

Analisis Model Klasifikasi Sampah Botol Berbasis Image Processing Dan Machine Learning Dalam Rancang Bangun Aplikasi Penukaran Sampah Botol Otomatis

Asep Marzuki^{1*}, Abdul Zaky², Afifah Cahayani Adha³, Tengku Mohammad Yoshandi⁴

^{1,2,3}Informatika, Universitas Awal Bros, Kota Pekanbaru, Indonesia

Email: ¹kangasep.net@gmail.com, ²zakimathua@gmail.com, ³afifah@univawalbros.ac.id, ⁴tm@univawalbros.ac.id

Abstrak– Peningkatan volume sampah plastik, khususnya botol plastik, merupakan masalah lingkungan yang signifikan di banyak negara, termasuk Indonesia. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam mendaur ulang dan pengelolaan sampah yang tidak efisien memperparah kondisi ini. Berdasarkan data dari kementerian lingkungan hidup tahun 2021-2023 komposisi sampah nasional di dominasi oleh sisa makanan dengan rata-rata sebesar 39 % dan sampah plastik sebesar 18 % dan sisanya sampah dari logam, kaca dan ranting pohon. Sistem pengelolaan sampah yang ada seringkali tidak efektif dalam mendorong masyarakat untuk aktif berpartisipasi dalam daur ulang. Salah satu cara untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam daur ulang adalah dengan memberikan insentif berupa poin yang dapat ditukar dengan hadiah atau diskon. Namun, implementasi sistem ini sering menghadapi kendala teknis dan logistik, seperti identifikasi dan klasifikasi botol yang akurat dan efisien sehingga perlu adanya penerapan integrasi image processing dan machine learning dalam proses identifikasi dan klasifikasi sampah botol. Tujuan penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai akurasi dari kinerja model machine learning dalam klasifikasi sampah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan image processing dan klasifikasi supervised learning menggunakan algoritma *convolutional neural networks (CNN)*. Adapun hasil pemodelan yang dilakukan, model machine learning berhasil mengidentifikasi jenis sampah botol dengan rata-rata akurasi 57,5 %. Dari hasil penelitian yang dilakukan, masih perlu peningkatan nilai akurasi dalam penelitian selanjutnya baik dengan Meningkatkan jumlah dataset maupun optimasi algoritma *convolutional neural networks (CNN)* agar dapat Meningkatkan nilai akurasi dalam mengklasifikasikan jenis sampah botol.

Kata Kunci: Klasifikasi Sampah Botol, Image Processing, Machine Learning, *Convolutional Neural Networks (CNN)*, *Supervised Learning*

Abstract– The increasing volume of plastic waste, particularly plastic bottles, is a significant environmental problem in many countries, including Indonesia. Lack of public awareness in recycling and inefficient waste management exacerbate this condition. Based on data from the Ministry of Environment in 2021-2023, the national waste composition is dominated by food waste with an average of 39% and plastic waste of 18% and the rest of the waste from metal, glass and tree branches. The existing waste management system is often ineffective in encouraging people to actively participate in recycling. One way to increase public participation in recycling is by incentivizing points that can be exchanged for prizes or discounts. However, the implementation of this system often faces technical and logistical obstacles, such as accurate and efficient identification and classification of bottles so that it is necessary to apply the integration of image processing and machine learning in the process of identifying and classifying bottle waste. The purpose of the research was conducted to obtain the accuracy performance of the machine learning model in the classification of garbage. The method used in this research uses an image processing approach and supervised learning classification using convolutional neural networks (CNN) algorithm. As for the modeling results, the machine learning model succeeded in identifying the type of bottle waste with an average accuracy of 57.5%. From the results of the research conducted, it is still necessary to increase the accuracy value in further research both by increasing the number of datasets and optimizing the convolutional neural networks (CNN) algorithm in order to increase the accuracy value in classifying the type of bottle waste.

