

Integrasi *Teachable Machine* dan Arduino untuk Klasifikasi Sampah

Moch Hikmal Abrar¹, Nyayu Latifah Husni^{2,*}, Niksen Alfarizal³

1,2,3 Program Studi Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

e-mail: hikmalabr22@gmail.com¹, nyayu_latifah@polsri.ac.id^{2,*}, niksenbae90@gmail.com³

ABSTRAK

Penelitian ini membahas penerapan *Teachable Machine* untuk sistem klasifikasi objek sampah yang terintegrasi dengan *Arduino* secara *real-time*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan sistem yang mampu mengenali dan mengklasifikasi jenis-jenis sampah menggunakan model pembelajaran mesin yang sederhana namun efektif. Model dilatih menggunakan *Teachable Machine* dengan data gambar dari enam kategori objek, yaitu tisu, botol plastik, kantong plastik, bungkus plastik, kaleng, dan kondisi tanpa objek (*no object*). Setelah pelatihan, model diekspor dalam format Keras dan dijalankan pada komputer yang menerima input visual secara langsung dari kamera. Hasil klasifikasi objek kemudian dikirimkan ke *Arduino* melalui komunikasi serial, yang digunakan untuk mengaktifkan respons berupa indikator visual menggunakan LED dan tampilan informasi pada LCD sesuai dengan jenis sampah yang terdeteksi. Dalam pengujian sistem, diperoleh akurasi pengenalan objek di atas 90% dengan waktu respons yang cepat, membuktikan keandalan sistem dalam mengenali objek secara efisien. Sistem ini memiliki potensi untuk diterapkan dalam berbagai konteks, seperti tempat sampah pintar, sistem edukasi lingkungan, dan otomatisasi proses daur ulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi antara *Teachable Machine*, Keras, dan *Arduino* merupakan pendekatan yang efisien, praktis, dan dapat dikembangkan lebih lanjut dalam bidang pengelolaan sampah berbasis teknologi.

Kata Kunci: *Teachable Machine*, Keras, *Arduino*

ABSTRACT

This research discusses the application of Teachable Machine for a real-time waste object classification system integrated with Arduino. The aim of this study is to develop an intelligent system capable of recognizing and classifying various types of waste using a simple yet effective machine learning model. The model is trained using Teachable Machine with image data from six object categories: tissue, plastic bottle, plastic bag, plastic wrapper, can, and no object (no object). After training, the model is exported in Keras format and run on a computer that receives visual input directly from a camera. The classification results are then sent to the Arduino via serial communication, which activates responses in the form of visual indicators using LEDs and information displayed on an LCD according to the detected waste category. Testing shows the system achieves object recognition accuracy above 90% with fast response time, demonstrating the system's reliability in efficiently recognizing objects. This system has potential applications in smart trash bins, environmental education systems, and automated recycling processes. The study indicates that the integration of Teachable Machine, Keras, and Arduino offers an efficient and practical approach that can be further developed in the field of technology-based waste management.

Keywords: *Teachable Machine*, Keras, *Arduino*

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk di wilayah perkotaan turut memicu berbagai permasalahan lingkungan salah satunya adalah masalah sampah. Seiring bertambahnya populasi maka aktivitas manusia pun akan meningkat sehingga akan menghasilkan limbah yang semakin banyak setiap harinya. Hal ini kan menyebabkan pencemaran lingkungan, menimbulkan bau tidak sedap, dan mengganggu kesehatan masyarakat. Pengelolaan sampah yang kurang optimal menjadi salah satu faktor permasalahan tersebut[1].

Seiring dengan berkembangnya teknologi di era digital saat ini, penerapan sistem pembelajaran mesin (machine learning) dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sampah. Teknologi ini memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi objek secara otomatis, yang memberikan berbagai manfaat, khususnya dalam bidang pendidikan dan industri. Dua platform yang mendukung proses ini adalah Teachable Machine dan Arduino. Teachable Machine, adalah platform pembelajaran mesin berbasis website yang mudah digunakan, memungkinkan pembuatan model klasifikasi objek sampah dengan cepat tanpa perlu pemrograman kompleks[2]. Keunggulan utama dari platform ini adalah kemudahan penggunaannya, memungkinkan pembuatan model pembelajaran mesin tanpa memerlukan keahlian pemrograman yang mendalam. Sementara itu, Arduino menyediakan platform perangkat keras yang fleksibel dalam mengontrol perangkat elektronik yang dapat diintegrasikan dan dikendalikan melalui perangkat yang lain[3]. Arduino juga mendukung berbagai antarmuka komunikasi, termasuk koneksi serial, yang memungkinkannya terintegrasi dengan berbagai sensor dan perangkat lainnya.

Beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya menggunakan platform ini, seperti mengklasifikasi bentuk objek yang integrasi dengan Arduino mendapatkan akurasi di atas 90% yang mengkomunikasikan secara serial antara Arduino dan p5.js melalui p5.serialcontrol[4]. Pengenalan objek gambar cacar monyet dengan menggunakan *Teachable Machine* dan keras, dengan menggunakan tambahan library keras memungkinkan para pengembang untuk dengan cepat membuat prototipe dan mengimplementasikan berbagai arsitektur jaringan saraf[5]. Pada penelitian sebelumnya menggunakan platform *Teachable Machine* dalam klasifikasi sampah daur ulang menunjukkan performa model dengan tingkat akurasi 100% untuk kategori gelas, kertas, dan logam serta 92% untuk kategori plastik[6]. Namun, memiliki kekurangan pada pengumpulan dataset yang hanya mengandalkan sumber daring tidak melakukan pengambilan secara langsung. Pada penelitian tersebut membuktikan bahwa implementasi Google *Teachable Machine* efektif dalam mengklasifikasi objek dapat diandalkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan keterampilan dalam bidang machine learning dengan kemudahan akses dan penggunaan *Teachable Machine*, serta mengintegrasikan nya dengan fleksibilitas dan kapabilitas komputasi dari Arduino dalam penerapan pengenalan objek. Melalui penelitian ini, diharapkan tercipta sebuah sistem yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasi jenis sampah secara otomatis, yang selanjutnya dapat digunakan untuk mendukung proses pengelolaan sampah yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mendorong penggunaan teknologi yang mudah di akses dan dipahami di kalangan mahasiswa ke dalam aplikasi yang praktis dan berguna di dunia nyata. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis pengembangan sistem, tetapi juga memberikan nilai edukatif yang signifikan dengan memperkenalkan konsep pembelajaran mesin dan integrasi perangkat keras secara fungsional.

METODE PENELITIAN

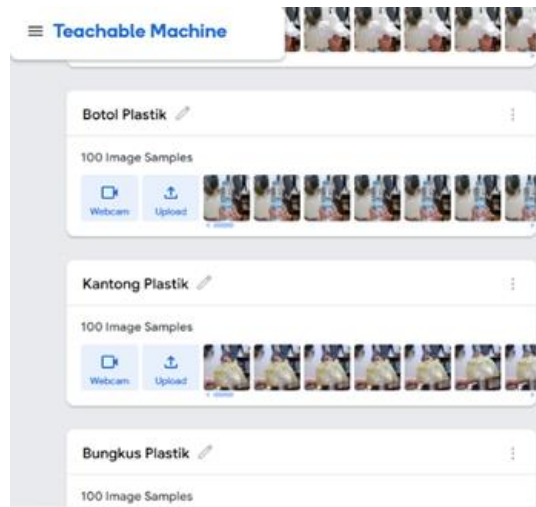
Kerangka penelitian dilakukan secara terstruktur dan bertahap dimulai dari pengumpulan dataset. Setelah data dikumpulkan maka dataset tersebut dilakukan pelatihan menggunakan platform *Teachable Machine*. Selanjutnya, setelah proses pelatihan data selesai dilakukan evaluasi kinerja model. Hal ini dilakukan melalui pengujian data secara real test. Hasil dari pengujian tersebut akan dievaluasi sehingga memberikan gambaran model yang telah dibuat. Pada **Gambar 1** dapat dilihat kerangka penelitian yang telah dibuat.



Gambar 1: Kerangka Penelitian

1. Pengumpulan Dataset

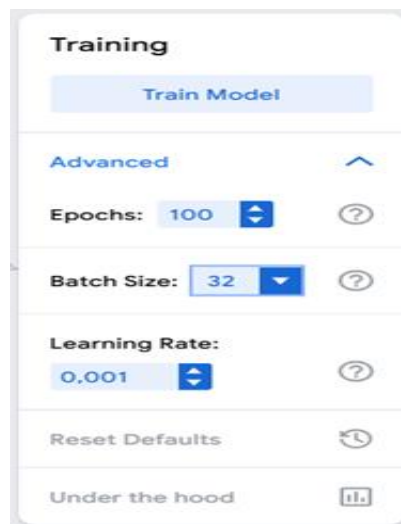
Terdapat 600 gambar dimana setiap “class” terdapat 100 gambar yang berbeda yang dimasukkan ke dalam platform *Teachable Machine* untuk pelatihan model deteksi objek sampah. *Teachable Machine* akan secara otomatis membagi data menjadi dua bagian yaitu, 85% data training dan 15% data testing. Sehingga dari total 600 gambar yang di training ada 90 sampel gambar yang dijadikan data “testing”.



