

Deteksi Jenis Sampah Plastik Berbasis Mobile Menggunakan Model Transfer Learning

¹Yanuar Ginting, ²Kusdarnowo Hantoro, ³Ajif Yunizar Pratama Yusuf
^{1,2,3}Informatika, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi

E-mail: ¹yanuarginting@gmail.com, ²kusdarnowo@dsn.ubharajaya.ac.id,
³ajif.yunizar@dsn.ubharajaya.ac.id

ABSTRAK

Penanganan sampah plastik di Indonesia telah menjadi fokus utama dalam upaya menjaga lingkungan yang berkelanjutan. Meskipun telah ada langkah-langkah untuk mengatasi masalah ini, tantangan yang dihadapi tetap besar. Kurangnya literasi masyarakat dalam mengenali jenis sampah plastik menjadi salah satu hambatan utama, yang menyebabkan sebagian besar sampah plastik berakhir di tempat pembuangan sampah yang tidak terkontrol. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melalui Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) menunjukkan bahwa limbah plastik masih stagnan sekitar 16-18% dalam lima tahun terakhir. Hal ini memperlihatkan bahwa masalah sampah plastik belum mengalami penurunan yang signifikan. Di samping itu, rendahnya kesadaran masyarakat mengenai dampak negatif penggunaan plastik sekali pakai juga menjadi permasalahan serius. Ketergantungan pada plastik sekali pakai, seperti kantong plastik, gelas, dan botol minuman masih tinggi di Indonesia. Untuk mengatasi masalah ini, telah dilakukan upaya implementasi teknologi *image classification* menggunakan model *transfer learning*. Dalam konteks ini, metode pengembangan aplikasi menggunakan pendekatan *Waterfall*. *Transfer learning* memanfaatkan model *MobileNet* yang telah dilatih sebelumnya pada dataset jenis sampah plastik menghasilkan akurasi sebesar 98% untuk data *training* dan 98% untuk data *validation*. Teknologi ini diharapkan dapat membantu dalam mengenali dan mengklasifikasikan jenis sampah plastik, serta mendukung sistem pengelolaan sampah yang lebih baik, termasuk dalam pemilahan, daur ulang, dan pengolahan limbah plastik. Dengan demikian, upaya ini dapat menjadi langkah penting dalam mengurangi dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan di Indonesia.

Kata kunci : *Sampah Plastik, Image Classification, Transfer Learning, MobileNet, Waterfall*

ABSTRACT

Handling plastic waste in Indonesia has become a major focus in the effort to maintain a sustainable environment. Although there have been measures to address this issue, the challenges remain great. The lack of public literacy in recognizing the types of plastic waste is one of the main obstacles, which causes most plastic waste to end up in uncontrolled landfills. Data from the Ministry of Environment and Forestry (KLHK) through the National Waste Management Information System (SIPSN) shows that plastic waste has remained stagnant at around 16-18% in the last five years. This shows that the plastic waste problem has not decreased significantly. In addition, low public awareness about the negative impacts of single-use plastics is also a serious problem. Dependence on single-use plastics, such as plastic bags, cups, and beverage bottles is still high in Indonesia. To overcome this problem, efforts have been made to implement image

classification technology using a transfer learning model. In this context, the application development method uses the Waterfall approach. Transfer learning utilizes the MobileNet model that has been pre-trained on a dataset of plastic waste types resulting in an accuracy of 98% for training data and 98% for validation data. This technology is expected to help in recognizing and classifying plastic waste types, as well as supporting a better waste management system, including in sorting, recycling, and processing plastic waste. Thus, this effort can be an important step in reducing the negative impact of plastic waste on the environment in Indonesia.

Keyword : *Plastic Waste, Image Classification, Transfer Learning, MobileNet, Waterfall*

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik telah menjadi masalah lingkungan yang signifikan di Indonesia, dengan jumlah yang sangat tinggi dihasilkan setiap tahunnya. Berdasarkan informasi dari (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2024) melalui situs web resmi Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), limbah plastik tidak mengalami penurunan yang signifikan dan stagnan sekitar 16-18% dalam lima tahun terakhir. Ini perlu ditindaklanjuti mengingat limbah plastik sangat sulit terurai dan perlu didaur ulang secara terorganisir.

