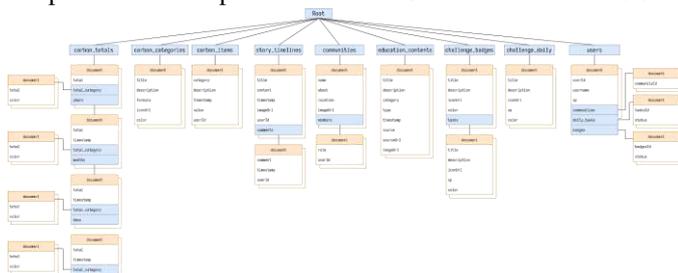
Pada fitur Challenge pengguna akan dihadirkan pada daftar task-task tentang kegiatan ramah lingkungan yang dapat dilakukan serta terdapat tips-trik dan fakta unik tentang task yang dilakukan.

Di fitur komunitas pengguna dapat membuat komunitas atau bergabung dengan komunitas yang sudah ada, pengguna dapat berinteraksi dengan pengguna lainnya dengan memanfaatkan forum diskusi dan juga dapat membuat agenda untuk melakukan event atau kegiatan komunitas.

Pengguna juga dapat mengakses fitur edukasi yang berisikan berita, artikel dan video pembelajaran tentang lingkungan hidup dan jejak karbon yang dapat digunakan untuk menambah wawasan serta meningkatkan kesadaran pengguna tentang lingkungan hidup.

Sedangkan admin memiliki akses untuk mengelola data-data tentang konten yang terdapat di dalam Challenge dan Edukasi, yang kemudian akan ditampilkan di perangkat pengguna.

3) Perancangan Basis Data Untuk mendukung jalannya aplikasi, akan digunakan Firebase Realtime Database dengan struktur data seperti tampak pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Struktur Data Firebase Realtime Database

### C. Kebutuhan Pengembangan Aplikasi

Untuk mengimplementasikan aplikasi sesuai rancangan yang telah dibuat, dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak berikut.

Tabel 1. Kebutuhan Hardware dan Software

Hardware	Software
Laptop Lenovo: Intel Core™ i5, RAM 12GB, Penyimpanan SSD 250 GB.	
Laptop Asus: Intel Core™ i5-7200U, RAM 8GB, Penyimpanan HDD 1 TB.	Android Studio Arctic Fox - 2020.3.1
Smartphone Realme 2 Pro : Qualcomm Snapdragon 660 AIE Processor, RAM 6GB, layar 6.3”	Firebase Realtime Database Firebase Cloud Storage Figma Github
Smartphone Xiaomi POCO X3 NFC : Qualcomm SM7150-AC Snapdragon 732G (8 nm), RAM 6GB, layar 6.67”	

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan implementasi aplikasi, hingga pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian fungsionalitas dan pengujian ke pengguna.

### A. Implementasi Aplikasi

Implementasi dilakukan berdasarkan rancangan yang telah dibuat di bab sebelumnya. Struktur kode project, kesesuaian antara rancangan dengan implementasi serta hasil implementasi dapat dibahas sebagai berikut.

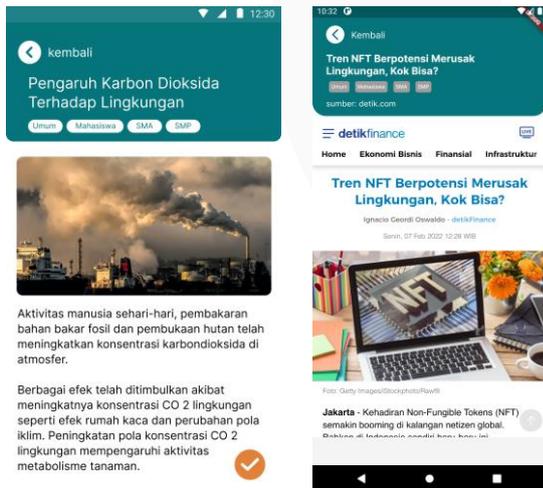
#### 1) Struktur Kode Project

Pengerjaan aplikasi Re Carbon terdiri dari 4 sub folder utama yaitu model yang berisikan kelas-kelas objek model yang berfungsi untuk menampung data baik yang akan di unggah ke database maupun data yang didapat dari database. Kemudian provider berisikan kelas-kelas services yang berfungsi untuk menghubungkan aplikasi ke server database, lalu ui yang berisikan kelas untuk menampilkan ui dari aplikasi dan theme untuk mengatur warna tema dan font dari aplikasi.