Gambar 2: Pengumpulan Dataset

2. Pelatihan Sampel Dengan *Teachable Machine*

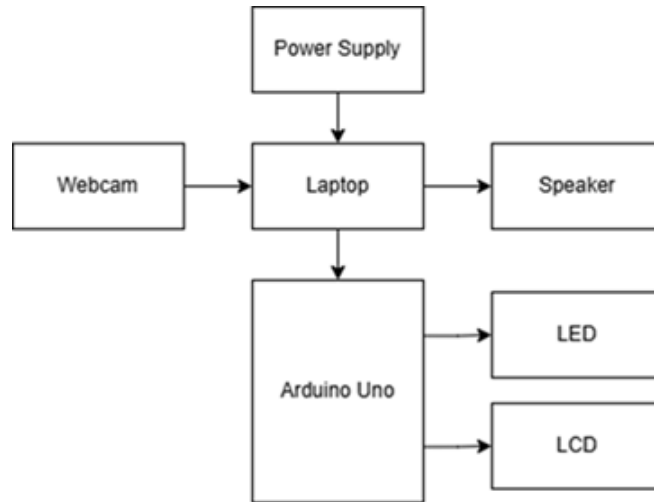
Pada proses pelatihan ini, data gambar akan di bagi menjadi enam kelas atau kategori: kelas “botol plastik”, kelas “botol plastik”, kelas “kaleng”, kelas “kantong plastik”, kelas “tisu” dan kelas “no object”. Dengan pengaturan hyperparameter yang dipakai, data model yang dilatih dengan total 100 epoch, menggunakan batch size sebesar 32[7], dan learning rate sebesar 0.001[8]. Tujuan proses training ini untuk meningkatkan akurasi dalam pengenalan objek gambar yang lebih baik, sehingga memungkinkan untuk deteksi objek sampah dengan akurasi yang lebih tinggi[9].



Gambar 3: Training Model

Diagram blok merupakan bagian penting dalam perancangan suatu perangkat, karena dari diagram dapat diketahui mengenai prinsip kerja keseluruhan dari suatu perangkat dibuat[10]. Sehingga keseluruhan dari perangkat yang telah dibuat dapat membentuk suatu sistem yang dapat

bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Diagram blok dari perangkat yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4: Blok Diagram

Penjelasan cara kerja blok diagram:

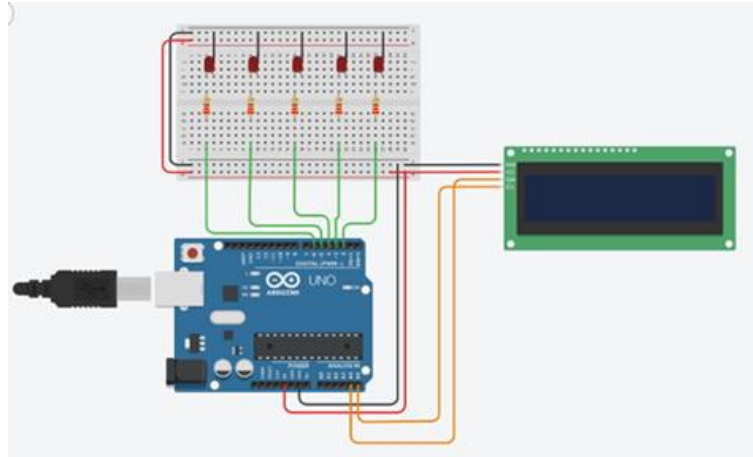
1. Power supply, berfungsi sebagai sumber energi listrik yang menyediakan daya untuk perangkat elektronik atau sistem.
2. Laptop, pusat pemrosesan yang menerima input dari webcam, menjalankan algoritma deteksi menggunakan AI atau OpenCV), dan menentukan respons berdasarkan hasil analisis. Dengan spesifikasi yang digunakan Intel Core i7 generasi ke-7 2.70GHz.
3. Arduino, mikrokontroler yang menerima perintah dari laptop untuk mengontrol perangkat output seperti LED dan LCD, menggunakan versi arduino IDE 2.2.1.
4. Webcam, menangkap gambar atau video yang kemudian diproses oleh laptop untuk mendeteksi objek sampah. Dengan spesifikasi frame rate 30 fps dan resolusi full HD.
5. Speaker, memberikan output suara musik yang dijalankan berdasarkan hasil pemrosesan dari laptop.
6. Light Emitting Diode (LED), sebagai indikator visual yang menyala atau berkedip berdasarkan hasil deteksi dari laptop.
7. Liquid Crystal Display (LCD), menampilkan informasi mengenai jenis sampah yang terdeteksi.

Desain Elektrikal Sistem

Desain skematik sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali untuk mengoperasikan LED dan LCD 16x2 melalui breadboard. LED berfungsi sebagai indikator visual, sedangkan LCD digunakan untuk menampilkan informasi hasil pemrosesan dari Arduino. LCD yang digunakan merupakan modul LCD I2C, sehingga komunikasi dilakukan melalui antarmuka dua kabel (SDA dan SCL) yang terhubung ke pin analog Arduino (biasanya A4 dan A5 pada Arduino Uno) dengan menggunakan mode 4-bit untuk efisiensi pin.

