Contents lists available at JESA

Journal of Engineering and Science Application

journal homepage: https://jesa.aks.or.id/index.php/jesa/index

Aplikasi Edukasi Pengelolaan Sampah Berbasis Web pada Bank Sampah Langit Biru

Arni Susanti Ndruru[a], Ade Putra Prima Suhendri[b]
Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310

Article Info

Keywords:

Bank Sampah
Aplikasi Edukasi
Aplikasi Web
Framework Laravel
Metode Waterfall

ABSTRACT

Pengelolaan sampah yang efektif memerlukan pengetahuan dan kesadaran masyarakat tentang pemilahan sampah, tetapi edukasi tatap muka di bank sampah belum menyediakan materi yang dapat dipelajari ulang dan belum mencatat perkembangan pemahaman anggota secara sistematis. Penelitian ini merancang dan membangun aplikasi edukasi pengelolaan sampah berbasis web pada Bank Sampah Langit Biru, Jakarta Utara, dan mengevaluasi efektivitasnya dengan model Kirkpatrick empat level. Aplikasi dikembangkan dengan metode Waterfall menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL, dengan fitur modul pembelajaran, kuis *pre-test* dan *post-test*, grafik hasil belajar, peringkat pengguna, penukaran poin, dan ekspor laporan. Pengujian *black box* menunjukkan keenam skenario uji valid. Evaluasi melibatkan 70 anggota yang dipilih secara *purposive*. Skor reaksi pengguna sebesar 4,30 dari 5,00, rata-rata nilai pengetahuan naik dari 60 menjadi 85 (*N-Gain* 0,625, kategori sedang; $p < 0,001$), dan skor perilaku sebesar 3,60 dari 5,00. Anggota aktif bertambah dari 50 menjadi 70, volume sampah dari 200 kg menjadi 320 kg, dan setoran dari dua menjadi empat kali per minggu. Aplikasi ini dapat diterima dan mendukung pembelajaran, meskipun desain satu lokasi dan waktu singkat membatasi generalisasi.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author:

Arni Susanti Ndruru
Fakultas Teknik Informatika
Universitas Pamulang
Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310
Email: arnisndruru@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah merupakan permasalahan lingkungan yang memerlukan penanganan sistematis dan berkelanjutan. Cakupannya tidak hanya pengumpulan dan pemrosesan sampah, tetapi juga regulasi dan partisipasi masyarakat. Kajian prospektif pada tempat pengolahan sampah 3R (reduce, reuse, recycle) di Kota Pangkalpinang menunjukkan bahwa regulasi dan partisipasi masyarakat merupakan faktor penentu keberlanjutan pengelolaan sampah [1]. Pendekatan berbasis masyarakat karena itu menjadi bagian penting kebijakan persampahan, dan salah satu pendekatan yang berulang kali dilaporkan efektif adalah bank sampah [2]. Bank sampah menerapkan prinsip menabung sampah terpilah: warga menyerahkan sampah yang telah dipilah di rumah dan memperoleh nilai ekonomi sebagai imbalannya [3]. Di Indonesia, bank sampah diatur oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2012 tentang reduce, reuse, dan recycle [4] serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2021 tentang pengelolaan sampah pada bank sampah [5]. Bank Sampah Langit Biru yang berlokasi di Sukapura, Cilincing, Jakarta Utara,

merupakan salah satu unit tersebut dan telah aktif menggerakkan warga untuk mengelola sampah secara mandiri. Bagi anggota, bank sampah memberikan tambahan penghasilan dari sampah yang semula dibuang, dan bagi kota mengurangi volume sampah yang berakhir di tempat pemrosesan akhir.

Efektivitas edukasi persampahan tidak bergantung pada penyampaian informasi semata; efektivitas juga ditentukan oleh sejauh mana anggota memahami dan terlibat dengan materi. Komunikasi lingkungan telah diusulkan sebagai cara membangun kepedulian masyarakat terhadap pengelolaan sampah rumah tangga [6], dan pendampingan edukasi telah digunakan sebagai tindak lanjut setelah bank sampah berdiri [7]. Di Bank Sampah Langit Biru, observasi dan wawancara menunjukkan bahwa edukasi masih mengandalkan penyampaian langsung. Cara ini menyediakan sedikit materi yang dapat dipelajari ulang secara mandiri dan tidak mencatat perkembangan pemahaman anggota. Media pembelajaran yang lebih terstruktur karena itu diperlukan agar materi dapat disampaikan, pemahaman dapat diuji, dan kemajuan dapat dipantau secara sistematis.

Aplikasi berbasis web telah banyak digunakan untuk mendukung bank sampah. Penelitian terdahulu membangun sistem informasi berbasis web untuk mencatat transaksi dan informasi tabungan [8]–[11], aplikasi penjemputan sampah daring [12], sistem untuk mengoptimalkan pengumpulan sampah dan penukaran poin [13], platform e-commerce untuk mendorong partisipasi masyarakat [14], serta aplikasi bank sampah berbasis situs web untuk kampus [15]. Sebuah program pengabdian melaporkan bahwa aplikasi bank sampah membantu administrasi dan layanan informasi anggota maupun pengelola [8], dan program lain menggabungkan edukasi bank sampah dengan sistem manajemen berbasis Internet of Things yang dievaluasi melalui kuesioner terhadap 38 responden [16]. Sebagian besar penelitian tersebut menekankan fungsi sistem dan transaksi, dan sebagian besar belum mengevaluasi efektivitas edukasi secara mendalam.

Membangun aplikasi edukasi tidak cukup jika efektivitasnya tidak dievaluasi. Pengujian teknis dan kepuasan pengguna semata tidak menunjukkan apakah pengetahuan atau perilaku berubah. Model Kirkpatrick mengevaluasi program pembelajaran pada empat level, yaitu reaksi, pembelajaran, perilaku, dan hasil [17], dan telah diterapkan pada program pembelajaran, pelatihan, serta pengembangan instrumen [18]–[21]. Model ini sesuai di sini karena menghubungkan respons langsung pengguna terhadap aplikasi, pengetahuan yang diperoleh, perilaku yang diadopsi, dan hasil operasional yang teramati di bank sampah.