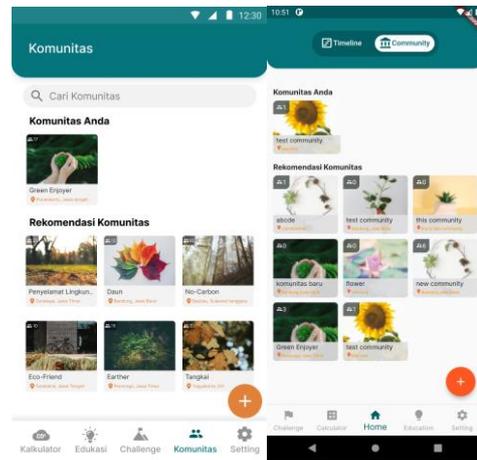
Gambar 4.1 Struktur Kode Project

2) Kesesuaian Terhadap Rancangan Pengerjaan fungsionalitas aplikasi sudah sesuai dengan rancangan sedangkan untuk tampilan ui terdapat beberapa perubahan seperti tampilan pada detail berita atau artikel yang pada saat perancangan menampilkan data berupa textview yang kemudian diganti dengan webview ketika pengimplementasian dikarenakan terbatasnya api yang tersedia untuk konten yang diperlukan dan untuk menghindari pelanggaran hak cipta dari konten yang kita gunakan tersebut.



Gambar 4.2 Detail artikel sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) implementasi

Lalu terdapat penambahan fitur tambahan di komunitas yaitu timeline dimana pengguna dapat mengupload kegiatan mereka untuk dilihat oleh pengguna yang lainnya. Karena penambahan fitur ini terdapat perubahan di desain halaman utama dari komunitas.



Gambar 4.3 halaman utama komunitas sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) implementasi

Kemudian dari segi ux terdapat perubahan urutan dari opsi di bottom navigation bar yang sebelumnya urut dari Kalkulator, Education, Challenge, Komunitas, dan Setting diubah menjadi Challenge, Calculator, Home (sebelumnya bernama Komunitas), Education, dan Setting. Perubahan ini untuk menonjolkan fitur Challenge sebagai daya tarik utama aplikasi dan meletakkan tombol Home di tengah untuk mempermudah navigasi pengguna untuk melihat timeline dan komunitas.



Gambar 4.4 Urutan Bottom NavBar sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) implementasi

Selama proses implementasi tidak terdapat kendala yang berarti baik dari sisi teknis maupun non teknis, dan hanya terdapat perbaikan tampilan aplikasi dan penambahan fitur baru.

### 3) Hasil Implementasi

Hasil implementasi dari proyek akhir ini adalah aplikasi berbasis Flutter khususnya untuk pengguna Android. Terdapat 4 fitur utama pada aplikasi yaitu kalkulator karbon, edukasi lingkungan dan jejak karbon, challenge berbasis gamifikasi, dan komunitas. Aplikasi berikut dapat diunduh melalui tautan berikut. Untuk mempermudah pengoperasian aplikasi, pada tautan tersebut juga terdapat buku panduan penggunaan, video demo, video promosi dan poster aplikasi.

Tautan: [\[link\]](#)

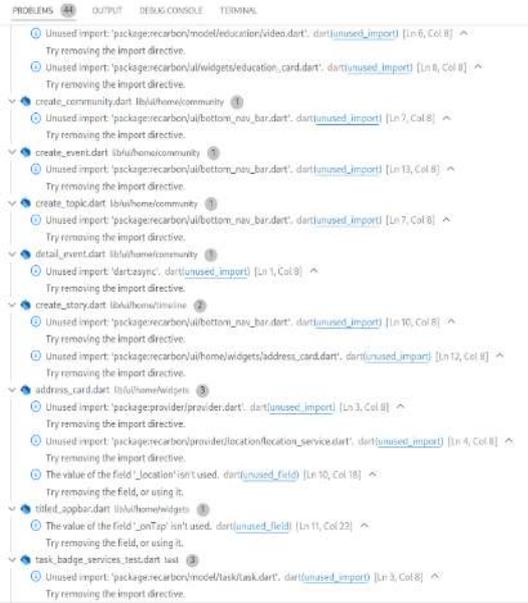
### B. Pengujian Aplikasi

Untuk memastikan kualitas aplikasi, aplikasi ini diuji melalui 3 tahap, yaitu pengujian kualitas kode, pengujian fungsionalitas, dan pengujian kepada pengguna.

