

IMPLEMENTASI SISTEM PEMILAHAN SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK BERBASIS KECERDASAN BUATAN DENGAN GROVE VISION AI V2 DAN ESP32

Kevin Bagus Saputra, Eddy Muntina Dharma, Ida Bagus Kresna Sudiarmika

Teknik Informatika, Universitas Primakara
Jl. Tukad Badung No.135 80226 Denpasar Selatan Bali
kevincb612@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan timbulan sampah di Kota Denpasar menjadi permasalahan lingkungan yang memerlukan solusi inovatif, terutama dalam mendukung kebijakan pemilahan sampah sesuai Peraturan Daerah Kota Denpasar Nomor 8 Tahun 2023. Namun, kesadaran dan konsistensi pemilahan sampah di lingkungan kampus masih rendah. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem pemilahan sampah organik dan anorganik berbasis kecerdasan buatan menggunakan modul Grove Vision AI V2 dan mikrokontroler ESP32 di Kampus Primakara. Metode yang digunakan adalah CRISP-DM yang meliputi tahapan pemahaman masalah, pengumpulan dan persiapan data, pemodelan, evaluasi, dan penerapan sistem. Dataset terdiri dari 916 citra sampah organik dan anorganik yang diperoleh dari pengambilan langsung serta sumber eksternal. Model klasifikasi dilatih menggunakan arsitektur MobileNetV2 berbasis transfer learning melalui Edge Impulse, kemudian diimplementasikan pada Grove Vision AI V2. Hasil klasifikasi dikirim ke ESP32 melalui komunikasi I2C untuk mengendalikan motor servo sebagai mekanisme pemilah otomatis. Hasil validasi model menunjukkan akurasi 93,9%. Pada pengujian langsung sistem end-to-end diperoleh akurasi 65%, precision 59,6%, recall 93,3%, dan F1-score 72,7%. Sistem mampu bekerja secara real-time dengan konsumsi daya sekitar 6 watt. Penelitian ini menunjukkan potensi penerapan edge AI dalam mendukung sistem pemilahan sampah otomatis di lingkungan kampus.

Kata kunci : *Waste sorting, Grove Vision AI V2, ESP32, Artificial intelligence, Edge AI*

1. PENDAHULUAN

Seiring tahun penimbunan sampah di provinsi bali semakin meningkat dan mengkhawatirkan. Menurut data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2024 sebanyak 1,2 ton timbulan sampah di provinsi bali. Kota Denpasar sebagai penyumbang timbulan sampah terbanyak yaitu 366,806. 75 ton sampah.[1]

Menurut Direktur Eksekutif Institute for Essential Services Reform (IESR) Fabby Tumiwa menyatakan penyebab terjadinya timbulan sampah yaitu dikarenakan kurangnya kesadaran pengelolaan sampah di sebagian besar masyarakat, termasuk kenaikan wisatawan ke Bali.[2] Walikota denpasar telah berupaya dalam menangani masalah sampah di kota Denpasar dengan menetapkan Peraturan Daerah Kota Denpasar Nomor 8 Tahun 2023 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Sampah [3]. Isi dari peraturan tersebut adalah masyarakat kota Denpasar diwajibkan melakukan pememilahan sampahnya sebelum dilanjutkan ke tempat pembuangan akhir, akan tetapi masih banyak masyarakat kota Denpasar enggan untuk melaksanakan peraturan tersebut, salah satunya ada pada kampus primakara.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan semakin tahun semakin pesat ditandai dengan adanya berbagai bentuk inovasi, salah satunya yaitu Grove Vision AI V2 yang adalah modul sensor kamera dengan sensor khusus yang telah dilengkapi algoritma pembelajaran mesin (Machine learning). Esp32 adalah mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan berbagai module elektronik seperti