Keywords: Bottle Waste Classification, Image Processing, Machine Learning

1. PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Peningkatan volume sampah plastik, khususnya botol plastik, merupakan masalah lingkungan yang signifikan di banyak negara, termasuk Indonesia. Kurangnya kesadaran masyarakat dalam mendaur ulang dan pengelolaan sampah yang tidak efisien memperparah kondisi ini. Berdasarkan data dari kementerian lingkungan hidup tahun 2021-2023 komposisi sampah nasional di dominasi oleh sisa makanan dengan rata-rata sebesar 39 % dan sampah plastik sebesar 18 % dan sisanya sampah dari logam, kaca dan ranting pohon. (1)



Gambar 1 Data komposisi sampah nasional tahun 2021-2023

Sistem pengelolaan sampah yang ada seringkali tidak efektif dalam mendorong masyarakat untuk aktif berpartisipasi dalam daur ulang. Kebiasaan masyarakat yang masih membuang sampah sembarangan memperburuk keadaan lingkungan seperti pencemaran dan masalah kesehatan. Ketersediaan tempat pembuangan sampah pada masyarakat menjadi salah satu penyebab masyarakat membuang sampah sembarangan (2). Berbagai cara yang sudah dilakukan oleh pemangku kepentingan untuk memberikan edukasi kepada masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya juga belum berhasil secara maksimal. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam daur ulang adalah dengan memberikan insentif berupa poin yang dapat ditukar dengan hadiah atau diskon. Namun, implementasi sistem ini sering menghadapi kendala teknis dan logistik, seperti identifikasi dan klasifikasi botol yang akurat dan efisien sehingga perlu adanya penerapan integrasi image processing dan machine learning dalam proses identifikasi dan klasifikasi sampah botol. Oleh karena itu untuk mendukung rancang bangun mesin penukaran sampah otomatis pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap model machine learning melalui pendekatan image processing dengan memanfaatkan algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) dalam proses klasifikasi sampah botol. Salah satu pendekatan inovatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat adalah penerapan teknologi berbasis image processing dan machine learning untuk mendukung identifikasi dan klasifikasi sampah secara otomatis. Teknologi ini diimplementasikan dalam bentuk aplikasi penukaran sampah otomatis, yang tidak hanya mempermudah pengelolaan sampah tetapi juga memberikan insentif bagi masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) dalam proses klasifikasi sampah botol. Dengan memanfaatkan metode supervised learning, penelitian ini menguji sejauh mana model dapat mengenali jenis sampah botol dengan akurasi yang memadai, sehingga mendukung pengembangan alat penukaran sampah yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

1.2 Tinjauan Literatur

Penelitian serupa sudah dilakukan oleh P. Handoko dkk yang berjudul “Reverse Vending Machine Penukaran Limbah Botol Kemasan Plastik Dengan Tiket Sebagai Alat Tukar Mata Uang” (3) dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat yang dibuat dapat membaca ukuran botol dari 150 ml, 300 sampai 600 ml dengan memanfaatkan teknologi sensor. Hal ini tentu mengharuskan botol yang dimasukkan dalam bentuk utuh dan tidak rusak karena bentuk botol yang rusak akan mempengaruhi ukurannya.

Penelitian lain mengenai mesin penukaran sampah dilakukan oleh N. Nizar dkk dengan judul “Perancangan Reverse Vending Machine Khusus Sampah Botol Berbasis Iot Pada Alun-Alun Kota Bandung Designing an Iot Based Reverse Vending Machine Specifically for Beverage Containers Waste At Bandung City Square” yang bertujuan merancang fasilitas daur ulang sampah botol plastic di alun-alun kota bandung. Dari penelitian yang telah dilakukan alat IoT yang dirancang masih menggunakan sensor sebagai alat baca sampah. (4)

Penelitian lain juga dilakuka oleh K. Hilyati dkk yang meneliti tentang “Reserve Vending Machine Food Waste Sebagai Deposito Melalui Qris Bank Sampah Rumah Tangga”. Penelitian ini mengintegrasikan QRIS dengan alat penukaran sampah sebagai alat tukar insentif yang didapatkan dari penukaran sampah, cara kerja dalam penelitian tersebut memanfaatkan model Finite State Otomata (FSA) sebagai otomasisasi alat. (5)