Penelitian ini merancang dan membangun aplikasi edukasi pengelolaan sampah berbasis web di Bank Sampah Langit Biru serta mengevaluasinya pada empat level Kirkpatrick. Di antara penelitian yang ditinjau di atas, belum ada yang menggabungkan pengembangan aplikasi edukasi sampah dengan evaluasi empat level, dan inilah kontribusi baru penelitian ini. Kontribusinya adalah: (i) aplikasi yang menyediakan modul pembelajaran, kuis pra-tes dan pasca-tes, grafik hasil belajar, peringkat, penukaran poin, dan ekspor laporan; (ii) hasil pengujian fungsional; dan (iii) bukti reaksi pengguna, peningkatan pengetahuan, perilaku, dan hasil operasional yang teramati pada 70 anggota. Sisa artikel ini menguraikan landasan teori (Bagian 2), metode penelitian (Bagian 3), serta hasil dan pembahasan (Bagian 4), dan menyampaikan kesimpulan (Bagian 5).

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Pengelolaan sampah dan bank sampah

Pengelolaan sampah mencakup kegiatan yang diperlukan untuk menangani sampah dari sumbernya hingga pemrosesan akhir, yaitu pengurangan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir. Sampah yang tidak terkelola menumpuk di tempat pemrosesan akhir, menimbulkan risiko kesehatan, dan menghasilkan emisi, sehingga kebijakan di Indonesia bergeser dari pembuangan di ujung rantai menuju pengurangan di sumber melalui prinsip 3R [4]. Bank sampah menerapkan prinsip ini pada tingkat komunitas. Anggota memilah sampah di rumah, menyerahkannya ke bank, ditimbang dan dicatat, lalu menerima pembayaran atau tabungan [2], [3]. Nilai ekonomi pada sampah terpilah membedakan bank sampah dari titik pengumpulan, karena menghubungkan perilaku lingkungan dengan manfaat langsung.

Manfaat bank sampah yang dilaporkan mencakup berkurangnya volume sampah yang mencapai tempat pemrosesan akhir, tambahan penghasilan rumah tangga, dan partisipasi masyarakat yang lebih kuat [2], [6]. Batasannya juga terdokumentasi. Keberlanjutan bank sampah bergantung pada edukasi yang berkelanjutan dan partisipasi anggotanya, dan edukasi yang bergantung pada pertemuan berkala sulit dipertahankan [1], [7]. Ketika materi disampaikan secara tatap muka, materi tersebut tidak tersedia di antara pertemuan dan pengelola tidak dapat mengamati apakah materi telah dipahami [7]. Kondisi ini ditemukan di Bank Sampah Langit Biru dan mendorong pengembangan media pembelajaran digital.

Sampah umumnya diklasifikasikan sebagai organik, anorganik, dan berbahaya. Sampah organik berasal dari bahan biologis dan terurai; sampah anorganik mencakup plastik, kertas, kaca, dan logam yang memiliki nilai ekonomi setelah dipilah; sampah berbahaya memerlukan penanganan terpisah [4]. Bank sampah terutama menangani fraksi anorganik, dan nilai fraksi tersebut bergantung pada kualitas pemilahan di tingkat

rumah tangga [3]. Edukasi yang menjelaskan kategori dan nilainya karena itu merupakan prasyarat operasional bank, bukan tambahan.

2.2. Aplikasi edukasi berbasis web

Aplikasi berbasis web berjalan di peramban sehingga tidak memerlukan instalasi, dapat diakses dari komputer dan telepon pintar, serta dapat diperbarui secara terpusat. Sifat tersebut menjelaskan adopsi aplikasi web oleh bank sampah: sistem terdahulu mencatat setoran, menghitung poin, dan menyajikan informasi tabungan kepada anggota dan pengelola [8]–[13]. Penekanannya adalah pencatatan transaksi dan efisiensi administrasi, bukan pembelajaran.

Aplikasi edukasi menambahkan tujuan kedua: menyajikan materi yang dapat dipelajari anggota secara mandiri, menguji pemahaman, dan menyimpan catatan hasilnya [9], [15]. Unsur motivasi seperti poin, peringkat, dan penghargaan lazim ditambahkan untuk menjaga partisipasi [14], [16]. Aplikasi dalam penelitian ini menggabungkan fitur pembelajaran, yaitu modul, pra-tes dan pasca-tes, serta grafik skor, dengan fitur motivasi, yaitu poin, peringkat, dan penukaran poin untuk setoran.

Kerangka aplikasi web juga memengaruhi kemudahan pemeliharaannya. Laravel menyediakan autentikasi, migrasi basis data, dan templating, serta pola model–view–controller yang memisahkan data, antarmuka, dan logika kendali. Aplikasi karena itu terdiri atas modul yang dapat dipelihara secara terpisah, yang penting bagi organisasi komunitas yang perlu memperbarui materi dari waktu ke waktu.

Cara pembelajaran dinilai mengikuti rancangan yang sama. Tes objektif yang dikerjakan sebelum dan sesudah materi memberikan ukuran langsung peningkatan pengetahuan, sedangkan kuesioner mencatat persepsi kebermanfaatan dan kepuasan [18]. Tidak satu pun dari keduanya menunjukkan apakah aplikasi mengubah perilaku anggota di luar sistem, sehingga diperlukan kerangka evaluasi bertingkat.

2.3. Model evaluasi Kirkpatrick

Model Kirkpatrick mengevaluasi program pembelajaran pada empat level [17]. Level 1, reaksi, mencatat respons peserta: kepuasan, persepsi kebermanfaatan, dan kemudahan penggunaan. Level 2, pembelajaran, mengukur pengetahuan atau keterampilan yang diperoleh, umumnya melalui tes sebelum dan sesudah program. Level 3, perilaku, menelaah apakah peserta menerapkan apa yang telah dipelajari. Level 4, hasil, menelaah dampak bagi organisasi. Keempat level diasumsikan saling berkaitan: reaksi positif mendukung pembelajaran, pembelajaran mendukung perubahan perilaku, dan perubahan perilaku menghasilkan hasil.