sensor dan servo. Esp32 berjalan dalam mode daya rendah sehingga tidak banyak mengkonsumsi banyak energi listrik untuk penggunaan-nya Berdasarkan latar belakang diatas penulis mengusulkan untuk membuat “Implementasi Sistem Pemilahan Sampah Organik dan Anorganik Berbasis Kecerdasan Buatan dengan Grove Vision AI V2 dan ESP32 pada Kampus Primakara”. Untuk memperkuat urgensi permasalahan, penulis menyebarkan kuesioner kepada mahasiswa dan staf kampus primakara untuk mengetahui pandangan mereka terhadap efektivitas dan kebutuhan sistem pemilah sampah otomatis. Isi pertanyaan kusioner terdapat pada halaman lampiran 1. Dengan adanya implementasi sistem pemilahan sampah ini diharapkan dapat membantu dalam mengelola pemilhan sampah pada kampus primakara, serta menjalankan Peraturan Kota Denpasar Nomor 8 Tahun 2023.

Penelitian ini menitikberatkan pada aspek implementasi sistem, bukan pada pengusulan metode pembelajaran mesin baru. Dengan demikian, kontribusi penelitian lebih bersifat praktis melalui perancangan, integrasi, dan uji coba alat pemilah sampah otomatis di lingkungan kampus.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian terkait sistem pemilahan sampah otomatis telah dilakukan sebelumnya. Penelitian oleh Muhammad Yunus merancang tempat sampah pemilah otomatis berbasis mikrokontroler Arduino untuk membedakan sampah logam dan non-logam. Sistem tersebut menunjukkan bahwa teknologi

mikrokontroler dapat digunakan sebagai dasar perancangan alat pemilah sampah otomatis, namun belum memanfaatkan teknologi pengolahan citra berbasis kecerdasan buatan [19].

Pemanfaatan modul Grove Vision AI V2 dalam sistem berbasis visi komputer ditunjukkan pada proyek Fire Extinguishing Robot oleh Sekolah Robot. Dalam penelitian tersebut, Grove Vision AI V2 digunakan untuk mendeteksi api dan mengarahkan pergerakan robot. Studi ini membuktikan kemampuan modul Grove Vision AI V2 dalam melakukan klasifikasi citra secara langsung pada perangkat edge, tetapi belum diterapkan pada klasifikasi objek sampah [20].

2.1. Pengelolaan Sampah

Dalam kehidupan kita, kita tidak asing dengan namanya sampah. Sampah adalah sisa hasil dari kegiatan manusia atau proses alam yang berbentuk padat [4]. Sampah dibagi menjadi 2 jenis yaitu organik, dan anorganik, sampah organik adalah sampah yang berasal dari sisa-sisa makhluk hidup yang dapat terurai secara alami, sampah anorganik adalah sampah yang tidak dapat terurai secara alami, dikarenakan material yang digunakan tidak berasal dari alam, atau bahan sintetik [5]. besar dan huruf kecil. Heading dituliskan rata kiri [5].

2.2. Peraturan Daerah Kota Denpasar Nomor 8 Tahun 2023 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Sampah

Peraturan Daerah (Perda) adalah peraturan perundang-undangan yang dibuat oleh DPRD (Dewan Perwakilan Rakyat Daerah) dengan persetujuan bersama Kepala Daerah (gubernur atau bupati/walikota). Perda mengatur hal-hal yang terkait dengan otonomi daerah dan tugas pembantuan, serta menampung kondisi khusus daerah. Menurut Peraturan Daerah Kota Denpasar Nomor 8 Tahun 2023 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Sampah, masyarakat diwajibkan untuk memisahkan sampah organik dan anorganik dalam mengelola sampah secara mandiri.

2.3. Grove Vision AI V2



Gambar 1. Grove Vision AI V2

Grove Vision AI V2 adalah sebuah module AI (Artificial Inteligents) berbasis mikrokontroler yang ditenagai oleh processor Arm Cortex-M55 & Ethos-U55, yang dimana mendukung framework tensorflow

dan pytorch untuk melakukan proses pelatihan AI model, dan juga module ini tidak memerlukan energi listrik yang besar untuk menjalankannya [6]. Gambar 1 memperlihatkan bentuk dari board grove vision AI V2.