A. jeng dkk meneliti tentang “ Prototype Mesin Bank Botol Plastik Menggunakan RFID (Radio Frequency Indetification)”. Prototype tersebut memanfaatkan teknologi kartu RFID sebagai identifikasi warga yang menukarkan sampah pada alat. Nantinya masyarakat yang akan menukarkan sampah harus menggunakan kartu tersebut. (6)

Penelitian lain juga dilakukan oleh o. permata dkk dengan judul “ Pengembangan Sistem Penukaran Tiket Suroboyo Bus Melalui Digitalisasi Pencatatan Penukaran Sampah Berbasis Android”. Penelitian ini memadukan alat penukaran sampah dengan aplikasi android, dimana sampah yang ditukar dapat dikonversi dengan insentif berupa tiket bus Surabaya. (7)

Penelitian yang dilakukan oleh Y. Irawan mengenai “Smart Trash Bin for Management of Garbage Problem in Society”. Penelitian yang dilakukan membuat prototipe alat pemilah sampah plastic dan logam. Dimana alat yang

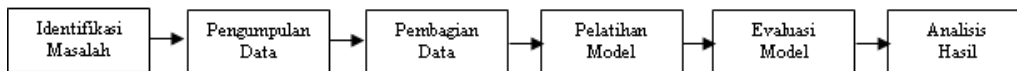
dibuat memanfaatkan dua sensor plastik dan logam untuk membedakan sampah plastic dan logam kedalam dua bank sampah yang berbeda. (8)

Penelitian mengenai alat penukar sampah juga dilakukan oleh P. fathonah dkk dengan judul “ Rancang Bangun Reverse Vending Machine Penukaran Sampah Botol Plastik Dengan Alat Tulis “. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat yang menukarkan sampah dengan alat tulis. (9)

Dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan, dalam membangun alat penukaran sampah otomatis masih menggunakan pendekatan sensor untuk mengetahui jenis sampah. Proses klasifikasi menggunakan sensor ini tentu kurang adaptif terhadap jenis sampah yang ada. Penggunaan sensor *Sensor Proximity* yang sering digunakan dalam pembuatan alat penukar sampah hanya dapat membedakan sampah logam dan non logam sehingga penggunaannya terbatas. Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan memanfaatkan teknologi *image processing* dan *machine learning* dalam melakukan klasifikasi sampah botol. Pendekatan ini diharapkan menjadi sebuah kemajuan dalam menciptakan alat penukaran sampah yang keberadaannya masih minim. Selain daripada itu, proses klasifikasi menggunakan *image processing* juga lebih fleksibel dalam dekteksi sampah, karena dapat digunakan untuk mengklasifikasi jenis sampah yang kita inginkan, hal yang perlu dilakukan nantinya hanyalah melakukan pelatihan terhadap model menggunakan data foto jenis sampah yang akan diklasifikasikan.