Model ini telah diterapkan pada program pembelajaran, pelatihan, dan pengembangan instrumen [18]–[21], dan dapat dijalankan dengan instrumen yang disediakan aplikasi itu sendiri, yaitu kuesioner dan kuis. Model ini digunakan karena memisahkan pengetahuan dari praktik dan dari hasil organisasi, yang tidak dapat dilakukan pengujian fungsional aplikasi. Rantai pengaruh diperlakukan sebagai asumsi yang diuji, bukan mekanisme yang terbukti, sehingga rancangan dan keterbatasan penelitian dinyatakan secara eksplisit.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan penelitian dan partisipan

Penelitian ini menggunakan pendekatan mixed methods yang menggabungkan penelitian dan pengembangan (R&D) dengan penelitian evaluatif. Bagian R&D menghasilkan aplikasi, dan bagian evaluatif menilai efektivitasnya dengan model Kirkpatrick [17]. Bagian kuantitatif mengukur reaksi, peningkatan pengetahuan, dan perilaku melalui kuesioner Likert lima titik [22] serta skor pra-tes dan pasca-tes. Bagian kualitatif menggunakan observasi dan wawancara semiterstruktur dengan pengelola bank sampah untuk memahami kondisi lapangan dan kebutuhan pengguna.

Penelitian dilaksanakan di Bank Sampah Langit Biru (Jl. Taruna II, Sukapura, Cilincing, Jakarta Utara) selama kurang lebih lima bulan. Populasinya adalah 117 anggota aktif dan pengurus yang terdaftar antara Maret dan Juni 2026. Responden dipilih dengan purposive sampling. Kriteria inklusinya adalah anggota aktif atau pengurus bank sampah, telah menggunakan aplikasi minimal tiga kali, memiliki akses ke komputer atau telepon pintar, dan bersedia mengikuti pra-tes, pasca-tes, dan kuesioner evaluasi. Tujuh puluh responden memenuhi kriteria tersebut dan memberikan informed consent sebelum pengumpulan data.

Prosedur penelitian mengikuti lima tahap: identifikasi masalah dan pengumpulan data awal melalui observasi dan wawancara; studi literatur mengenai sistem bank sampah dan model evaluasi; perancangan sistem; implementasi dan pengujian fungsional; serta pra-tes, penggunaan aplikasi, pasca-tes, dan kuesioner evaluasi, yang dilanjutkan dengan analisis data dan penyusunan laporan. Tahapan tersebut diselesaikan dalam kurang lebih lima bulan, dari Maret hingga Juli 2026, dan setiap tahap menghasilkan dokumen yang dibutuhkan tahap berikutnya.

3.2. Pengembangan dan pengujian sistem

Aplikasi dikembangkan dengan metode Waterfall yang berjalan berurutan melalui analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan [23], [24]. Waterfall dipilih karena kebutuhan sistem sudah jelas sejak awal sehingga pengembangan dapat terstruktur dan terdokumentasi dengan baik. Kebutuhan diperoleh melalui observasi dan wawancara. Perancangan menggunakan diagram use case dan activity, flowchart, serta rancangan basis data relasional. Sistem mengikuti arsitektur model–view–controller pada framework Laravel (PHP 8.x) dengan basis data MySQL; HTML5, CSS3, JavaScript, dan Bootstrap 5 digunakan di sisi depan, Apache (XAMPP) sebagai server web, dan Git/GitHub untuk kontrol versi. Kebutuhan fungsionalnya mencakup login, akses dasbor, pembacaan materi pembelajaran, pengerjaan kuis, tampilan grafik hasil belajar, tampilan peringkat, ekspor laporan oleh administrator, dan penyimpanan data pengguna.

Perancangan menghasilkan diagram use case dengan dua aktor dan delapan kebutuhan fungsional, diagram activity untuk alur setoran dan kuis, flowchart konversi poin, serta skema relasional dengan sepuluh tabel. Skema tersebut memisahkan konten pembelajaran, yang tersimpan pada tabel materials, quizzes, questions, answers, dan scores, dari catatan operasional pada tabel activities dan withdraws, sehingga hasil belajar dan transaksi sampah dapat dianalisis bersama.

Pengujian fungsional menggunakan black box testing, yaitu pengujian masukan dan keluaran tanpa menelaah kode internal. Skenario dinyatakan lulus jika keluaran aktual sesuai dengan keluaran yang diharapkan. User acceptance testing (UAT) melibatkan pengelola dan beberapa anggota sebagai pengguna representatif.

3.3. Kerangka evaluasi dan instrumen

Efektivitas dievaluasi pada empat level model Kirkpatrick [17] seperti dirangkum pada Tabel 1. Butir kuesioner menggunakan skala Likert lima titik dari 1 (sangat tidak setuju) sampai 5 (sangat setuju) [22], dengan 15 butir per kuesioner. Level 1 mengukur kepuasan terhadap kemudahan penggunaan, antarmuka, fitur, dan akses materi pembelajaran. Level 2 menggunakan tes objektif pilihan ganda yang dikerjakan sebelum (pra-tes) dan sesudah (pasca-tes) mempelajari modul. Level 3 mengukur perubahan kebiasaan, kesadaran lingkungan, dan penerapan hasil belajar. Level 4 menggunakan data operasional bank sampah sebelum dan sesudah aplikasi digunakan.

Tabel 1. Kerangka evaluasi Kirkpatrick yang digunakan dalam penelitian

Level	Fokus	Instrumen	Analisis
1 – Reaksi	Kepuasan terhadap aplikasi	Kuesioner Likert lima titik (15 butir)	Rata-rata skor
2 – Pembelajaran	Peningkatan pengetahuan	Tes objektif pra-tes dan pasca-tes (20 butir)	Rata-rata, N-Gain, uji-t
3 – Perilaku	Perubahan kebiasaan pengelolaan sampah	Kuesioner Likert lima titik (15 butir)	Rata-rata skor
4 – Hasil	Dampak operasional pada bank sampah	Catatan operasional	Persentase perubahan

Setiap kuesioner memuat 15 butir yang mencakup indikator pada levelnya. Tes pada Level 2 memuat 20 butir pilihan ganda tentang jenis sampah, prinsip 3R, dan manfaat bank sampah, dan butir yang sama digunakan sebelum dan sesudah materi agar skornya dapat dibandingkan. Instrumen Level 4 mencatat tiga indikator operasional yang diambil dari catatan bank sampah, bukan dari laporan diri.

Instrumen disusun dalam bahasa Indonesia agar responden dapat menjawab tanpa penerjemahan, dan setiap butir dirumuskan sebagai pernyataan tentang pengalaman anggota sendiri, bukan tentang aplikasi secara umum. Sebelum disebarkan, butir-butir ditelaah oleh pengelola agar istilah yang digunakan sesuai dengan istilah di bank sampah dan tidak ada butir yang menanyakan informasi yang tidak diketahui anggota.