2.4. Mikrokontroler Esp 32

ESP32 adalah mikrokontroler berbasis SoC (System on Chip) yang sudah dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth, serta dirancang untuk lebih efisien dalam penggunaan daya listrik [7]. ESP32 merupakan chip yang cukup lengkap karena sudah memiliki prosesor, memori penyimpanan, serta akses ke pin GPIO (General Purpose Input Output). Seluruh papan pengembangan ESP32 juga dilengkapi dengan antarmuka USB to UART, yang mempermudah proses pemrograman pada board tersebut [8]. Gambar 2 memperlihatkan bentuk dari board Esp32.



Gambar 2. Mikrokontroler Esp 32

2.5. Motor servo

Motor servo adalah jenis motor DC yang dilengkapi dengan sistem umpan balik tertutup (closed feedback). Artinya, posisi putaran motor akan dikirim kembali ke sistem pengendali di dalam motor tersebut. Motor ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu motor DC, rangkaian roda gigi (gear), potensiometer untuk mendeteksi posisi, dan rangkaian pengendali untuk mengatur gerakan motor secara tepat [9].

2.6. Sense Craft

SenseCraft adalah serangkaian layanan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Seeed Studio untuk menyediakan solusi yang lebih cepat dan sederhana bagi pengguna dalam hal layanan dan aplikasi perangkat lunak [11]. SenseCraft mampu memenuhi kebutuhan pengguna dalam layanan data, manajemen perangkat, dan aplikasi kecerdasan buatan (AI).

2.7. Arduino ide

Integrated Development Environment (IDE) adalah perangkat lunak yang sangat penting dalam proses pemrograman. IDE digunakan untuk menulis kode, mengompilasi file biner, serta mengunggah program ke memori mikrokontroler [12]. Arduino ide adalah software yang digunakan untuk

membuat, mengedit, dan mengunggah kode pemrograman pada board yang ingin diprogram.

2.8. Confusion Matrix

Confusion matrix adalah tabel pengukur yang digunakan untuk menampilkan hasil uji data yang telah diklasifikasikan benar dan salah, sehingga bisa digunakan untuk menghitung akurasi dari sistem klasifikasi [13]. Berikut adalah contoh tabel *confusion matrix*:

Table 1. confusion matrix

Confusion matrix		prediksi	
		Positif	negatif
Aktual	Positive	True positive (tp)	False negative
	Negative	False positive	True Negatif (tn)

Didalam *confusion matrix* terdapat formula untuk mengetahui akurasi dari sebuah data yang telah diolah pada tabel. Berikut adalah formula berdasarkan tabel diatas:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Accuracy adalah bagian dari prediksi yang benar dari semua prediksi [14]. Rumus ini berfungsi untuk menghitung seberapa akurasi berdasarkan jumlah data yang diprediksi benar dari semua prediksi yang telah dilakukan. Accuracy ini sangat berguna jika jumlah dataset dari tiap kelas seimbang.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Precision adalah rumus menghitung prediksi yang benar, jika false positive lebih besar dari false negative

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Recall adalah rumus yang digunakan untuk mengukur proporsi dari hasil yang benar sebenarnya yang berhasil diprediksi dengan benar.

$$F1 - Score = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}$$

F1 Score adalah metrik evaluasi yang membandingkan rata-rata presisi dan recall secara seimbang, dan sangat berguna ketika jumlah False Positive dan False Negative tidak seimbang. Sebaliknya, jika jumlah keduanya hampir sama, maka akurasi bisa dijadikan acuan yang tepat untuk mengukur performa algoritma [15].

2.9. I2C (Inter-Integrated Circuit)

I2C adalah protokol komunikasi yang serial yang digunakan untuk komunikasi antar perangkat sistem tertanam [16]. I2C mengirimkan data melalui *pinout* SDA dan SCL pada perangkat.

