

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PERANGKAT LUNAK DETEKSI SAMPAH MENGGUNAKAN SINGEL SHOT MULTIBOX DETECTOR MOBILNETV2 BERBASIS ANDROID

Alfi Nur Inayati Ningrum¹, Andi Iwan Nur Hidayat²

Manajemen Informatika, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Surabaya

¹alfi.20063@mhs.unesa.ac.id

²andy134k5@unesa.ac.id

Abstrak— Permasalahan global terkait sampah terus berkembang, termasuk di Indonesia yang pada tahun 2023 menghadapi kondisi dimana volume sampah mencapai 19,4 juta ton. Komposisi sampah terdiri dari 53,12% organik dan 46,88% anorganik. Penelitian ini membahas pembuatan sistem deteksi sampah berbasis Android menggunakan Single Shot Multibox Detector (SSD) dengan arsitektur MobileNetV2 untuk mempermudah pemilahan sampah anorganik yang dapat didaur ulang. Penelitian ini menggunakan model pengujian evaluasi matriks dengan 52 gambar testing yang menunjukkan akurasi mencapai 96%. Pengujian juga mencakup berbagai skenario seperti variasi pencahayaan, jarak, jumlah objek, dan kesesuaian objek dengan label. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan daur ulang sampah dan memberikan solusi praktis melalui pemanfaatan SSD MobileNetV2. Harapannya, aplikasi ini dapat menjadi alat efektif untuk membantu masyarakat menjaga kebersihan lingkungan, mengurangi dampak negatif sampah terhadap ekosistem, dan meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sampah anorganik..

Kata Kunci—Sampah Anorganik, Deteksi Sampah, SSD-MobileNetV2, Daur Ulang, Pengelolaan Sampah.

Abstrak— Global issues related to waste continue to evolve, including in Indonesia, where in 2023, the waste volume reached 19.4 million tons. The composition of this waste is 53.12% organic and 46.88% inorganic. This study discusses the development of an Android-based waste detection system using Single Shot Multibox Detector (SSD) with MobileNetV2 architecture to facilitate the sorting of recyclable inorganic waste. The research utilizes an evaluation matrix testing model with 52 test images, showing an accuracy of 96%. Testing also includes various scenarios such as changes in lighting, distance, the number of objects, and the consistency of objects with labels. The study aims to raise public awareness about recycling waste management and provide practical solutions through the use of SSD MobileNetV2. It is hoped that this application can become an effective tool to help the community maintain environmental cleanliness, reduce the negative impact of waste on the ecosystem, and improve the efficiency of inorganic waste management..

Keywords—Inorganic Waste, Waste Detection, SSD-MobileNetV2, Recycling, Waste Management

Sampah merupakan permasalahan yang tak pernah berakhir. tidak hanya di negara Indonesia namun juga di seluruh dunia. Upaya sudah dilakukan pemerintah dalam menghadapi permasalahan ini, khususnya dalam menangani masalah serius sampah. Jumlah produksi sampah terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi, perubahan pola konsumsi, dan gaya hidup masyarakat, yang mengakibatkan kenaikan dalam jumlah, jenis, dan beragam karakteristik sampah yang dihasilkan.

Sampai saat ini kesadaran masyarakat untuk mengelola sampah anorganik masih perlu ditingkatkan. Ini terlihat dari masih ditemukannya tumpukan sampah ditempat-tempat yang tidak seharusnya, termasuk di sistem drainase. Selain itu pengelolaan sampah yang dilakukan masyarakat juga cenderung hanya mengikuti prosedur rutin yang belum optimal. Beberapa masyarakat masih memiliki kecenderungan untuk membuang sampah secara sembarangan. Masalah ini muncul karena kurangnya kesadaran dan pengetahuan masyarakat tentang cara mengelola sampah yang benar dimulai dari membedakan jenis-jenis sampah sampai tata cara pengelolaan nya. Salah satu upaya pengelolaan sampah yang bisa dilakukan oleh masyarakat adalah daur ulang sampah. Daur ulang sampah merupakan suatu kegiatan pengelolaan sampah dengan memanfaatkan sampah yang sudah tidak terpakai. contohnya membuat kursi dari ban bekas, membuat hiasan bunga dari gelas plastik, mengolah kain perca menjadi selimut, dan lain lain.

Pada masa sekarang ini aplikasi android berkembang sangat pesat dan banyak orang yang sudah menggunakan aplikasi ini. Berbagai macam aplikasi android dibuat mulai dari aplikasi android di bidang Kesehatan, belanja online, bisnis sampai aplikasi game berbasis android sudah banyak digunakan oleh masyarakat karena sangat praktis selain itu fungsionalitasnya juga memadai. Siring perkembangannya, aplikasi android juga bisa digunakan dalam hal memelihara lingkungan dengan berkontribusi untuk mengurangi sampah, caranya yaitu melalui pengembangan aplikasi yang mendeteksi jenis

I. PENDAHULUAN

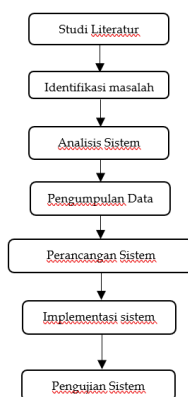
sampah anorganik yang dapat didaur ulang seperti sampah plastic, kertas, logam. Dan juga memberikan informasi mengenai produk kerajinan daur ulang sampah sehingga pengguna dapat melihat produk-produk kerajinan yang dapat dibuat sendiri dengan memanfaatkan sampah yang dapat didaur-ulang.