3.4. Pengujian instrumen

Validitas butir diuji dengan korelasi Pearson product-moment [25]. Dengan $n = 70$, $\alpha = 0{,}05$, dan $df = 68$, butir dinyatakan valid jika r hitung melebihi nilai tabel 0,235. Reliabilitas diuji dengan Cronbach's alpha [26], dan instrumen dinyatakan reliabel jika alpha melebihi 0,70. Instrumen diuji sebelum evaluasi dan diterima untuk pengumpulan data.

3.5. Analisis data

Data diolah dengan Microsoft Excel dan SPSS. Skor kuesioner dirangkum dengan rata-rata pada (1), dengan $\bar{X}$ adalah rata-rata skor, ΣX jumlah skor, dan N jumlah responden. Rata-rata dikategorikan sangat baik (4,21–5,00), baik (3,41–4,20), cukup (2,61–3,40), kurang (1,81–2,60), atau sangat kurang (1,00–1,80).

$$\bar{X} = \Sigma X / N \quad (1)$$

Peningkatan pengetahuan dianalisis dengan normalized gain (N-Gain) pada (2) [27], dengan S_post dan S_pre adalah skor pasca-tes dan pra-tes serta S_max adalah skor maksimal. Nilai di atas 0,70 tergolong tinggi, 0,30–0,70 sedang, dan di bawah 0,30 rendah.

$$\text{N-Gain} = (S_post - S_pre) / (S_max - S_pre) \quad (2)$$

Uji-t sampel berpasangan digunakan untuk menguji perbedaan skor pra-tes dan pasca-tes (H0: tidak ada perbedaan; H1: ada perbedaan). Pada (3), $\bar{d}$ adalah rata-rata selisih, s_d simpangan baku selisih, dan n jumlah pasangan. H0 ditolak jika signifikansi dua sisi kurang dari 0,05.

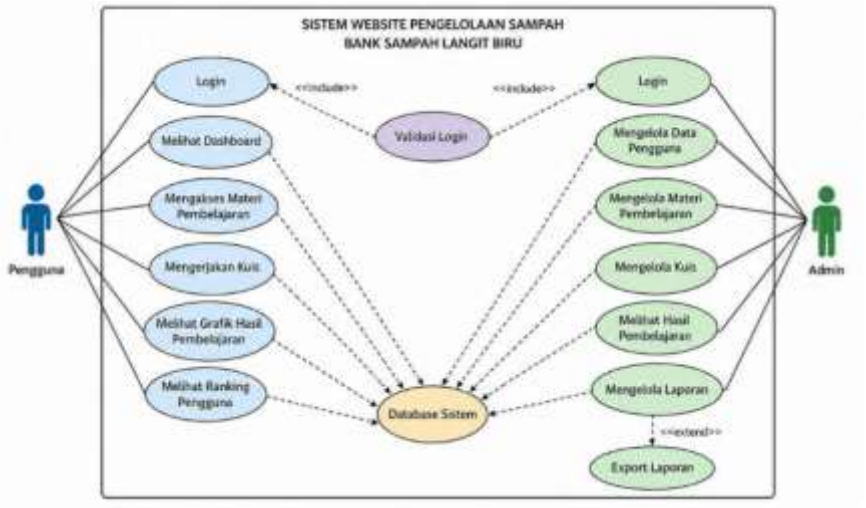
$$t = \bar{d} / (s_d / \sqrt{n}) \quad (3)$$

Level 4 dianalisis secara deskriptif sebagai persentase perubahan antara kondisi sebelum dan sesudah aplikasi. Aplikasi dinyatakan efektif jika keempat level menunjukkan hasil positif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi sistem dan pengujian fungsional

Aplikasi dibangun dengan PHP pada framework Laravel dan basis data MySQL menggunakan arsitektur model–view–controller. Sistem melayani dua aktor, yaitu anggota dan administrator (Gambar 1). Anggota masuk, membuka dasbor, membaca materi pembelajaran, mengerjakan kuis, serta melihat grafik hasil belajar dan peringkat. Administrator mengelola data pengguna, materi, kuis, dan laporan, serta mengekspor data.



Gambar 1. Diagram use case aplikasi edukasi bank sampah

Basis data relasional terdiri atas tabel users, roles, materials, quizzes, questions, answers, scores, activities, surveys, dan withdraws yang menghubungkan pembelajaran, penilaian pengetahuan, penukaran poin, dan pemantauan aktivitas. Modul pembelajaran memuat pengertian sampah, jenis sampah (organik, anorganik, dan berbahaya), pengelolaan sampah dengan prinsip 3R, dan manfaat bank sampah. Anggota harus menyelesaikan pra-tes sebelum materi terbuka dan mengerjakan pasca-tes setelah belajar. Sistem menilai jawaban secara otomatis, menyimpan hasilnya, dan menampilkan perbandingan skor beserta umpan balik.

Anggota juga mencatat setoran sampah dengan memilih jenis sampah dan mengisi berat, yang langsung dikonversi sistem menjadi poin. Poin dapat ditukar melalui pengajuan penarikan yang tersimpan dengan status “pending”. Administrator dapat mengekspor laporan dalam format PDF melalui DomPDF. Gambar 2 menunjukkan dasbor anggota.



Gambar 2. Dasbor anggota dengan formulir input sampah, poin, saldo, dan menu kuis evaluasi

Halaman publik memperkenalkan platform kepada pengguna baru. Halaman muka menyajikan tujuan aplikasi dan aksi utama, sedangkan halaman registrasi dan login mengumpulkan serta memverifikasi data yang diperlukan untuk membuka akun (Gambar 3).



Gambar 3. Halaman muka aplikasi edukasi bank sampah

Halaman administrator mengikuti tata letak yang sama, dengan bilah samping yang memberi akses ke dasbor, pengguna, sampah, kuis, penarikan, dan laporan. Dasbor menampilkan empat kartu ringkasan, yaitu poin yang beredar, jumlah pengguna, sampah terkumpul, dan penarikan, beserta tabel aktivitas terbaru. Halaman pengguna mendaftar akun dengan aksi edit dan hapus; halaman sampah mencatat setoran dengan jenis sampah, berat, dan poin; halaman kuis menampilkan skor pra-tes dan pasca-tes; dan halaman laporan mengagregasi data serta mengekspornya sebagai PDF.