#### 1) Pengujian Kualitas Kode

Pengujian dan penyelesaian dilakukan dengan memanfaatkan tools dari ide pengembangan aplikasi (vscode atau android studio) dan didapati sebanyak 46 problems yang sebagian besar merupakan peringatan import dari library atau

packages yang tidak digunakan dan sisanya yaitu peringatan null aware operator dan kelas yang harus dibuat immutable yang disebabkan oleh perubahan versi flutter yang digunakan.



Gambar 4.5 Inspect Kualitas Kode



Gambar 4.6 Daftar unit test fitur aplikasi

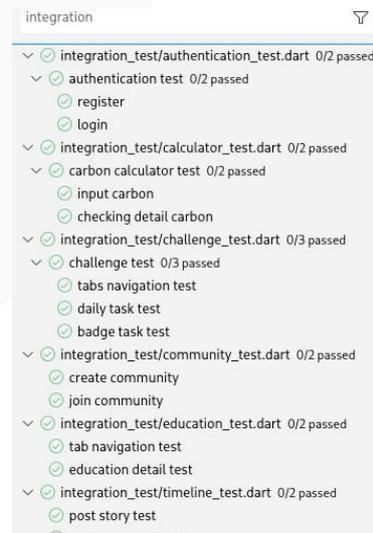
2) **Pengujian Fungsionalitas**  
Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan metode *unit test*, *black box test*, dan *widget test*.

1. *Unit Test*

Pengujian dilakukan sesuai skenario dan memvalidasi output fungsi apakah sudah sesuai dengan harapan. Pengujian unit test dilakukan dengan memanfaatkan bantuan dari library fake cloud firestore dan firebase storage mock untuk melakukan mocking database dan storage firebase ke dalam memory, hal ini bertujuan untuk mempercepat proses testing karena tidak harus terhubung ke internet dan data di database firebase tidak akan berisi data hasil testing. Selain itu, pengujian ini dilakukan dengan menguji function (fungsi) logika yang digunakan pada semua fitur aplikasi.

2. *Integration Test*

Integration test ini dilakukan untuk memvalidasi alur penggunaan aplikasi secara otomatis dengan memanfaatkan emulator secara langsung berdasarkan skenario yang telah ditentukan. Pengujian ini menggunakan package *integration\_test* untuk melakukan automation test. Terdapat 8 skenario untuk melakukan pengujian terhadap semua fitur aplikasi.



Gambar 4.7 Daftar integration test fitur aplikasi

3. *Black box test*

Black Box Testing ini dilakukan untuk mengamati hasil input dan output alur aplikasi sesuai dengan 13 skenario yang dibuat. Untuk membuat black box testing terdapat action, skenario, output, dan hasil pengujian. Setelah

melakukan beberapa pengujian, dapat disimpulkan bahwa pengujian dengan metode black box adalah valid karena semua hasil dan alur aplikasil sesuai dengan ekspetasi.

### 3) Pengujian ke Pengguna

Proses pengujian ke pengguna dilakukan dengan menggunakan teknik usability test. Pengujian ini dilakukan kepada target user aplikasi. Teknik yang digunakan serta hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Membuat kuisisioner
2. Mencari total skor berdasarkan jumlah responden
3. Mencari interpretasi skor perhitungan untuk mengetahui skor tertinggi dalam penilaian
4. Menentukan nilai interval (rentang jarak)
5. Menentukan indeks untuk mengetahui aplikasi masuk ke dalam kategori apa.

### 4) Rancangan Pengujian ke Pengguna

Pengujian ke pengguna dilakukan dengan metode usability test. Proses pengujian diawali dengan membuat kuesioner di Google Form, lalu menyebarkan kuesioner tersebut ke responden. Keusioner diberikan sesuai dengan target user aplikasi yaitu pelajar SMP, mahasiswa dan masyarakat umum (pekerja). Keusioner tersebut berisi 22 pertanyaan yang terdiri dari 3 kategori, antara lain 1 mengenai efektivitas aplikasi, 2 mengenai kebergunaan aplikasi, dan 3 mengenai kepuasan terhadap antarmuka aplikasi dan penilaian menggunakan skala likert.