Salah satu cabang yang dapat diterapkan untuk pengembangan dalam proses deteksi jenis sampah adalah melalui deteksi objek. metode *SDD-MobileNetV2* merupakan salah satu metode *Deep learning* dari bagian *Machine learning*. Memaksimalkan pemrosesan *image detection*, dapat mengefisiensi proses deteksi sampah dalam tahap pemilahan sampah yang bisa disusun secara otomatis [1].

Berdasarkan pemaparan diatas maka, Penelitian ini akan membangun sistem deteksi yang berbasis android untuk mendeteksi jenis-jenis sampah anorganik menggunakan metode *SDD-MobileNetV2* dalam melakukan deteksi sampah. Hal ini dikarenakan Android merupakan salah satu sistem operasi yang banyak dipakai oleh masyarakat saat ini. Penggunaan *SDD-MobileNetV2* pada perangkat Android ini diharapkan dapat membantu dalam proses deteksi. Peneliti memilih *SDD-MobileNetV2* karena model ini dirancang dengan arsitektur yang ringan dan efisien, sehingga ideal untuk perangkat Android dengan sumber daya terbatas seperti smartphone dan tablet. Penelitian ini bertujuan agar masyarakat bisa efektif dalam mengelola sampah, dengan harapan bahwa aplikasi ini dapat membantu meningkatkan kebersihan lingkungan. Pada penelitian ini akan jelaskan mengenai tahapan pembuatan sistem deteksi jenis sampah menggunakan *SSD MobileNetV2*, kemudian sistem pengujian deteksi jenis sampah menggunakan *SSD MobileNetV2*, dan hasil pengujian deteksi jenis sampah menggunakan *SSD MobileNetV2*.

II. METODE PENELITIAN

Pada bab ini, menjelaskan tentang alur tahapan yang dilakukan peneliti selama proses penelitian berlangsung. Adapun alur tahapan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1 alur tahapan penelitian

A. Studi Literatur

Studi literatur untuk menemukan pokok masalah, mencari sumber-sumber yang berkaitan dengan penelitian, dan tinjauan pustaka yang menjadikan dasar untuk melakukan penelitian ini. Studi literatur penting untuk mencegah ada nya kesalahan yang terjadi ketika melakukan proses penelitian, karena ada banyak referensi yang sama dengan penelitian..

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, diketahui terdapat permasalahan dalam kondisi pengelolaan sampah yang belum maksimal. Sampah anorganik, sulit terurai dan berisiko pencemaran lingkungan tinggi, menghadirkan tantangan signifikan. Kurangnya pengetahuan masyarakat tentang cara mengelola sampah yang benar, dari pemilahan jenis sampah hingga tata cara pengelolaannya, menjadi penyebab utama permasalahan sampah. Proses pengelolaan sampah anorganik yang membutuhkan waktu panjang serta kurangnya kesadaran masyarakat terhadap daur ulang menyebabkan tingkat daur ulang yang rendah.

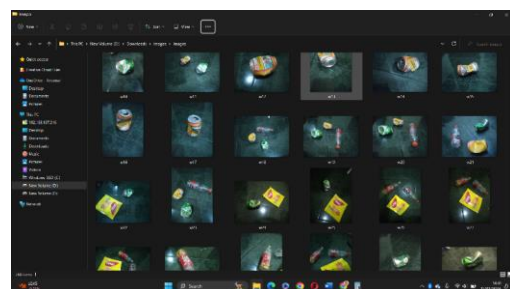
C. Analisis Sistem

Dalam mengembangkan dan membangun penelitian deteksi jenis sampah membutuhkan perangkat pendukung dalam proses pengembangan sistem. Dibagi menjadi 2 jenis yaitu perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). penulis menggunakan Hardware berupa Laptop dan Smartphone. Laptop yang digunakan adalah Laptop Lenovo IdeaPad 5 dengan spesifikasi processor Intel Core i5, RAM 8GB, dan SSD . Dalam penelitian ini, laptop digunakan sebagai alat untuk membangun aplikasi.

Penulis menggunakan Smartphone Oppo A7 dengan spesifikasi processor Qualcomm SDM 450 Octa core, RAM 4 GB, Memori Internal 64 GB, dan sistem operasi Android 8.1.0 (Oreo). Smartphone digunakan sebagai alat untuk menguji aplikasi karena hasil dari penelitian ini berupa aplikasi mobile. Untuk software yang digunakan dalam menjalankan model klasifikasi adalah menggunakan google colaboratory dan Tensorflow.

D. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini pengumpulan data mengambil dari dataset yang ada pada website Kaggle.com dan mengambil foto secara manual untuk deteksi sampah.