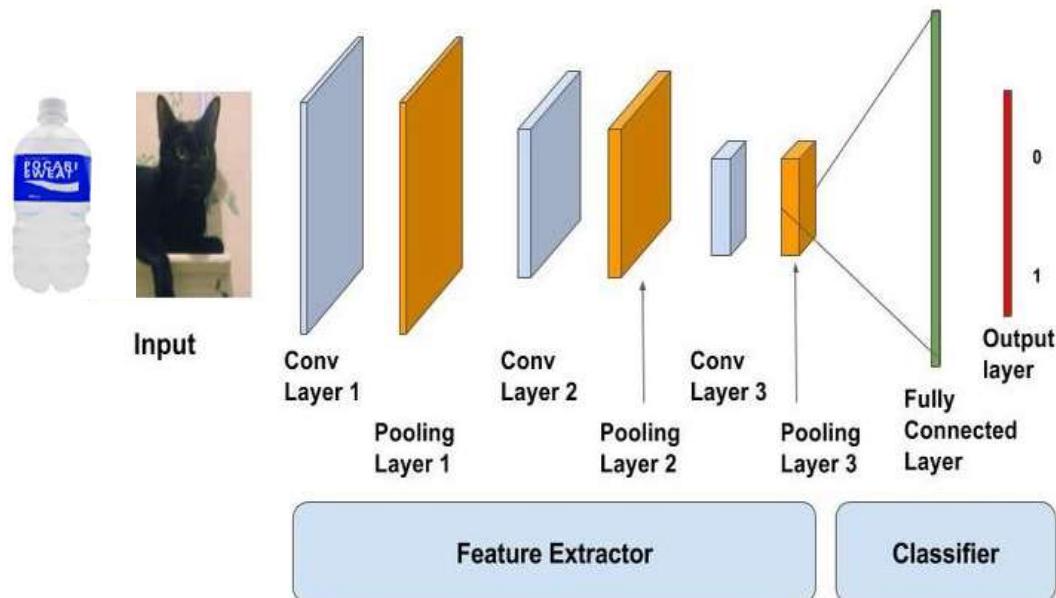
2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang digunakan dalam penelitian terbagi menjadi beberapa tahapan mulai dari identifikasi masalah hingga analisis hasil pemodelan seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam proses klasifikasi sampah botol menggunakan pendekatan algoritma supervised learning. Supervised learning adalah metode pembelajaran mesin di mana algoritma dilatih pada data yang telah diberi label (label atau target). Dalam melakukan labeling pada gambar sampah botol menggunakan model klasifikasi. Klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma *Convolutional Neural Networks (CNN)* dengan memanfaatkan *library* dari tensorflow keras. Adapun arsitektur klasifikasi gambar sampah botol dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Proses klasifikasi sampah botol menggunakan *Convolutional Neural Networks (CNN)*

Pada Gambar 3. Menunjukkan proses klasifikasi sampah botol dengan pendekatan *image processing* menggunakan algoritma *Convolutional Neural Networks (CNN)*. Pada proses ini, data gambar sampah botol yang terdiri dari jenis sampah botol plastik, botol kaca dan kaleng yang masing-masing terdiri dari 50 data gambar akan digunakan sebagai data latih 80% sebanyak 120 data gambar dan 20 % data tes sebanyak 30 data gambar. Hasil

