

Sistem Pemilah Sampah Berbasis *Deep Learning* dengan Algoritma *SSD-MobileNet v2*

1st R. Muhammad Valdi Pramudika W
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
vpramudika@student.telkomuniversity.
ac.id

2nd Porman Pangaribuan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
porman@telkomuniversity.com

3rd Muhammad Hablul Barri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mhbarri@telkomuniversity.com

Abstrak — Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem inovatif untuk mengatasi permasalahan penumpukan sampah di sungai. Dengan berbasis pada teknologi *deep learning* dan integrasi antara *Raspberry Pi* dan *Arduino Uno*, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pemilah sampah yang mampu mendeteksi dan memilah sampah plastik dan logam secara efisien. Metode ini menggabungkan penggunaan model deteksi objek menggunakan algoritma *SSD-MobileNet v2* pada *Raspberry Pi* untuk mendeteksi objek secara real-time dan pengendalian aktuator motor DC gearbox melalui *Arduino Uno* untuk melakukan pemilahan berdasarkan hasil deteksi. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem ini mampu bekerja dengan baik, meskipun dengan beberapa keterbatasan. Responsivitas yang tinggi, potensi aplikasi yang luas, dan keberhasilan dalam mengatasi permasalahan sampah sungai menjadi poin utama dalam penelitian ini. Namun, untuk mengoptimalkan kinerja dan menghadapi tantangan masa depan, pengembangan lebih lanjut masih diperlukan.

Kata Kunci — *Raspberry Pi*, *TensorFlow*, *Arduino Uno*, *Object Detection*, *Serial Communication*, *Integration*, *Real-time Detection*.

Abstract — *This research proposes an innovative system to address the issue of waste accumulation in rivers. Leveraging deep learning technology and the integration of Raspberry Pi and Arduino Uno, the study develops a waste sorting system capable of efficiently detecting and sorting plastic and metal waste. The approach combines object detection using the SSD-MobileNet v2 algorithm on Raspberry Pi for real-time object detection and control of DC gearbox actuators through Arduino Uno for sorting based on detection results. The results of the experiments demonstrate the system's successful performance, albeit with some limitations. High responsiveness, broad application potential, and success in addressing river waste challenges are the key highlights of this study. However, further development is needed to optimize performance and address future challenges.*

Keywords — *Raspberry Pi*, *TensorFlow*, *Arduino Uno*, *Object Detection*, *Serial Communication*, *Integration*, *Object Detection*..

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 2021, jumlah sampah di Indonesia mencapai 21,88 juta ton, sebanyak 2,6 juta ton diantaranya dialirkan ke sungai. Pemerintah telah melakukan beberapa upaya, termasuk pemasangan papan larangan membuang sampah ke sungai dan pengangkatan sampah dari dasar sungai menggunakan alat berat, namun setelah itu sampah dibiarkan menumpuk. Padahal, dari sampah yang tertumpuk terdapat

jenis sampah yang masih memiliki nilai guna dan ekonomi seperti jenis plastik dan logam. Pada proses pemilahan sampah sungai selama ini masih menggunakan cara manual yaitu memilah sampah satu per satu. Upaya tersebut dirasa kurang efektif dalam mengatasi permasalahan penumpukan sampah sungai.

Penelitian ini membahas tentang perancangan sistem pemilah sampah Berbasis *Deep Learning* dengan Algoritma *SSD-MobileNet*, penulis merancang dan membangun sistem yang dapat mendeteksi sampah plastik dan logam serta memilah sampah tersebut. Metode yang digunakan dalam sistem pemilah sampah berbasis pengolahan citra ini adalah pengenalan objek dengan algoritma *SSD-MobileNet v2* yang akan di eksekusi oleh *RaspberryPi* dan diserial komunikasikan dengan *Arduino Uno*.