Tantangan terbesar dalam mengelola sampah plastik di Indonesia adalah kurangnya literasi masyarakat mengenai jenis sampah plastik. Hal ini menyebabkan sebagian besar sampah plastik berakhir di tempat pembuangan sampah yang tidak terkontrol, berdampak negatif pada lingkungan, khususnya perairan dan kehidupan laut. Banyak sampah plastik mencemari sungai-sungai dan akhirnya mencapai laut, menyebabkan kerusakan ekosistem laut serta kematian hewan-hewan laut akibat terperangkap atau menelan sampah plastik.

Rendahnya kesadaran masyarakat mengenai pentingnya mengurangi penggunaan plastik sekali pakai dan membuang sampah plastik dengan benar juga menjadi faktor penyumbang masalah ini. Banyak orang masih kurang memahami dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dibutuhkan upaya yang lebih

besar dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, mendaur ulang, dan membuang sampah plastik dengan benar.

Selain itu, ketergantungan yang tinggi pada plastik sekali pakai seperti kantong plastik, gelas, dan botol minuman masih sangat umum di Indonesia. Meskipun beberapa daerah telah melarang penggunaan kantong plastik, tantangan besar tetap ada untuk mengubah kebiasaan dan menciptakan solusi yang berkelanjutan dalam mengelola sampah plastik.

Untuk mengatasi masalah sampah plastik, telah diimplementasikan solusi dengan memanfaatkan teknologi *image classification* menggunakan *transfer learning*. *Image classification* digunakan untuk mengenali jenis sampah plastik dari gambar yang diberikan. *Transfer learning* memungkinkan pengetahuan dari model yang dilatih pada dataset gambar yang luas untuk diaplikasikan pada dataset klasifikasi sampah plastik yang lebih kecil. Model dapat belajar dari fitur umum dataset besar dan diterapkan pada klasifikasi sampah plastik, mendukung sistem pengelolaan sampah yang lebih baik, termasuk pemilahan, daur ulang, dan pengolahan limbah plastik.

Dalam konteks teknologi ini, penelitian oleh (Hadiprakoso & Qomariasih, 2022), (Putra et al., 2023), (Butar-Butar & Marpaung, 2023), dan (Saputra et al., 2023) menunjukkan bahwa arsitektur *transfer learning MobileNetV2* mencapai akurasi berkisar antara 96-98,3% pada data *training* dan 96-98,7%

pada data *validation* dalam studi kasus deteksi masker wajah, penyakit dan hama padi, daun tanaman obat, dan mutu kemasan. Penelitian oleh (Ajrana et al., 2022) membandingkan beberapa arsitektur *transfer learning* seperti *VGG16*, *DenseNet121*, dan *NASNetMobile*, menyimpulkan bahwa *VGG16* memiliki performa baik dalam klasifikasi penyakit kanker kulit dengan akurasi 98% untuk data *training* dan 96% untuk data *validation*. Hal ini juga diikuti oleh penelitian (Sutanty et al., 2023) yang menggunakan arsitektur *transfer learning VGG16*, didapatkan akurasi sebesar 82.89% pada data pelatihan dan akurasi sebesar 84.62% pada data validasi. Penelitian lainnya oleh (Kurniawan et al., 2023) menggunakan arsitektur *transfer learning Xception* menghasilkan akurasi sebesar 87,81%. Selain itu, penelitian oleh (Roestam et al., 2022) menggunakan *YOLOv3* untuk studi kasus deteksi masker secara *real-time* menghasilkan akurasi sebesar 97.68% pada data *training* dan 95% pada data *testing*.

Dengan menggunakan teknologi ini, diharapkan dapat memberikan solusi efektif dalam mengenali dan mengklasifikasikan sampah plastik, mendukung upaya mengurangi dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan di Indonesia.

2. LANDASAN TEORI

Pada bab ini dijelaskan mengenai semua teori yang digunakan untuk membuat aplikasi deteksi jenis sampah plastik, mulai dari algoritma, metode pengembangan aplikasi, serta tinjauan studi lainnya.