Gambar 2 Pengumpulan Data

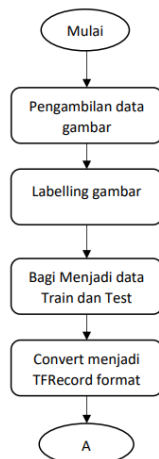
E. Perancangan Sistem

Perancangan system ini dibagi menjadi dua tahapan yang pertama adalah pengolahan data dan yang kedua adalah training model, dapat dilihat pada table 1

Tabel 1 Perancangan sistem

<u>Perancangan sistem</u>	
<u>Pengolahan data</u>	Training Model

Langkah-langkah pada tahapan pengolahan data dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3 Tahap pengolahan data

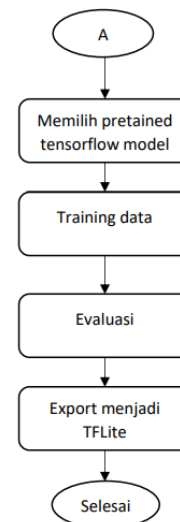
Berikut merupakan tahapan dalam pengolahan data :

- Pengambilan data gambar
Tahap pertama dalam pengerjaan deteksi jenis sampah dimulai dari pengambilan gambar dari dataset yang diambil dari website keaggle.com dan juga diambil secara mandiri
- Labelling gambar
Proses selanjutnya adalah melakukan pelabelan gambar/citra atau labeling. Labelling adalah proses untuk memberikan informasi mengenai objek di dalam gambar pada dataset yang diperoleh. Proses pelabelan objek dilakukan dengan mendefinisikan kotak pembatas (bounding box) dan menetapkan nama kelas atau label. Pada Penelitian jenis sampah dibagi ke dalam kelas kertas, kardus, plastic, logam, pakaian, gelas kaca.
- Membagi data
Dalam membangun model deteksi, dataset dibagi untuk menjadi 2 jenis dataset. Pembagian dataset menjadi training dataset, dan testing

dataset. Data training dan data validation akan digunakan dalam pembangunan model pada proses training model untuk mendapatkan data prediksi yang dapat dilakukan oleh model berdasarkan kategori deteksi. Data testing digunakan untuk menguji model pada proses deteksi objek dengan melihat hasil data prediksi model yang tersimpan atau data yang telah dipelajari oleh model. Terdapat 267 data yang akan di olah dan dibagi 80%:20%: ntuk data training, data data test

- Convert TFrecord

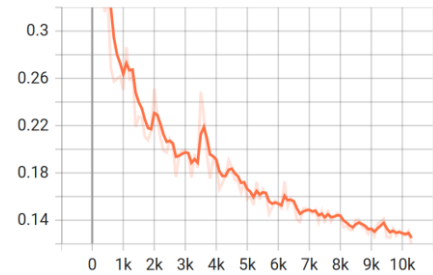
TFrecord dibuat setelah dilakukan pengolahan data. File gambar yang telah diberi label dan berformat .jpg akan diubah menjadi tfrecord sebelum dilakukan pelatihan data. Proses pengubahan .jpg ke tfrecord dilakukan di Google Colaboratory menggunakan program yang ditulis di notebook.



Gambar 4 Training model

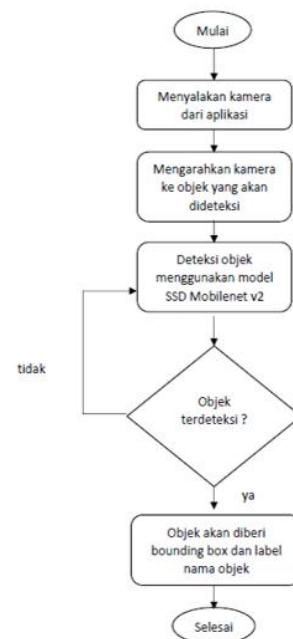
Gambar 4 menjelaskan mengenai tahapan untuk training model, tahapan tersebut menjelaskan bahwa Pelatihan data dilakukan dengan melatih kembali model pra terlatih pada dataset. Seluruh data training dilatih dengan bantuan Google Drive sebagai tempat penyimpanan dataset dan Google Colaboratory sebagai Virtual Machine selama proses pelatihan data. Proses pelatihan data melibatkan penggunaan file tfrecord yang akan digunakan. Seluruh data yang diperlukan akan disimpan

dalam file di dalam direktori drive. Untuk mengakses dataset, file-file tersebut diekstrak. Selanjutnya, file tfrecord diinput agar pelatihan dapat dilakukan. Proses pelatihan akan menggunakan fasilitas GPU yang tersedia di Google Colaboratory. Dalam penelitian ini, model pra-terlatih yang digunakan adalah model *SSD Mobilenet V2* yang terdapat dalam *TensorFlow Object Detection*. *SSD-Mobilenet v2* merupakan arsitektur model deteksi objek yang telah dirancang dan dilatih sebelumnya (*pretrained model*), dan itu menggabungkan konsep dari kedua algoritma tersebut. *SSD Mobilenet* menggabungkan dua komponen utama, yaitu *SSD* sebagai model dasar dan *Mobilenet* sebagai model jaringan. *SSD* bertanggung jawab dalam mendeteksi objek dengan membuat kotak ikatan (*Bonding Box*), sementara *Mobilenet* digunakan untuk mengekstraksi fitur yang akan digunakan dalam proses klasifikasi. Penggabungan *SSD* dan *Mobilenet* ini sangat berguna dalam pengembangan aplikasi deteksi objek. Dalam aplikasi deteksi objek, penggunaan *SSD* diperlukan untuk melokalisasi gambar dan menentukan posisi objek yang ada. Sedangkan *Mobilenet* digunakan untuk membantu dalam mengklasifikasikan objek-objek tersebut. Melalui proses klasifikasi, setiap objek akan diberikan kategori yang sesuai, seperti yang terlihat dalam kasus ini, yaitu kategori kamera. Setelah pemilihan model kemudian proses training menggunakan file image data training yang sudah dibagi dengan 10.300 step dan mendapatkan 0.11868857 loss. Setelah proses training selesai dilanjutkan dengan proses evaluasi. Pada tahap evaluasi model ini Pengujian dilakukan dengan menggunakan metrik evaluasi yaitu *precision*, *recall*, dan *F1-score*, yang dapat kita lihat pada gambar dibawah ini