Untuk mendapatkan hasil kuesioner dilakukan perhitungan berdasarkan parameter penilaian skala likert. Setelah hasil penilaian ada maka dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian ataupun penerapan aplikasi terhadap target pengguna.

### 5) Hasil Pengujian ke Pengguna

Hasil pengujian ke pengguna untuk aplikasi ReCarbon dengan metode penilaian skala likert terhadap responden sebanyak 61 orang yang terdiri dari 52,5% (32 orang) mahasiswa, 27,8% (17 orang) pekerja, 14,8% (9 orang) pelajar SMP, dan 4,9% (3 orang) pelajar SMA adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Presentase Penilaian Skala Likert

Jawaban	Keterangan
0% – 19,99%	Sangat Tidak Setuju
20% – 39,99%	Tidak Setuju
40% – 59,99%	Ragu-ragu
60% – 79,99%	Setuju
80% – 100%	Sangat Setuju

Rumus Penilaian :  $P = F / n \times 100\%$

Keterangan :

P = Persentase

F = Total skor yang didapat

N = Jumlah responden x 5

Bobot Nilai :

- 1) Sangat Penting = 5 (Setiap satu jawaban responden pada kolom Sangat Penting, dikalikan dengan 5 poin)
- 2) Penting = 4 (Setiap satu jawaban responden pada kolom Penting, dikalikan dengan 4 poin)
- 3) Cukup Penting = 3 (Setiap satu jawaban responden pada kolom Cukup Penting, dikalikan dengan 3 poin)
- 4) Kurang Penting = 2 (Setiap satu jawaban responden pada kolom Kurang Penting, dikalikan dengan 2 poin)
- 5) Tidak Penting = 1 (Setiap satu jawaban responden pada kolom Tidak Penting, dikalikan dengan 1 poin)

Total Skor :

Tambahkan semua Skor ( SP + P + CP + STP + TP)

Cara menghitung skor likert :

$$\frac{\text{Total Skor}}{\text{Banyak responden x Poin Tertinggi}} \times 100\%$$

Gambar 4.8 Rumus menghitung skor skala likert

Total skor dibagi dengan hasil dari banyak responden yang dikalikan dengan poin tertinggi, lalu hasil dari pembagiannya di kali dengan 100%.

Tabel 4.2 Rumus Skor Maksimum dan Minimum

Skor Maksimum	Jumlah responden x skor tertinggi skala likert
Skor Minimum	Jumlah responden x skor terendah skala likert

Keterangan :

1. Skor maksimum digunakan untuk mengetahui nilai tertinggi yang didapatkan dari jumlah responden dikalikan dengan skala likert tertinggi.
2. Skor minimum digunakan untuk mengetahui nilai terendah yang didapatkan dari jumlah responden

dikalikan dengan skala likert terendah.

Tabel 4.3 Hitungan Per-Bagian

Hasil Hitungan Per-bagian	
Pertanyaan/bagian	Presentase
<i>Effectiveness</i>	88,39%
<i>Usefulness</i>	89,23%
<i>Satisfaction</i>	89,37%

Tabel 4.4 Hasil Hitungan Per-Bagian

Hasil Hitungan Keseluruhan	
Indeks (%)	88,99%

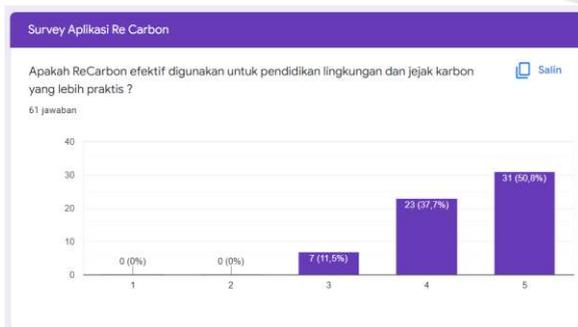
Tabel 4.5 Hasil Skor maksimum dan minimum