II. KAJIAN TEORI

A. *TensorFlow Object Detection API*

TensorFlow Object Detection API adalah perpustakaan yang memungkinkan pengembang untuk dengan mudah melatih dan menerapkan model deteksi objek menggunakan *TensorFlow*. API ini menyediakan berbagai arsitektur jaringan saraf konvolusi (CNN) yang telah ditraining sebelumnya, termasuk *SSD* (Single Shot MultiBox Detector), yang merupakan model yang digunakan dalam penelitian ini.[1]



GAMBAR 1.
TensorFlow

Dalam jurnal ini, *TensorFlow* digunakan untuk melatih model deteksi objek menggunakan dataset yang relevan. Setelah model dilatih, ia akan diimplementasikan pada *Raspberry Pi* untuk mendeteksi objek dalam *input* video dari kamera secara *real time*.

1. *TensorFlowLite*

TensorFlow Lite, juga dikenal sebagai *TF Lite*, adalah sebuah *library* atau *framework* *TensorFlow* yang dikembangkan dengan ukuran yang lebih kecil. Fungsinya adalah untuk mengkonversi model yang sudah dilatih sebelumnya menjadi format yang dioptimalkan secara khusus

untuk meningkatkan kecepatan dan mengurangi ukuran model. Format khusus ini memungkinkan model untuk diterapkan pada perangkat dengan sumber daya terbatas, seperti perangkat mobile (Android atau iOS) dan perangkat edge yang berbasis mikrokontroler atau mini-komputer yang menggunakan sistem operasi Linux.[2]

Perangkat dengan ukuran kecil biasanya memiliki keterbatasan pada kapasitas memori dan daya komputasi. Oleh karena itu, TF Lite menerapkan berbagai optimasi pada model agar dapat berjalan dalam batasan tersebut. Selain itu, beberapa teknik pengoptimalan memungkinkan penggunaan perangkat keras khusus untuk melakukan inferensi (pemrosesan prediksi) dengan lebih cepat. Dengan demikian, TensorFlow Lite memungkinkan implementasi model machine learning pada berbagai perangkat dengan sumber daya terbatas tanpa mengorbankan kinerja dan efisiensi.

Dalam penelitian ini Tensorflow lite digunakan untuk meringankan kerja Raspberry pi agar dapat bekerja secara maksimal

B. SSD-Mobilenet v2

SSD-Mobilenet v2 adalah model deteksi objek yang menggabungkan arsitektur SSD dengan Mobilenet v2, yaitu arsitektur CNN yang dirancang untuk efisiensi komputasi pada perangkat dengan sumber daya terbatas. Model ini menghasilkan deteksi objek yang cepat dan akurat, menjadikannya pilihan populer untuk aplikasi deteksi objek real-time.[3]

SSD-Mobilenet v2 dipilih dalam jurnal kali ini karena untuk meringankan kerja dari RaspberryPi agar dapat bekerja maksimal.

C. COCO (Common Objects in Context)

COCO adalah dataset besar yang berisi gambar-gambar dunia nyata yang dianotasi dengan berbagai objek dalam berbagai konteks. Dataset ini sering digunakan untuk melatih dan mengevaluasi model deteksi objek karena mencakup berbagai kelas objek dan variasi situasi.[4]

Dalam jurnal ini dataset yang telah dilatih akan dievaluasi keakuratannya menggunakan COCO dataset.



GAMBAR 2
COCO (common object in context)

D. Serial Komunikasi

Serial komunikasi adalah metode komunikasi yang digunakan untuk mentransfer data antara dua perangkat elektronik melalui jalur tunggal (*single wire*) secara berurutan.[5] Dalam komunikasi serial, data dikirimkan satu bit (0 atau 1) pada satu waktu secara berurutan, membentuk

serangkaian bit yang membentuk pesan atau informasi yang lebih besar[6].



