

Pengembangan Aplikasi *Mobile Bank Sampah* Berbasis IoT dengan Integrasi *Object Detection* untuk Pemantauan dan Transaksi Sampah

1st Andi Muh Naufal Dzaky

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

naufaldzakyx@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sofia Naning Hertiana

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

sofiananing@telkomuniversity.ac.id

3rd Sussi

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

sussiss@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Aplikasi mobile bank sampah berbasis IoT dirancang untuk mempermudah masyarakat dan pengelola bank sampah dalam melakukan transaksi dan pemantauan sampah secara real-time. Sistem ini memanfaatkan *object detection* berbasis YOLOv11 untuk mengklasifikasikan sampah organik dan anorganik [2], serta integrasi dengan perangkat IoT berupa tempat sampah pintar berbasis ESP32 [5]. Aplikasi dikembangkan menggunakan *Flutter* [3] dan diintegrasikan dengan *Firestore* [4] sebagai *backend* untuk autentikasi, penyimpanan data, dan notifikasi. Fitur utama meliputi pemindaian sampah, dompet digital, riwayat transaksi, notifikasi kapasitas penuh, serta informasi pembusukan sampah. Pengujian Quality of Service (QoS) menunjukkan delay sebesar 22,189 ms (kategori sangat baik) dan jitter sebesar 0,424 ms (kategori baik) berdasarkan standar TIPHON [5]. Survei pengguna menunjukkan 88% responden puas terhadap kemudahan penggunaan aplikasi. Integrasi mobile app dengan IoT terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dan mendorong partisipasi masyarakat.

Kata kunci — *WasteApp*, *Bank Sampah*, *Mobile App*, *IoT*, *Object Detection*, *Flutter*

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah di Indonesia menghadapi tantangan besar akibat meningkatnya volume sampah yang tidak tertangani secara efektif. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) KLHK tahun 2022 mencatat 7,2 juta ton sampah belum dikelola dengan baik [1]. Sistem bank sampah konvensional masih mengandalkan proses manual yang rawan kesalahan dan membutuhkan waktu lama. Kemajuan teknologi *Internet of Things* (IoT) [5] serta *machine learning* memungkinkan hadirnya solusi terintegrasi yang menggabungkan deteksi otomatis jenis sampah dengan pemantauan kapasitas secara real-time.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan aplikasi mobile bank sampah yang terhubung dengan perangkat IoT tempat sampah pintar. Aplikasi ini tidak hanya menjadi sarana transaksi sampah, namun juga platform pemantauan kondisi tempat sampah secara langsung. Diharapkan inovasi ini dapat membantu pengelolaan sampah menjadi lebih modern, cepat, dan efisien.

II. KAJIAN TEORI

A. Mobile Application

Aplikasi mobile adalah perangkat lunak yang berjalan pada platform seluler, seperti Android, dengan antarmuka yang dirancang agar mudah digunakan pengguna. Pengembangan aplikasi ini menggunakan *Flutter*, kerangka kerja yang mendukung pembuatan aplikasi lintas platform dengan performa tinggi [3].

B. Internet of Things (IoT)

IoT memungkinkan perangkat fisik terhubung melalui internet untuk mengirim dan menerima data [5]. Dalam penelitian ini, IoT digunakan untuk menghubungkan tempat sampah pintar dengan aplikasi mobile sehingga data kapasitas dan pembusukan sampah dapat dipantau secara langsung.

C. Object Detection dengan YOLOv11

YOLOv11 adalah model *object detection* yang mampu mengidentifikasi objek secara cepat dan akurat untuk mengidentifikasi objek dalam gambar [2]. Model ini digunakan untuk mendeteksi jenis sampah yang difoto atau dipindai oleh pengguna sebelum dibuang.

D. Firebase

Firebase digunakan sebagai *backend* dan *database* aplikasi. Layanan ini menyediakan autentikasi pengguna, penyimpanan data transaksi, dan pengiriman notifikasi [4].

