

PEMANFAATAN *MACHINE LEARNING* UNTUK OPTIMALISASI LIMBAH DENGAN MODEL *MOBILENETV2* PADA APLIKASI ANDROID

Danny Aidil Rismayadi¹, Mohamad Arif Muharam²
Fakultas Industri Kreatif, Departemen Teknik Informatika^{1, 2}
Universitas Teknologi Bandung^{1, 2, 3}
danny@utb-univ.ac.id

Abstrak

Manajemen limbah menjadi tantangan global yang sangat mendesak di era modern ini, hal ini ditandai dengan populasi yang terus meningkat dan pola konsumsi yang cepat. Pemanfaatan pada limbah dapat memiliki dampak yang sangat signifikan dalam mengurangi dampak lingkungan dan menghemat sumber daya alam yang terbatas. Manajemen limbah yang baik dengan cara mendaur ulang dan mengolah kembali limbah, kebutuhan akan sumber daya baru seperti bahan baku primer dapat dikurangi. Selain itu, pemanfaatan limbah juga dapat mengurangi jumlah limbah yang berakhir di pembuangan akhir, yang sering menjadi sumber pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, memaksimalkan pemanfaatan limbah sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan dapat mengurangi tekanan terhadap lingkungan. Berdasarkan permasalahan yang ada peneliti memiliki tujuan untuk mengembangkan aplikasi android yang dapat memanfaatkan artificial intelligence untuk optimalisasi pemanfaatan limbah. Penelitian ini memadukan kekuatan teknologi android dengan potensi analisis data yang sudah disediakan oleh *machine learning* dengan model *MobileNetV2*. Metode pengembangan sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengembangan *scrum*, dimana *scrum* ini memiliki tujuan untuk memungkinkan tim untuk merespons perubahan kebutuhan pengguna dengan cepat, memaksimalkan nilai bisnis yang dihasilkan, dan meningkatkan kolaborasi dan komunikasi antar anggota tim. Hasil dari penelitian menggunakan *machine learning* dan model *MobileNetV2* menunjukkan akurasi yang menjanjikan dalam mendeteksi berbagai jenis limbah pada gambar. Model ini mencapai akurasi 95,45% pada *dataset* pelatihan dan 84,83% pada *dataset* validasi.

Kata kunci : *MobileNetV2*, Limbah, Android, *Machine Learning*

Abstract

Waste management is a very urgent global challenge in this modern era, characterized by an ever-increasing population and rapid consumption patterns. The utilization of waste can have a very significant impact in reducing environmental impact and saving limited natural resources. Good waste management by recycling and reprocessing waste, the need for new resources such as primary raw materials can be reduced. In addition, waste utilization can also reduce the amount of waste that ends up in landfill, which is often a source of environmental pollution. Therefore, maximizing waste utilization is essential in maintaining the balance of the ecosystem and can reduce pressure on the environment. Based on the existing problems, the researcher aims to develop an android application that can utilize artificial intelligence to optimize waste utilization. This research combines the power of android technology with the potential for data analysis that has been provided by machine learning with the MobileNetV2 model. The system development method used in this study is the scrum development method, where this scrum has the goal of enabling the team to respond quickly to changes in user needs, maximize the business value generated, and improve collaboration and communication between team members. The results of the study using machine learning and the MobileNetV2 model show promising accuracy in detecting different types of waste in images. The model achieved 95.45% accuracy on the training dataset and 84.83% on the validation dataset.

Keywords : MobileNetV2, Waste, Android, Machine Learning.

I. PENDAHULUAN

Di era modern ini, masalah pengelolaan limbah menjadi tantangan global yang mendesak. Populasi yang terus meningkat dan pola konsumsi yang cepat memperburuk masalah ini, sehingga manajemen limbah yang efektif menjadi sangat penting untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu pendekatan inovatif dalam mengatasi ini adalah dengan memanfaatkan teknologi, terutama melalui penggunaan aplikasi berbasis Android [1]. Indonesia dengan mayoritas penduduknya merupakan pengguna Android yang memiliki pangsa pasar sebesar 89,02% pada Februari 2024 [2]. Pemanfaatan limbah memiliki implikasi yang signifikan dalam mengurangi dampak lingkungan dan meminimalkan penggunaan sumber daya alam yang sangat terbatas. Proses mendaur ulang dan mengolah limbah kembali, kebutuhan akan sumber daya baru seperti bahan baku primer yang dapat dikurangi. Selain itu, pemanfaatan limbah dapat mengurangi volume limbah yang berakhir di tempat pembuangan akhir yang mengakibatkan sumber pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, memaksimalkan pemanfaatan limbah sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan dapat mengurangi tekanan terhadap lingkungan [3].