LED dikendalikan melalui pin digital Arduino, dengan tambahan resistor sebagai pembatas arus guna mencegah kerusakan pada LED akibat arus berlebih. Sistem ini dirancang untuk

memberikan umpan balik visual dan informasi teks secara real-time berdasarkan proses yang dijalankan oleh Arduino.

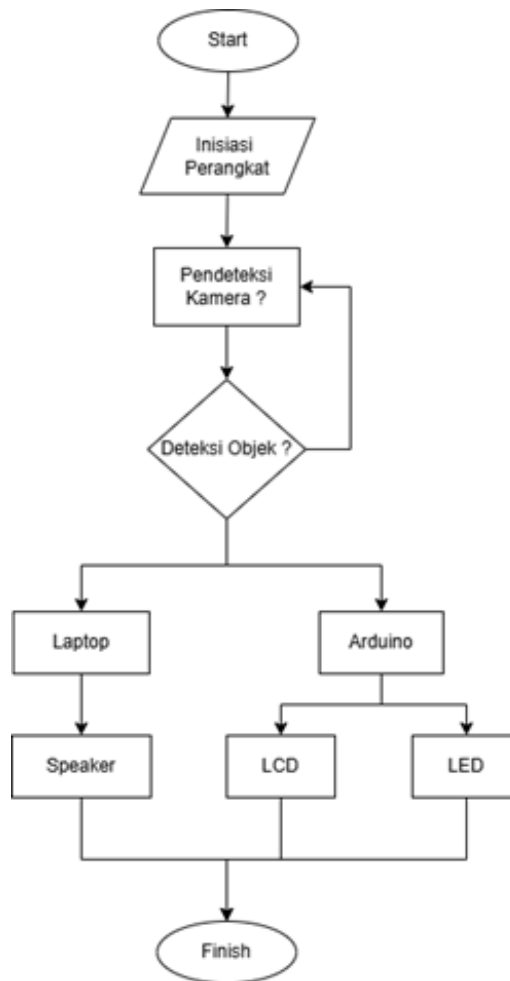


Gambar 5: Desain Elektrikal Sistem

Pada Gambar 6 ditunjukkan alur kerja sistem yang telah dirancang. Ketika program dijalankan, sistem akan memulai proses dengan melakukan inisialisasi perangkat. Setelah semua perangkat berhasil terhubung, kamera akan aktif dan mulai melakukan deteksi terhadap objek sampah. Apabila kamera mendeteksi keberadaan suatu objek sampah, data citra objek tersebut akan dikirimkan dan diproses oleh laptop yang telah terintegrasi dengan Arduino. Proses klasifikasi objek sampah dilakukan di laptop, dan hasil klasifikasi tersebut akan menghasilkan dua jenis output:

1. Output suara melalui speaker, yang berfungsi memberikan informasi secara audio mengenai jenis sampah yang terdeteksi (misalnya: organik, anorganik, atau B3).
2. Output dari Arduino, berupa:
 - a. Lampu LED yang menyala dengan jumlah tertentu sesuai dengan jenis atau kategori sampah yang terdeteksi.
 - b. Tampilan informasi klasifikasi sampah pada LCD, berdasarkan kelas (class) dari hasil deteksi.

Setelah proses deteksi dan keluaran berhasil ditampilkan, sistem akan kembali ke kondisi awal untuk mendeteksi objek sampah berikutnya secara berulang.



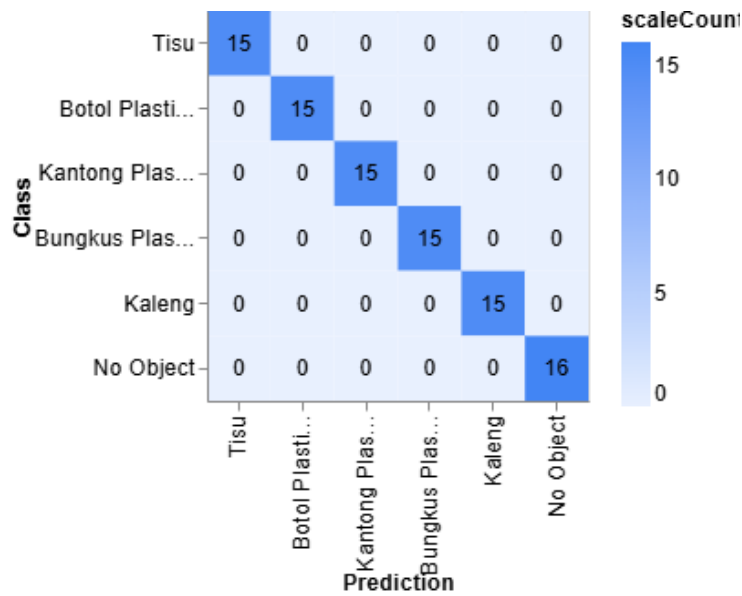
Gambar 6: Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Training Dataset