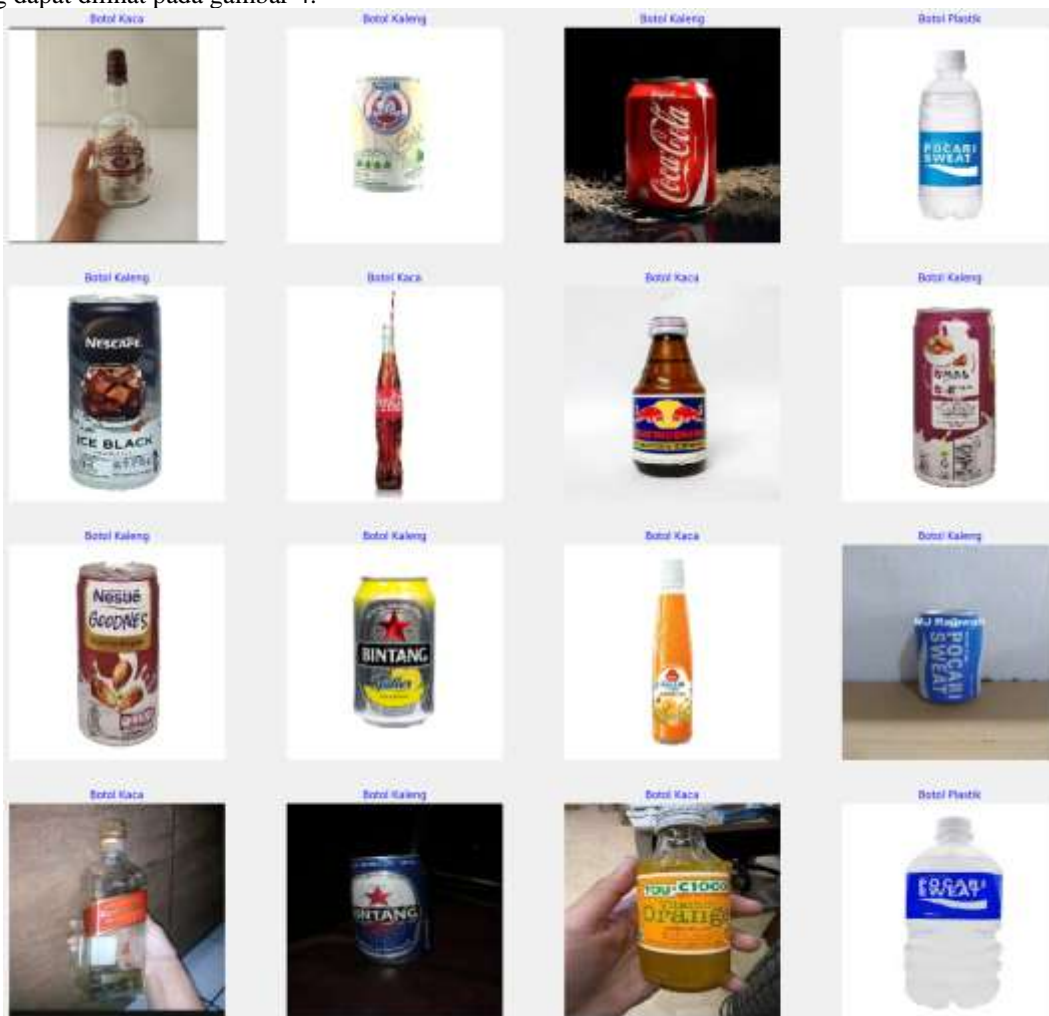
pelatihan data tersebut akan digunakan untuk melakukan tes terhadap data yang telah ditentukan, kemudian dilakukan analisis hasil pemodelan. Model yang dihasilkan dari proses pelatihan data juga digunakan untuk melakukan pengujian terhadap data gambar baru diluar dataset yang digunakan untuk pelatihan dan testing. Foto yang digunakan dalam pengujian model machine learning tersebut yaitu 3 buah foto yaitu satu foto gambar botol plastik, foto gambar botol kaca dan foto gambar botol kaleng.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dari penelitian ini, dapat dijelaskan dengan beberapa tahapan yang telah dilakukan dalam penelitian sebagai berikut :

3.1. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan tiga jenis sampah botol yang terdiri dari sampah botol kaca, botol, kaleng dan botol plastik. Masing-masing jenis menggunakan data sebanyak 150 gambar yang diambil dari berbagai posisi. Jenis sampah botol ini terdiri dari sampah botol minuman yang sering di konsumsi oleh masyarakat. Kemudian gambar-gambar tersebut dikelompokkan kedalam satu folder Berdasarkan jenis sampah botol yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sampel sampah botol

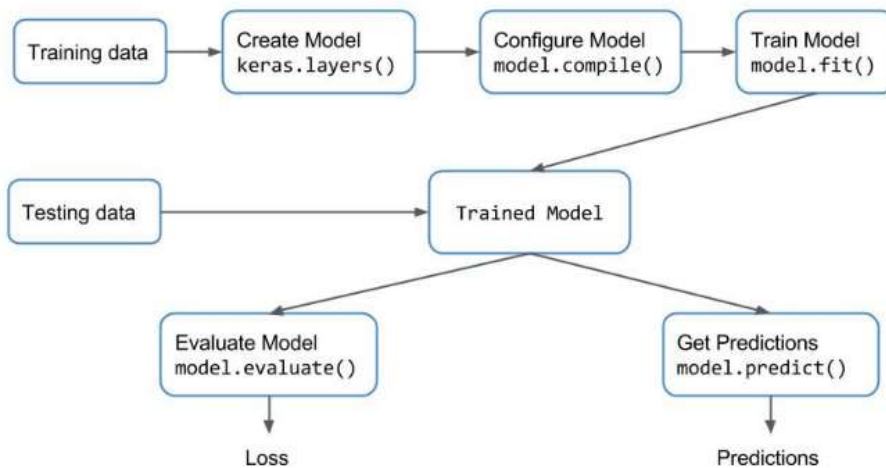
Pada Gambar 4. Dapat dilihat beberapa gambar foto sampah botol yang terdiri dari jenis sampah botol plastik, kaca dan kaleng. Adapun foto tersebut didapatkan dari berbagai sumber internet dan foto yang dilakukan oleh peneliti.