III. METODE

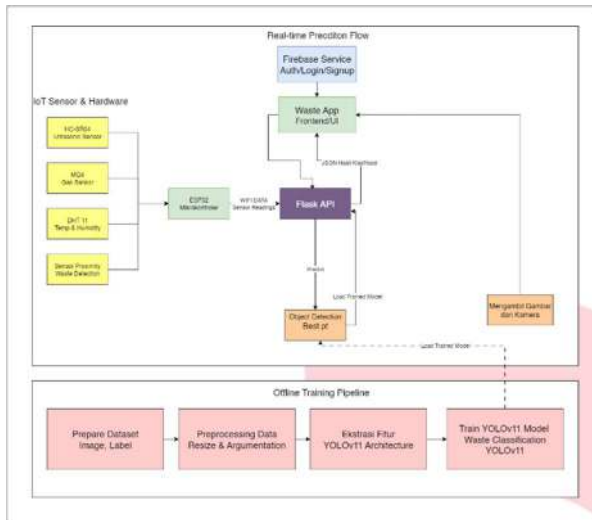
Metode yang digunakan dalam pengembangan aplikasi dilakukan dengan arsitektur *frontend* berbasis *Flutter* dan *backend* berbasis *Node.js* + *Express.js*. Model YOLOv11 dilatih menggunakan dataset 10 kelas sampah, termasuk kulit buah, sayuran busuk, botol plastik, dan kemasan kaleng.

A. Perancangan Sistem

Aplikasi dikembangkan dengan *Flutter* di sisi *frontend* dan *Firebase* sebagai *backend* [3][4]. Sistem mendukung registrasi pengguna, pemindaian sampah, dompet digital, dan

pengelolaan data dan autentikasi, serta perangkat IoT yang bertugas mengumpulkan informasi kondisi tempat sampah secara real-time. Dengan implementasi yang tepat, pengguna tidak hanya dapat melakukan transaksi penjualan dan penukaran sampah secara cepat dan efisien, tetapi juga dapat memantau kapasitas, status pembusukan, dan jenis sampah secara langsung melalui perangkat seluler mereka. Pendekatan ini diharapkan mampu menghadirkan sistem pengelolaan sampah yang modern, transparan, dan mudah diakses, sehingga mendorong partisipasi masyarakat dalam kegiatan daur ulang dan pengurangan volume sampah di lingkungan sekitar..

B. Arsitektur Sistem



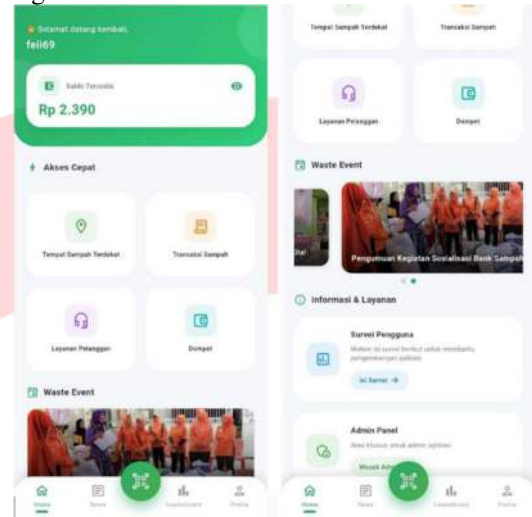
GAMBAR 1 Arsitektur Sistem

Pada bagian Gambar 3.1 di atas secara detail menjelaskan solusi teknis yang disusun dalam langkah pengembangan sistem, yaitu mulai dari pemilihan teknologi yang akan digunakan untuk *frontend*, *backend*, dan integrasi pada model *machine learning*. Komponen-komponen yang dipilih ini ditinjau dari beberapa aspek, seperti kemudahan integrasi, efisiensi pengembangan, serta performa sistem. Pada *frontend*, *framework flutter* terpilih karena *flutter* memiliki fleksibilitas dan mampu menampilkan hasil antarmuka yang responsif di berbagai platform. *Flutter* digunakan untuk mendukung berbagi *plugin* yang akan digunakan dalam proses pengambilan gambar, navigasi, dan komunikasi API dengan *backend*.

