

Implementasi Model Deteksi Objek YOLO pada Game Edukasi untuk Peningkatan Kesadaran Pemilahan Sampah

David Satria Fahmi¹, Rafael Yonathan Timotius²

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹davidsatriafl@gmail.com, ²rafaeltimotius872@gmail.com

Abstrak – Pengelolaan sampah di Indonesia masih menghadapi tantangan serius akibat meningkatnya volume sampah dan rendahnya kesadaran masyarakat dalam melakukan pemilahan. Salah satu penyebab utama permasalahan tersebut adalah metode edukasi konvensional yang bersifat monoton sehingga kurang efektif, khususnya bagi generasi muda. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah game edukasi berbasis *Augmented Reality* (AR) yang memanfaatkan teknologi *computer vision* untuk membantu pengguna mengenali dan memahami jenis sampah secara interaktif. Sistem yang dikembangkan menggunakan model deteksi objek *You Only Look Once* (YOLO) untuk mengidentifikasi jenis sampah secara *real-time* melalui kamera perangkat mobile. Pendekatan *gamification* diterapkan melalui pemberian kuis, sistem poin, dan misi harian guna meningkatkan keterlibatan pengguna dalam proses pembelajaran. Pengujian dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian fungsional (*Black Box Testing*) dan pengujian efektivitas (*Pre-Test* dan *Post-Test*) dari beberapa pengguna. Hasil pengujian menunjukkan semua fitur game berjalan sesuai fungsinya dan adanya peningkatan pemahaman pengguna mengenai pemilahan sampah. Hasil ini mengindikasikan bahwa integrasi teknologi AR dan YOLO efektif sebagai media edukasi interaktif untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam memilah sampah.

Kata Kunci — *Augmented Reality, computer vision, gamification, pengenalan sampah, YOLOv8*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah masih menjadi isu lingkungan yang serius di Indonesia seiring dengan meningkatnya jumlah timbulan sampah setiap tahunnya. Menurut data Sistem Informasi Penanggulangan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikutip dari situs website resmi SIPSN Per 2021, jumlah timbulan sampah Indonesia adalah sebanyak 38,55 juta ton/tahun terdapat pengurangan sampah sebanyak 1.45% atau 558 ribu ton dari tahun sebelumnya akan tetapi penanganan sampah di Indonesia hanya mampu dikelola sebanyak 34,3% atau 13,22 juta ton/tahun [1]. Keadaan sampah yang ada di lingkungan sekitar kita, sekarang selalu dalam keadaan tercampur dan tidak terpilah [2]. Hal ini dikarenakan rendahnya kesadaran masyarakat dalam melakukan pemilahan dan pengelolaan sampah sejak sumbernya menjadi salah satu faktor utama yang menghambat pengelolaan sampah secara berkelanjutan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dalam *Laporan Indeks Perilaku Ketidakpedulian Lingkungan Hidup Indonesia 2018*, dimensi pengelolaan sampah memiliki indeks ketidakpedulian tertinggi dibandingkan dimensi lainnya, yaitu sebesar 0,72 [3]. Data tersebut juga menunjukkan bahwa mayoritas rumah tangga di Indonesia (53%) masih menangani sampah dengan cara dibakar, sementara persentase rumah tangga yang melakukan daur ulang sampah hanya sebesar 0,1% [3]. Minimnya perilaku daur ulang dan tingginya aktivitas pembakaran sampah ini mengindikasikan bahwa praktik pemilahan sampah di tingkat rumah tangga masih sangat minim, yang pada akhirnya menyulitkan proses pengolahan lebih lanjut.

Upaya edukasi mengenai pemilahan sampah selama ini umumnya masih menggunakan metode konvensional, seperti penyuluhan dan media cetak, yang cenderung bersifat pasif dan kurang menarik bagi generasi muda. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan edukasi yang lebih inovatif dan adaptif terhadap perkembangan teknologi serta karakteristik pengguna saat ini. Perkembangan teknologi *artificial intelligence* dan *computer vision* membuka peluang baru dalam mendukung proses edukasi lingkungan. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Augmented Reality* (AR), yang mampu menggabungkan objek virtual ke dalam dunia nyata secara interaktif. Selain itu, algoritma deteksi objek *You Only Look Once* (YOLO) memungkinkan identifikasi objek secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga cocok digunakan untuk pengenalan objek dalam lingkungan nyata. Pada beberapa penelitian terdahulu, algoritma YOLO telah dimanfaatkan untuk mendeteksi plat nomor kendaraan. Data penelitian bersumber dari *Kaggle* dengan jumlah keseluruhan sebanyak 1.050 citra. Dataset tersebut dibagi menjadi data *training*, *validation*, dan *testing* dengan rasio 70%, 20%, dan 10%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu mencapai nilai akurasi sebesar 84%, presisi 92,9%, serta *F1-score* sebesar 80% [4]. Penelitian lain yang menggunakan algoritma YOLO untuk klasifikasi jenis sampah dengan hasil rata-rata nilai presisinya 0.883, recall 0.903, nilai mAP nya 0.914 [5].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sebuah aplikasi game edukasi berbasis AR yang memanfaatkan model YOLO v8 untuk mendeteksi dan mengenali jenis sampah secara otomatis melalui kamera perangkat mobile. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan informasi mengenai klasifikasi dan cara pengolahan sampah secara langsung pada layar, serta dilengkapi dengan unsur *gamification*