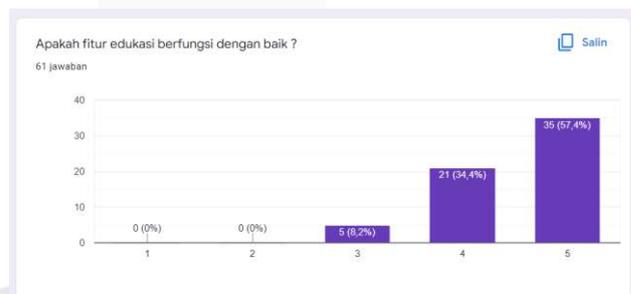
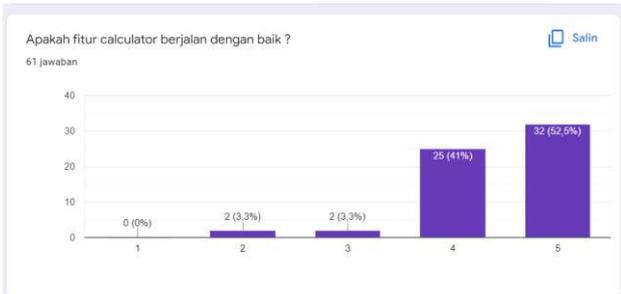
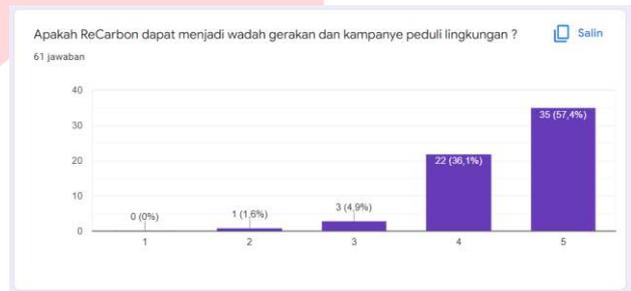
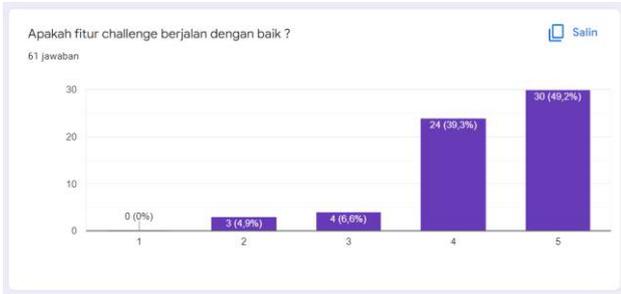
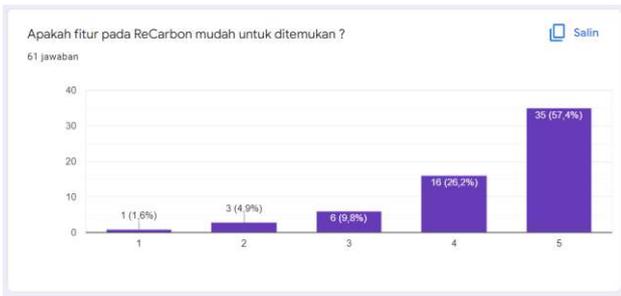
Skor Maksimum	Jumlah responden x skor tertinggi skala likert $61 \times 93,11$ $=$ $5679,11$
Skor Minimum	Jumlah responden x skor terendah skala likert $61 \times 83,93$ $=$ $5119,73$

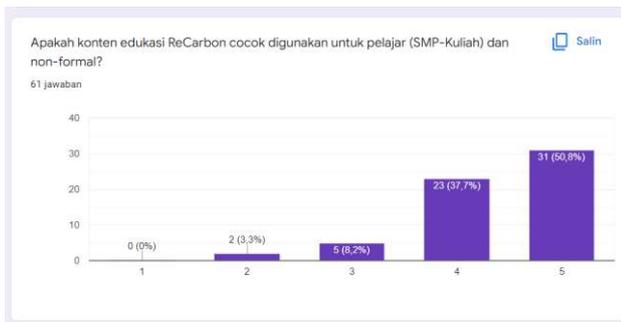


Gambar 4.8 Hasil Survey efektivitas aplikasi Berikut merupakan hasil survey terkait *Usefulness* aplikasi *ReCarbon*