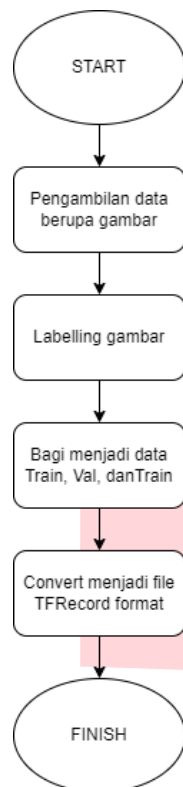
GAMBAR 3.
Serial Komunikasi

Dalam jurnal ini, serial komunikasi digunakan untuk mengirimkan data hasil deteksi objek dari Raspberry Pi ke Arduino Uno. Serial komunikasi adalah metode komunikasi antara dua perangkat elektronik melalui jalur tunggal, di mana data dikirimkan bit demi bit secara berurutan.[7]

III. METODE

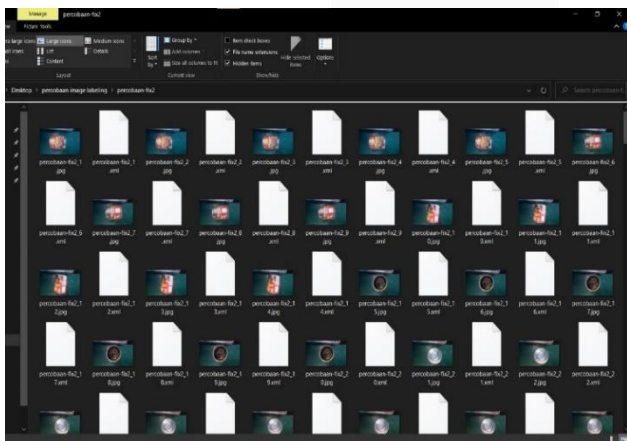
Jurnal ini akan menjelaskan metode pelatihan model TensorFlow untuk deteksi objek menggunakan dataset yang sesuai dengan aplikasi tertentu. Selanjutnya, model yang telah dilatih akan diimplementasikan pada Raspberry Pi untuk melakukan deteksi objek secara *real-time* dari *input* video kamera.

Arduino Uno akan diprogram untuk menerima data dari Raspberry Pi melalui serial komunikasi. Data ini akan berisi hasil deteksi objek, seperti jenis objek yang terdeteksi dan lokasinya. Berdasarkan hasil ini, Arduino Uno akan mengontrol relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan daya ke motor DC gearbox, sehingga menghasilkan tindakan fisik yang sesuai, dalam penelitian ini motor DC Gearbox diintegrasikan dengan gear spur dan rack gear untuk memilah sampah yang terdeteksi.



GAMBAR 4.
FlowChart setup dataset

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam pendeteksian objek adalah mengumpulkan dataset, pengumpulan dataset akan lebih baik dilakukan secara mandiri untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan background yang akan digunakan dan posisi benda yang akan di deteksi.

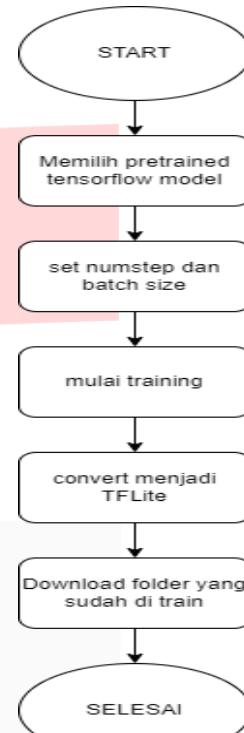


GAMBAR 5
Contoh dataset

Setelah data sudah terkumpul maka data data tersebut akan dilabelling sesuai dengan kategori yang diinginkan, dalam jurnal kali ini kategori yang akan digunakan adalah 'Plastik'; 'Logam'; dan 'Sisa'



GAMBAR 6
Labelling gambar



GAMBAR 7.
FlowChart Training dataset

Langkah selanjutnya adalah memilih algoritma yang akan digunakan, pada jurnal kali ini algoritma yang digunakan adalah *SSD-MobileNet v2*. Daripada disebut sebagai algoritma, *SSD-MobileNet v2* lebih tepat disebut sebagai arsitektur model deteksi objek yang telah dirancang dan dilatih sebelumnya (pretrained model), dan itu menggabungkan konsep dari kedua algoritma tersebut.