seperti kuis, sistem poin, dan misi harian. Dengan pendekatan tersebut, diharapkan aplikasi ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat, khususnya generasi muda, serta menumbuhkan kebiasaan positif dalam memilah sampah secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

a. Sumber Data

Data yang digunakan adalah dataset citra sampah yang diambil dari website kaggle, pada tautan berikut: <https://www.kaggle.com/datasets/viswaprakash1990/garbage-detection> Dataset tersebut terdiri dari 6 kelas, yaitu *biodegradable*, *cardboard*, *glass*, *metal*, *paper*, dan *plastic*. Persebaran data untuk training dan testing adalah 7324 untuk training dan 2098 untuk testing dengan perbandingan 78% training dan 22% testing.

Tabel 1. Dataset Jenis Sampah

Label	Citra
Biodegradable	
Cardboard	
Glass	
Metal	
Paper	
Plastic	

b. Sampah

Sampah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industry maupun domestic (rumah tangga). Sementara di dalam UU No 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, disebut sampah adalah sisa kegiatan sehari - hari atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat, berupa zat organik maupun anorganik yang dapat terurai atau tidak dapat terurai yang sudah dianggap tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan[6]. Sampah adalah sisa atau barang buangan yang sudah tidak digunakan dan dipakai lagi oleh pemiliknya. Sampah secara umum dibagi menjadi dua yaitu sampah organik dan anorganik. Kedua sampah ini memiliki manfaat untuk kita, namun juga ada dampaknya untuk lingkungan. Sampah organik adalah limbah yang berasal dari sisa makhluk hidup (alam) seperti hewan, manusia, tumbuhan yang mengalami pembusukan atau pelapukan. Sampah ini tergolong sampah yang ramah lingkungan karena dapat diurai oleh bakteri secara alami dan berlangsungnya cepat. Sampah anorganik adalah sampah yang berasal dari sisa manusia yang sulit untuk diurai oleh bakteri, sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama (hingga ratusan tahun) untuk dapat diuraikan[7].

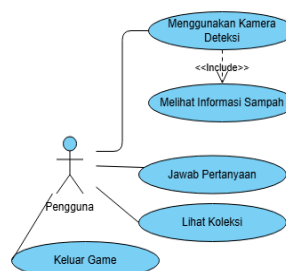
Oleh karena itu, dalam aplikasi yang dikembangkan pada penelitian ini, sampah anorganik diklasifikasikan lebih lanjut ke dalam beberapa kategori, yaitu sampah plastik, logam, kaca, karton, dan kertas. Pengelompokan ini bertujuan untuk mempermudah proses pengenalan jenis sampah serta memberikan edukasi yang lebih spesifik mengenai karakteristik dan pengelolaan masing-masing jenis sampah anorganik.

c. YOLO (*You Only Look Once*)

YOLO adalah bagian dari metode *Convolutional Neural Networks (CNN)* yang banyak diaplikasikan pada data citra. YOLO melihat seluruh gambar selama pelatihan dan waktu tes sehingga secara implisit menyandikan informasi kontekstual tentang kelas serta penampilan mereka. YOLO memproses gambar secara *real-time* pada empat puluh lima (45) *frames per second*. Dibandingkan dengan sistem deteksi yang lainnya, YOLO membuat lebih banyak kesalahan pada praktiknya, namun dapat memprediksi objek dengan cepat dan efisien[8]. Oleh karena itu metode YOLO dipilih pada penelitian ini didasarkan pada kemampuannya dalam melakukan deteksi objek secara *real-time* dengan kecepatan pemrosesan yang tinggi. Karakteristik tersebut sangat sesuai dengan kebutuhan aplikasi mobile yang memerlukan respons cepat saat kamera diarahkan ke objek sampah. Selain itu, pendekatan *single-stage detector* yang digunakan oleh YOLO memungkinkan proses deteksi dan klasifikasi dilakukan dalam satu tahap, sehingga lebih efisien untuk diimplementasikan pada perangkat dengan keterbatasan sumber daya.