2.1 Jenis Sampah Plastik

Berdasarkan jenisnya (Widiyatmoko et al., 2015), sampah plastik dibagi menjadi beberapa jenis antara lain:

2.1.1 PET (*Polyethylene Terephthalate*)

PET adalah jenis *resin polyester* yang kuat, ringan, dan mudah dibentuk saat dipanaskan, dengan kepekatan 1.35 – 1.38 gram/cc dan rumus molekul $(C_{10}H_8O_4)_n$. *PET* digunakan dalam produk seperti botol air, botol soda, kemasan makanan, dan cangkir kopi. *PET* bisa transparan atau berwarna tergantung bahan aditifnya. *PET* sering diolah menjadi kerajinan seperti bunga dari botol plastik dan dapat didaur ulang menjadi bijih plastik untuk penggunaan lain.

2.1.2 HDPE (*High-Density Polyethylene*)

HDPE adalah plastik yang terbuat dari *polimer etilena* dengan bahan aditif lainnya, memiliki karakteristik kuat, kaku, dan tahan lama. Dibuat melalui proses peniupan dengan tekanan dan suhu tinggi, *HDPE* memiliki rumus molekul $(C_2H_4)_n$ dan tahan terhadap air, asam, basa, dan pelarut lainnya. *HDPE* ditemukan dalam keranjang plastik, pipa, mainan, botol susu, detergen, obat, oli, sampo, jus, sabun cair, kemasan kopi, dan botol sabun bayi. Plastik *HDPE* dapat didaur ulang menjadi minyak mentah atau bijih plastik kembali.

2.1.3 PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC adalah plastik yang sulit didaur ulang karena prosesnya rumit dan mahal. Rumus molekulnya adalah $(C_2H_3Cl)_n$, menunjukkan adanya klorin dalam strukturnya. *PVC* ditemukan dalam produk seperti plastik pembungkus, tanda lalu lintas, botol minyak goreng, kabel listrik, mainan, botol sampo, pipa air, dan kemasan makanan cepat saji. Reaksi *PVC* dengan makanan dapat berbahaya bagi kesehatan, merusak ginjal, hati, dan berat badan, serta pembakarannya menghasilkan gas beracun. Oleh karena itu, *PVC* tidak disarankan untuk menyiapkan atau menyimpan makanan. Namun, *PVC* masih dapat didaur ulang menjadi produk seperti mudflaps, panel, dan tikar melalui proses daur ulang yang tepat.

2.1.4 LDPE (Low-Density Polyethylene)

LDPE adalah plastik yang mudah dibentuk saat dipanaskan, dibuat dari minyak bumi atau etilen, dengan rumus molekul $(-CH_2-CH_2-)_n$. *LDPE* dikenal fleksibel, lembut, dan tidak reaktif terhadap zat kimia, cocok untuk produk yang memerlukan fleksibilitas seperti tempat makanan, plastik kemasan, mainan, dan wadah penyimpanan. Namun, *LDPE* tidak cocok untuk produk yang memerlukan kekuatan struktural seperti mebel. Sifatnya termasuk fleksibel, transparan, dan sedikit berminyak. *LDPE* tidak tahan terhadap reaksi kimia pada suhu 60°C dan tidak disarankan untuk kontak langsung dengan makanan panas karena risiko migrasi bahan kimia. Meskipun sulit dihancurkan, *LDPE* dapat didaur ulang melalui metode daur ulang mekanis dan kimia.

2.1.5 PP (Polypropylene)

PP adalah plastik yang sering ditemukan dalam botol transparan tidak jernih, dikenal karena sifatnya yang kuat, ringan, dan stabil pada suhu tinggi, dengan daya tembus uap rendah. Rumus molekulnya adalah $(C_3H_6)_n$. *PP* digunakan dalam produk seperti tempat makanan dan minuman, tutup botol obat, tube margarin, sedotan, mainan, tali, pakaian, dan berbagai botol. *PP* dapat didaur ulang menjadi produk seperti garpu, sapu, dan nampan. Meskipun cocok untuk aplikasi makanan dan minuman, *PP* memerlukan pengujian dan persetujuan regulator untuk memastikan kesesuaiannya.