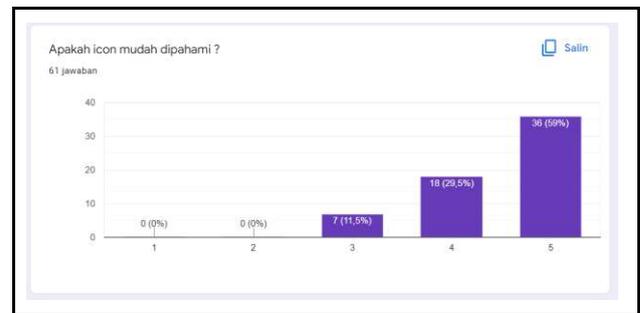
Berikut merupakan hasil survey terkait *Effectiveness* aplikasi *ReCarbon*.





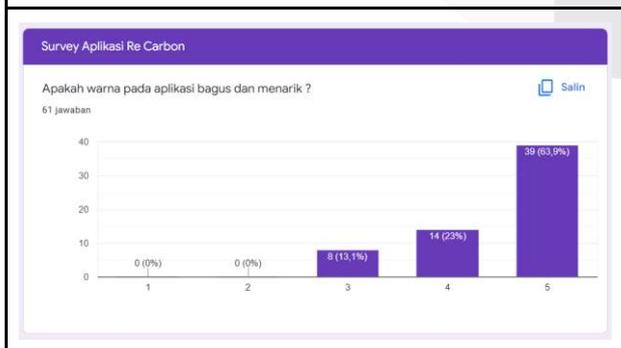
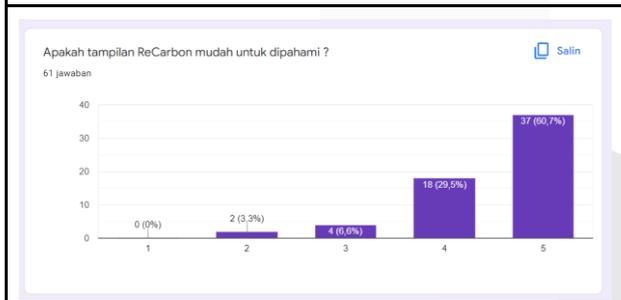
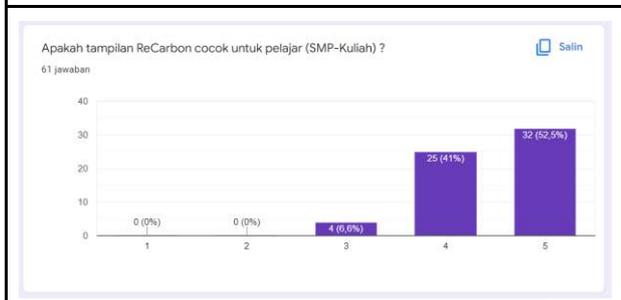


Gambar 4.9 Hasil Survey Kebergunaan aplikasi



Gambar 4.9 Hasil Survey Kepuasan Tampilan Aplikasi

Berikut merupakan hasil survey terkait *Satisfaction* aplikasi *ReCarbon*.



## 6) Diskusi Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil dari pengujian yang dilakukan, secara garis besar menghasilkan data berikut ini:

1. Berdasarkan hasil unit test, menghasilkan data yang valid. Dibuktikan dengan suksesnya pengujian dari input, ekpetasi output, dan output asli yang dihasilkan oleh fungsi pada tiap fitur aplikasi.
2. Berdasarkan integration test dari 8 skenario yang telah ditentukan, menghasilkan data yang valid atau sesuai dengan skenario automation test.
3. Berdasarkan black box test menghasilkan data yang valid atau sesuai dengan skenario alur aplikasi.
4. Berdasarkan pengujian pengguna yang dilakukan dengan membagikan survey melalui Google Form setelah pengguna mencoba aplikasi, menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:
  - Untuk kategori Effectiveness, mendapatkan hasil persentase 88,39% yang mana persentase tersebut termasuk dalam rentang skala SANGAT SETUJU. Adapun pertanyaan yang memperoleh persentase tertinggi adalah “Apakah ReCarbon dapat menjadi penggerak edukasi lingkungan secara praktik ?” yang memperoleh persentase sebesar 90,81%. Artinya, dari keseluruhan responden yang berjumlah 61 orang, rata-rata sangat setuju apabila aplikasi ReCarbon efektif untuk membantu mengatasi permasalahan lingkungan dan jejak karbon melalui edukasi.
  - Untuk kategori Usefulness, mendapatkan hasil persentase 89,23%, yang mana persentase tersebut termasuk dalam rentang skala SANGAT SETUJU. Adapaun pertanyaan yang memperoleh persentase tertinggi adalah “Apakah gamifikasi membuat belajar lingkungan menjadi lebih menyenangkan ?” yang memperoleh persentase sebesar 93,11%. Artinya dari keseluruhan responden yang berjumlah 61 orang, rata-rata sangat setuju bahwa aplikasi ReCarbon mudah mengatasi permasalahan pendidikan lingkungan yang kurang menarik melalui fitur challenge berbasis gamifikasi.
  - Untuk kategori Satisfaction, mendapatkan hasil persentase 89,37%, yang mana persentase tersebut termasuk dalam rentang skala SANGAT SETUJU. Adapun pertanyaan yang memperoleh persentase tertinggi adalah “Apakah warna pada aplikasi bagus dan menarik ?” yang memperoleh persentase sebesar 90,16%. Artinya dari keseluruhan responden yang berjumlah 61 orang, rata-rata sangat setuju apabila aplikasi ReCarbon memiliki tampilan yang menarik dan sesuai dengan keinginan target user.

- Dari keseluruhan hasil presentase, diperoleh indeks hasil hitungan keseluruhan sebesar 88,99% yang mana presentase ini termasuk dalam rentang skala SANGAT SETUJU. Hal ini berarti aplikasi ReCarbon sangat dibutuhkan dalam untuk membantu mengatasi permasalahan terkait lingkungan dan jejak karbon melalui pendekatan edukasi serta mengenai permasalahan pendidikan lingkungan hidup (PLH) yang kurang praktis dan menarik.

## V. KESIMPULAN

### 1) Kesimpulan

Berdasarkan aplikasi yang dibangun dan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa aplikasi ReCarbon dapat menjadi solusi untuk membantu mengurangi jejak karbon melalui pendekatan edukasi. Selain itu, aplikasi ini dapat menjadi solusi untuk kurikulum PLH yang kurang efektif dengan menerapkan challenge berbasis gamifikasi dan praktik kegiatan lingkungan secara langsung. Sehingga, pelajar dan masyarakat dapat belajar lingkungan tidak hanya dengan teori namun juga dengan tindakan nyata dengan lebih praktis dan menyenangkan karena dapat diakses dimana saja. Dengan demikian, aplikasi ReCarbon telah berhasil mencapai tujuannya. Dibuktikan dengan pengujian ke pengguna yang melibatkan 61 responden, dimana bagian Effectiveness mendapatkan persentase sebesar 88,39% dan berada pada tentang Sangat Setuju, bagian Usefulness mendapatkan persentase sebesar 89,23% dan berada pada rentang Sangat Setuju, bagian Satisfaction mendapatkan persentase sebesar 89,37% dan berada pada rentang Sangat Setuju, serta keseluruhan data kuesioner mendapatkan hasil indeks rata-rata 88,99% dan berdada pada rentang Sangat Setuju.

### 2) Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, berikut saran yang dapat diberikan untuk pengembangan aplikasi lebih lanjut:

1. Terdapat loading untuk proses upload postingan
2. Terdapat upload bukti bahwa pengguna telah menyelesaikan challenge
3. Input form jam pada penambahan aktivitas ReCarbon menggunakan picker
4. Registrasi dan login menggunakan Google akun