d. Desain Sistem

a. Use Case



Gambar 1. Use Case Diagram

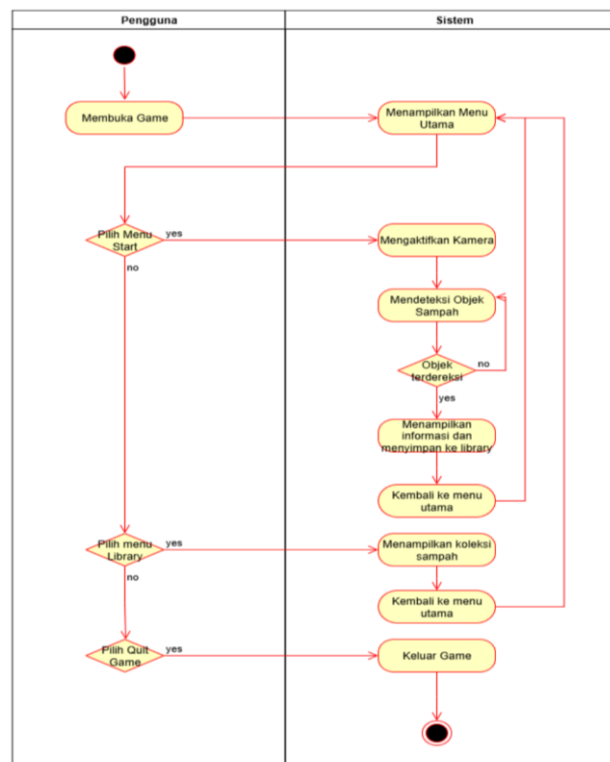
Use case merupakan deskripsi fungsi dari sebuah sistem dari perspektif atau sudut pandang para pengguna sistem. Use case mendefinisikan apa yang akan diproses oleh sistem dan komponen – komponennya[9]. *Use Case Diagram* pada sistem ini menggambarkan interaksi antara pengguna (*user*) dengan aplikasi mobile pengenalan jenis sampah berbasis *YOLO v8*. Pengguna berperan sebagai aktor utama yang mengoperasikan seluruh fungsi yang tersedia di dalam aplikasi. Pengguna dapat melakukan proses pendeteksian sampah dengan memanfaatkan kamera perangkat mobile. Melalui fitur ini, kamera akan menangkap citra objek sampah yang kemudian diproses oleh sistem untuk dilakukan klasifikasi secara *real-time*. Proses pendeteksian ini secara langsung terhubung dengan penampilan informasi sampah, di mana sistem akan menampilkan jenis sampah beserta penjelasan singkat mengenai karakteristik dan pengelolaannya apabila tingkat kepercayaan deteksi telah memenuhi ambang batas yang ditentukan.

Selain proses pendeteksian, pengguna juga dapat berinteraksi dengan fitur kuis berupa menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan jenis sampah yang telah terdeteksi. Fitur ini merupakan

bagian dari penerapan konsep gamification yang bertujuan untuk meningkatkan keterlibatan pengguna. Setiap jawaban yang benar akan memberikan tambahan *experience point* (EXP) sebagai bentuk apresiasi atas keberhasilan pengguna dalam memahami materi. Aplikasi juga menyediakan fitur koleksi yang memungkinkan pengguna untuk melihat kembali daftar jenis sampah yang telah berhasil dipindai sebelumnya. Melalui fitur ini, pengguna dapat mengakses ulang informasi sampah yang telah dipelajari tanpa harus melakukan pemindaian ulang.

Selain itu, pengguna memiliki akses untuk mengakhiri penggunaan aplikasi melalui fitur keluar aplikasi. Fitur ini berfungsi untuk menutup sistem secara aman setelah pengguna selesai berinteraksi dengan aplikasi. Secara keseluruhan, diagram sistem menunjukkan bahwa aplikasi dirancang dengan alur interaksi yang sederhana dan terfokus pada proses pendeteksian sampah, penyampaian informasi edukatif, serta peningkatan partisipasi pengguna melalui pendekatan gamification.

b. Activity Diagram



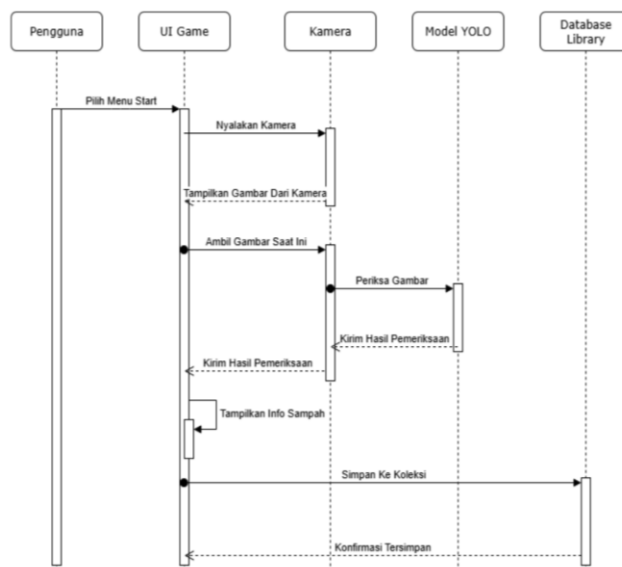
Gambar 2. Activity Diagram

Diagram aktivitas pada penelitian ini menggambarkan alur proses kerja aplikasi mobile pengenalan jenis sampah yang melibatkan interaksi antara pengguna dan sistem. Diagram ini menunjukkan tahapan aktivitas sejak aplikasi dijalankan hingga proses keluar dari aplikasi. Proses dimulai ketika pengguna membuka aplikasi. Selanjutnya, sistem menampilkan menu utama sebagai antarmuka awal yang menyediakan beberapa pilihan menu. Dari menu utama tersebut, pengguna dapat memilih menu *Start*, *Library*, atau *Quit Game*.