2.1.6 PS (Polystyrene)

PS adalah plastik dari polimer aromatik yang dapat melepaskan *styrene* saat kontak dengan makanan, digunakan dalam styrofoam, wadah minuman sekali pakai, dan produk lainnya. Rumus molekulnya adalah $(C_8H_8)_n$. *Styrene* juga ditemukan dalam asap rokok, kendaraan, dan bahan konstruksi. Penggunaan *PS* sebaiknya dihindari karena berpotensi

merusak kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen, dan berdampak pada sistem reproduksi dan saraf. *PS* sulit didaur ulang dan mengandung benzena, yang dapat menyebabkan kanker, sehingga tidak boleh dibakar. *PS* dapat diidentifikasi dengan api kuning-jingga dan jelaga saat dibakar. *PS* bisa didaur ulang menjadi isolasi, kemasan, dan produk lainnya.

2.1.7 Other

Kategori plastik *Other* mencakup *SAN* (*styrene-acrylonitrile*), *ABS* (*acrylonitrile butadiene styrene*), *PC* (*polycarbonate*), dan *Nylon*. Plastik ini digunakan dalam produk sehari-hari seperti botol minum olahraga, suku cadang mobil, peralatan rumah tangga, komputer, alat elektronik, dan kemasan plastik. *SAN* dan *ABS* tahan terhadap reaksi kimia dan suhu, serta kuat dan kaku, sehingga digunakan untuk mangkuk mixer, termos, piring, alat makan, penyaring kopi, dan sikat gigi. *ABS* juga digunakan untuk mainan Lego. *PC*, yang kuat dan tahan lama, cocok untuk kemasan makanan dan minuman, seperti botol susu bayi dan gelas anak.

2.2 Image Classification

Image classification (Kang et al., 2019) adalah bidang *machine learning* yang mampu mengidentifikasi jenis objek berdasarkan gambar. Terdapat dua tipe dalam *image classification* yaitu *binary* (dua kelas) dan *multiclass* (lebih dari dua kelas).

2.3 Object Detection

Object detection (Padilla et al., 2020) adalah bidang *machine learning* yang memungkinkan komputer untuk mendeteksi dan mengidentifikasi objek dalam gambar atau video. Dengan teknik ini, komputer dapat secara otomatis menentukan letak dan kelas objek, mirip dengan kemampuan visual manusia. Terdapat dua tipe utama dalam *object detection* yaitu *one stage detector* dan *two stage detector*.

2.4 Neural Network

Neural network adalah pendekatan komputasi yang meniru kerja jaringan syaraf manusia (Wiliani et al., 2019). Jaringan syaraf tiruan menggunakan perhitungan non-linier yang disebut neuron, yang terhubung satu sama lain. Setiap neuron menerima input dari neuron lain, memprosesnya, dan mengirimkan output ke neuron berikutnya untuk diproses lebih lanjut.

2.5 Transfer Learning

Transfer learning adalah pendekatan pembelajaran mesin yang memanfaatkan pengetahuan dari satu tugas atau domain untuk membantu memecahkan tugas atau domain lain. Menurut (Goodfellow et al., 2016), model *transfer learning* menggunakan representasi yang dipelajari dari satu tugas untuk membantu tugas lain. Model yang telah dilatih dengan dataset besar dapat digunakan sebagai dasar untuk mempelajari tugas baru dengan dataset yang lebih kecil atau berbeda. *Transfer learning* mempercepat pelatihan, meningkatkan kinerja, dan mengurangi kebutuhan data pelatihan yang besar.

2.6 Waterfall

Waterfall (Wijaya & Astuti, 2019) adalah metode pengembangan aplikasi yang bergerak secara sistematis dari kebutuhan sistem ke desain, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Tahap-tahap dalam metode ini harus menunggu selesai sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

3. METODOLOGI

Metode pengembangan aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *waterfall*. Sedangkan untuk algoritma yang digunakan untuk penelitian ini adalah *neural network* dengan arsitektur *transfer learning MobileNet*. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan

menggunakan teknik *web scraping* melalui situs gambar. Terdapat total 2100 gambar yang digunakan dan terdiri dari 7 kategori yang mencakup *PET*, *HDPE*, *PVC*, *LDPE*, *PP*, *PS*, dan *Other*.