Pemanfaatan *machine learning* dalam pengelolaan limbah memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi proses. Dengan mengumpulkan data dan melakukan analisis yang mendalam, algoritma *machine learning* dapat mengidentifikasi pola-pola yang sulit terdeteksi secara manual [4]. Contohnya, algoritma tersebut dapat memprediksi tren permintaan dan pasokan untuk jenis limbah tertentu, mengoptimalkan proses daur ulang dan memberikan saran mengenai metode pengolahan yang paling efektif.

Penggunaan aplikasi android untuk mengintegrasikan *machine learning* dalam optimalisasi pemanfaatan limbah tidak hanya membawa manfaat secara langsung akan tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap tujuan keberlanjutan global. Cara mengurangi tingkat konsumsi sumber daya alam baru, pertukaran data limbah, hal ini dapat membantu dalam melindungi lingkungan alam dan meminimalkan jejak karbon dari kegiatan produksi dan pemrosesan. Hal ini membuktikan bahwa komitmen global untuk mencapai target-target pembangunan berkelanjutan yang sudah ditetapkan pada setiap negara berjalan sejalan.

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi Android dengan memanfaatkan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) untuk optimalisasi pemanfaatan limbah. Memadukan kekuatan teknologi Android dengan potensi analisis data yang disediakan oleh *machine learning*, diharapkan aplikasi ini dapat memberikan solusi yang praktis dan efektif untuk masalah manajemen limbah. Melalui penelitian ini, diharapkan juga dapat mendorong kesadaran masyarakat akan pentingnya pemanfaatan limbah dan kontribusi teknologi terhadap keberlanjutan lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Aplikasi

Aplikasi merupakan perangkat lunak komputer yang digunakan untuk memanfaatkan kemampuan komputer langsung dalam melakukan suatu tugas yang diinginkan oleh pengguna. Aplikasi komputer dapat berupa berbagai jenis, termasuk : Aplikasi Kantor (*Office Suites*): Termasuk pengolah kata, *spreadsheet*, presentasi, dan perangkat lunak sejenisnya. Contoh termasuk *Microsoft Office*, *Google Workspace*, dan *LibreOffice*. Kemudian perangkat Desain dan Grafis: Digunakan untuk membuat dan mengedit grafik, gambar, dan desain. Contohnya adalah *Adobe Photoshop*, *Illustrator*, dan *CorelDRAW* [5].

2. Machine Learning

Machine Learning itu sendiri dapat didefinisikan sebagai suatu aplikasi komputer dan algoritma matematika yang bisa diadopsi dengan cara pembelajaran yang berasal dari sebuah data dan nantinya akan menghasilkan prediksi di masa yang akan datang [6]. *Machine learning* merupakan bagian dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data tanpa perlu diprogram secara eksplisit. Sebaliknya, algoritma *Machine learning* memanfaatkan pola yang terkandung dalam data untuk membuat prediksi atau mengambil keputusan tanpa intervensi manusia. Proses awal dalam *Machine learning* melibatkan pengumpulan dan persiapan data. Data ini akan digunakan untuk melatih model. Model dilatih dengan memberikan data latihan beserta label atau target yang sesuai. Setelah model dilatih, penting untuk menguji kinerjanya dengan menggunakan data yang belum pernah dilihat sebelumnya (data validasi atau data uji) [7].

3. Python

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman yang populer saat ini. Kepopuleran penggunaan *python* menjadi tempat bahasa pemrograman yang mulai banyak dipelajari oleh mahasiswa terutama mahasiswa kampus yang berbasis IT [8]. Menurut salah satu organisasi yang memiliki spesialisasi dalam menilai kualitas perangkat lunak yaitu TIOBE, di bulan Desember tahun 2022 bahasa pemrograman *Python* menempati urutan pertama sebagai bahasa pemrograman yang populer. *Python* merupakan *high level programming language* yaitu bahasa pemrograman yang lebih mudah digunakan karena menggunakan bahasa yang biasanya dimengerti manusia [9].