3.2. Pembagian Data

Pembagian data dilakukan kedalam dua bagian, yaitu data latih dan data uji. Data latih merupakan Bagian dari data yang digunakan untuk melatih model. Model akan belajar pola hubungan antara fitur dan label dari data latih. Sedangkan data uji merupakan bagian dari data yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model setelah pelatihan. Model akan memprediksi label pada data uji dan hasilnya akan dibandingkan dengan label sebenarnya. Persentase pembagian data ini terdiri dari 80% (120) data latih dan 20% (30) data uji.

3.3. Pelatihan Model

Pada penelitian ini, model dilatih menggunakan sampel data yang telah dibagi kedalam trainset data dan testset data. Pelatihan model menggunakan library keras yang dijalankan pada google collab. Proses pelatihan model menggunakan keras dapat dilihat pada gambar 4.

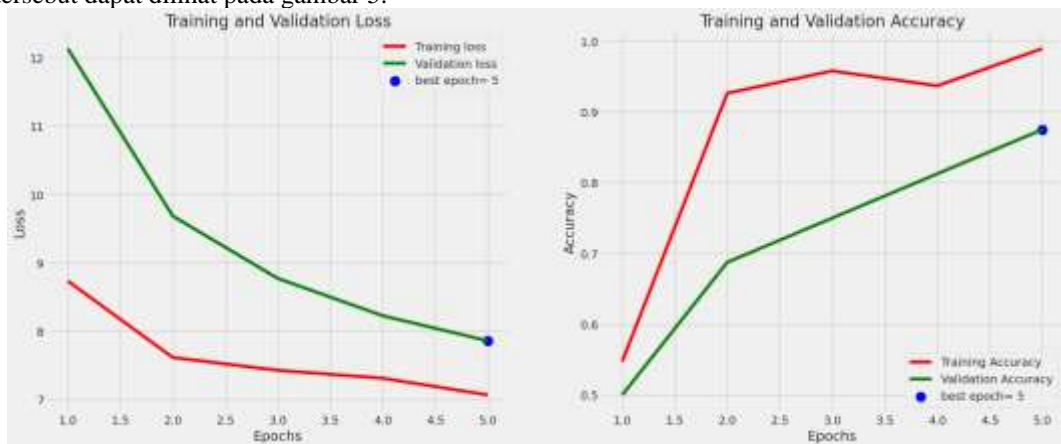


Gambar 5. Alur kerja pelatihan model menggunakan keras

Gambar 5 menunjukkan proses pelatihan model sampai dengan model dapat memprediksi jenis sampah botol. Adapun prosesnya dengan melatih model menggunakan data yang telah ditentukan sebagai data latih pada model. Setelah model dilatih, model akan digenerete kedalam file berbentuk .h5 kemudian model tersebut digunakan untuk memprediksi jenis sampah botol.

3.4. Evaluasi Model

Pada tahapan ini, model yang telah dilatih akan di evaluasi. Evaluasi model klasifikasi sampah botol dengan melihat dari performa *train and validation loss* dan *train and validation accuracy*. Adapun performa model klasifikasi sampah botol yang telah dilatih dapat dilihat dari *training loss* dan *validation loss* kemudian *training accuracy* dan *validation accuracy*. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan performa model klasifikasi sampah model cukup baik, hal tersebut dapat dilihat dari grafik training dan validation loss yang melandai dan training dan validation accuracy yang naik, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 6. Hasil evaluasi model klasifikasi sampah botol

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan model klasifikasi sampah botol memiliki nilai training loss 7.6 dan validation loss sebesar 7.8 sedangkan untuk training accuracy sebesar 100 % dan validation accuracy sebesar 87 %.