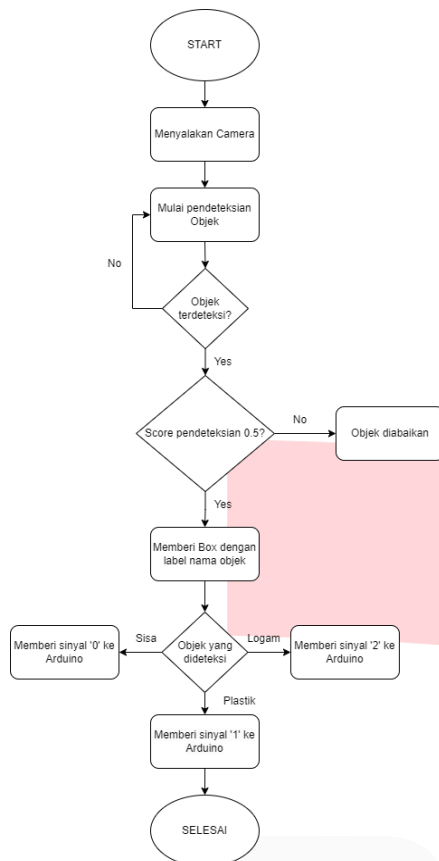
```

[ ] # Set training parameters for the model
num_steps = 40000

if chosen_model == 'efficientdet-d0':
    batch_size = 4
else:
    batch_size = 16
  
```

GAMBAR 8
Set parameter untuk Training

Setelah memilih algoritma yang sesuai Langkah selanjutnya adalah mengatur konfigurasi model. Dalam jurnal ini step yang digunakan untuk melatih model adalah 40000 step dan setiap step ada 4 atau 16 gambar yang akan dilatih. Setelah pelatihan selesai data akan di convert menjadi TFLite agar dapat berjalan lebih lancar pada RaspberryPi.



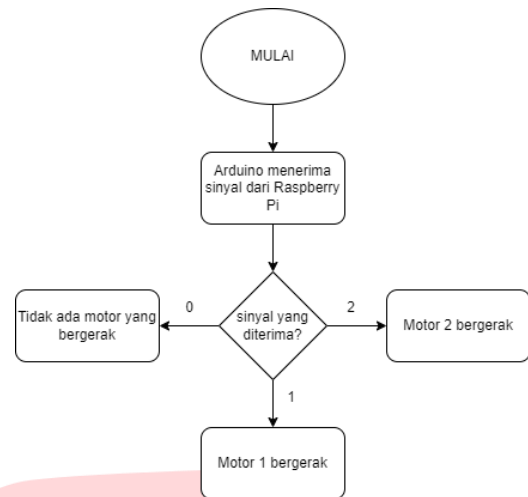
GAMBAR 9
FlowChart code (RaspberryPi)

Pada RaspberryPi setelah code dijalankan camera akan menyala dan mencoba untuk mendeteksi benda melalui gambar yang tertangkap oleh kamera, jika object terdeteksi dan mendapatkan *confidence score* lebih dari 50% maka akan muncul box beserta keterangan kategori benda dan *confidence score*.



GAMBAR 10
Contoh pendeteksian benda

Setelah objek terdeteksi maka RaspberryPi akan mengirimkan sinyal kepada Arduino menggunakan serial komunikasi.



GAMBAR 11
FlowChart code (Arduino)

Arduino akan menerima sinyal yang dikirim oleh raspberry pi dan akan menentukan apa output yang sesuai dengan sinyal yang diterima. Pada jurnal ini kondisi yang ada pada Arduino adalah jika Arduino menerima sinyal '1' maka Arduino akan memerintahkan motor 1 untuk bergerak, jika Arduino menerima sinyal '2' maka Arduino akan memerintahkan motor 2 untuk bergerak, dan jika Arduino menerima sinyal '0' maka Arduino akan memberikan perintah apapun sehingga tidak ada motor yang bergerak.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah berhasilnya integrasi antara Raspberry Pi, TensorFlow, dan Arduino Uno untuk sistem deteksi objek dan pengendalian aktuator motor DC gearbox. Berikut adalah pembahasan mengenai beberapa aspek penting dari hasil penelitian ini:

1. Implementasi Deteksi Objek dengan TensorFlow: Dalam penelitian ini, model deteksi objek berhasil diimplementasikan pada Raspberry Pi menggunakan TensorFlow. Proses deteksi objek berlangsung secara *real-time* berdasarkan *input* video dari kamera yang terhubung ke Raspberry Pi. Penggunaan TensorFlow memungkinkan sistem untuk mengenali berbagai jenis objek dengan akurasi yang baik.