2.10. Transfer Learning



Gambar 3. Transfer Learning

Transfer learning adalah salah metode atau teknik yang digunakan dalam *machine learning* atau pembelajaran mesin untuk mengambil pengetahuan yang pernah dilatih dari tugas sebelumnya yang kemudian diterapkan ke tugas lain yang sama [17]. Fungsi dari transfer learning adalah efisiensi waktu dalam melatih model. Gambar 4 memperlihatkan bagaimana transfer learning bekerja

2.11. Sensor ultrasonik (HC-SR04)



Gambar 4. Sensor ultrasonik (HC-SR04)

Sensor ultrasonik adalah sensor yang berguna sebagai pengukur jarak antar objek dengan menggunakan pantulan gelombang suara ultrasonik [18]. Cara kerja sensor ini adalah dengan memancarkan gelombang ultrasonik melalui pemancar dari sensor (transmitter) dan kemudian gelombang akan dipantulkan kembali jika ada objek mengenai gelombang, dan pantulan kemudian diterima oleh penerima (receiver) dari sensor ultrasonik. Gambar 5 menunjukkan bentuk dari module sensor ultrasonik HC-SR04.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Cross-Industry Standard Process for Data Mining atau bisa disebut CRISP-DM. CRISP-DM adalah model referensi yang memberikan gambaran umum tentang siklus hidup proyek data mining. Model ini terdiri dari enam fase utama bisa dilihat pada gambar 6 metode CRISP-DM.



Gambar 5. Cross-Industry Standard Process for Data Mining

Berikut keterangan tiap fase utama pada metode CRISP-DM:

- a. Business understanding
Business Understanding adalah tahap di mana tujuan dan kebutuhan proyek dianalisis dari perspektif bisnis. Pemahaman tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk permasalahan data mining, disertai dengan perencanaan awal proyek yang dirancang untuk mencapai tujuan bisnis yang telah ditetapkan.
- b. Data Understanding:
Data Understanding merupakan tahap yang diawali dengan pengumpulan data awal, kemudian dilanjutkan dengan eksplorasi untuk memahami isi data, mendeteksi masalah kualitas data, menemukan wawasan awal, serta mengidentifikasi bagian data yang potensial untuk dijadikan dasar hipotesis.
- c. Data preparation:
Data preparation adalah fase yang dimana mencakup semua aktivitas untuk membentuk dataset akhir dari data mentah yang akan digunakan dalam pemodelan. Proses ini dapat dilakukan berulang kali dan tidak harus berurutan. Aktivitas ini meliputi: memilih tabel, record, dan atribut yang relevan, membersihkan data, membuat atribut baru, dan melakukan transformasi data agar sesuai untuk alat pemodelan.
- d. Modeling
Pada tahap modeling dalam penelitian ini tidak dimaksudkan untuk merancang algoritma model baru, melainkan menggunakan platform Edge Impulse untuk melatih dataset sampah, lalu export model ke platform SenseCraft agar dapat diimplementasikan langsung ke Grove Vision AI V2
- e. Evaluation
Pada tahapan ini melakukan evaluasi terhadap model yang telah dibuat di edge impulse yang dimana berdasarkan gambar 3.3 diagram modeling berada pada tahapan test pada area edge impulse. Evaluasi ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan model sesuai.
- f. Deployment
Fase deployment Pada tahapan ini peneliti mengintegrasikan perangkat keras (ESP32, sensor ultrasonik, servo, dan juga layar oled) dengan modul Grove Vision AI V2, dan dilakukan juga evaluasi kinerja sistem secara menyeluruh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penelitian menjelaskan hasil implementasi dan pengujian alat. Implementasi dilakukan dengan mengintegrasikan fungsi perangkat lunak dan perangkat keras sesuai dengan desain yang dijelaskan pada bab III sebelumnya. Berikut hasil implementasi dan pengujian sistem yang telah diimplementasi.

4.1. Bussines Understanding

Pada tahapan ini peneliti menggunakan dataset sampah organik dan anorganik. Jenis sampah dataset yang digunakan adalah jenis sampah yang ada di area kampus universitas primakara.