2.5. Hasil Pengujian

Model klasifikasi sampah botol yang telah dilatih diujicoba menggunakan gambar sampah botol yang berbeda pada saat pelatihan model. Adapun jenis sampah botol yang dimaksud yaitu sampah botol plastic, sampah botol kaleng dan sampah botol kaca. Hasil dari pengujian tersebut model klasifikasi sampah botol berhasil memprediksi jenis sampah botol dengan nilai sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil pengujian sampah botol

No	Gambar	Hasil Prediksi	Akurasi
1		Botol Plastik	57.4 %
2		Botol Kaleng	57.61 %
3		Botol Kaca	57,11 %

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengevaluasi penerapan algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) untuk klasifikasi sampah botol. Model yang dikembangkan menunjukkan performa pelatihan yang sangat baik, dengan akurasi 100% pada data latih dan 87% pada data validasi. Namun, ketika diuji menggunakan data baru, rata-rata akurasi model menurun menjadi 57,5%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa meskipun model dapat mengenali pola pada data pelatihan dengan baik, kinerjanya dalam generalisasi terhadap data baru masih perlu ditingkatkan. Hal ini menunjukkan perlunya perbaikan lebih lanjut dalam pengumpulan data, augmentasi, atau optimalisasi model untuk meningkatkan akurasi klasifikasi pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini yaitu Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Awal Bros serta tim peneliti yang telah terlibat dalam penelitian

REFERENCES

1. Kehutanan KLH dan, Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah L dan B, Sampah DP. Data Komposisi Sampah SIPSN 2023 [Internet]. 2023. Available from: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>
2. Marpaung DN, Iriyanti YN, Prayoga D. Analisis Faktor Penyebab Perilaku Buang Sampah Sembarangan Pada



- Masyarakat Desa Klunging, Banyuwangi. *Prev J Kesehat Masy*. 2022;13(1):47–57.
3. Handoko P, Hermawan H, Jaya S. Reverse Vending Machine Penukaran Limbah Botol Kemasan Plastik Dengan Tiket Sebagai Alat Tukar Mata Uang. *Semin Nas Sains dan Teknol* 2018. 2018;1–12.
4. Nizar NA, Putri SA, Nurhidayat M. Perancangan Reverse Vending Machine Khusus Sampah Botol Berbasis Iot Pada Alun-Alun Kota Bandung Designing an Iot Based Reverse Vending Machine Specifically for Beverage Containers Waste At Bandung City Square. ... *Art ... [Internet]*. 2020;7(2):5451–9. Available from: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/artdesign/article/view/12390%0Ahttps://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/artdesign/article/viewFile/12390/12168>
5. Hilyati K, Gata W, Hermalani EH, Bayhaqy A, Friyadie F. Reserve Vending Machine Food Waste Sebagai Deposito Melalui Qris Bank Sampah Rumah Tangga. *J Ilm Inform*. 2022;10(01):51–6.
6. Ajeng Rahma Appriilia, Riki Hidayat AW. PROTOTIPE MESIN BANK BOTOL PLASTIK MENGGUNAKAN RFID (RADIO FREQUENCY INDETIFICATION). *J Sains dan Seni ITS [Internet]*. 2017;6(1):51–66. Available from: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijfatig.ue.2019.02.006%0Ahttps://doi.org/10.1>
7. Permata OA, Amiroh K, Rullah AA. Pengembangan Sistem Penukaran Tiket Suroboyo Bus Melalui Digitalisasi Pencatatan Penukaran Sampah Berbasis Android. *J Edukasi dan Penelit Inform*. 2021;7(1):100.
8. Abidin AR, Irawan Y, Devis Y. Smart Trash Bin for Management of Garbage Problem in Society. *J Appl Eng Technol Sci*. 2022;4(1):202–8.
9. Fathonah PD, Hastuti H. Rancang Bangun Reverse Vending Machine Penukaran Sampah Botol Plastik Dengan Alat Tulis. *JTEIN J Tek Elektro Indones*. 2020;1(2):201–6.