Pendekatan yang digunakan pada *machine learning* yaitu dengan menggunakan model *object detection* YOLOv11 yang telah dilatih sebelumnya untuk mengoptimalkan performanya. Penggunaan model *machine learning* ini yaitu untuk menjadikan model yang bisa memproses citra sampah yang berhasil tertangkap kamera. Data seperti gambar dan label harus disiapkan terlebih dahulu, lalu melewati tahap *preprocessing* seperti *resize* dan *augmentation*. Lalu, fitur yang telah diekstraksi dengan memanfaatkan arsitektur YOLOv11 dan telah melewati pelatihan model klasifikasi citra ini dengan tujuan agar dapat menghasilkan model deteksi sampah yang akurat dan tepat.

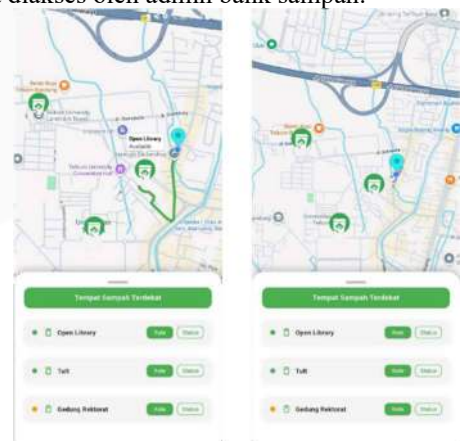
C. Implementasi Sistem

Implementasi sistem pada penelitian ini dilakukan untuk merealisasikan secara menyeluruh rancangan aplikasi mobile bank sampah yang telah disusun pada tahap perancangan sebelumnya. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen, baik pada sisi perangkat lunak maupun perangkat keras IoT, dapat saling terhubung dan berfungsi secara optimal dalam satu ekosistem yang terintegrasi. Integrasi ini mencakup konektivitas antara aplikasi mobile sebagai antarmuka utama pengguna, layanan *backend* untuk



GAMBAR 2
Halaman Utama

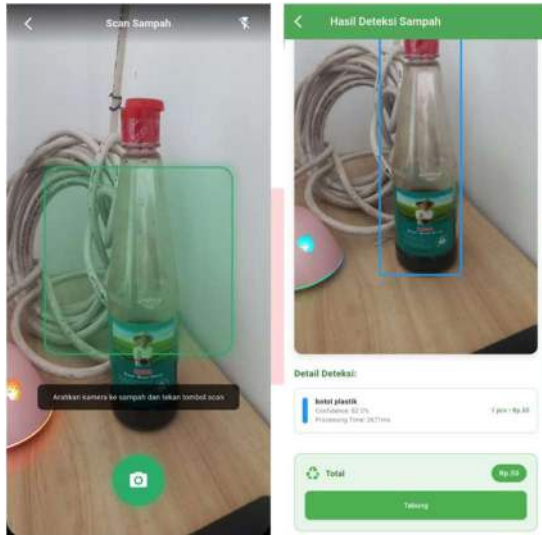
Pada Gambar 3.2 menampilkan tampilan awal menu pada aplikasi bank sampah. Pada tampilan bagian atas menu terdapat saldo pengguna yang telah berhasil terkumpul, lalu terdapat menu akses cepat yang berisikan fitur tempat sampah terdekat, transaksi sampah, layanan pelanggan dan dompet. Selain itu pada tampilan awal juga terdapat informasi kegiatan volunteer aksi lingkungan. Pada bagian informasi dan layanan terdapat fitur survei pengguna dan fitur admin panel yang hanya bisa diakses oleh admin bank sampah.