Gambar 5 Total loss

F. Alur Kerja Sistem



Gambar 6 Alur kerja sistem

Pada gambar 6 menjelaskan mengenai alur kerja sistem deteksi pada tahap pertama adalah menyalakan kamera hp dari aplikasi kemudian mengarahkan kamera ke objek untuk memulai pendeteksian, jika objek tidak terdeteksi Kembali mengarahkan kamera ke objek yang akan dideteksi, jika objek terdeteksi maka akan diberikan bounding box dengan nama label objek yang terdeteksi.

G. Implementasi Sistem

Pada tahap ini model yang sudah di convert menjadi file .tflite akan diimplementasi pada perangkat android. Berikut merupakan rancangan user interface menggunakan teknik wireframing pada aplikasi deteksi sampah menggunakan model SSD MobileNetV2.



Gambar 7 Halaman deteksi

Gambar 7 menunjukkan *wireframe* halaman deteksi. Wireframe ini menggambarkan struktur dan elemen utama halaman. Hal ini mempermudah visualisasi tata letak sebelum tahap pengembangan dimulai.

H. Pengujian Sistem

Tahap selanjutnya yaitu pengujian sistem, setelah pengembangan sistem dan implementasi sistem selesai, dilakukan pengujian menggunakan metode *blackbox testing*. Format pengujian meliputi *test case*, skenario pengujian, hasil yang diharapkan dan kesimpulan dari pengujian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan proses pelatihan model, perlu adanya evaluasi performa menggunakan data test, berikut hasil evaluasi matrix pada model deteksi sampah sebagai berikut.

```
Accuracy: 0.96
Kelas 0:
Precision: 1.00
Recall: 1.00
F1-score: 1.00
Kelas 1:
Precision: 1.00
Recall: 1.00
F1-score: 1.00
Kelas 2:
Precision: 1.00
Recall: 0.92
F1-score: 0.96
Kelas 3:
Precision: 0.88
Recall: 1.00
F1-score: 0.89
Kelas 4:
Precision: 1.00
Recall: 0.89
F1-score: 0.94
Kelas 5:
Precision: 1.00
Recall: 1.00
F1-score: 1.00
Classification Report:
      precision    recall  f1-score   support

0         1.00      1.00      1.00         6
1         1.00      1.00      1.00         9
2         1.00      0.92      0.96        13
3         0.88      1.00      0.89         8
4         1.00      0.89      0.94         9
5         1.00      1.00      1.00         7

 accuracy         0.96
 macro avg         0.97
 weighted avg         0.97
```

Gambar 8 Evaluasi matrix

Pada gambar 8 dijelaskan mengenai *precision*, *recall*, *F1 score*. *precision* adalah metrik untuk mengukur berapa banyak kasus positif yang teridentifikasi benar-benar positif, sedangkan *recall* adalah metrik untuk mengukur berapa banyak kasus positif aktual yang teridentifikasi. *F1 score* adalah rata-rata dari presisi dan *recall*. Support adalah jumlah kasus aktual di setiap kelas. Pada gambar tersebut terdapat angka 0 sampai 5, angka tersebut menunjukkan kelas yaitu 0 = plastik, 1 = kertas, 2 = kardus, 3 = logam, 4 = kaca, 5 = pakaian, dalam pengujian model ini, terdapat 52 gambar yang digunakan untuk testing. Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa *presisi*, *recall*, dan *F1 score* sangat tinggi mendekati 1.00 atau 100% untuk hampir semua kelas, kecuali untuk beberapa kelas dengan sedikit kesalahan klasifikasi yaitu :

- 1 sample dari kelas 2 salah diklasifikasikan sebagai kelas 3.
- 1 sample dari kelas 4 salah diklasifikasikan sebagai kelas 3.

Model tersebut menunjukkan kinerja yang baik pada semua kelas dengan total akurasi yang adapat diuraikan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Jumlah Total Prediksi}}$$

Jumlah prediksi benar untuk semua kelas :

- Kelas 0 = 6
- Kelas 1 = 9
- Kelas 2 = 12
- Kelas 3 = 8
- Kelas 4 = 8
- Kelas 5 = 7