4. Android

Android merupakan sistem operasi berbasis Linux yang dirancang untuk perangkat seluler layar sentuh seperti telepon pintar dan komputer tablet. Android, Inc. didirikan di Palo Alto, California, pada bulan Oktober 2003 oleh Andy Rubin (pendiri Danger), Rich Miner (pendiri *Wildfire Communications, Inc.*), Nick Sears (mantan VP T-Mobile), dan Chris White (kepala desain dan pengembangan antar muka WebTV) untuk mengembangkan "perangkat seluler pintar yang lebih sadar akan lokasi dan preferensi penggunanya". Tujuan awal pengembangan Android adalah untuk mengembangkan sebuah sistem operasi canggih yang diperuntukkan bagi kamera digital, namun kemudian disadari bahwa pasar untuk perangkat tersebut tidak cukup besar, dan pengembangan Android lalu dialihkan bagi pasar telepon pintar untuk menyaingi *Symbian* dan *Windows Mobile* (iPhone Apple belum dirilis pada saat itu) [10].

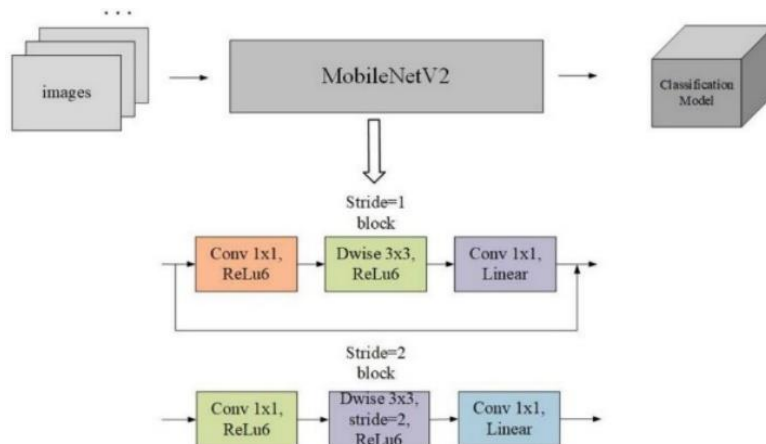
5. Limbah

Limbah merujuk pada bahan-bahan yang tidak diinginkan atau tidak terpakai yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia, baik itu dalam skala individu maupun industri. Limbah dapat berupa bahan padat, cair, atau gas, dan dapat berasal dari berbagai sumber seperti produksi industri, konstruksi, pertanian, rumah tangga, dan lain-lain. Manajemen limbah menjadi penting karena limbah yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, termasuk polusi air, udara, dan tanah, serta terganggunya

ekosistem alami. Oleh karena itu, perencanaan, pengelolaan, dan pengurangan limbah menjadi fokus utama dalam upaya melindungi lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan manusia [11].

6. *MobileNetV2*

MobileNetV2 merupakan arsitektur jaringan saraf tiruan (JST) yang dikembangkan oleh *Google* untuk tugas klasifikasi gambar pada perangkat *mobile* dengan kebutuhan komputasi yang rendah. Berikut merupakan struktur dari arsitektur *MobileNetV2*. *Google* mengusulkan jaringan *MobileNetV2* pada tahun 2018, yang memperkenalkan konsep konvolusi pemisahan dan dua hiperparameter baru untuk menyederhanakan model. Berdasarkan *MobileNetV1*, *MobileNetV2* memperkenalkan struktur Residu Terbalik dan Botol-linear [12].