GAMBAR 3
Tampilan Tempat Sampah Terdekat

Pada Gambar 3.3 menunjukkan tampilan dari fitur lokasi tempat sampah terdekat. Pada fitur ini pengguna dapat memilih lokasi tempat sampah terdekat berdasarkan

informasi lokasi yang telah ditampilkan. Pengguna dapat melihat rute terdekat yang bisa ditempuh menuju tempat sampah tersebut. Selain itu terdapat informasi status tempat sampah pintar yang ada di setiap titik terdekat pengguna. Status ini berisikan informasi tentang kapasitas, suhu dan kelembapan serta tingkat gas yang terdapat dalam tempat sampah pintar.



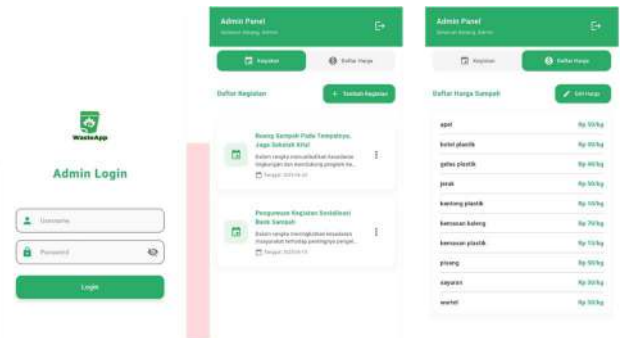
GAMBAR 4
Tampilan Scan Sampah

Pada Gambar 3.4 menampilkan fitur scan sampah yang dapat mendeteksi sampah jenis organik dan anorganik. Sampah yang telah terdeteksi secara otomatis akan muncul pada tampilan beserta informasi harga setiap objek gambar yang telah berhasil terdeteksi. Setelah sampah terdeteksi akan muncul tombol konfirmasi tabungan agar pengguna dapat mengetahui total yang didapatkan dari fitur scan. Hasil tersebut akan terakumulasi pada saldo pengguna yang dapat dilihat pada tampilan menu awal.



GAMBAR 5
Tampilan Layanan Pelanggan

Pada Gambar 3.5 menunjukkan tampilan dari fitur layanan pelanggan. Pada fitur ini pengguna dapat melaporkan kendala atau masalah yang ditemukan saat menggunakan aplikasi maupun tempat sampah pintar. Layanan ini terhubung langsung dengan pihak customer services yang membantu melaporkan serta menyelesaikan kendala atau masalah yang ditemukan oleh pengguna.



GAMBAR 6
Tampilan Admin

Gambar 4.19 menunjukkan tampilan dari panel admin yang hanya bisa diakses oleh admin bank sampah. Setelah berhasil masuk, tampilan awal yang bisa dilihat oleh admin yaitu daftar kegiatan. Pada fitur daftar kegiatan, admin dapat menambahkan kegiatan yang akan dilaksanakan, mengubah informasi kegiatan serta menghapus informasi kegiatan pada aplikasi bank sampah. Informasi kegiatan ini akan langsung ditampilkan pada halaman awal bagian news. Fitur selanjutnya yang bisa diakses oleh admin yaitu daftar harga. Pada fitur ini admin dapat mengedit rincian informasi harga objek sampah per jenisnya. Harga yang telah dimasukkan akan langsung muncul ketika sampah milik pengguna berhasil dideteksi. Selain itu, tersedia juga fitur log notifikasi yang memungkinkan admin melihat riwayat notifikasi dari sensor tempat sampah pintar. Notifikasi ini muncul ketika data dari sensor melibihi ambang batas yang telah ditentukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Quality of Service adalah metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan. Pada bagian ini, fokus pengujian dilakukan pada perhitungan *delay* dan *jitter*. Alasan perhitungan QoS hanya berfokus pada *delay* dan *jitter* yaitu karena kedua indikator ini menentukan kualitas komunikasi real-time yang berada pada aplikasi bank sampah dan tempat sampah pintar. *Delay* mengacu pada jumlah waktu yang dibutuhkan data dalam melakukan proses transmisi dari sumber ke tujuan. Selanjutnya *jitter* merupakan variasi *delay* antar paket data yang diterima. Data yang telah didapatkan melalui perangkat lunak *Wireshark* ini selanjutnya dihitung dengan rumus khusus. Perhitungan *delay* dilakukan dengan membagi total dari *delay* dengan jumlah data. Adapun rumus perhitungan *delay* sebagai berikut.