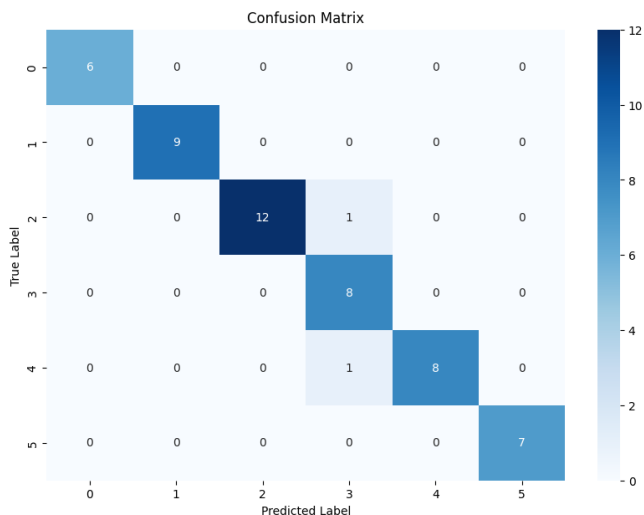
Jumlah total sample :

- Total = 6 + 9 + 12 + 8 + 8 + 7 = 52

Kemudian dimasukkan kedalam rumus diatas

$$\text{Akurasi} = \frac{6+9+12+8+8+7}{52} = \frac{50}{52} = 0.9615 \text{ atau } 96\%$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa model diatas memiliki akurasi sebesar 0.96 atau 96%, yang berarti bahwa 96% dari keseluruhan prediksi yang dibuat oleh model adalah benar. Selain itu peneliti juga memvisualisasikan confusion matrix, berikut visualisasinya.



Gambar 9 Convusion matrix

Penjelasan Pada gambar 9 bahwa baris dalam matriks merepresentasikan kelas sebenarnya, yaitu kelas yang sebenarnya dimiliki oleh data. Kolom dalam matriks merepresentasikan kelas prediksi, yaitu kelas yang diprediksi oleh model.

Evaluasi Model dilakukan untuk melihat keakuratan aplikasi deteksi sampah. Pada pengujian ini, dilakukan serangkaian pengujian dengan menggunakan berbagai asusi penggunaan, termasuk posisi sampah dan jarak antara objek dari kamera, variasi pencahayaan, pendeteksian sampah lebih dari satu, dan mendeteksi objek tersebut termasuk sampah atau tidak, pengujian dilakukan dengan menggunakan berbagai skenario sebagai berikut:

1. Hasil pengujian berdasarkan variasi cahaya dan jarak.

Tabel 2 hasil pengujian variasi cahaya

No	Pencahayaan	hasil
1.	Terang	Terdeteksi benar
2.	Sedikit cahaya	Terdeteksi benar
3.	Redup	Terdeteksi salah
4.	Gelap	Terdeteksi salah

Berdasarkan tabel 2 dapat diambil kesimpulan bahwa kinerja aplikasi terdeteksi benar ketika pencahayaan terang, dan terdeteksi salah ketika cahaya redup dan cahaya gelap. Ketika kondisi cahaya menjadi gelap dan redup, aplikasi mengalami keterbatasan dalam kinerjanya. Selain itu, rendahnya intensitas penerangan juga menghambat kemampuan aplikasi untuk mendeteksi objek dengan benar. Sensor atau kamera yang digunakan mungkin kesulitan untuk membedakan objek dari latar belakang, menyebabkan deteksi yang salah. Oleh karena itu, keberadaan pencahayaan yang memadai menjadi faktor

krusial untuk memastikan kinerja optimal dari aplikasi ini. Pada kondisi penerangan yang redup, terjadi kesalahan dalam deteksi objek dari berbagai jarak, demikian juga pada kondisi gelap. Dengan demikian, pencahayaan yang cukup merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan kinerja aplikasi dalam mendeteksi objek.

2. Hasil pengujian pendeteksian objek lebih dari satu dan jarak

Tabel 3 hasil pengujian objek lebih dari satu

No	Jumlah Objek	Jarak	hasil
1.	2 objek	30cm	Terdeteksi benar
2.	2 objek	50cm	Terdeteksi benar
3.	2 objek	80cm	Terdeteksi benar
4.	3 objek	30cm	Terdeteksi salah
5.	3 objek	50cm	Terdeteksi benar
6.	3 objek	80cm	Terdeteksi salah
7.	4 objek	30cm	Terdeteksi benar
8.	4 objek	50cm	Terdeteksi benar
9.	4 objek	80cm	Terdeteksi salah

Berdasarkan tabel 3 terlihat bahwa aplikasi memiliki kemampuan untuk mendeteksi lebih dari satu objek pada suatu waktu. Hasil dari pengamatan menunjukkan bahwa aplikasi mampu mendeteksi sebanyak 2 hingga 4 objek secara bersamaan. Namun, data tersebut juga menunjukkan bahwa aplikasi tidak berhasil mendeteksi 3 objek maupun 4 objek pada jarak 80cm.

3. Hasil pengujian apakah termasuk jenis sampah atau tidak.

Tabel 4 Hasil pengujian sampah dan bukan sampah

No	keterangan	hasil
1.	Di dalam Botol masih ada air minum	Terdeteksi salah (karena bukan sampah)
2.	Di dalam Botol terdapat air	Terdeteksi salah (karena bukan sampah)

	minum	
3.	Di dalam Botol terdapat detergen	Terdeteksi salah (karena bukan sampah)
4.	Di dalam botol terdapat air minum dan detergen	Terdeteksi salah (karena bukan sampah)

Pada Tabel 4 diatas dapat diambil kesimpulan bawa aplikasi memerlukan peningkatan untuk meningkatkan keakuratan dalam membedakan sampah dan non-sampah.