1. Confusion Matrix

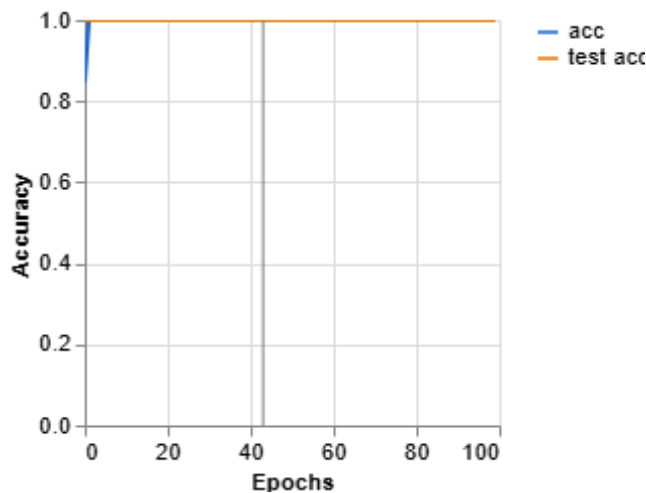
Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki akurasi yang sangat baik dalam mengenali objek yang diuji, karena semua prediksi yang dilakukan cocok dengan kelas yang benar, dengan tidak ada kesalahan klasifikasi. Pada masing-masing setiap kelas yang diuji menunjukkan jumlah prediksi klasifikasi dengan benar sebanyak 15 kali.



Gambar 7: Confusion Matrix

2. Accuracy per Epoch

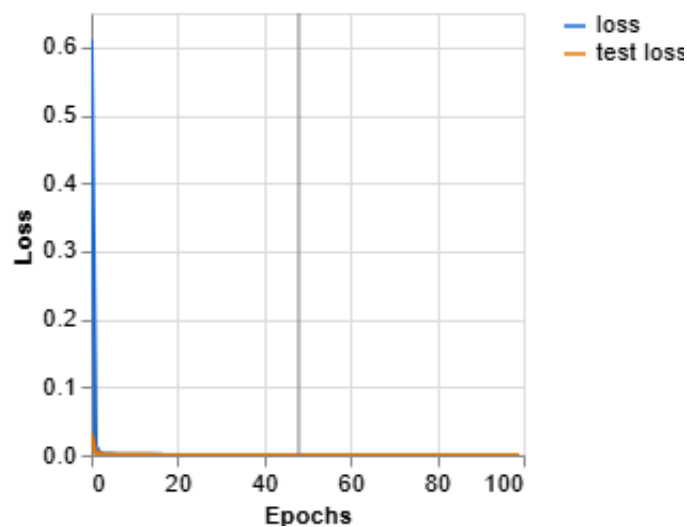
Grafik pada **Gambar 8** menunjukkan akurasi pelatihan (garis biru) dan akurasi pengujian (garis oranye) selama proses pelatihan. Pada awalnya, akurasi pelatihan meningkat dengan cepat dan mencapai nilai hampir 1, menandakan bahwa model belajar dengan cepat. Akurasi pengujian juga meningkat seiring waktu dan stabil pada nilai yang sangat tinggi. Kedua garis yang mendatar setelah beberapa epoch menunjukkan bahwa model telah mencapai konvergensi, dengan akurasi yang stabil. Hal ini menunjukkan bahwa model dapat mengklasifikasi objek dengan baik, tanpa menunjukkan indikasi overfitting, karena akurasi pelatihan dan pengujian tetap seimbang.



Gambar 8: Accuracy per Epoch

3. Loss per Epoch

Grafik pada **Gambar 9** menunjukkan loss pada setiap epoch selama pelatihan model, dengan dua garis: loss (garis biru) untuk pelatihan dan test loss (garis oranye) untuk pengujian. Pada awal pelatihan, nilai loss sangat tinggi dan menurun dengan tajam setelah beberapa epoch pertama. Setelah mencapai titik tertentu, loss stabil pada nilai yang sangat rendah, baik untuk pelatihan maupun pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa model mengalami penurunan kesalahan secara signifikan dan berhasil belajar dengan baik, karena loss hampir mencapai nol dan tetap stabil, baik pada data pelatihan maupun pengujian. Ini mengindikasikan model yang telah mencapai konvergensi dengan performa yang optimal.