$$Rata - Rata\ Delay = \left(\frac{Total\ Delay}{Total\ Paket} \right) \quad (4.1)$$

$$\text{Rata - Rata Delay} = \left(\frac{299,26922}{13487} \right) = 22,189 \text{ ms} \quad (4.2)$$

Lalu terdapat *jitter* dihitung dengan melakukan membagi total variasi delay ini selanjutnya dihitung dengan mengurangi *delay* terhadap rata-rata *delay*. Adapun rumus perhitung *jitter* sebagai berikut.

$$\text{Rata - Rata Jitter} = \left(\frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket}} \right) \quad (4.3)$$

$$\text{Rata - Rata Jitter} = \left(\frac{0,572352}{13487} \right) = 0,0424 \text{ ms} \quad (4.4)$$

Kategori Delay	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	< 150	4
Bagus	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	300 ms s/d 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

Kategori Jitter	Jitter (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms s/d 75 ms	3
Sedang	75 ms s/d 125 ms	2
Jelek	125 ms s/d 225 ms	1

Gambar 4. 1 Kategori delay dan jitter berdasarkan standar TIPHON [6]

Sehingga, hasil pengujian ini menggunakan perangkat lunak *Wireshark* dalam menganalisis nilai *delay* atau waktu tunggu dan jitter saat menjalankan aplikasi bank sampah yang hasil perhitungan ini disajikan pada tabel berikut.

TABEL 1
Hasil Pengujian QoS

Parameter	Delay	Jitter
Perolehan	22,189 ms	0,424 ms
Kategori TIPHON	Sangat Bagus	Bagus

Melihat dari hasil pengujian QoS dari Tabel 5.4 di atas menunjukkan bahwa kinerja dari parameter *delay* telah bekerja dengan sangat baik, dibuktikan dengan diraihnya nilai 22,189 ms. Nilai yang didapatkan ini masuk ke dalam kategori sangat bagus berdasarkan standar TIPHON. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem mampu memberi respon cepat ketika melakukan pemrosesan kode *IoT* dan juga *machine learning*. Berdasarkan hasil yang telah diraih ini, ditemukan tingkat efisiensi yang tinggi dalam pengiriman data, serta waktu tunggu yang rendah dalam proses transmisi. Selain itu, dalam parameter jitter, diperoleh hasil sebesar 0,242 ms, yang masuk dalam kategori bagus dalam standar TIPHON. Nilai yang diraih jitter walau sangat kecil namun menampilkan terdapat variasi waktu antar paket yang minim, menjadikan transmisi data berlangsung secara stabil tanpa adanya fluktuasi yang signifikan.

Pengujian QoS ini dilakukan pada tempat sampah pintar berbasis *IoT* dan *machine learning* dalam mendeteksi sampah di aplikasi bank sampah. Dalam proses pendeteksian ini membutuhkan kestabilan dan kecepatan dalam proses pengiriman data menjadi sangat penting dan