Gambar 2. Struktur Arsitektur *MobileNetV2* [12]

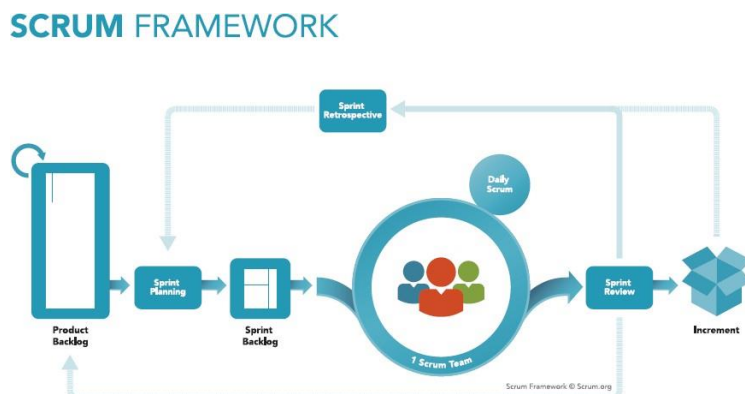
7. *Scrum*

Scrum adalah kerangka kerja manajemen proyek dalam pengembangan perangkat lunak yang berfokus pada pengaturan proyek secara iteratif dan inkremental. *Scrum*, sebuah proyek dibagi menjadi serangkaian iterasi pendek yang disebut *sprint*, yang biasanya berlangsung antara satu hingga empat minggu. Setiap *sprint* dimulai dengan perencanaan *sprint*, diikuti oleh serangkaian pertemuan harian yang disebut *daily Scrum*, dan berakhir dengan ulasan *sprint* dan *retrospective*. Tujuan utama *Scrum* adalah untuk memungkinkan tim untuk merespons perubahan kebutuhan pengguna dengan cepat, memaksimalkan nilai bisnis yang dihasilkan, dan meningkatkan kolaborasi dan komunikasi antar anggota tim [13].

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

1. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini, pendekatan pengembangan sistem menggunakan metode *Scrum*. *Scrum* dikenal sebagai pendekatan iteratif dan inkremental yang berfokus pada fleksibilitas dan responsivitas terhadap perubahan. *Scrum* mendorong kolaborasi yang erat antara tim pengembangan dan pemangku kepentingan, menciptakan lingkungan kerja yang responsif dan terus-menerus memperbaiki hasil pengembangan.



Gambar 3. Metode *Scrum* [13]

2. *Sprint 1*

Berikut ini adalah tahapan *sprint* kesatu dalam metode pengembangan sistem *scrum*, *sprint* kesatu ini menunjukkan pekerjaan yang direncanakan.

a. *Usecase Diagram*

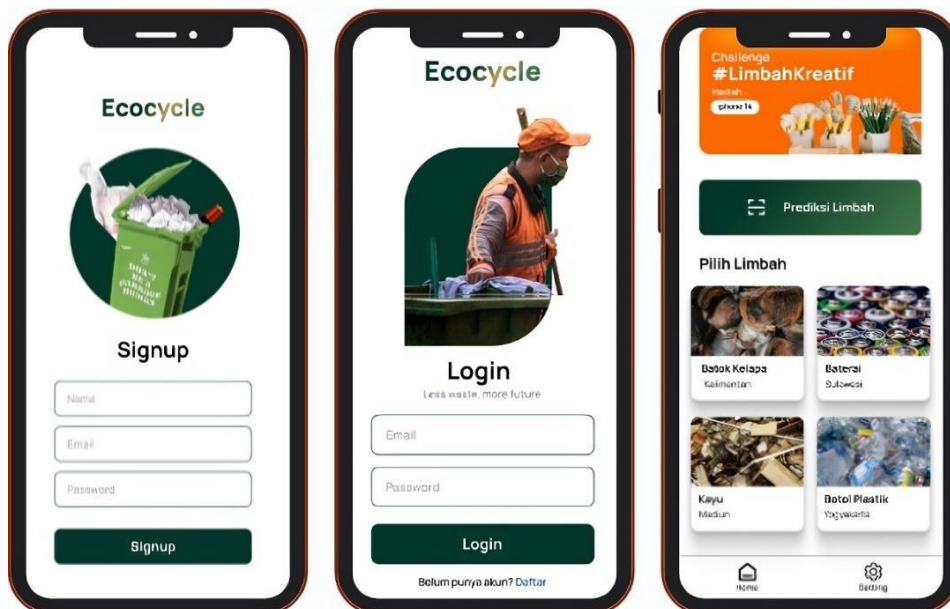
Berikut ini adalah *usecase* diagram dari aplikasi *mobile* (*EcoCycle*) yang akan dibuat, dimana pada aplikasi ini menunjukkan bagaimana pengguna bekerja.