4.2. Data Understanding

Pada tahapan ini peneliti menemukan jenis data sampah organik dan anorganik yang ada di kampus universitas primakara. Dapat dilihat pada tabel dibawah

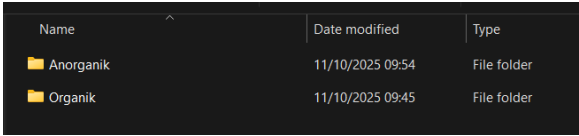
Tabel 2. Jenis data Sampah

Organik 458 Dataset 8 jenis	Anorganik 458 Dataset 9 jenis
• Stik es krim, • sumpit, • stik sate, • daun & bunga jepun, • canang, • daun pisang, • kulit pisang, • kulit jeruk	• Bungkus plastik kemasan, • bungkus bowl , • sedotan, • botol minum plastik, • botol minum kaleng, • tisu, • kertas, • utensil makanan plastik, • tutup minuman plastik

Pada tabel diatas peneliti menggunakan 8 jenis sampah organik, dan 9 jenis sampah anorganik, dengan jumlah masing-masing data per kelas sebanyak 458 kelas. Data diambil secara langsung dengan latar belakang yang bervariasi, dan juga data dari pihak ketiga. Total keseluruhan dataset sebanyak 916 citra gambar, di mana sekitar 75,1% merupakan dataset primer yang difoto langsung oleh peneliti dan 24,9% merupakan dataset dari sumber eksternal. Data primer sebanyak 428 data gambar untuk organik, dan 260 gambar untuk anorganik, dan untuk dataset sumber eksternal organik sebanyak 30 gambar, dan anorganik sebanyak 198 gambar.

4.3. Data preparation

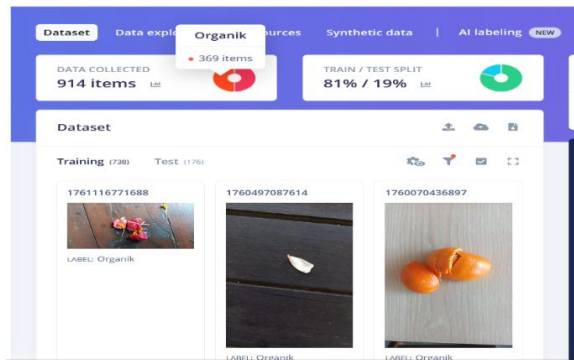
Pada tahapan ini peneliti melakukan pengelompokan data yang sudah didapat berdasarkan kelas klasifikasi. Disini peneliti menggunakan dua kelas klasifikasi organik dan anorganik.



Name	Date modified	Type
Anorganik	11/10/2025 09:54	File folder
Organik	11/10/2025 09:45	File folder

Gambar 6. Data preparation

Setelah melakukan pengelompokan, eksport dataset ke platform edge impulse

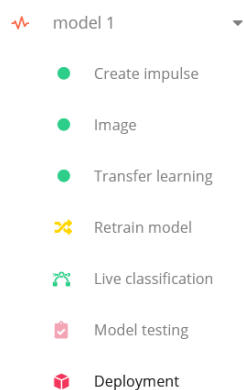


Gambar 7. data preparation

Pada tahapan ini peneliti membuat 2 folder klasifikasi yaitu organik dan anorganik di aplikasi web edge impulse, kemudian ekspor dataset yang dikumpulkan, kemudian upload dataset untuk data *testing*, disini peneliti menggunakan bawaan dari edge impulse yaitu 20% dari jumlah dataset per kelas. Total data training per kelas adalah 456 sample dengan total data testing sebanyak 176 sample.