krusial. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan ini membuktikan bahwa sistem mampu beroperasi secara optimal yaitu pada aspek kualitas layanan jaringan, terkhususnya pada melengkapi kebutuhan *real-time* seperti *object detection* dan *monitoring* status tempat sampah pintar.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length
1	0.000000	192.168.137.208	108.138.137.70	TCP	66
2	0.377535	192.168.137.208	182.3.224.81	ISAKMP	378
3	1.230.219	192.168.137.208	23.38.195.178	TLSv1.2	90
4	1.230.219	192.168.137.208	23.38.195.178	TCP	66
5	1.251.236	23.38.195.178	192.168.137.208	TCP	66
6	1.251.321	23.38.195.178	192.168.137.208	TLSv1.2	90
7	1.251.346	23.38.195.178	192.168.137.208	TCP	66
8	1.254.579	192.168.137.208	23.38.195.178	TCP	54
9	1.256.327	192.168.137.208	23.38.195.178	TCP	54
10	2.217.193	192.168.137.127	52.57.34.88	MQTT	283
11	2.478.507	52.57.34.88	192.168.137.127	TCP	54
12	3.305.110	192.168.137.208	146.75.45.137	TLSv1.2	246
13	3.327.340	146.75.45.137	192.168.137.208	TCP	66
14	3.329.527	146.75.45.137	192.168.137.208	TLSv1.2	866
15	3.330.823	146.75.45.137	192.168.137.208	TCP	1454
16	3.331.863	146.75.45.137	192.168.137.208	TCP	1454
17	3.332.571	192.168.137.208	146.75.45.137	TCP	66
18	3.333.459	146.75.45.137	192.168.137.208	TCP	1454
19	3.333.650	192.168.137.208	146.75.45.137	TCP	66
20	3.334.289	192.168.137.208	146.75.45.137	TCP	66

GAMBAR 7
Cuplikan data pengujian QoS

Terlihat pada gambar 4.2 ini ditunjukkan alamat IP yang telah difilter dalam masa pengujian transmisi paket adalah 192.168.137.208 yang merupakan alamat IP tempat sampah pintar. Selain itu, terdapat alamat IP Firebase 23.38.195.178 ini berperan dalam proses pengiriman data tempat sampah pintar dengan memanfaatkan infrastruktur Google Cloud Run.

Dengan melihat hasil pengujian QoS yang telah dilakukan ini, ditemukan bahwa aplikasi bank sampah menunjukkan performa yang optimal dalam proses transmisi data, dibuktikan dengan nilai delay yang masuk dalam kategori sangat bagus, menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons yang cepat ketika data *IoT* dan *machine learning* diproses. Selain itu, ditemukan hasil nilai jitter masuk dalam kategori bagus, yang menunjukkan bahwa jitter memiliki tingkat kestabilan yang baik dalam pengiriman data antar paket selama proses transmisi sedang berjalan. Hasil pengujian ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa aplikasi bank sampah yang dibuat mampu beroperasi secara optimal dalam aspek kualitas layanan jaringan, terutama dalam komunikasi *real-time* melalui *Firebase*.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi mobile bank sampah berbasis *IoT* yang dilengkapi *object detection* YOLOv11 [2]. Integrasi aplikasi dengan perangkat *IoT* memberikan solusi modern untuk pengelolaan sampah, meningkatkan akurasi deteksi, dan mempercepat proses transaksi. Hasil pengujian QoS (*Quality of Service*) menunjukkan performa yang sangat baik dengan delay sebesar 22,189 ms dan jitter sebesar 0,242 ms, yang memenuhi standar TIPHON untuk komunikasi data real-time dan stabil. Pada sisi fungsionalitas, aplikasi dapat dijalankan 100% sesuai ekspektasi, di mana seluruh fitur dapat digunakan dengan baik oleh pengguna maupun pengelola bank sampah. Pengujian QoS dan survei pengguna menunjukkan hasil yang memuaskan, sehingga aplikasi ini

mampu mempermudah pengelolaan sampah sekaligus mendorong partisipasi masyarakat dalam kegiatan daur ulang. Pengembangan selanjutnya dapat mencakup optimasi model untuk kondisi cahaya rendah dan penambahan metode pembayaran digital yang lebih beragam.

REFERENSI

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, “Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN),” 2022.
- [2] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “YOLOv3: An Incremental Improvement,” *arXiv preprint arXiv:1804.02767*, 2018.
- [3] Google, “Flutter Documentation.” [Online]. Available: <https://flutter.dev>
- [4] Google, “Firebase Documentation.” [Online]. Available: <https://firebase.google.com>
- [5] TIPHON, “Quality of Service Definition,” ETSI, 1999.
- [6] S. Turangga, Martanto, and Y. A. Wijaya, “Analisis Internet Menggunakan Parameter Quality of Service Pada Alfamart Tuparev 70,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 392–398, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i1.4693.