Tabel 1. Kelas Dan Objek Jenis Sampah Plastik

Kelas	Objek
<i>PET</i>	Botol Plastik
<i>HDPE</i>	Botol Sampo
<i>PVC</i>	Pipa
<i>LDPE</i>	Kantong Plastik
<i>PP</i>	Sedotan Plastik
<i>PS</i>	Styrofoam
<i>Other</i>	CD/DVD

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan dan Preprocessing Data

Dalam penelitian ini, data gambar dikumpulkan menggunakan teknik *web scraping* dari situs gambar. Terdapat 2100 gambar yang terdiri dari 7 kategori sampah plastik yaitu *PET*, *HDPE*, *PVC*, *LDPE*, *PP*, *PS*, dan *Other*. Semua gambar itu akan disimpan dalam 1 folder lalu dikelompokkan ke dalam *subfolder* sesuai kategorinya untuk pelabelan data. Setelah itu, dilakukan *preprocessing* data yang mencakup pembersihan data seperti memastikan format gambar sesuai dengan kebutuhan, penyeragaman ukuran gambar menjadi **224 x 224 piksel**, serta augmentasi gambar untuk meningkatkan variasi dan akurasi model.

4.2 Skenario Data Training dan Validation

Dataset yang telah dikelompokkan dalam folder dan *subfolder* akan dilakukan proses analisis yang terbagi menjadi data *training* dan *validation*. Dalam penelitian ini, pembagian data akan dilakukan dalam tiga skenario dengan pembagian sebagai berikut:

Tabel 2. Skenario Dataset

Skenario Dataset	Data Training	Data Validation
70% : 30%	1470	630
80% : 20%	1680	420

90% : 10%	1890	210
-----------	------	-----

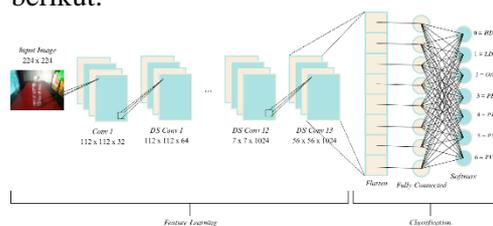
4.3 Pembuatan Model dan Perbandingan Model

Tahap pembuatan model dalam penelitian ini bertujuan menghasilkan model optimal untuk klasifikasi jenis sampah plastik, dengan menguji berbagai parameter seperti *batch size* dan skenario dataset. Model *transfer learning* yang digunakan telah dilatih pada dataset besar, sehingga penelitian hanya fokus pada optimalisasi parameter lain tanpa mengubah nilai *epoch*. Perbandingan dilakukan menggunakan *batch size* 16, 32, dan 64 pada tiga skenario dataset berbeda. Melalui hasil *training* yang telah dilakukan, diperoleh perbandingan nilai *accuracy* dan *loss* untuk setiap kombinasi parameter sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perbandingan Nilai *Batch Size* dan Skenario Dataset

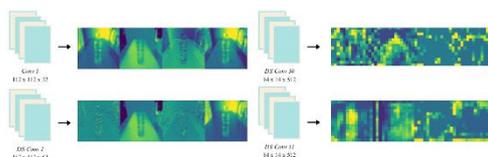
Skenario Dataset	Batch Size	Train		Val		Time
		Loss	Acc	Loss	Acc	
70% : 30%	16	0.1574	0.9578	0.1937	0.9540	15 min 13s
	32	0.2076	0.9156	0.2903	0.9365	16 min 28s
	64	0.1440	0.9483	0.1306	0.9635	17 min 33s
80% : 20%	16	0.1330	0.9589	0.1377	0.9690	16 min 19s
	32	0.1127	0.9732	0.1376	0.9738	17 min 32s
	64	0.0503	0.9815	0.0668	0.9810	15 min 9s
90% : 10%	16	0.1064	0.9582	0.1212	0.9714	15 min 9s
	32	0.0915	0.9672	0.0573	0.9762	15 min 31s
	64	0.2377	0.9021	0.2036	0.9238	16 min 33s