4.4. Modeling

Pada tahap modeling atau training pada alur pembuatan model terdapat beberapa tahapan pada platform edge impulse berikut adalah tahapan nya:

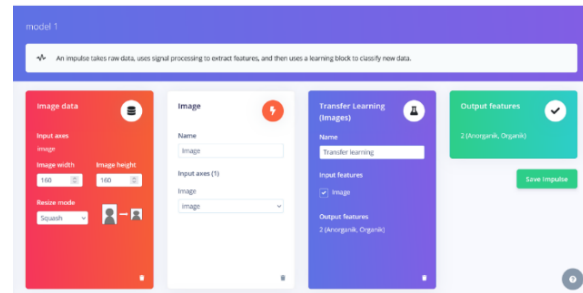


Gambar 8. Modeling

Berdasarkan gambar diatas terdapat 7 tahapan, disini peneliti hanya mengambil 5 tahapan yaitu mulai dari create impulse, image, transfer learning, model testing, dan terakhir deployment. Sebelum melakukan tahapan model pada edge impulse, pastikan sudah memilih device yang sesuai, untuk grove Vision AI V2 device yang dipilih pada edge impulse yaitu Himax WiseEye2(Cortex-M55 400 MHZ) + Ethos-U55-64

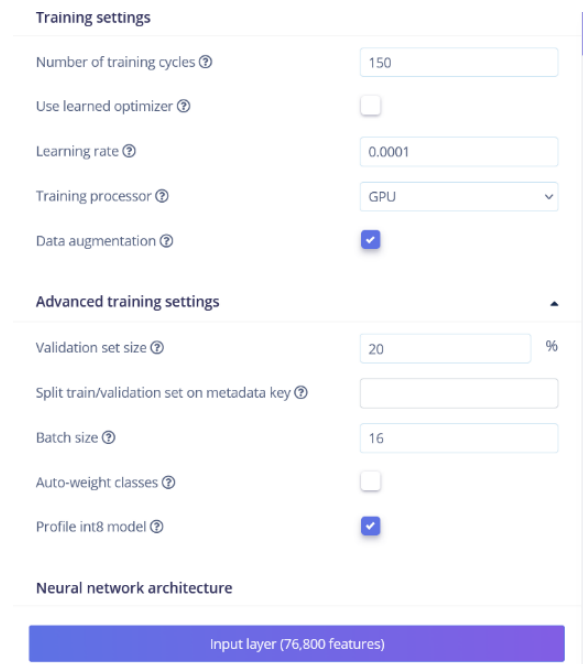
4.5. Create impulse

Pada tahapan ini adalah menentukan jenis parameter gambar, disini peneliti menggunakan gambar yang berwarna (RGB) untuk nantinya akan di latih oleh model.



Gambar 9. Create impulse

4.6. Transfer Learning



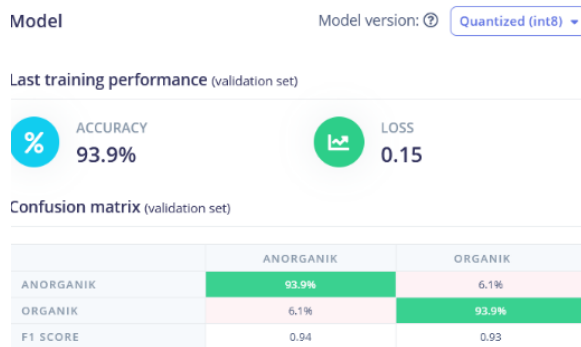
Gambar 10. Transfer Learning

Pada tahapan ini peneliti menentukan jumlah epoch, learning rate, jumlah data validasi, batch size, serta jenis format model. Peneliti menggunakan 150 epoch, dengan learning rate 0.0001, serta menggunakan data augmentasi, data validasi sebanyak 20% dan batch size 16. Peneliti melakukan training menggunakan cpu dari edge impulse dengan format model int8. Pada model terdapat input layer sebanyak 76.800 features, dan dengan model MobileNetV2 dengan ukuran inputan 160 x 160 pixel. Dan output layer sebanyak 2 kelas, kemudian peneliti melakukan *save & train*. Alasan peneliti menggunakan ukuran inputan 160 x 160 pixel karena secara umum semakin besar ukuran inputan semakin besar akurasi model dikarenakan semakin banyak menangkap detail gambar yang dimasukkan ke model [28].