4. Hasil pengujian kesesuaian label dan objek.

Tabel 5 hasil kesesuaian label dan objek deteksi

No	keterangan	hasil
1.	Plastik	Benar
2.	Logam	Benar
3.	kaca	Benar
4.	Kertas	Benar
5.	Kardus	Benar
6.	Pakaian	Benar

Dari Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa deteksi dari keenam kelas tersebut mencapai kesesuaian yang tinggi dengan label yang diberikan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem deteksi mampu memberikan label yang akurat untuk objek-objek dalam enam kategori tersebut.

Setelah pengujian pada model deteksi, setelah itu akan berlanjut pada pengujian system aplikasi yang akan diuji menggunakan metode black-box, yang berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. Pengguna menjalankan berbagai skenario untuk memastikan bahwa aplikasi berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, berikut sekenario dan hasil pengujian :

Tabel 6 Pengujian aplikasi android

No	Test Case	Skenario Pengujian Aplikasi	Hasil yang diharapkan	Hasil pengujian
1.	Membuka halaman dashboard	a. Membuka aplikasi b. Menampilk an splash screen c. Masuk ke halaman dashboard	a. Berhasil membuka aplikasi b. Berhasil menampilk an splash screen c. Berhasil	[v] berhasil

			masuk ke halaman dashboard	
2.	Deteksi gambar	a. Masuk ke halaman deteksi gambar b. Dapat menggunakan kamera untuk deteksi c. Lakukan deteksi gambar d. Hasil deteksi	a. Berhasil masuk kehalaman dateksi gambar b. Berhasil menggunakan kamera untuk deteksi c. Berhasil mendeteksi gambar d. Berhasil melihat hasil deteksi	[v] berhasil
3.	Melihat detail produk sampah	a. Masuk ke halaman dashboard b. Memilih jenis produk sampah c. Menampilk an list jenis produk sampah d. Memilih list produk e. Melihat detail produk kerajinan daur ulang sampah f. Dapat mencari produk dengan fitur search	a. Berhasil masuk ke halaman dashboard b. Berhasil memilih produk sampah c. Berhasil menampilkan list produk sampah d. Berhasil memilih list produk e. Berhasil melihat detail produk kerajinan daur ulang sampah f. Berhasil mencari produk menggunakan fitur search	[v] berhasil
4.	Mengubah teman aplikasi	a. Masuk ke menu setting b. Menekan toggle ganti tema c. Melihat perubahan tema	a. Berhasil masuk ke menu setting b. Berhasil menekan toggle ganti tema c. Berhasil mengubah	[v] berhasil

			tema	
5.	Melihat tentang aplikasi	a. Masuk ke halaman setting b. Menekan tombol navigasi pindah ke halaman tentang aplikasi	a. Berhasil masuk ke halaman setting b. Berhasil masuk halaman dan melihat tentang aplikasi	[v] berhasil

Berdasarkan tabel 6 pengujian aplikasi android, dapat dilakukan perhitungan menggunakan metode black-box yaitu:

$$\frac{\sum x}{n} \times 100\% \dots (1)$$

$$\frac{\sum y}{n} \times 100\% \dots (2)$$

Keterangan :

n = Jumlah semua fungsi yang ada

$\sum x$ = Jumlah fungsi yang berjalan dengan baik

$\sum y$ = Jumlah fungsi yang tidak berjalan

Diketahui :

$n = 5$,

$\sum x = 5$,

$\sum y = 0$

jika dimasukkan dalam rumus maka :

$$\frac{\sum x}{n} \times 100\% = \frac{5}{5} \times 100\% = 100\%$$

$$\frac{\sum y}{n} \times 100\% = \frac{0}{5} \times 100\% = 0\%$$

Setelah mengetahui hasil penelitian yang menjelaskan mengenai tahapan pengembangan model deteksi yang dimulai dari labeling dataset kemudian membagi data menjadi data tes dan data training kemudian input model setelah itu proses training dataset, setelah proses training selesai peneliti melakukan evaluasi metrix pada model untuk mengetahui akurasi, recall, precision dan f1-score. Hasil dari

evaluasi metrix tersebut dalam pengujian model ini, terdapat 52 gambar yang digunakan untuk testing. Berdasarkan gambar 3.7 matrix evaluasi menunjukkan kinerja yang baik di semua kelas gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa presisi, recall, dan F1 score sangat tinggi mendekati 1.00 atau 100% untuk hampir semua kelas, kecuali untuk beberapa kelas dengan sedikit kesalahan klasifikasi yaitu 1 sample dari kelas 2 salah diklasifikasikan sebagai kelas 3, dan 1 sample dari kelas 4 salah diklasifikasikan sebagai kelas 3. Setelah melakukan serangkaian pengujian dari 4 senario yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan dari ke-4 senario tersebut bahwa aplikasi deteksi sampah dapat mendeteksi jenis sampah dengan baik dan benar. Model akan mencoba mengenali pola-pola visual yang berkaitan dengan objek sampah dari dataset yang mencakup gambar sampah plastik, kertas, kardus, logam, pakaian, dan kaca.