Tampilan antarmuka konsisten: bilah samping untuk navigasi, kartu ringkasan di bagian atas halaman, dan tabel untuk catatan. Konsistensi ini mengurangi usaha berpindah halaman, yang penting bagi anggota yang menggunakan aplikasi hanya sesekali. Tampilan bersifat responsif sehingga halaman yang sama tersedia pada telepon pintar yang digunakan sebagian besar anggota.

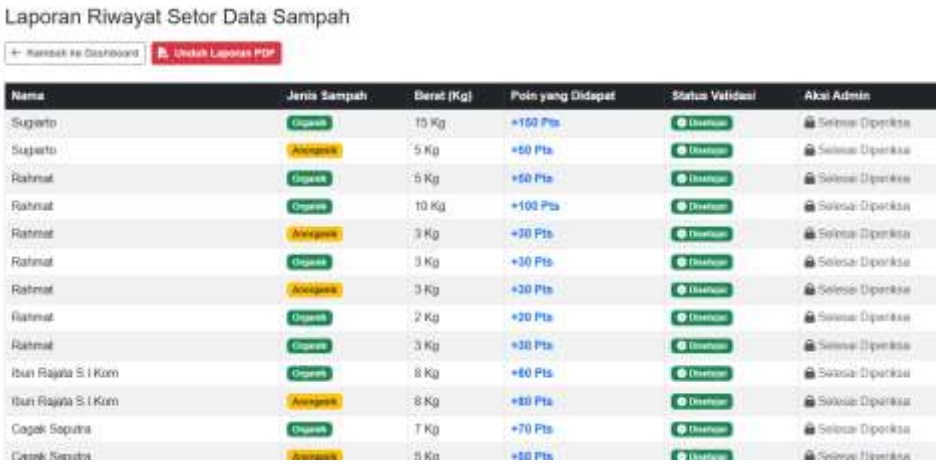
Gambar 4 menunjukkan dasbor administrator yang merangkum jumlah pengguna, sampah terkumpul, dan poin yang beredar serta menampilkan grafik hasil pada empat level evaluasi.



Gambar 4. Dasbor administrator dengan kartu ringkasan dan grafik evaluasi

Alur pembelajaran diberlakukan oleh sistem: anggota tidak dapat membuka materi sebelum menyelesaikan pra-tes, dan pasca-tes baru tersedia setelah materi dibaca. Skor disimpan beserta tanggal dan waktunya sehingga pengelola dapat mengikuti kemajuan setiap anggota dari halaman kuis dan halaman peringkat. Halaman penarikan memungkinkan administrator mencatat penukaran poin dan menyimpannya dengan status "pending" hingga diproses, sehingga bank sampah memiliki catatan transaksi tersebut.

Catatan dapat disaring dan diekspor: Gambar 5 menunjukkan riwayat setoran beserta jenis sampah, berat, poin, dan status validasi setiap entri, dan halaman yang sama menyediakan ekspor PDF untuk pelaporan bulanan.



Gambar 5. Halaman riwayat setoran dengan aksi ekspor PDF

Kuesioner evaluasi disampaikan melalui antarmuka yang sama (Gambar 6). Anggota menjawab 15 butir instrumen pada skala lima titik, dan jawabannya disimpan bersama akun sehingga anggota yang sama dapat diikuti pada seluruh level evaluasi.



Gambar 6. Halaman kuesioner evaluasi yang disediakan aplikasi

Pengujian fungsional mencakup enam skenario (Tabel 2). Seluruhnya menghasilkan keluaran yang diharapkan dan dinyatakan valid. Pada skenario H-A02 sistem menolak isian berat yang kosong, dan pada H-A03 data tersimpan serta poin terhitung, tetapi pada keduanya peringatan yang diharapkan tidak muncul. Hal ini merupakan catatan perbaikan antarmuka untuk pengembangan berikutnya, bukan kegagalan fungsi. UAT dengan pengelola dan anggota menunjukkan bahwa sistem dapat diterima dan digunakan dalam operasi harian.

Tabel 2. Hasil pengujian black box

ID	Skenario	Hasil yang diharapkan	Hasil aktual	Status
H-A01	Masuk dengan email dan kata sandi valid	Dasbor ditampilkan	Dasbor anggota ditampilkan	Valid
H-A02	Mengirim kolom berat kosong	Data ditolak dan peringatan tampil	Data ditolak; peringatan tidak tampil	Valid
H-A03	Menyetor 2,5 kg sampah anorganik	Data tersimpan dan poin dikonversi seketika	Data tersimpan; peringatan sukses tidak tampil	Valid
H-A04	Menukar 150 poin	Poin dipotong dan status pending tercatat	Poin dipotong; status pending tercatat	Valid
H-A05	Menyelesaikan kuis	Jawaban dinilai dan disimpan otomatis	Skor dihitung dan disimpan; dialihkan ke dasbor	Valid
H-A06	Mengekspor laporan	Berkas PDF terunduh	Berkas PDF terunduh dengan struktur yang sesuai	Valid

4.2. Level 1: Reaksi

Kuesioner reaksi diisi oleh 70 responden. Rata-rata skor sebesar 4,30 dari 5,00 yang tergolong sangat baik (Tabel 3). Antarmuka dan navigasi memperoleh 4,30, kualitas konten 4,20, dan kepuasan keseluruhan 4,40. Anggota menilai aplikasi mudah digunakan dan materi mudah diakses. Ketiga aspek berada pada rentang sempit 4,20 sampai 4,40 yang menunjukkan tidak ada komponen pengalaman yang dinilai lemah; kualitas konten tetap memperoleh skor terendah sehingga menjadi kandidat pertama untuk perbaikan.