Apabila pengguna memilih menu *Start*, sistem akan mengaktifkan kamera perangkat mobile dan melakukan proses pendeteksian objek sampah. Sistem akan terus melakukan pendeteksian hingga objek sampah berhasil dikenali. Setelah objek terdeteksi, sistem menampilkan informasi jenis sampah yang teridentifikasi serta menyimpan data hasil pemindaian ke dalam koleksi. Setelah proses tersebut selesai, sistem mengarahkan pengguna kembali ke menu utama. Jika pengguna memilih menu *Library*, sistem akan menampilkan koleksi sampah yang telah berhasil dipindai sebelumnya. Pengguna dapat melihat informasi sampah yang tersimpan, kemudian sistem akan mengembalikan pengguna ke menu utama.

Sementara itu, apabila pengguna memilih menu *Quit Game*, sistem akan menjalankan proses keluar aplikasi dan mengakhiri seluruh aktivitas sistem. Proses ini menandai berakhirnya interaksi antara pengguna dan aplikasi. Berdasarkan diagram aktivitas tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem dirancang dengan alur yang sederhana dan terstruktur, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pendeteksian sampah, mengakses informasi edukatif, serta mengelola koleksi hasil pemindaian.

c. Sequence Diagram

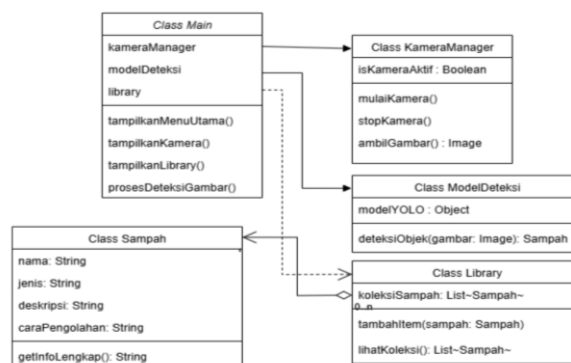


Gambar 3. Sequence Diagram

Sequence diagram adalah gambaran interaksi antar objek, yang digunakan untuk menunjukkan komunikasi atau pesan yang ada di antara objek tersebut[10]. Sequence Diagram pada penelitian ini menggambarkan aliran komunikasi antar komponen sistem dalam proses pendeteksian jenis sampah menggunakan aplikasi mobile. Diagram ini melibatkan beberapa komponen utama, yaitu pengguna, antarmuka aplikasi (*UI Game*), kamera perangkat, model *YOLO*, dan basis data koleksi (*database library*). Proses dimulai ketika pengguna memilih menu Start pada antarmuka aplikasi. Selanjutnya, *UI Game* mengirimkan perintah kepada kamera untuk diaktifkan. Kamera kemudian menampilkan tampilan gambar secara *real-time* kepada antarmuka aplikasi. Pada tahap berikutnya, sistem mengambil citra saat ini dari kamera untuk diproses lebih lanjut.

Citra yang diperoleh kemudian dikirimkan ke model *YOLO* untuk dilakukan proses pemeriksaan dan klasifikasi objek. Model *YOLO* memproses citra tersebut dan mengirimkan hasil pendeteksian kembali ke sistem. Berdasarkan hasil tersebut, antarmuka aplikasi menampilkan informasi jenis sampah yang terdeteksi kepada pengguna. Setelah informasi ditampilkan, sistem menyimpan hasil pendeteksian ke dalam basis data koleksi sebagai arsip hasil pemindaian. Proses penyimpanan ini diakhiri dengan pengiriman konfirmasi bahwa data telah berhasil tersimpan. Dengan demikian, seluruh rangkaian proses pendeteksian, penampilan informasi, dan penyimpanan data dapat berjalan secara terstruktur dan berurutan.

d. Class Diagram



Gambar 4. Class Diagram

Class Diagram adalah sebuah diagram yang menjelaskan hubungan antar class dalam sebuah sistem yang sedang dibuat dan menjelaskan bagaimana caranya agar mereka saling berkolaborasi[11]. Class Diagram pada penelitian ini menggambarkan struktur kelas serta hubungan antar kelas yang membentuk sistem aplikasi mobile pengenalan jenis sampah. Diagram ini menunjukkan pembagian peran

setiap kelas dalam mendukung proses pendeteksian sampah, pengelolaan data, dan penyajian informasi kepada pengguna. Kelas utama dalam sistem adalah *Class Main* yang berfungsi sebagai pengendali alur aplikasi. Kelas ini memiliki atribut berupa pengelola kamera, model deteksi, dan koleksi data sampah. Selain itu, *Class Main* menyediakan beberapa metode untuk menampilkan menu utama, menampilkan kamera, menampilkan koleksi, serta memproses pendeteksian gambar.