TABEL 1.
Hasil pengujian object detection

Jenis Sampah	Jumlah	Rata - Confidence score
Kantong plastik	15 Buah	98,6%
Botol minum plastik	15 Buah	78,6%
Rata - rata		88,6%

Tabel diatas merupakan hasil pengujian *object detection* melalui Raspberry Pi, Pada pengujian ini sampel sampah yang digunakan cukup bervariasi (15 sampah plastik dan 15 sampah logam) didapatkan hasil bahwa sistem dapat memilah

sampah dengan cukup akurat dengan keakurasian 92%. Sistem dapat membedakan sampah dengan menggunakan pengolahan citra dengan membedakan bentuk dan warna sampah. Benda-benda yang tidak terdeteksi maka akan di anggap sebagai sampah sisa.

2. Pengendalian Aktuator melalui Arduino Uno: Arduino Uno berperan penting sebagai kontroler aktuator dalam sistem ini. Melalui serial komunikasi, Arduino Uno menerima data hasil deteksi objek dari Raspberry Pi. Berdasarkan data tersebut, Arduino Uno mengontrol relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan daya ke motor DC gearbox. Hal ini memungkinkan sistem untuk melakukan tindakan fisik yang sesuai berdasarkan hasil deteksi objek, seperti menggerakkan motor DC gearbox untuk mendorong sampah ke wadah sesuai pemilahan.

TABEL 2.
Hasil pengujian pemilah

Jenis sampah	Jumlah	Terpilah
Plastik	15	13
Logam	15	11
Total	30	24
Ketepatan pemilahan (%)		80

Hasil pengujian diatas dilakukan untuk melihat apakah pemilah dapat bekerja dengan baik, ketepatan yang dicapai pada sistem pemilah mencapai 80%. Dapat dilihat hasil dari pemilahan diatas dari 15 sampah plastik 13 sampah terdeteksi benar dan terpilah, namun sampah yang terlalu kecil atau terlalu tipis tidak dapat di dorong oleh aktuator. Pada sampah logam dari 15 sampah logam 11 sampah terdeteksi dan terpilah, namun ada beberapa sampah tidak dapat dikenali bentuknya karena kurangnya contoh data set yang kami gunakan.

3. Responsivitas Sistem: Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini menunjukkan responsivitas yang baik dalam menanggapi deteksi objek. Setelah mendeteksi objek tertentu, Raspberry Pi secara cepat mengirimkan instruksi ke Arduino Uno melalui serial komunikasi. Arduino Uno kemudian mengaktifkan atau menonaktifkan motor DC gearbox sesuai dengan instruksi yang diterima. Responsivitas yang tinggi ini penting untuk aplikasi yang memerlukan reaksi instan berdasarkan deteksi objek.
4. Keuntungan Integrasi Raspberry Pi dan Arduino Uno: Integrasi Raspberry Pi dan Arduino Uno memberikan keuntungan besar dalam pengembangan sistem deteksi objek dan pengendalian aktuator. Raspberry Pi menyediakan kemampuan pemrosesan tingkat lanjut dan fleksibilitas untuk deteksi objek menggunakan TensorFlow, sedangkan Arduino Uno menawarkan kontrol waktu-nyata yang handal untuk mengendalikan aktuator. Dengan menggabungkan keduanya melalui serial komunikasi, sistem ini menciptakan solusi yang

lebih efisien dan responsif daripada menggunakan setiap platform secara terpisah.