Tabel 3. Skor reaksi pada Level 1

Aspek	Rata-rata skor	Kategori
Antarmuka dan navigasi	4,30	Sangat baik
Kualitas konten	4,20	Baik
Kepuasan keseluruhan	4,40	Sangat baik
Rata-rata keseluruhan	4,30	Sangat baik

4.3. Level 2: Pembelajaran

Rata-rata skor naik dari 60 pada pra-tes menjadi 85 pada pasca-tes. N-Gain dari (2) adalah $(85 - 60)/(100 - 60) = 0{,}625$, yaitu peningkatan kategori sedang. Uji-t sampel berpasangan menghasilkan $p < 0{,}001$ sehingga H0 ditolak dan peningkatan pengetahuan signifikan secara statistik (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil pra-tes dan pasca-tes pada Level 2

Ukuran	Nilai	Kategori
Rata-rata pra-tes	60	—
Rata-rata pasca-tes	85	—
N-Gain	0,625	Sedang
Uji-t berpasangan (p)	< 0,001	Signifikan

4.4. Level 3: Perilaku

Rata-rata skor perilaku sebesar 3,60 yang tergolong baik (Tabel 5). Pemilahan sampah memperoleh 3,6, keterlibatan aktif dalam penimbangan mandiri 3,7, dan berbagi pengetahuan kepada masyarakat sekitar 3,5. Anggota telah mulai menerapkan hasil belajarnya, paling jelas pada partisipasi, sedangkan berbagi pengetahuan kepada orang lain menjadi aspek terlemah. Urutan indikator mengikuti mekanisme penghargaan aplikasi: partisipasi dalam penimbangan yang memperoleh poin dinilai tertinggi, sedangkan berbagi pengetahuan yang tidak diberi penghargaan dinilai terendah.

Tabel 5. Skor perilaku pada Level 3

Aspek	Rata-rata skor	Kategori
Pemilahan sampah organik dan anorganik	3,6	Positif
Keterlibatan aktif dalam penimbangan mandiri	3,7	Positif
Berbagi pengetahuan kepada masyarakat sekitar	3,5	Positif
Rata-rata keseluruhan	3,60	Positif

4.5. Level 4: Hasil

Ketiga indikator operasional meningkat setelah aplikasi digunakan (Tabel 6): anggota aktif dari 50 menjadi 70, volume sampah terkumpul dari 200 kg menjadi 320 kg, dan setoran dari dua menjadi empat kali per minggu. Ini adalah perbandingan deskriptif sebelum dan sesudah tanpa kelompok kontrol, sehingga peningkatan tersebut tidak dapat dikaitkan hanya pada aplikasi. Kegiatan lain di bank sampah pada periode yang sama mungkin ikut berkontribusi.

Tabel 6. Indikator operasional pada Level 4

Indikator	Sebelum	Sesudah	Perubahan	Persentase
Anggota aktif (orang)	50	70	+20	+40%
Sampah terkumpul (kg)	200	320	+120	+60%
Frekuensi setoran (per minggu)	2	4	+2	+100%

4.6. Pembahasan

Secara keseluruhan hasilnya positif pada keempat level sehingga aplikasi memenuhi kriteria efektivitas yang ditetapkan. Skor reaksi 4,30 menunjukkan anggota menerima aplikasi, dan kemudahan navigasi serta kejelasan materi merupakan aspek tertinggi. Hal ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa perangkat berbasis web untuk bank sampah diterima ketika antarmukanya sederhana [8]. Berbeda dengan sistem informasi yang menekankan pencatatan transaksi [9]–[11], pengumpulan sampah dan penukaran poin [12], [13], atau dorongan partisipasi melalui e-commerce [14], penelitian ini juga mengukur apakah anggota belajar dan mengubah perilakunya. Pada level reaksi, kualitas konten memperoleh skor lebih rendah (4,20) daripada kepuasan keseluruhan (4,40), yang menunjukkan bahwa penyajian materi, bukan aplikasinya, merupakan bagian yang paling perlu diperhatikan.

Tabel 7 membandingkan penelitian ini dengan penelitian terkait pada Bagian 1. Sebagian besar aplikasi terdahulu menekankan fungsi sistem [9]–[13] atau dorongan partisipasi [14], dan satu penelitian yang juga memuat edukasi mengevaluasinya melalui kuesioner [16]. Penelitian ini menambahkan evaluasi empat level sehingga tidak hanya melaporkan apakah aplikasi berfungsi, tetapi juga apakah anggota belajar dan mengubah perilakunya.

Tabel 7. Perbandingan dengan penelitian terkait

Studi	Fokus aplikasi	Evaluasi yang ditekankan
Atin dkk. [9]	Sistem informasi bank sampah	Fungsi sistem
Yunita dkk. [10]	Sistem informasi bank sampah (purwarupa)	Fungsi sistem
Budiarto dan Dedi [12]	Penjemputan sampah daring	Fungsi sistem
Prakoso dan Prapanca [13]	Pengumpulan dan penukaran sampah	Fungsi sistem
Erwin dkk. [14]	E-commerce untuk partisipasi masyarakat	Partisipasi
Afriansyah dkk. [16]	Manajemen IoT dan edukasi bank sampah	Kuesioner pengguna
Penelitian ini	Edukasi dan operasional bank sampah	Model Kirkpatrick empat level

Dua pengamatan lanjutan muncul dari perbandingan antarlevel. Pertama, hasil reaksi dan pembelajaran diperoleh dengan instrumen yang disediakan aplikasi itu sendiri sehingga dapat diulang dengan biaya rendah oleh bank sampah, yang menjadikan evaluasi kegiatan rutin, bukan studi sekali jalan. Kedua, level perilaku dan hasil bergantung pada catatan yang tidak sepenuhnya dikendalikan aplikasi, seperti penimbangan sampah dan kehadiran kegiatan, sehingga pengukurannya rentan kesalahan; evaluasi berikutnya dapat mengurangi kesalahan ini dengan menghubungkan timbangan yang dipakai dengan aplikasi.

Hasil juga menunjukkan urutan prioritas pengembangan. Prioritas pertama adalah isi materi pembelajaran yang memperoleh skor reaksi terendah; prioritas kedua adalah peralihan dari pengetahuan ke perilaku yang merupakan mata rantai terlemah; dan prioritas ketiga adalah dimensi sosial pembelajaran yang belum didukung aplikasi. Perbaikan dua hal pertama akan menaikkan level pembelajaran dan perilaku, sedangkan hal ketiga memerlukan fitur baru, bukan peningkatan fitur yang ada.