Gambar 9: Loss per Epoch

Preview Objek Melalui Teachable Machine

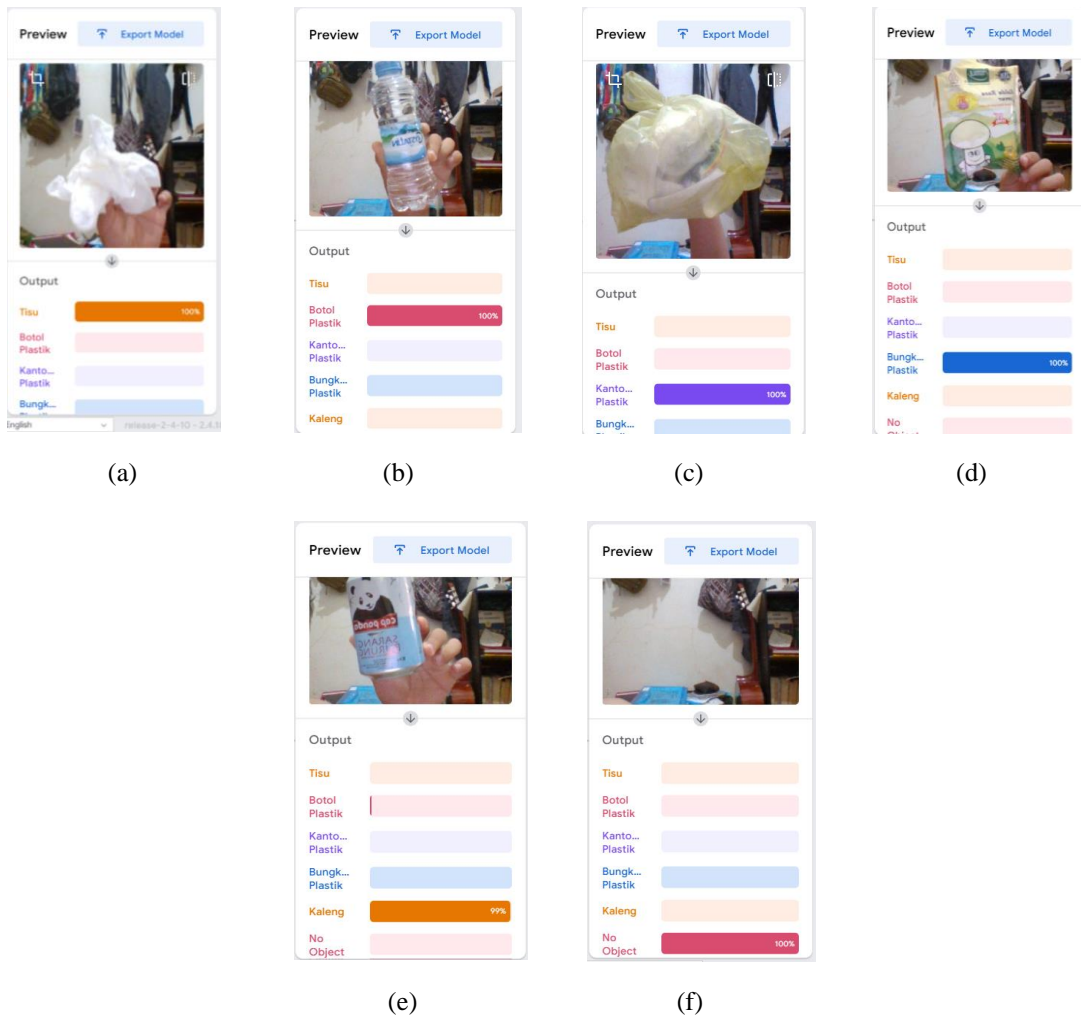
Setelah dilakukan evaluasi terhadap hasil *confusion matrix*, nilai akurasi, dan *loss*, langkah selanjutnya adalah melakukan preview model. Pada tahap ini, model diuji secara langsung dengan memasukkan sampel gambar baru atau menggunakan kamera untuk mengamati kemampuan klasifikasi objek secara real-time.

Melalui fitur preview ini, performa model dapat diverifikasi dalam kondisi nyata, untuk memastikan bahwa model mampu mengenali objek sampah seperti tisu, botol plastik, kantong plastik, bungkus plastik, kaleng, serta objek kosong (no object) secara benar dan konsisten, sesuai hasil pelatihan dan pengujian sebelumnya.

Tampilan *preview* disertai dengan bar indikator probabilitas yang menunjukkan tingkat keyakinan model dalam mengklasifikasikan objek. Panjang bar yang paling besar menunjukkan kelas dengan nilai probabilitas tertinggi. Berdasarkan Gambar 10, hasil *preview* pada masing-masing objek menunjukkan performa klasifikasi dengan akurasi mencapai 100%, yang menandakan bahwa model telah terlatih dengan baik.

Setelah pengujian melalui panel preview, model kemudian diekspor ke dalam format Keras (.h5) untuk digunakan dalam pengembangan lebih lanjut pada Visual Studio Code, yang kemudian diintegrasikan dengan Arduino. Model ini dikembangkan untuk mengenali objek sampah dengan tambahan fitur berupa:

- Output suara sebagai informasi jenis sampah yang terdeteksi,
- LED sebagai indikator visual,
- LCD untuk menampilkan klasifikasi sampah secara teks.