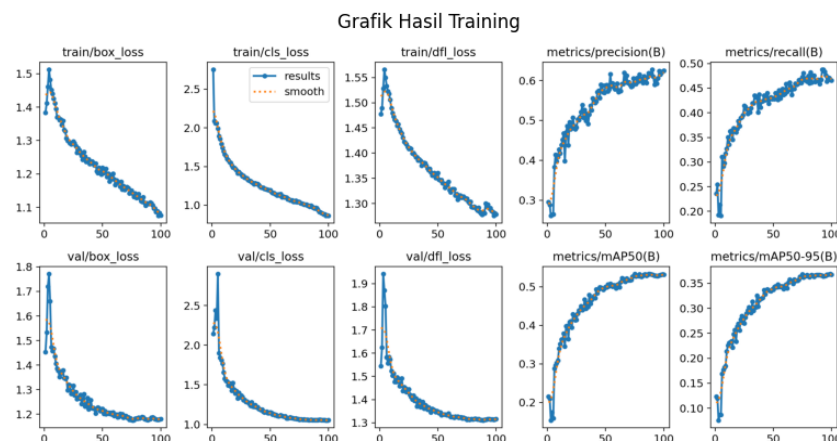
Class KameraManager berperan dalam mengelola fungsi kamera pada perangkat mobile. Kelas ini memiliki atribut untuk menunjukkan status aktif kamera serta metode untuk memulai kamera, menghentikan kamera, dan mengambil gambar. Kelas ini digunakan oleh *Class Main* sebagai sumber citra yang akan diproses oleh sistem. *Class ModelDeteksi* berfungsi sebagai penghubung antara aplikasi dan model *YOLO*. Kelas ini menyimpan objek model *YOLO* dan menyediakan metode untuk melakukan pendeteksian objek pada citra yang diperoleh dari kamera. Hasil dari proses pendeteksian berupa data sampah yang kemudian diteruskan ke sistem untuk ditampilkan dan disimpan.

Class Sampah merepresentasikan data jenis sampah yang terdeteksi oleh sistem. Kelas ini memiliki atribut berupa nama, jenis, deskripsi, dan cara pengolahan sampah. Selain itu, kelas ini menyediakan metode untuk menampilkan informasi lengkap terkait sampah tersebut. *Class Library* digunakan untuk mengelola koleksi sampah yang telah berhasil dipindai. Kelas ini menyimpan daftar objek sampah dan menyediakan metode untuk menambahkan data sampah ke dalam koleksi serta menampilkan seluruh data koleksi yang tersimpan. Hubungan antara *Class Library* dan *Class Sampah* menunjukkan bahwa satu koleksi dapat berisi lebih dari satu data sampah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Modeling

Pada tahap *modelling*, algoritma *YOLO (You Only Look Once)* diterapkan karena kemampuannya dalam melakukan pendeteksian objek secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik. Proses pelatihan model dilakukan menggunakan *Google Collaboratory* dengan bahasa pemrograman *Python*, dan versi algoritma yang digunakan adalah *YOLO v8*. Sebelum proses *training* dilaksanakan, dilakukan beberapa tahapan persiapan, meliputi penghubungan *Google Collaboratory* dengan *Google Drive* untuk mengakses dataset, melakukan *import* pustaka yang diperlukan seperti modul dari *IPython.display* untuk menampilkan citra, serta menginstal *library* pendukung yang dibutuhkan. Selanjutnya, proses *training* model *YOLO v8* dijalankan selama 100 *epoch* dengan ukuran citra (*image size*) sebesar 640 piksel. Dengan hasil *modeling* ditampilkan pada grafik berikut.



Gambar 5. Grafik Hasil Training

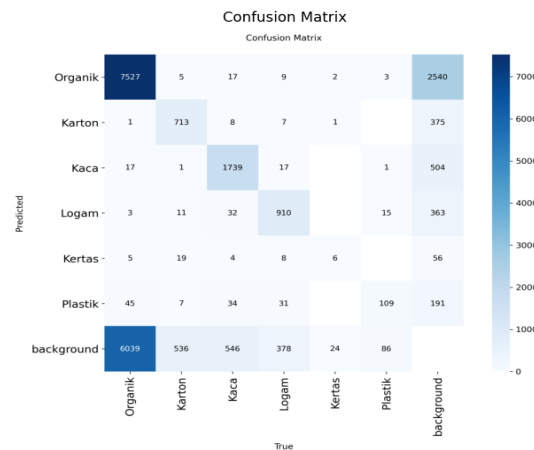
Grafik hasil *training* menunjukkan performa model *YOLO v8* selama proses pelatihan pada data *training* dan *validation*. Pada grafik *train/box_loss*, *train/cls_loss*, dan *train/dfl_loss* terlihat bahwa nilai *loss* mengalami penurunan secara bertahap seiring bertambahnya jumlah *epoch*. Penurunan nilai *loss* ini menunjukkan bahwa model semakin baik dalam mempelajari pola objek sampah, baik dari segi penentuan lokasi (*bounding box*), klasifikasi kelas, maupun distribusi fitur. Grafik *validation loss* yang terdiri dari *val/box_loss*, *val/cls_loss*, dan *val/dfl_loss* juga menunjukkan tren penurunan yang stabil dan sejalan dengan *training loss*. Hal ini mengindikasikan bahwa model tidak mengalami *overfitting* yang signifikan serta mampu melakukan generalisasi dengan baik terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Pada grafik metrik evaluasi, nilai *precision* mengalami peningkatan hingga mencapai nilai sekitar 0,62 pada akhir proses *training*. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar objek sampah yang terdeteksi