Berdasarkan Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa nilai *batch size* 64 dan skenario dataset dengan pembagian 80% untuk data *training* dan 20% untuk data *validation* menunjukkan performa terbaik. Model mencapai *loss* sebesar 0.0503 (5%) dan *accuracy* sebesar 0.9815 (98%) pada data *training*, serta *loss* sebesar 0.0668 (6%) dan *accuracy* sebesar 0.9810 (98%) pada data *validation*. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan jenis sampah plastik dengan sangat baik, mempertahankan kinerja yang tinggi pada data baru, dan mencapai tingkat akurasi serta konsistensi yang optimal. Setelah perbandingan parameter *batch size* dan skenario dataset, diperoleh arsitektur model sebagai berikut:



Gambar 1. Arsitektur Model

Example of Image Convolution for Each Layer:



Gambar 2. Contoh Konvolusi Gambar Dari Tiap Layer

Dengan demikian rancangan arsitektur model yang digunakan telah selesai, berikut merupakan rincian model yang digunakan adalah sebagai berikut:

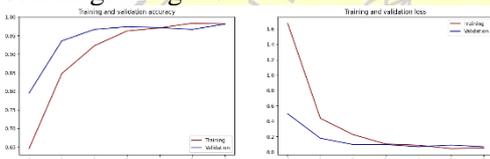
Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
rescaling (Rescaling)	(None, 224, 224, 3)	0
random_flip (RandomFlip)	(None, 224, 224, 3)	0
mobilenet_1.0_224 (Functional)	(None, 7, 7, 1024)	3228864
flatten (Flatten)	(None, 50176)	0
dense (Dense)	(None, 32)	1605664
dropout (Dropout)	(None, 32)	0
dense_1 (Dense)	(None, 7)	231

 Total params: 4834759 (18.44 MB)
 Trainable params: 1605895 (6.13 MB)
 Non-trainable params: 3228864 (12.32 MB)

Gambar 3. Output Summary Model Terbaik

Untuk membuktikan bahwa skenario dataset 80% untuk *training* dan 20% untuk *validation* dengan *batch size* 64 adalah yang paling optimal, disajikan hasil *training* dan *validation* model dalam bentuk grafik garis.

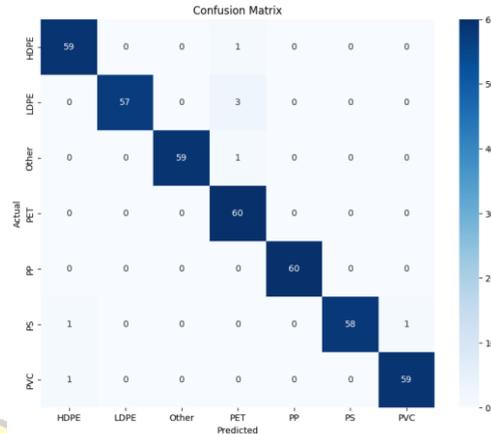


Gambar 4. Grafik Accuracy Dan Loss

Pada Gambar 3, grafik menunjukkan bahwa dalam skenario dataset 80% untuk *training* dan 20% untuk *validation* dengan *batch size* 64, *accuracy* meningkat konsisten hingga *epoch* terakhir (7), mencapai 0.9815 untuk *training* dan 0.9810 untuk *validation*. Grafik *loss* juga menurun terus-menerus, mencapai 0.0503 untuk *training* dan 0.0668 untuk *validation*. Ini menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan jenis sampah plastik dengan baik.

4.4 Evaluasi Model

Setelah mendapatkan model yang optimal, langkah selanjutnya adalah evaluasi menggunakan *confusion matrix*. Evaluasi ini penting untuk mengetahui kategori jenis sampah plastik yang benar dan salah dalam prediksi. Selain itu, *confusion matrix* dapat digunakan untuk menghitung *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score*.