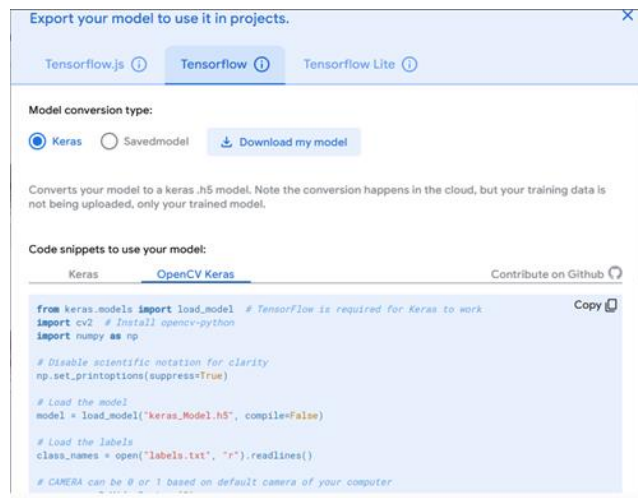


Gambar 10: *Preview* Objek “botol plastik” (a), “bungkus plastik” (b), “kaleng” (c), “kantong plastik” (d), “tisu” (e), dan “no object” (f)

Export Model Dalam Format Keras

Langkah berikutnya adalah mengeksport model yang telah dilatih ke dalam format Keras (.h5), yaitu format standar untuk menyimpan model yang dibuat menggunakan framework Keras. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 11, yang menampilkan antarmuka pilihan format ekspor.

Dengan menggunakan format .h5, model dapat dengan mudah diimplementasikan ke dalam berbagai aplikasi berbasis Python, baik untuk proses inferensi langsung maupun integrasi dengan proyek berbasis kamera dan mikrokontroler. Format ini juga mendukung fleksibilitas dalam pengembangan sistem klasifikasi berbasis visi komputer.



Gambar 11: Export Model Dalam Format Keras









Pengujian Hasil Deteksi

Setelah model berhasil diekspor dan diintegrasikan ke dalam sistem, dilakukan pengujian deteksi menggunakan model .h5 tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1, yang menampilkan performa klasifikasi terhadap masing-masing jenis objek sampah..

Tabel 1: Pengujian Hasil Deteksi

NO.	Klasifikasi Objek	LED (ON)	Tampilan LCD	Akurasi Pengenalan
1.	No object	0		
2.	Tisu	1		



3.	Botol Plastik	2		
4.	Kantong Plastik	3		
5.	Bungkus Plastik	4		
6.	Kaleng	5		

Berdasarkan hasil pengujian sistem secara aktual, diperoleh rata-rata akurasi lebih dari 60%. Capaian ini menunjukkan bahwa model deteksi objek untuk klasifikasi sampah memiliki tingkat keberhasilan yang cukup baik. Model mampu mengenali dan mengklasifikasikan objek secara tepat, dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah. Selain itu, integrasi antara kamera, laptop, dan Arduino berjalan dengan baik, di mana data hasil klasifikasi yang dikirim secara serial dapat diproses dengan tepat. Hal ini terlihat dari tampilan informasi pada LCD serta jumlah LED yang menyala, yang sesuai dengan hasil deteksi objek oleh kamera.

Namun demikian, perlu dicatat bahwa akurasi sistem sangat bergantung pada kualitas dan keragaman data latih yang digunakan selama proses pelatihan model. Beberapa faktor yang memengaruhi akurasi deteksi di antaranya:

- a. Jumlah dan variasi dataset: Dataset yang lebih banyak dan beragam (dari segi sudut pandang, latar belakang, dan pencahayaan) akan membantu meningkatkan kemampuan generalisasi model.
- b. Kondisi lingkungan saat pengujian: Pencahayaan yang kurang optimal atau latar belakang objek yang terlalu kompleks dapat menurunkan akurasi deteksi.
- c. Perbedaan antara kondisi pelatihan dan kondisi nyata: Model yang dilatih dalam kondisi ideal cenderung mengalami penurunan performa ketika diterapkan dalam kondisi lingkungan nyata yang tidak seragam.

Meski demikian, hasil ini menunjukkan bahwa platform Teachable Machine memberikan kemudahan dan efektivitas dalam pembuatan sistem deteksi objek yang sederhana namun fungsional. Model mampu mengenali berbagai jenis objek sampah seperti tisu, botol plastik, kantong plastik, bungkus plastik, kaleng, dan no object dengan cukup baik.

Pada tahap preview melalui Teachable Machine, sistem menunjukkan performa klasifikasi dengan tingkat akurasi 100%, yang diindikasikan oleh bar probabilitas tertinggi pada setiap klasifikasi objek. Akan tetapi, saat diterapkan secara nyata dengan menggunakan model dalam format Keras (.h5), akurasi menurun hingga rata-rata lebih dari 60%, yang kemungkinan besar dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan dan latar belakang yang berbeda saat pengujian.