oleh model merupakan prediksi yang benar. Sementara itu, nilai *recall* juga meningkat secara bertahap hingga mencapai sekitar 0,47, yang menandakan bahwa model mampu mendeteksi hampir setengah dari seluruh objek sampah yang terdapat pada data uji. Selain itu, grafik *mAP@0.5* menunjukkan nilai akhir sekitar 0,52, sedangkan *mAP@0.5:0.95* mencapai nilai sekitar 0,36. Nilai *mean average precision* tersebut menunjukkan bahwa model *YOLO v8* memiliki performa deteksi yang cukup baik pada berbagai ambang *Intersection over Union (IoU)*, khususnya dalam konteks pendeteksian objek sampah.

Secara keseluruhan, grafik hasil *training* menunjukkan bahwa model *YOLO v8* berhasil dilatih dengan baik, memiliki kestabilan selama proses pelatihan, serta mampu memberikan performa deteksi yang layak untuk diimplementasikan pada aplikasi mobile pengenalan jenis sampah.

3.2. Evaluasi



Gambar 6. *Confusion Matrix*

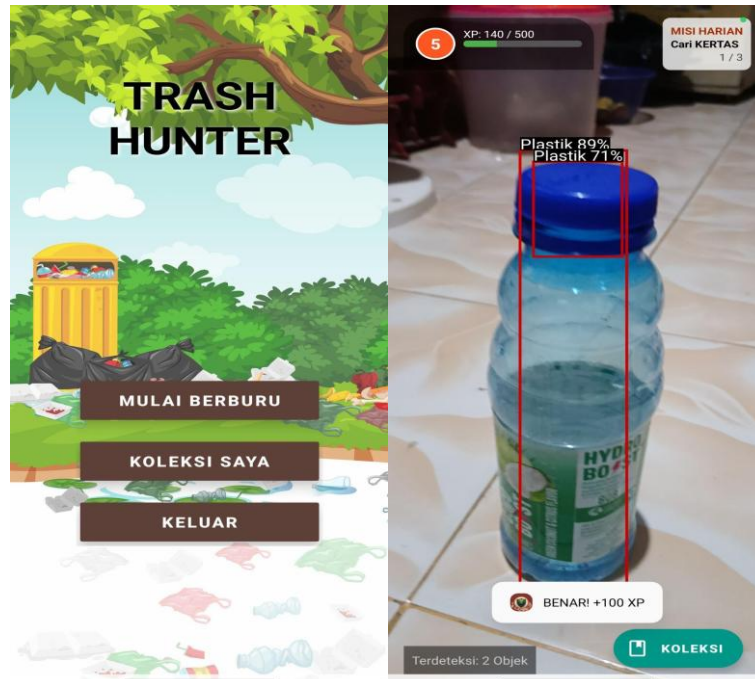
Confusion matrix digunakan untuk mengevaluasi kinerja model *YOLO v8* dalam mengklasifikasikan jenis sampah, yang meliputi sampah organik, karton, kaca, logam, kertas, dan plastik. Pada analisis ini, kelas *background* tidak diperhitungkan sehingga evaluasi difokuskan pada kemampuan model dalam membedakan antar jenis sampah yang relevan. Berdasarkan hasil *confusion matrix*, kelas sampah organik menunjukkan performa paling baik dengan jumlah prediksi benar sebanyak 7.527 data. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali karakteristik visual sampah organik dengan sangat baik. Kelas kaca dan logam juga memiliki tingkat klasifikasi yang cukup tinggi, masing-masing dengan 1.739 dan 910 prediksi benar.

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi antar kelas sampah anorganik. Beberapa data pada kelas kaca dan logam masih tertukar satu sama lain, yang kemungkinan disebabkan oleh kemiripan bentuk dan warna objek. Selain itu, kesalahan klasifikasi juga ditemukan pada kelas karton dan kertas, yang memiliki karakteristik visual yang hampir serupa. Secara keseluruhan, hasil *confusion matrix* menunjukkan bahwa model *YOLO v8* memiliki kemampuan klasifikasi yang cukup baik dalam mengenali berbagai jenis sampah. Namun, peningkatan jumlah dan variasi data latih pada kelas yang memiliki kemiripan visual masih diperlukan agar kesalahan klasifikasi antar kelas dapat diminimalkan.