4.7. Evaluation

Pada tahapan ini peneliti melakukan pengujian akurasi model. Peneliti melakukan pengujian menggunakan fitur yang dimiliki platform edge impulse, yang dimana model yang telah dibuat pada edge impulse akan dilakukan pengujian

menggunakan data validasi yang telah ditentukan 20% setiap kelasnya. Berikut adalah hasil dari pengetesan:



Gambar 3 Evaluation

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa akurasi dari model yang dibuat adalah 93.9% menggunakan model version quantized (int8), data ini diambil menggunakan teknik perhitungan confusion matriks yang dijalankan oleh edge impulse secara otomatis.

4.8. Depeloment

Pada tahapan ini peneliti melakukan beberapa tahapan mulai dari mengunduh model yang telah dilatih pada platform edge impulse, lalu mengkonvert format model yang telah dilatih menjadi vela.tflite, dan deploy model yang telah dikonvert ke grove vision AI V2, dan tahapan terakhir mengintegrasikan ke mikrokontroler esp32.



Gambar 4 Depeloment

4.9. Implikasi

a. Implikasi Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan pengetahuan kecerdasan buatan terapan dan embended system, khususnya dalam implementasi teknologi computer vision pada perangkat mikrokontroler.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa module grove vision AI V2 dapat diintegrasikan dengan perangkat mikrokontroler esp32 untuk melakukan klasifikasi gambar secara nyata atau real time tanpa memerlukan internet untuk menjalankan komputasi. Dengan penelitian ini memperkuat juga pemrosesan kecerdasan buatan pada perangkat edge atau edge computing dapat diterapkan dalam sistem otomatis pemilah sampah sederhana.

b. Implikasi Praktis

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan dalam pengembangan sistem pemilah sampah otomatis berbasis kecerdasan buatan. Penerapan alat ini juga mendukung kebijakan peraturan daerah kota Denpasar nomor 8 tahun 2023 tentang penyelenggaraan pengelolaan sampah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini, telah berhasil mengimplementasi model cnn dengan arsitektur *mobilenet v2* dalam mendeteksi jenis sampah organik dan anorganik ke grove vision AI V2, serta berhasil mengintegrasikan keluaran grove vision AI V2 ke esp32 melalui protokol i2c yang dimiliki oleh grove vision AI V2 dan esp32, serta berhasil mengintegrasikan sistem pada esp32 sehingga bisa menggerakkan servo jika mendeteksi adanya sampah ke arah tertentu berdasarkan keluaran prediksi jenis sampah dari model grove vision AI V2.

Pada penelitian ini, model dari *mobilenet v2* dengan besaran inputan 160px x 160px yang dibuat melalui platform edge impulse berhasil mendapatkan akurasi sebesar 93,3% yang diambil dari 20% dataset, dan untuk akurasi selama percobaan alat dengan posisi kamera menghadap ke samping, untuk akurasi sebesar 60% dan F1-Score sebesar 72,7% dengan total sampel 60, dengan masing-masing kelas 30 sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SIPSN. (2023). *SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. Sipsn.menlhk.go.id. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- [2] Kurniawati Hasjanah, Uliyasi Simanjuntak. (2025, February 11). Solutions to Bali's Waste Crisis: Reducing Waste at the Source and Developing Waste Management Infrastructure. IESR. <https://iesr.or.id/en/solutions-to-balis-waste-crisis-reducing-waste-at-the-source-and-developing-waste-management-infrastructure/>
- [3] Perda Kota Denpasar Nomor 8 Tahun 2023 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan Sampah
- [4] Indonesia, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah
- [5] Defitri, M. (2023, May 12). Sampah Adalah: Jenis, Dampak, Hingga Peraturannya di Indonesia. Waste4Change. <https://waste4change.com/blog/sampah-pengertian-jenis-hingga-peraturannya-di-indonesia/>
- [6] Grove Vision AI Module V2 | Seeed Studio Wiki. (2023, December 12). Seeedstudio.com. https://wiki.seeedstudio.com/grove_vision_ai_v2/
- [7] Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI

- ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 6, Issue 2).
- [8] Wagya, A., Teknik Elektro, J., Negeri Jakarta, P., Siwabessy, J. G., & Depok, K. U. (2019). Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Setrum Article In Press*, 8(2), 238–247.
- [9] Rahmadewi, R., & Abdi Bangsa, I. (n.d.). ARM ROBOT PEMINDAH BARANG (AtwoR) MENGGUNAKAN MOTOR SERVO MG995 SEBAGAI PENGGERAK ARM BERBASIS ARDUINO ROBOT ARM GOODS MOVING (AtwoR) USES MG995 SERVO MOTOR AS ARDUINO BASED ARM DRIVE (Vol. 6, Issue 2).
- [10] Alfandy Ramadhan, B., Rizianiza, I., Faisal Manta Program Studi Teknik Mesin, dan, Teknologi Industri dan Proses, J., Teknologi Kalimantan Jl Soekarno Hatta NoKM, I., Joang, K., Balikpapan, K., & Timur, K. (2022). Rancang Bangun Tempat Sampah Pemilah Otomatis Berbasis Arduino. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 17, Issue 2). <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [11] Team, S. A. (2025). SenseCraft AI. Seeed.cc.<https://sensecraft.seeed.cc/ai/home>
- [12] Mahanin Tyas, U., Apri Buckhari, A., Studi Pendidikan Teknologi Informasi, P., & Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, P. (2023). IMPLEMENTASI APLIKASI ARDUINO IDE PADA MATA KULIAH SISTEM DIGITAL (Vol. 1, Issue 1).
- [13] R. Nurhidayat and K. E. Dewi, “KOMPUTA : Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika PENERAPAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR DAN FITUR EKSTRAKSI N-GRAM DALAM ANALISIS SENTIMEN BERBASIS ASPEK,” vol. 12, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/hafidahmusthah/skincare-review?select=00.+Review.csv>.
- [14] S. Swaminathan and B. R. Tantri, “Confusion Matrix-Based Performance Evaluation Metrics,” *African Journal of Biomedical Research*, vol. 27, pp. 4023–4031, Jul. 2024, doi: 10.53555/AJBR.v27i4S.4345.
- [15] R. Indransyah, Y. H. Chrisnanto, P. N. Sabrina, and S. Kom, “KLASIFIKASI SENTIMEN PERGELARAN MOTOGP DI INDONESIA MENGGUNAKAN ALGORITMA CORRELATED NAÏVE BAYES CLASIFIER”, doi: 10.31949/infotech.v8i2.3103.
- [16] S. Prakosa, A. Nugraha, L. Sunuharjo, and M. ' Atiq, “Komunikasi Arduino I2C, SPI dan UART,” no. 4, pp. 80–85, 2024, doi: 10.62951/switch.v2i4.18.
- [17] G. Eka Okta Putra, K. Queena Fredlina, and I. Nyoman Yudi Anggara Wijaya, “IMPLEMENTASI TRANSFER LEARNING MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM KLASIFIKASI PENYU,” 2024.
- [18] T. N. Arifin, G. Febriyani Pratiwi, and A. Janrafsasih, “SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI SENSOR JARAK”, [Online]. Available: <http://jurnal.undira.ac.id/index.php/jurnaltera/>
- [19] M. Yunus, “RANCANG BANGUN PROTOTIPE TEMPAT SAMPAH PINTAR PEMILAH SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK MENGGUNAKAN ARDUINO.”
- [20] Hackster.io, “Fire Extinguishing Robot - Grove Vision AI Module V2,” *Hackster.io*, Jun. 30, 2024. <https://www.hackster.io/sekolahrobot/fire-extinguishing-robot-grove-vision-ai-module-v2-4e5563#team> (accessed May 19, 2025).
- [21] F. Arifin, M. Habiburrahman, and W. R. Gusti, “Classification of Organic and Inorganic Waste Types Based on Neural Networks,” *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, vol. 8, no. 1, pp. 78–85, Jun. 2023, doi: 10.21831/elinvo.v8i1.53284.