Gambar 4. *Usecase Diagram*
(Sumber: Pribadi)

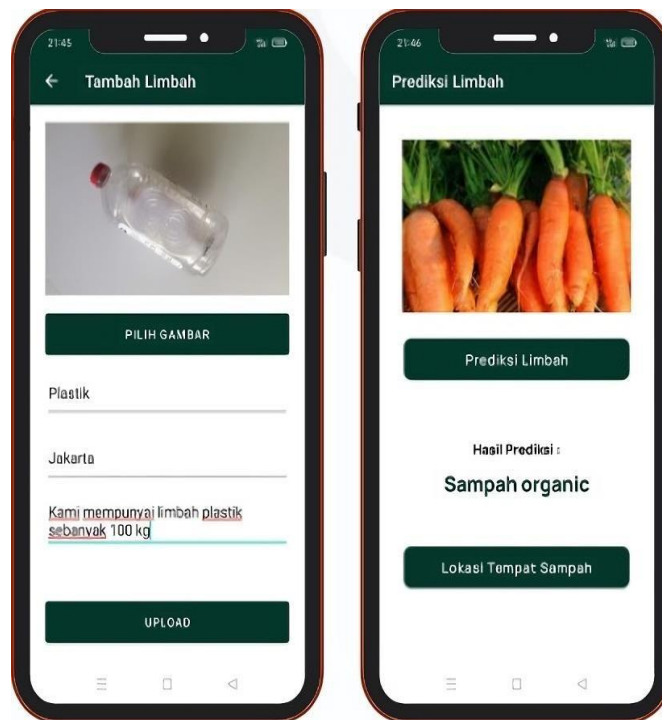
b. Perancangan Antarmuka Aplikasi

Pada bagian ini menjelaskan perancangan antarmuka dari aplikasi *mobile* (*EcoCycle*). Perancangan antarmuka ini dibuat dengan menggunakan aplikasi *Figma*, dimana perancangan ini mencakup perancangan halaman *login*, *signup* dan halaman utama (*home*).



Gambar 5. Perancangan Antarmuka Halaman *Login*, *Signup* dan *Home*
(Sumber: Pribadi)

Selain menampilkan perancangan antarmuka untuk halaman *login*, *signup* dan halaman utama (*home*), peneliti juga membuat perancangan antarmuka untuk halaman tambah limbah dan prediksi limbah.



Gambar 6. Halaman Tambah Limbah dan Prediksi Limbah
(Sumber: Pribadi)

IV. IMPLEMENTASI

1. Implementasi *Machine Learning*

Implementasi dalam penelitian untuk *machine learning* yang diterapkan dalam aplikasi ini, peneliti menggunakan model *MobileNetV2* untuk melakukan deteksi pada objek. Pemilihan model *MobileNetV2* ini berdasarkan pada fungsi utama *MobileNetV2* yang arsitekturnya ringan dan sudah dirancang khusus untuk perangkat *mobile*. Proses pada model *MobileNetV2* diimplementasikan secara efisien untuk meminimalkan beban komputasi pada perangkat.

Implementasi untuk pembuatan model *machine learning* pada penelitian ini, peneliti menggunakan data latih sebanyak 20.906 gambar dan data validasi sebanyak 2.789 gambar dengan diaugmentasikan seperti yang dijelaskan pada gambar 7 dibawah ini. Kedua data tersebut dibagi menjadi 5 kelas yaitu sampah organik, sampah plastik, sampah besi, sampah kayu, dan *non recycle*.

```
# Image Augmentation
train_datagen = ImageDataGenerator(rescale = 1./255.,
                                   rotation_range = 40,
                                   width_shift_range = 0.2,
                                   height_shift_range = 0.2,
                                   shear_range = 0.2,
                                   zoom_range = 0.2,
                                   horizontal_flip = True,
                                   fill_mode = 'nearest')

train_generator = train_datagen.flow_from_directory(directory = train_dataset,
                                                    batch_size = 32,
                                                    class_mode = 'categorical',
                                                    target_size = (224, 224))

val_datagen = ImageDataGenerator(rescale = 1./255.)
val_generator = val_datagen.flow_from_directory(directory = val_dataset,
                                                batch_size = 32,
                                                class_mode = 'categorical',
                                                target_size = (224, 224))
```

Found 20906 images belonging to 5 classes.
Found 2789 images belonging to 5 classes.