Aplikasi deteksi sampah dapat memberikan hasil prediksi yang tinggi, rendah, maupun salah, hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, insensitas pencahayaan, banyaknya objek yang dideteksi dalam satu gambar, jarak antara kamera dan objek. Akan tetapi, faktor intensitas cahaya memiliki pengaruh yang dominan dalam melakukan kesalahan prediksi, pada kondisi intensitas pencahayaan yang gelap dalam berbagai jarak objek sampah tidak terdeteksi. Hal tersebut juga terjadi pada saat intensitas pencahayaan redup, pada kondisi pencahayaan redup model tidak bisa mendeteksi objek sampah dengan benar. Di sisi lain, deteksi mencapai tingkat optimal saat kondisi pencahayaan terang. Dalam lingkungan dengan pencahayaan yang memadai, kinerja model deteksi menjadi lebih baik karena kemampuannya untuk menangkap detail-detail objek dengan lebih jelas. Dalam jarak 30cm 50 cm 80cm ketika pencahayaan terang maka model bekerja secara optimal.



Gambar 10 deteksi dengan kondisi cahaya terang dan jarak 50 cm

Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan memiliki dampak yang signifikan terhadap efektivitas deteksi sampah Pengujian untuk membedakan objek sampah atau

bukan sampah juga memiliki pengaruh yang signifikan dalam melakukan prediksi. Pada saat model mendeteksi botol plastik yang masih terdapat air minum didalamnya, objek tersebut terdeteksi sampah plastik, seharusnya objek tidak terdeteksi sebagai sampah karena masih terdapat air didalam botol plastik tersebut. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model deteksi memiliki keterbatasan dalam membedakan antara objek yang merupakan sampah dan objek bukan sampah. Meskipun telah dilakukan pelatihan dengan data yang beragam, model masih belum dapat secara akurat mengidentifikasi jenis-jenis sampah. Hal ini menandakan perlunya peningkatan dalam pengembangan model, mungkin dengan menambahkan lebih banyak dataset atau menggunakan pendekatan yang lebih canggih dalam algoritma deteksi objek.



Gambar 11 deteksi dengan objek sampah dan bukan sampah

selanjutnya dilakukan tahap pengujian fungsionalitas aplikasi android. Pengujian fungsionalitas aplikasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah aplikasi dapat berjalan dengan baik, dan mencari tahu apakah terdapat kesalahan (error) pada aplikasi atau tidak. Pada tahap ini pengujian dilakukan menggunakan metode black-box. Pengujian dilakukan dengan membuat test case dan mengujinya secara langsung pada device android. Setelah didapatkan hasil pengujian dan mengetahui berapa fungsi yang berjalan dengan baik, dan berapa fungsi yang tidak berjalan, dilakukan perhitungan menggunakan metode black-box untuk mengetahui hasil akhir dari hasil pengujian aplikasi. Dari hasil perhitungan didapatkan pada sub bab E dapat diambil kesimpulan bahwa fungsi yang berjalan dengan baik memiliki persentase sebesar 100% sedangkan fungsi yang gagal memiliki persentase sebesar 0%. Yang berarti semua fungsi telah berjalan dengan baik, dan tidak ada fungsi yang tidak berjalan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan sistem deteksi sampah berbasis Android menggunakan *Single Shot Multibox Detector (SSD)* dengan *arsitektur MobileNetV2* terdapat beberapa tahapan penting yang dilakukan meliputi pengumpulan dan labeling dataset, pembagian data menjadi data latih dan data uji, serta proses pelatihan model. Dataset yang digunakan mencakup gambar-gambar berbagai jenis sampah seperti plastik, kertas, kardus, logam, pakaian, dan kaca. Setelah dataset siap, model dilatih menggunakan *SSD MobileNetV2* untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan objek sampah. Setelah model dilatih, sistem diintegrasikan ke dalam aplikasi Android, menggunakan format *.flite* sehingga dapat mendeteksi sampah secara real-time melalui kamera perangkat android.
2. Pengujian sistem deteksi sampah dilakukan dengan membuat *test case* yang mencakup berbagai skenario penggunaan, seperti kondisi variasi pencahayaan, pendeteksian jumlah objek lebih dari satu, pengujian apakah objek yang diuji termasuk sampah atau bukan, dan pengujian kesesuaian label dan objek yang dideteksi. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat mendeteksi jenis sampah dengan akurasi tinggi dan mengidentifikasi potensi kesalahan deteksi. Hasil tes berdasarkan variasi pencahayaan tersebut menunjukkan keberhasilan pada variasi pencahayaan terang dan sedikit cahaya, dan kegagalan pada pencahayaan yang redup dan gelap. Hasil tes variasi jarak dan jumlah objek menunjukkan ketika dites dengan jarak 30 cm, 50 cm, dan 80 cm. Model berhasil mendeteksi 2 objek dengan benar pada semua jarak yang diuji. Model juga berhasil mendeteksi 3 objek dengan benar pada jarak 30 cm dan 50 cm, namun gagal mendeteksi dengan benar pada jarak 80 cm. Model dapat mendeteksi 4 objek dengan benar pada jarak 30 cm dan 50 cm, namun gagal mendeteksi dengan benar pada jarak 80 cm.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model *SSD MobileNetV2* yang telah dilatih mampu mendeteksi objek sampah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Percobaan dilakukan menggunakan 52 gambar yang dites menggunakan model *SSD MobileNetV2* menghasilkan akurasi sebesar 96%. Berdasarkan matrix evaluasi menunjukkan kinerja yang baik di semua kelas gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa *presision*, *recall*, dan *F1 score*. Berikut evaluasi matrix dari semua kelas antara lain: kelas 0 (plastik) *presision* 100%, *recall* 100% dan *F1 score* 100%. Kelas 1 (kertas) mendapatkan *presision* 100%, *recall*