Peningkatan pada Level 4 searah dengan hasil pada level sebelumnya, yaitu rantai pengaruh yang diasumsikan model Kirkpatrick [17], tetapi rancangan penelitian tidak dapat membuktikan bahwa aplikasi penyebabnya. Beberapa implikasi praktis mengikuti hasil penelitian. Bank sampah dapat memanfaatkan catatan hasil belajar untuk mengidentifikasi anggota yang memerlukan pendampingan dan merencanakan sesi lanjutan. Pengembang perlu melengkapi fitur pembelajaran yang dinilai tinggi dengan fitur yang menjaga penggunaan berkelanjutan, seperti pengingat, diskusi, dan video pembelajaran singkat. Evaluator dapat menggunakan kembali instrumen yang mengikuti empat level model ini untuk membandingkan aplikasi dengan edukasi konvensional pada penelitian lanjutan. Penelitian ini juga menjawab kesenjangan yang teridentifikasi pada literatur, di mana sebagian besar aplikasi bank sampah hanya dinilai fungsinya [9]–[13].

Peningkatan pengetahuan tergolong sedang, bukan tinggi, yang menandakan materi pembelajaran masih dapat diperbaiki, misalnya dengan menambahkan video dan fitur diskusi agar anggota belajar lebih aktif. Hal ini searah dengan pandangan bahwa hasil belajar bergantung pada cara materi disampaikan dan dilatih, bukan hanya pada ketersediaannya [17]. Skor perilaku 3,60 lebih rendah daripada skor reaksi. Penjelasan yang masuk akal adalah bahwa mengubah kebiasaan sehari-hari memerlukan waktu lebih lama daripada merespons alat baru, dan perilaku diamati dalam periode singkat; penjelasan ini tidak diuji dalam penelitian ini. Aspek terlemah pada level ini adalah berbagi pengetahuan kepada masyarakat sekitar (3,5), yang menunjukkan bahwa aplikasi lebih mendukung praktik individual daripada interaksi sosial; fitur diskusi dapat mengatasi hal ini.

4.7. Ringkasan evaluasi

Tabel 8 merangkum hasil pada setiap level beserta kriteria penilaiannya. Keempat level positif sehingga aplikasi memenuhi kriteria efektivitas yang ditetapkan pada Bagian 3.5, meskipun kekuatan buktinya berbeda: level 1 dan 2 bersandar pada skor terukur dan uji signifikansi, level 3 pada laporan diri perilaku, dan level 4 pada data operasional deskriptif.

Tabel 8. Ringkasan evaluasi pada empat level Kirkpatrick

Level	Ukuran	Hasil	Interpretasi
1 – Reaksi	Rata-rata skor kepuasan	4,30 / 5,00	Sangat baik
2 – Pembelajaran	Rata-rata skor, N-Gain, uji-t	60 → 85; 0,625; $p < 0,001$	Sedang dan signifikan
3 – Perilaku	Rata-rata skor perilaku	3,60 / 5,00	Positif
4 – Hasil	Perubahan indikator operasional	+40%, +60%, +100%	Positif

4.8. Keterbatasan

Empat keterbatasan perlu dicatat. Pertama, 70 responden berasal dari satu bank sampah sehingga generalisasi terbatas. Kedua, perilaku dan hasil operasional diamati dalam periode singkat sehingga kebiasaan

jangka panjang belum diketahui. Ketiga, Level 4 bersifat deskriptif dan hanya mencakup volume sampah, anggota aktif, serta frekuensi setoran, belum nilai ekonomi sirkular. Keempat, rancangan pra-tes dan pasca-tes satu kelompok tanpa kelompok kontrol tidak dapat menyingkirkan pengaruh lain.

5. KESIMPULAN

Aplikasi edukasi pengelolaan sampah berbasis web telah dirancang dan dibangun untuk Bank Sampah Langit Biru dengan framework Laravel dan basis data MySQL. Aplikasi menyediakan autentikasi, dasbor, modul pembelajaran, kuis pra-tes dan pasca-tes, grafik hasil belajar, peringkat, penukaran poin, dan ekspor laporan PDF, dan keenam skenario black box dinyatakan valid. Evaluasi empat level terhadap 70 anggota memberikan hasil positif: reaksi 4,30 dari 5,00; pengetahuan naik dari 60 menjadi 85 (N-Gain 0,625, sedang; $p < 0{,}001$); perilaku 3,60 dari 5,00; serta kenaikan anggota aktif (50 menjadi 70), sampah terkumpul (200 kg menjadi 320 kg), dan frekuensi setoran (dua menjadi empat kali per minggu). Hasil ini memenuhi tujuan yang dinyatakan pada Bagian 1. Bagi bank sampah, nilai aplikasi terletak bukan pada penggantian edukasi tatap muka, melainkan pada tersedianya materi di antara pertemuan dan pada catatan hasil belajar anggota; evaluasi empat level juga menyediakan prosedur yang dapat diulang bank sampah lain dengan instrumen yang sama. Penelitian selanjutnya perlu melibatkan lebih banyak responden dari beberapa bank sampah, periode pengamatan yang lebih panjang, dan kelompok kontrol yang belajar dengan metode konvensional. Aplikasi juga dapat dikembangkan dengan notifikasi pengingat, diskusi antaranggota, dan video pembelajaran. Evaluasi juga menunjukkan bahwa keempat level tidak didukung secara setara oleh aplikasi: reaksi dan pembelajaran dapat diukur berkelanjutan dengan instrumen yang terpasang di dalamnya, sedangkan perilaku dan hasil bergantung pada catatan di luar aplikasi. Versi berikutnya sebaiknya memuat catatan operasional yang dibutuhkan evaluasi, di samping fitur pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. Nopriani, A. Fauzi, and N. Nuva, "Analisis prospektif untuk keberlanjutan pengelolaan TPS 3R di Kota Pangkalpinang," *J. Pendidikan Tambusai*, vol. 6, no. 3, 2022, doi: 10.31004/jptam.v6i3.4504.

[2] A. C. Firmantyo, S. N. Khofifah, M. F. Millenio, and V. N. Sulistyawan, "Bank sampah: Strategi alternatif pengelolaan sampah dan penambah penghasilan desa di masa pandemi," *J. Puruhita*, vol. 5, no. 1, p. 13, 2023, doi: 10.15294/puruhita.v5i1.50877.

[3] A. R. Dwicahyani, A. D. Radityaningrum, E. Novianarenti, and E. Ningsih, "Peningkatan pengelolaan bank sampah melalui program pengabdian kepada masyarakat di Bank Sampah Wilayah Simojawar," *ADIPATI: J. Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, p. 22, 2022, doi: 10.31284/j.adipati.2022.v1i1.2555.