3.3. Deployment

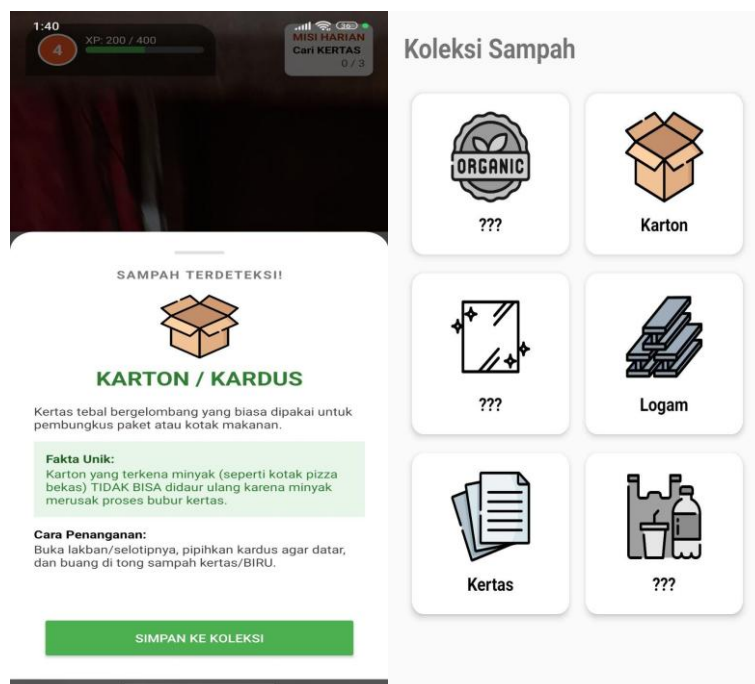
Pada tahap *deployment*, model deteksi objek *YOLO v8* yang telah melalui proses pelatihan dan evaluasi selanjutnya dikonversi ke dalam format *.tflite* agar dapat dijalankan pada perangkat mobile secara efisien. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan *Android Studio* dengan bahasa pemrograman *Kotlin*. Model *.tflite* tersebut diintegrasikan ke dalam aplikasi untuk melakukan proses pendeteksian objek sampah secara *real-time* melalui kamera perangkat *Android*. Citra yang diambil oleh kamera diproses oleh model untuk mengenali jenis sampah, kemudian hasil pendeteksian ditampilkan pada antarmuka aplikasi dalam bentuk informasi jenis sampah yang teridentifikasi serta disimpan ke dalam koleksi pengguna. Tahap *deployment* ini bertujuan untuk memastikan bahwa model yang telah dikembangkan dapat diimplementasikan secara optimal pada perangkat mobile serta memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengenali jenis sampah secara langsung. Berikut adalah tampilan dari setiap halaman aplikasi.

a. Halaman Menu dan Halaman Utama



Gambar 7. Halaman Menu dan Halaman Utama

b. Halaman Penjelasan dan Halaman Koleksi



Gambar 8. Halaman Utama dan Halaman Koleksi

3.4. Pengujian Aplikasi

Pengujian dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian fungsional untuk memastikan sistem berjalan dengan baik (*Black Box Testing*) dan pengujian efektivitas untuk mengukur peningkatan pemahaman pengguna dengan diberikan 10 soal tentang pengelolaan sampah. Test dilakukan sebelum dan sesudah memainkan game (*Pre-Test* dan *Post-Test*).

Tabel 2. Pengujian Aplikasi (*Black Box Testing*)

Test Case Description	Test Case	Expected Result	Actual Result	Kesimpulan
Akses Aplikasi	Pengguna menjalankan aplikasi	Aplikasi terbuka dan menampilkan menu utama	Aplikasi terbuka dan menampilkan menu utama tanpa error	Berhasil
Navigasi Menu	Memilih menu mulai berburu	Kamera aktif dan masuk ke mode deteksi	Kamera aktif dan bisa mulai mendeteksi	Berhasil
Deteksi Sampah	Mendeteksi objek sampah	Objek sampah terdeteksi jika persentase $\geq 80\%$	Objek sampah berhasil terdeteksi dengan persentase sesuai	Berhasil
Pop-up Informasi	Menampilkan informasi sampah	Pop-up jenis dan penjelasan sampah muncul	Pop-up informasi jenis sampah tampil dengan benar	Berhasil
Menyimpan hasil scan	Scan sampah berhasil	Data hasil scan tersimpan di menu Koleksi	Data hasil scan berhasil tersimpan dan tampil di Koleksi	Berhasil
Membuka detail sampah	Klik item koleksi	Informasi detail sampah ditampilkan	Detail informasi sampah berhasil ditampilkan	Berhasil
Menjawab kuis	Pengguna memilih jawaban	Sistem memvalidasi jawaban	Sistem berhasil memvalidasi jawaban pengguna	Berhasil
Menambah EXP	Jawaban kuis benar	EXP bertambah	EXP bertambah setelah kuis dijawab benar	Berhasil
Menyelesaikan misi	Scan sesuai misi	Progres misi bertambah dan EXP meningkat	Progres misi dan EXP bertambah dengan benar	Berhasil
Menutup aplikasi	Klik Keluar	Aplikasi tertutup dengan normal	Aplikasi berhasil tertutup tanpa error	Berhasil

Tabel 3. Hasil Pengujian Efektivitas (*Pre-Test* dan *Post-Test*)