Gambar 7. Data *Training* dan Validasi
(Sumber: Pribadi)

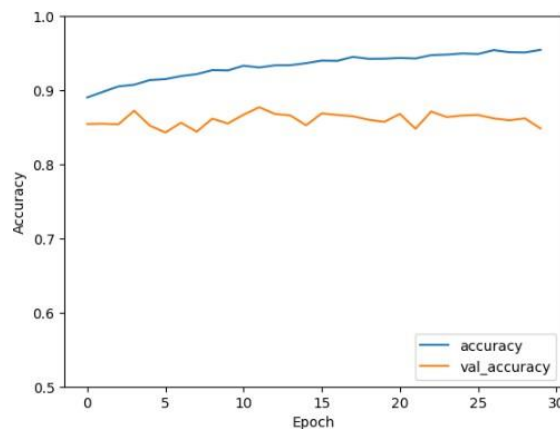
Pada gambar 8 dibawah ini, peneliti melatih model sebanyak 30 kali menggunakan data latih yang tersedia. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai loss menurun secara signifikan di setiap iterasi yang mengindikasikan peningkatan kinerja prediksi model. Nilai akurasi menunjukkan frekuensi prediksi model yang benar. Nilai *val_loss* dan

val_accuracy memberikan gambaran tentang kemampuan model dalam menggeneralisasi pembelajaran ke data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

```
Epoch 20/30
654/654 [=====] - 465s 741ms/step - loss: 0.1523 - accuracy: 0.9425 - val_loss: 0.5083 - val_accu
acy: 0.8573
Epoch 21/30
654/654 [=====] - 485s 742ms/step - loss: 0.1561 - accuracy: 0.9435 - val_loss: 0.4987 - val_accu
acy: 0.8681
Epoch 22/30
654/654 [=====] - 486s 742ms/step - loss: 0.1514 - accuracy: 0.9428 - val_loss: 0.5731 - val_accu
acy: 0.8480
Epoch 23/30
654/654 [=====] - 491s 751ms/step - loss: 0.1401 - accuracy: 0.9473 - val_loss: 0.4799 - val_accu
acy: 0.8713
Epoch 24/30
654/654 [=====] - 484s 740ms/step - loss: 0.1397 - accuracy: 0.9481 - val_loss: 0.5176 - val_accu
acy: 0.8638
Epoch 25/30
654/654 [=====] - 489s 747ms/step - loss: 0.1364 - accuracy: 0.9497 - val_loss: 0.4901 - val_accu
acy: 0.8659
Epoch 26/30
654/654 [=====] - 487s 744ms/step - loss: 0.1407 - accuracy: 0.9490 - val_loss: 0.5011 - val_accu
acy: 0.8666
Epoch 27/30
654/654 [=====] - 486s 743ms/step - loss: 0.1285 - accuracy: 0.9541 - val_loss: 0.5134 - val_accu
acy: 0.8620
Epoch 28/30
654/654 [=====] - 486s 743ms/step - loss: 0.1345 - accuracy: 0.9514 - val_loss: 0.5534 - val_accu
acy: 0.8594
Epoch 29/30
654/654 [=====] - 486s 743ms/step - loss: 0.1348 - accuracy: 0.9510 - val_loss: 0.5096 - val_accu
acy: 0.8620
Epoch 30/30
654/654 [=====] - 487s 745ms/step - loss: 0.1293 - accuracy: 0.9545 - val_loss: 0.6103 - val_accu
acy: 0.8483
```

Gambar 8. Proses *Training Model*
 (Sumber: Pribadi)

Pada gambar 9 dibawah ini menunjukkan hasil perbandingan antara akurasi pelatihan dan akurasi validasi selama 30 kali pelatihan model *machine learning*. Garis biru pada grafik mewakili akurasi pelatihan, yang menggambarkan seberapa sering model membuat prediksi yang benar selama proses pelatihan. Gambar tersebut, akurasi pelatihan meningkat secara stabil dari sekitar 0.8 hingga sekitar 0.95 selama 30 kali pelatihan. Garis oranye pada grafik mewakili akurasi validasi, yang mengukur seberapa baik model membuat prediksi pada data validasi, yaitu data yang tidak digunakan selama pelatihan. Gambar tersebut, akurasi validasi relatif stabil di sekitar nilai 0.85 selama 30 kali pelatihan model.