[4] Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2012 tentang Pedoman Pelaksanaan Reduce, Reuse, dan Recycle Melalui Bank Sampah," Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 804, 2012.

[5] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah pada Bank Sampah," Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 752, 2021.

[6] E. Cerya and S. Evanita, "Strategi komunikasi lingkungan dalam membangun kepedulian masyarakat dalam pengelolaan sampah rumah tangga," *JRTI (J. Riset Tindakan Indonesia)*, vol. 6, no. 2, p. 136, 2021, doi: 10.29210/3003977000.

[7] A. Kumar et al., "Pendampingan edukasi pengelolaan sampah sebagai tindak lanjut pendirian bank sampah," *JURPIKAT (J. Pengabdian Kepada Masyarakat)*, vol. 6, no. 1, pp. 207–217, 2025, doi: 10.37339/jurpikat.v6i1.2061.

[8] D. A. N. Wulandari, S. Sunarti, and R. Marginingsih, "Pemanfaatan aplikasi bank sampah untuk pemberdayaan masyarakat pada Bank Sampah Komunitas Cinta Lingkungan," *J. Abdimas BSI: J. Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 6, no. 2, pp. 329–340, 2023, doi: 10.31294/jabdimas.v6i2.16770.

[9] S. Atin, S. Mutia, A. Widayanti, H. S. Yatawa, A. A. Rafdhi, and I. Afrianto, "Perancangan sistem informasi bank sampah berbasis website," *IJIS – Indonesian J. Inf. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 59–70, 2022, doi: 10.36549/ijis.v7i1.194.

[10] Y. Yunita, M. Adrianshyah, and H. Amalia, "Sistem informasi bank sampah dengan model prototype," *INTI Nusa Mandiri*, vol. 16, no. 1, pp. 15–24, 2021, doi: 10.33480/inti.v16i1.2269.

[11] I. G. A. A. E. Mayra, I. N. Y. A. Wijaya, A. A. G. A. M. Putra, and N. P. N. Kusuma, "Rancang bangun sistem informasi bank sampah pada Yayasan Mulung Parahita Padma Negara berbasis website dengan metode prototype," *INFOTECH J.*, vol. 11, no. 2, pp. 148–157, 2025, doi: 10.31949/infotech.v11i2.14874.

[12] S. P. Budiarto and M. Dedi, "Desain dan perancangan aplikasi jemput sampah online Desa Rejosari menggunakan agile development," *JATISI (J. Tek. Inform. Sist. Inf.)*, vol. 7, no. 3, p. 531, 2020, doi: 10.35957/jatisi.v7i3.529.

[13] D. Y. Prakoso and A. Prapanca, "Rancang bangun aplikasi web bank sampah untuk optimalisasi pengumpulan dan penukaran sampah," *J. Informatics Comput. Sci. (JINACS)*, 2026, [Online]. Available: https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jinacs/article/view/81206

[14] E. Erwin, N. M. Muin, M. Marni, and A. B. G. Salsabilah, "Rancang bangun e-commerce berbasis web untuk mendorong partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah berkelanjutan," *Simtek: J. Sist. Inf. Tek. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 498–506, 2025, doi: 10.51876/simtek.v10i2.1690.

[15] M. Marzuki, M. S. Hasibuan, D. T. W., R. Rizal, and W. R. Lestari, "Perancangan aplikasi bank sampah berbasis website untuk kampus bebas sampah," *J. Digit. Literacy Volunteering*, vol. 2, no. 1, pp. 23–30, 2024.

[16] R. Afriansyah et al., "Pemberdayaan masyarakat desa bank sampah Karya Mandiri melalui edukasi bank sampah dan penerapan sistem manajemen berbasis IoT," *Indonesian J. Society Engagement*, vol. 6, no. 2, pp. 104–120, 2025.

[17] D. L. Kirkpatrick and J. D. Kirkpatrick, *Evaluating Training Programs: The Four Levels*, 3rd ed. San Francisco, CA, USA: Berrett-Koehler, 2006.

[18] R. A. Hapsari and I. Shofwan, "Evaluasi model Kirkpatrick dalam pembelajaran kesetaraan Paket B di SKB Banjarnegara," *J. Obsesi: J. Pendidikan Anak Usia Dini*, vol. 7, no. 6, pp. 6666–6676, 2023, doi: 10.31004/obsesi.v7i6.5476.

[19] S. Akbar, T. S. Darungan, and D. S. Rahma, "Instrument development for study programs excellence evaluation based on Kirkpatrick evaluation model," *J. Pendidikan Kedokteran Indonesia: Indonesian J. Med. Educ.*, vol. 13, no. 2, pp. 106–122, 2024, doi: 10.22146/jpki.91960.
[20] Z. Matondang, H. Sitompul, and K. Wijaya, "Implementation of evaluation of Kirkpatrick model in statistics course based on case method at the Department of Building Engineering," *J. Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 9, no. 5, p. 2677, 2023, doi: 10.29303/jppipa.v9i5.3371.
[21] S. W. Prijowuntato and B. Widharyanto, "Training evaluation of elementary school teachers of 3T regions of Mahakam Ulu Regency by using Kirkpatrick," *Int. J. Indonesian Educ. Teaching (IJIET)*, vol. 5, no. 2, p. 185, 2021, doi: 10.24071/ijiet.v5i2.3540.
[22] R. Likert, "A technique for the measurement of attitudes," *Arch. Psychol.*, vol. 22, no. 140, pp. 1–55, 1932.
[23] W. W. Royce, "Managing the development of large software systems," in *Proc. IEEE WESCON*, Aug. 1970, pp. 328–338.
[24] Y. E. Rachmad et al., *Rekayasa Perangkat Lunak*. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
[25] K. Pearson, "Note on regression and inheritance in the case of two parents," *Proc. R. Soc. London*, vol. 58, pp. 240–242, 1895.
[26] L. J. Cronbach, "Coefficient alpha and the internal structure of tests," *Psychometrika*, vol. 16, no. 3, pp. 297–334, Sep. 1951, doi: 10.1007/BF02310555.
[27] R. R. Hake, "Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses," *Am. J. Phys.*, vol. 66, no. 1, pp. 64–74, Jan. 1998, doi: 10.1119/1.18809.