5. Potensi Aplikasi: Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini memiliki potensi aplikasi yang luas dalam berbagai bidang. Contohnya, sistem ini dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan dengan mendeteksi intrusi dan mengaktifkan alarm atau pintu pengaman. Selain itu, aplikasi di bidang robotika dan otomatisasi juga dapat diwujudkan dengan menggerakkan robot atau alat otomatis sesuai dengan objek yang terdeteksi.

Pembahasan di atas menyatakan bahwa hasil penelitian ini berhasil menggabungkan teknologi Raspberry Pi, TensorFlow, dan Arduino Uno untuk menciptakan sistem yang efisien dalam deteksi objek dan pengendalian aktuator. Sistem ini menawarkan responsivitas tinggi dan potensi aplikasi yang luas dalam berbagai bidang, membuka peluang baru dalam pemanfaatan deteksi objek dan otomatisasi. Namun, tetap perlu diingat bahwa hasil dari penelitian ini perlu diuji lebih lanjut dalam berbagai skenario dan lingkungan untuk menilai performa dan keandalannya secara menyeluruh.

V. KESIMPULAN

Jurnal ini menunjukkan bahwa sistem pemilah sampah berbasis deep learning dengan algoritma SSD-MobileNet berhasil mengatasi masalah penumpukan sampah di sungai melalui integrasi Raspberry Pi dan Arduino Uno. Dengan model deteksi objek yang diimplementasikan pada Raspberry Pi, sistem mampu mendeteksi dan memilah sampah plastik serta logam secara efisien, meskipun dengan beberapa keterbatasan terkait ukuran dan variasi sampah. Integrasi dengan Arduino Uno untuk mengontrol motor DC gearbox membantu dalam pemilahan sampah berdasarkan hasil deteksi. Kelebihan sistem ini terletak pada potensinya dalam berbagai bidang seperti keamanan, robotika, dan otomatisasi industri, dengan peluang pengembangan lebih lanjut untuk menjadikannya solusi cerdas yang efektif dalam menghadapi tantangan lingkungan dan teknologi di masa depan.

REFERENSI

- [1] M. Nur Rizal dkk., "IMPLEMENTASI SSD_RESNET50_V1 UNTUK PENGHITUNG KENDARAAN," *Kumpulan jurnaL Ilmu Komputer (KLIK)*, vol. 08, no. 2, 2021.
- [2] M. Farhan Aditama dan M. S. Haryanti, "SISTEM PENGENALAN DAN VERIFIKASI WAJAH MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING BERBASIS RASPBERRY PI," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 12, no. 1, 2023.
- [3] V. Choudhari, M. Phadtare, S. Vartak, dan V. Karad, "Comparison between YOLO and SSD MobileNet for Object Detection in a Surveillance Drone INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT (IJSREM) Comparison between YOLO and SSD Mobile Net for Object Detection in a Surveillance Drone," 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.34029.51688.
- [4] T.-Y. Lin dkk., "Microsoft COCO: Common Objects in Context," Mei 2014, [Daring]. Tersedia pada: <http://arxiv.org/abs/1405.0312>
- [5] J. Reswandi, I. P. Pangaribuan, dan R. D. Atmaja, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE KENDALI PINTU GERBANG PARKIR BERBASIS PELAT NOMOR POLISI DAN BARCODE MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL (PROTOTYPE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PARKING GATEWAY CONTROL BASED ON LISENCE PLATE AND BARCODE USING DIGITAL IMAGE PROCESSING)."
- [6] J. Prayudha, S. Nur Arif, P. Studi Sistem Komputer, dan S. Triguna Dharma, "Sistem Kendali Fasilitas Lab Stmik Triguna Dharma Menggunakan Komunikasi Serial Berbasis Mikrokontroler," vol. 17, no. SAINTIKOM, hlm. 184–191, 2018.
- [7] R. Afiq, W. Amien, dan D. A. Hidayatno, "IMPLEMENTASI MIKROKONTROLER ARDUINO UNO DAN MINI-COMPUTER RASPBERRY PI 3 DALAM PENGENDALIAN SISTEM GERBANG TOL CERDAS." [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>