Gambar 9. Grafik Akurasi dan Validasi
 (Sumber: Pribadi)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi dan pengujian aplikasi Android pengelolaan limbah menggunakan *machine learning* dapat disimpulkan bahwa :

1. Aplikasi Android yang dikembangkan menggunakan *machine learning* dan model *MobileNet V2* menunjukkan akurasi yang menjanjikan dalam mendeteksi berbagai jenis limbah pada gambar. Model ini mencapai akurasi 95,45% pada *dataset* pelatihan dan 84,83% pada *dataset* validasi. Hasil deteksi juga mampu menampilkan informasi pengelolaan limbah kepada pengguna sesuai dengan jenis limbahnya.
2. Aplikasi ini juga dapat memberikan solusi dengan memfasilitasi pengguna dalam mendapatkan limbah yang masih dapat digunakan dari pengguna lain. Melalui fitur chat yang telah dibuat, pengguna dapat dengan mudah bertanya lebih lanjut tentang limbah yang dibutuhkan. Dengan demikian, diharapkan tercipta lingkungan yang mendukung pertukaran sumber daya dan pemrosesan bahan yang lebih efisien, berkelanjutan, dan berdampak positif pada lingkungan.

REFERENSI

- [1] Santoso, B., & Setiawan, A. (2022). "Aplikasi Mobile dan Dampaknya terhadap Masyarakat." *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 7(1), 45-56.
- [2] Pratama, A. (2024). "Pangsa Pasar Sistem Operasi Mobile di Indonesia dari Januari 2012 hingga Februari 2024." *Statista*. Diakses dari <https://www.statista.com/statistics/262204/share-of-mobile-operating-systems-in-indonesia/>
- [3] Wibowo, S., & Rahmawati, D. (2021). "Manajemen Limbah Berkelanjutan: Kebijakan dan Praktik untuk Ekonomi Sirkular." *Jurnal Pengelolaan Lingkungan*, 12(3), 98-112.
- [4] Nugroho, T., & Hartanto, R. (2023). "Penerapan Pembelajaran Mesin dalam Pengelolaan Limbah." *Jurnal Riset Kecerdasan Buatan*, 15(2), 234-247.
- [5] Hajir, R., & Pariyadi. (2021). APLIKASI PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT PADA LPPM UNIVERSITAS NURDIN HAMZAH BERBASIS MOBILE.
- [6] Roihan, A., Sunarya, P. A., & Rafika, A. S. (2020). Pemanfaatan machine learning dalam berbagai bidang. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 5(1), 490845.
- [7] Shimpi, M. J. K., & Deshpande, M. P. M. (2019). A Survey On Various Machine Learning Algorithms. *JournalNX*, 244-247.
- [8] Romzi, M., & Kurniawan, B. (2020). Pembelajaran Pemrograman Python Dengan Pendekatan Logika Algoritma. *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 3(2), 37-44.
- [9] Agus Suharto. (2023). FUNDAMENTAL BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON.
- [10] Klaudio Koloay, Sherwin R. U. A. Sompie, & Sary D. E. Paturusi. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Fitness Berbasis Android (Studi Kasus : Popeye Gym Suwaan).
- [11] Sumardi, H. Q., Simbolon, K., Warni, M. S., & Harefa, M. S. (2023). Tingkat Kesadaran Kurangnya Pemahaman Masyarakat Tentang Daur Ulang Limbah Sampah Plastik Masyarakat TPS. *JURNAL WILAYAH, KOTA DAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN*, 2(2), 28-39.
- [12] Yong, L., Ma, L., Sun, D., & Du, L. (2023). Application of MobileNetV2 to waste classification. *PLoS ONE*, 18(3 March). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282336>
- [13] Kumar, M., & Dwivedi, R. K. (2020). Applicability of scrum methods in Software Development Process. <https://ssrn.com/abstract=3610759>