## REFERENSI

- [1] Global Carbon Atlas, "CO2 Emissions | Global Carbon Atlas", [Online], Available: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>.
- [2] IESR, Potensi Penurunan Emisi Indonesia Melalui Perubahan Gaya Hidup Individu, Jakarta: Intitute For Essential Service Reform, 2011.
- [3] S. Santhyamia, Moh. Isna Al Mubarak, Vakha Yulia Nurzahra, "Introduction and early measurement of carbon footprint concepts to respond the challenge of SDGs - Goal 13", *Journal of Community Service and Empowerment*, vol. 1, no. 2, pp. 102-107, 2020.
- [4] Thomas Wiedmann, Jan Minx, "A Definition of 'Carbon Footprint'", *Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, pp. 1-11, 2008.
- [5] YouGov, "International survey: most people expect to feel the effects of climate change", pp. 1-60, 2019.
- [6] Rifki Afandi, "Integrasi Pendidikan Lingkungan Hidup Melalui Pembelajaran IPS di Sekolah Dasar Sebagai Alternatif Menciptakan Sekolah Hijau", *Jurnal Pendidikan*, vol. 2, no. 1, pp. 98-108, 2013.
- [7] Bappenas, "Ringkasan Metadata Indikator Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB)/Sustainable Development Goals (SDGs) Indonesia", Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Bappenas, 2017.
- [8] Sudjoko M.S., "Perkembangan dan konsep dasar pendidikan Lingkungan Hidup", Jakarta: Universitas Terbuka, 2014.
- [9] Heni Jusuf, "Penggunaan Gamifikasi dalam Proses Pembelajaran", *Jurnal TICOM*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2016.
- [10] Moncada, S.M., Monçada, T. P., "Gamification of Learning in Accounting Education", *Journal of Higher Education Theory and Practice*, vol. 14 (3), pp. 9-19, 2014.
- [11] Brian J. Arnold, "Gamification in Education" in Annual American Society of Business and Behavioral Sciences (ASBBS) conference, Las Vegas, 2014.
- [12] Fajar Pradana, Fitra A. Bachtiar, Bayu Priyambadha, "Pengaruh Elemen Gamification Terhadap Hasil Belajar Siswa pada E-learning Pemrograman Java" in Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2018, Yogyakarta, 2018. pp. 1.5-7 - 1.5.12
- [13] H. Scott Matthews, Chris T. Hendrickson, Christopher L. Weber "The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries", *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, vol. 42(16), pp.5839-5842, 2008.
- [14] Edi Nurtjahadi, "Pahami Jejak Karbon Anda dan Pentingnya Produk Berkelanjutan: Ramah Bagi Alam dan Sesama", *Jurnal Ekonomi Manajemen dan Akuntansi*, pp. 1-15, 2018.
- [15] Tunas Hijau, "Kalkulasi Jejak karbon, Kendalikan Perubahan Iklim", [Online], Available: <https://tunashijau.id/2019/08/kalkulasi-jejak-karbon-kendalikan-perubahan-iklim-5/>
- [16] Ipin Aripin, "Pembelajaran Pendidikan Lingkungan Hidup Berorientasi 3R(Reuse, Reduce And Recycle) Untuk Meningkatkan Kreativitas dan Sikap Peduli Lingkungan", *Jurnal Bio Education*, vol.2, no. 2, pp. 1-11, 2017
- [17] Yossa Istiadi, "Pendidikan Lingkungan Hidup Terlupakan Dalam Kurikulum", hlm 1-9.
- [18] Mohamad Amin Madani, "Muatan Lokal Pendidikan Lingkungan Hidup di Tebo", [Online], Available: <https://www.republika.co.id/berita/qzq0qc283/muatan-lokal-pendidikan-lingkungan-hidup-di-tebo-2>
- [19] Yoel Oscar, Erico Darmawan Handoyo, S.Kom., MT.2, "Aplikasi Android Misi Youth Berbasis Flutter", *Jurnal Strategi*, vol. 3, no. 2, pp. 411-420, 2021.
- [20] Siti Ernawati, Risa Wati, Ilham Maulana, "Penerapan Model Foundation Untuk Pengembangan Aplikasi Text Recognition dan Text to Speech Berbasis Android Menggunakan Flutter" in Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2021, Yogyakarta, 2021, pp. 178 - 186.
- [21] Surf, "An Overview of Flutter Architecture: How Does It Work?", [Online], Available: <https://surf.dev/flutter-architecture-guide/>
- [22] Firebase, "Firebase Documentation", [Online], Available: <https://firebase.google.com/docs>
- [23] Android Developers, "Meet Android Studio", [Online], Available: <https://developer.android.com/studio/intro>
- [24] Lidya Ananda Arsyanti, "Perancangan User Interface Website Fitur Halaman Karir Pada PT. Mahaghora Surabaya", PT. Mahaghora Surabaya: Surabaya, Indonesia, 2021.