No.	Responden	Nilai <i>Pre-Test</i> (Sebelum Main)	Nilai <i>Post-Test</i> (Sesudah Main)	Keterangan
1.	Responden A	70	80	Meningkat
2.	Responden B	80	90	Meningkat
3.	Responden C	50	70	Meningkat
4.	Responden D	60	90	Meningkat
5.	Responden E	50	60	Meningkat

Berdasarkan Tabel 3, terlihat adanya peningkatan pada pemahaman pengguna. Sebelum menggunakan aplikasi, rata-rata nilai pengetahuan responden hanya 62. Hal ini menunjukkan minimnya wawasan mengenai jenis sampah (misal: banyak yang belum tahu karton berminyak tidak bisa didaur ulang). Setelah berinteraksi dengan fitur deteksi objek dan kuis dalam aplikasi game Trash Hunter, rata-rata nilai meningkat menjadi 78. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan *gamification* dan visualisasi AR efektif dalam mengedukasi masyarakat untuk memilah sampah dengan lebih baik.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, dan implementasi aplikasi yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan aplikasi mobile pengenalan jenis sampah berbasis *YOLO v8* yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis sampah secara *real-time*.
2. Integrasi model *YOLO v8* ke dalam aplikasi *Android* menggunakan bahasa pemrograman *Kotlin* dan format *.tflite* memungkinkan sistem berjalan secara efisien pada perangkat mobile.
3. Implementasi fitur edukasi dan gamification terbukti efektif meningkatkan pemahaman pengguna. Berdasarkan pengujian pengguna, terjadi peningkatan pengetahuan pemilahan sampah setelah penggunaan aplikasi.
4. Penerapan fitur edukasi dan *gamification* memberikan nilai tambah dalam meningkatkan keterlibatan pengguna, serta sistem yang dikembangkan masih memiliki peluang untuk dikembangkan lebih lanjut agar performa dan cakupan pengenalan jenis sampah dapat ditingkatkan.

5. SARAN

Pengembangan sistem dapat ditingkatkan dengan menerapkan pendekatan *transfer learning* menggunakan arsitektur model deteksi objek lain sebagai pembanding untuk meningkatkan performa deteksi. Selain itu, pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menambah variasi dan jumlah dataset agar sistem mampu mengenali lebih banyak jenis sampah serta meningkatkan akurasi klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. [Online]. Tersedia: <https://sipsn.kemenvh.go.id/sipsn/>
- [2] A. Ibnul Rasidi, Y. A. H. Pasaribu, A. Ziqri, dan F. D. Adhinata, “Klasifikasi sampah organik dan non-organik menggunakan *convolutional neural network*,” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 8, no. 1, hlm. 142–, Apr. 2022, doi: 10.28932/jutisi.v8i1.4314.
- [3] Badan Pusat Statistik. 2018. *Laporan Indeks Perilaku Ketidakpedulian Lingkungan Hidup Indonesia 2018*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [4] B. P. Nugroho, Y. Prihati, dan S. T. Galih, “Implementasi algoritma *YOLOv5* dalam rancangan aplikasi pendeteksi plat nomor kendaraan,” *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 7, no. 3, hlm. 851–, 2024.
- [5] B. D. Prasetya, E. P. Amalia, P. D. Juliana, dan R. K. Niswatin, “Implementasi *object detection* berbasis web untuk klasifikasi jenis sampah menggunakan *YOLOv8*,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sains Tahun 2025*, vol. 4, Kediri, Indonesia, Jan. 25, 2025.
- [6] M. Muliadi, R. Rukhayati, and M. Maisa, “SISTEM PENGELOLAAN SAMPAH RUMAH TANGGA DI KECAMATAN TAWAELI,” *Sambulu_Gana*, vol. 1, no. 2, pp. 35-38, May 2022.
- [7] Prasetya, E.. 2006. Case Based Reasoning untuk mengidentifikasi kerusakan bangunan. *Tesis*. Program Pasca Sarjana Ilmu Komputer. Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [8] K. Khairunnas, E. M. Yuniarno, dan A. Zaini, “Pembuatan modul deteksi objek manusia menggunakan metode *YOLO* untuk mobile robot,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 10, no. 1, hlm. A50, 2021.
- [9] L. Setiyani, “Desain sistem: *use case diagram*,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Adopsi Teknologi 2021: Implementasi cybersecurity pada operasional organisasi*, Karawang, Indonesia, Sep. 25, 2021, hlm. 246.
- [10] A. R. Putri, A. Hafizhah, F. H. Rahmah, R. Muslikhah, dan S. Nabila, “Pemodelan diagram *UML* pada perancangan sistem aplikasi konsultasi hewan peliharaan berbasis *Android* (studi kasus: *Alopet*),” *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis (JIKB)*, vol. XII, no. 2, hlm. 130–139, Nov. 2021, doi: 10.47927/jikb.v12i2.150
- [11] R. Destriana, S. M. Husain, N. Handayani, dan A. T. P. Siswanto, “Diagram *UML* dalam membuat aplikasi *Android Firebase* (studi kasus aplikasi bank sampah),” *e-book*, Deepublish, Yogyakarta, Indonesia, 2021.