Rekomendasi dan Pengembangan Lanjutan

Untuk meningkatkan performa sistem, beberapa langkah strategis yang dapat dilakukan adalah:

1. Augmentasi Data: Menambah variasi dataset dengan rotasi, perubahan pencahayaan, serta latar belakang yang berbeda untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model.
2. Kalibrasi Pencahayaan: Mengatur standar pencahayaan selama proses klasifikasi agar kondisi lebih menyerupai lingkungan saat pelatihan.
3. Pengembangan Sistem Fisik: Memperluas integrasi Arduino, tidak hanya untuk mengendalikan LED dan LCD, tetapi juga untuk mengaktifkan aktuator seperti servo atau motor, sesuai dengan klasifikasi jenis sampah.
4. Pemrosesan Data Tambahan: Menambahkan logika validasi atau smoothing data hasil deteksi agar sistem lebih stabil dan akurat.

Dengan langkah-langkah tersebut, sistem klasifikasi sampah yang telah dibangun memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bagian dari solusi teknologi pengelolaan sampah berbasis kecerdasan buatan.

KESIMPULAN

Penggunaan *Teachable Machine* dalam klasifikasi objek sampah dapat bekerja dengan sangat baik. Dengan mengintegrasikan antara *Teachable Machine* dan Arduino dengan model format Keras sistem mampu mengenali objek seperti tisu, botol plastik, kantong plastik, bungkus plastik, kaleng, dan kondisi *no object* dengan akurasi lebih dari 60% melalui pengujian sistem secara aktual. Komunikasi serial antara Arduino dan Keras terbukti cepat dan andal yang memungkinkan respon waktu efektif secara real time. Data yang dikirimkan ke Arduino digunakan untuk menyalakan LED dan memberi informasi melalui LCD mempresentasikan objek sampah yang telah di klasifikasi. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya efektif dan efisien dalam pengenalan objek tetapi juga sangat mudah untuk diimplementasikan, dengan potensi yang lebih luas dalam bidang pendidikan maupun industri manufaktur. Diharapkan, dengan adanya penelitian ini dapat membuka peluang pengembangan yang lebih



lanjut secara luas dengan memanfaatkan kemudahan yang ditawarkan platform *Teachable Machine*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Tandipau and K. Batvian, "Permasalahan Pengelolaan Sampah Di Pemukiman Masyarakat Kelurahan Malawili Distrik Aimas," *J. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 97–106, 2023.
- [2] B. R. Perkasa, A. Sularsa, and A. Pratondo, "Implementasi Klasifikasi Citra Untuk Mendeteksi Embrio Bebek Pada Aplikasi Mobile Menggunakan Artificial Intelligence Image Classification Implementation for Detecting Duck Embryos on Mobile Application With Artificial Intelligence," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [3] A. E. Prasetyanto and C. P. Hadisusila, "Aplikasi Arduino dalam Teknik I/O untuk Mengintegrasikan dan Mengendalikan Perangkat Elektronik," *Nusant. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 96–102, 2023, doi: 10.29407/noe.v6i2.21308.
- [4] Syafriyadi Nor, Annisa Maulidia Damayanti, and Sarifudin, "Integrasi teachable machine dengan arduino untuk pengklasifikasian bentuk objek secara real-time," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 263–273, 2024, doi: 10.33795/elkolind.v11i1.5777.
- [5] A. N. Septihadi, I. Hidayatullah, and F. Susanto, "Analisis Performa Deteksi Cacar Monyet dengan Model Klasifikasi Gambar Menggunakan Teachable Machine dan Keras," *Expert J. Manaj. Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 14, no. 1, p. 55, 2024, doi: 10.36448/expert.v14i1.3623.
- [6] Z. F. Muhamad Auliya, "Pemanfaatan Google Teachable Machine Untuk Klasifikasi Sampah Daur Ulang," vol. 4, no. April, 2025.
- [7] Afis Julianto, Andi Sunyoto, and Ferry Wahyu Wibowo, "Optimasi Hyperparameter Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Penyakit Tanaman Padi," *Tek. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 3, no. 2, pp. 98–105, 2022, doi: 10.46764/teknimedia.v3i2.77.
- [8] N. Rochmawati, H. B. Hidayati, Y. Yamasari, H. P. A. Tjahyaningtjas, W. Yustanti, and A. Prihanto, "Analisa Learning Rate dan Batch Size pada Klasifikasi Covid Menggunakan Deep Learning dengan Optimizer Adam," *J. Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 44–48, 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n2.p44-48.
- [9] D. Rika Widianita, "PENGARUH BATCH SIZE PADA TRAINING AKURASI ALOGIRTMA CNN (STUDI KASUS SISTEM PAKAR TANAMAN KENTANG)," *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.
- [10] A. Arifudin, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Metode Segitiga Wajah (triangle face) Berbasis Raspberry Pi," *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 29, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.006.