100%, *F1 score* 100%. Kelas 2 (kardus) mendapatkan *presision* 100%, *recall* 92%, *F1 score* 96%, nilai *recall* dan *F1 score* tidak sempurna disebabkan karena terdapat 1 sample dari kelas 2 yang diklasifikasikan sebagai kelas 3 sehingga mempengaruhi perhitungan. Kelas 3 (logam) mendapatkan *presision* 80% , *recall* 100%, *F1 score* 89%, nilai *presision* dan *F1 score* tidak sempurna hal ini disebabkan karena terdapat sample dari kelas 2 dan kelas 4 diklasifikasikan sebagai kelas 3. Kelas 4 (kaca) mendapatkan *presision* 100 % , *recall* 89%, *F1 score* 94%, nilai *recall* dan *F1 score* tidak sempurna karena 1 sample dari kelas 4 diklasifikasikan sebagai kelas 3. Kelas 5 (pakaian) mendapatkan *presisi* 100%, *recall* 100%, *F1 score* 100%. Hasil tersebut sangat tinggi mendekati 1.00 atau 100% untuk hampir semua kelas, kecuali untuk beberapa kelas dengan sedikit kesalahan klasifikasi yaitu 1 sample dari kelas 2 (kardus) salah diklasifikasikan sebagai kelas 3 (logam), dan 1 sample dari kelas 4 (kaca) salah diklasifikasikan sebagai kelas 3 (logam). Hal tersebut dikarenakan kardus dan logam memiliki beberapa kesamaan fitur visual dalam gambar, seperti pola atau tekstur tertentu yang menyebabkan model mengalami kebingungan dalam mengklasifikasikan antara keduanya, kemudian Kaca dan logam mungkin memiliki reflektansi atau pantulan cahaya yang mirip dalam gambar, yang dapat menyebabkan kesalahan dalam deteksi.

Pada aplikasi deteksi sampah masih terdapat banyak kesalahan yang perlu untuk dibenahi karena terdapat keterbatasan dalam beberapa hal. Berikut merupakan beberapa saran yang bisa dijadikan sebagai inspirasi penelitian selanjutnya :

1. Meningkatkan jumlah dan keragaman data latih dapat membantu model mengenali dengan lebih baik perbedaan antara objek yang merupakan sampah dan yang bukan.
2. Untuk meningkatkan akurasi deteksi, disarankan untuk memperbaiki sensitivitas aplikasi terhadap berbagai kondisi pencahayaan
3. Melakukan pengujian tambahan dengan skenario yang lebih bervariasi dapat membantu mengidentifikasi dan memperbaiki kelemahan yang belum terdeteksi dalam pengujian sebelumnya. Hal ini termasuk pengujian di berbagai lingkungan dan kondisi penggunaan yang berbeda.

REFERENSI

- [1] Sidka Lisana A. Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Image Classification Convolutional Neural Network. 2023

- [2] Elektro, J. T., Informatika, D., Sains, F., & Teknologi, D. (2024). Rancang Bangun Aplikasi Mobile Rekomendasi Produk Olahan Sampah (Re:Pros) Berbasis Android Muhamad Syahirul Cipta Alim F1e119059 Program Studi Sistem Informasi..
- [3] Kahfi Ash Shiddiq, A., Dzikrullah Syahputra, T., & Islam Negeri Alauddin Makassar, U. (t.t.). Deteksi Penyakit pada Tanaman Padi Menggunakan MobileNet Transfer Learning Berbasis Android. 2(2), 2022.
- [4] Miftahuddin, Y., & Zaelani, F. (2022). Perbandingan Metode Efficientnet-B3 dan Mobilenet-V2 Untuk Identifikasi Jenis Buah-buahan Menggunakan Fitur Daun. Dalam Fiqry Zaelani S Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan (Vol. 9, Nomor 1).
- [5] Sains Riset, J., & Annisa Rizki, P. (2023). Daur Ulang Sampah Menjadi Barang Yang Bernilai Ekonomis Di Kalangan Masyarakat. Jurnal Sains Riset |, 13(1), 83. <https://doi.org/10.47647/jsr.v10i12>
- [6] Marpaung, F., Khairina, N., & Muliono, R. (2024). Klasifikasi Daun Teh Siap Panen Menggunakan Convolutional Neural Network Arsitektur Mobilenetv2 (Vol. 18, Nomor 1). <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoinfo/index>
- [7] Dharmaputra, A., Cahyanti, M., Septian, M. R. D., & Swedia, E. R. (2021). Aplikasi Face Mask Detection Menggunakan Neural Network Mobilenetv2 Berbasis Android. Sebatik, 25(2), 382–389. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v25i2.1503>
- [8] Mardiah Batubara, U., Hanif, I., Fadhilah Ilyas, N., Pransiska Putri, P., Putri, R., Amini Hasibuan, N., Sabina, B., Nanda Sari, B., Maulana, F., & Maulana, R. (t.t.). Volume 4 Nomor 2 (2022) ISSN Online: 2716-4225 Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Kerajinan Tangan Ramah Lingkungan di Desa Kampar.