Gambar 5. Confusion Matrix

Untuk menghitung *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score* menggunakan *confusion matrix*, diperlukan empat komponen utama, yaitu *true positive*, *true negative*, *false positive*, dan *false negative*. Berikut adalah hasil perhitungan dari salah satu kategori berdasarkan *confusion matrix* di atas:

1. Kategori HDPE

- True Positive (TP)* = 57
- True Negative (TN)* = 59 + 59 + 60 + 60 + 58 + 59 = 355
- False Positive (FP)* = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0
- False Negative (FN)* = 0 + 0 + 3 + 0 + 0 + 0 = 3

Setelah memperoleh hasil perhitungan *true positive*, *true negative*, *false positive*, dan *false negative*. langkah selanjutnya adalah menghitung *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f1-score*.

1. Kategori HDPE

- Accuracy* =
$$\frac{TP+TN}{\text{Jumlah Seluruh Data Validation}} = \frac{57+355}{420} = 0.98095$$
- Precision* =
$$\frac{TP}{TP+FP} = \frac{57}{57+0} = 1$$
- Recall* =
$$\frac{TP}{TP+FN} = \frac{57}{57+3} = 0.95$$

$$d. F1 - Score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} = \frac{2 \times 1 \times 0.95}{1 + 0.95} = 0.97436$$

Untuk membuktikan bahwa hasil perhitungan evaluasi model menggunakan metrik-metrik di atas adalah akurat, berikut disajikan hasil dari laporan klasifikasi (*classification report*):

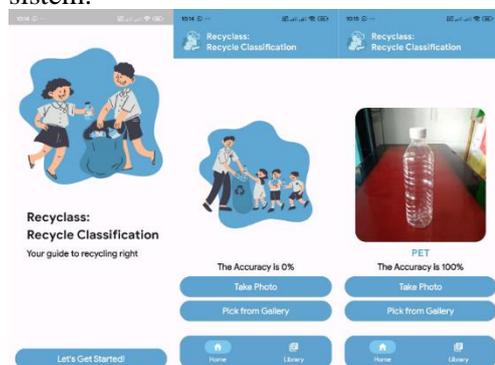
	precision	recall	f1-score	support
HDPE	0.97	0.98	0.98	60
LDPE	1.00	0.95	0.97	60
Other	1.00	0.98	0.99	60
PET	0.92	1.00	0.96	60
PP	1.00	1.00	1.00	60
PS	1.00	0.97	0.98	60
PVC	0.98	0.98	0.98	60
accuracy			0.98	420
macro avg	0.98	0.98	0.98	420
weighted avg	0.98	0.98	0.98	420

Gambar 6. Laporan Klasifikasi (*Classification Report*)

Berdasarkan *classification report* yang dihasilkan di atas, model benar-benar menghasilkan *accuracy* sebesar 0.98 dengan nilai *precision*, *recall*, *f1-score* yang sesuai dengan hasil perhitungan di atas.

4.5 Tampilan Sistem

Pada tahap ini, model yang telah dibuat disimpan dalam format *.keras* dan kemudian dikonversi ke dalam format *.tflite* untuk memungkinkan implementasi model ke dalam aplikasi *android*. Berikut adalah hasil tampilan sistem.



Gambar 7. Tampilan Halaman Awal Pembuka Dan Menu Utama Atau Halaman Deteksi



Gambar 8. Tampilan Menu *Library* Dan Halaman Informasi

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Aplikasi ini dirancang untuk membantu pengguna mengidentifikasi jenis sampah plastik dengan cepat dan akurat menggunakan perangkat *android*. Aplikasi ini memudahkan pengguna dalam memilah dan membuang sampah dengan benar sesuai jenisnya, mendukung pengelolaan sampah yang lebih efisien dan ramah lingkungan.
2. Pemanfaatan teknologi *image classification* dengan *transfer learning* terbukti menjadi solusi efektif dalam mengidentifikasi jenis sampah plastik berdasarkan gambar yang diambil. Hal ini terbukti dari tingkat akurasi yang tinggi yang berhasil dicapai.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan dengan rasa tulus dan penuh penghargaan kepada:

1. Bapak Irjen. Pol. (Purn) Dr. Drs. H. Bambang Karsono, S.H., M.M. selaku

- Rektor Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
2. Ibu Dr. Tyastuti Sri Lestari, S.Si., M.M. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
 3. Bapak Ahmad Fathurrozi, S.E., M.M.S.I. selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
 4. Bapak Kusdarnowo Hantoro, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen yang membimbing penulis dalam mengerjakan artikel ini.
 5. Bapak/Ibu Dosen dan Staf di lingkungan Universitas Bhayangkara Jakarta, khususnya Fakultas Ilmu Komputer, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2024). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional: SIPSN*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Hadiprakoso, R. B., & Qomariasih, N. (2022). DETEKSI MASKER WAJAH MENGGUNAKAN DEEP TRANSFER LEARNING DAN AUGMENTASI GAMBAR. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 5(1), 12–18. <https://doi.org/10.33387/jiko>
- Virgantara Putra, O., Zaim Mustaqim, M., & Muriatmoko, D. (2023). Transfer Learning untuk Klasifikasi Penyakit dan Hama Padi Menggunakan MobileNetV2. *Techno.COM*, 22(3), 562–575.
- Hendri Butar-Butar, R. J., & Lysbetti Marpaung, N. (2023). Deep Learning untuk Identifikasi Daun Tanaman Obat Menggunakan Transfer Learning MobileNetV2. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, 8(2).
- Indra Saputra, K. I., Muttaqin, M. R., & Hermanto, T. I. (2023). Klasifikasi Citra Mutu Kemasan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur MobileNetV2. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 19(2).
- Ajrana, Lawi, A., & Muh Amil Siddik, A. (2022). Implementasi Arsitektur Dengan Pemilihan Model Transfer Learning Convolutional Neural Network Dalam Mengklasifikasikan Penyakit Kanker Kulit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI)*.
- Sutanty, E., Maukar, Kusuma Astuti, D., & Handayani. (2023). Penerapan Model Arsitektur VGG16 Untuk Klasifikasi Jenis Sampah. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 3(2), 407–419. <https://doi.org/10.51454/decode.v3i2.331>
- Kurniawan, R., Wintoro, P. B., Mulyani, Y., & Komarudin, M. (2023). IMPLEMENTASI ARSITEKTUR EXCEPTION PADA MODEL MACHINE LEARNING KLASIFIKASI SAMPAH ANORGANIK. *JITET: Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i2.3034>
- Roestam, R., Hantoro, K., & Dahlan, A. (2022). Detection of Certain Objects Wearing Masks in Real Time To Prevent the Spread of the Virus (Yolov3). *Jurnal CoreIT: Jurnal Hasil Penelitian Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 8(2). <https://doi.org/10.24014/coreit.v8i2.17184>
- Widiyatmoko, H., Purwaningrum, P., & Putri Arum P., F. (2015). ANALISIS KARAKTERISTIK SAMPAH PLASTIK DI PERMUKIMAN KECAMATAN TEBET DAN ALTERNATIF PENGOLAHANNYA. *INDONESIAN JOURNAL OF URBAN AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY*, 7(1), 24–33.
- Kang, L.-W., Chou, K.-L., & Fu, R.-H. (2019). Deep Learning-Based Weather Image Recognition. *2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C)*, 384–387. <https://doi.org/10.1109/IS3C.2018.00103>
- Padilla, R., Netto, S. L., & da Silva, E. A. B. (2020). A Survey on Performance Metrics for Object-Detection Algorithms. *Proceedings of the IWSSIP*, 237–242.
- Wiliyani, N., Sani, A., & Taufiq Andyanto, A. (2019). KLASIFIKASI KERUSAKAN

DENGAN JARINGAN SYARAF
BACKPROPAGATION PADA
PERMUKAAN SOLAR PANEL.
*Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan
Teknologi Komputer*, 5(1). [https://bri-
institute.ac.id](https://bri-institute.ac.id)

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A.
(2016). *Deep Learning*. MIT Press.
[https://books.google.co.id/books?id=N
p9SDQAAQBAJ](https://books.google.co.id/books?id=Np9SDQAAQBAJ)

Dwi Wijaya, Y., & Wardah Astuti, M. (2019).
Sistem Informasi Penjualan Tiket
Wisata Berbasis Web Menggunakan
Metode Waterfall. *Seminar Nasional
Teknologi Informasi Dan Komunikasi
2019*. <http://www.php.net>.