

DAFTAR ISI

BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Solusi	2
1.4. Manfaat Pengembangan	3
1.5. Kebaruan Ilmiah	3
1.6. Target Fungsional dan Justifikasi Ilmiah	3
1.7. Keluaran yang Ditargetkan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Deep Learning untuk Klasifikasi Sampah	6
2.2. Robotik sebagai Media Pembelajaran Interaktif	6
2.3. Pembelajaran Berbasis Proyek dalam Pendidikan Lingkungan	7
2.4. Keterkaitan dengan Kurikulum Merdeka dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)	7
BAB 3. TAHAP PELAKSANAAN	8
3.1. Alur Kegiatan	8
3.2. Pemilihan Dataset Sampah Organik dan Sampah Anorganik	8
3.3. Melakukan tahap preprocessing data	8
3.4. Membangun Model CNN	9
3.5. Melatih Model dengan Dataset Train	9
3.6. Evaluasi Model dengan Dataset Test	10
3.7. Penerapan Model pada Robot	10
BAB 4. BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN	12
4.1 Anggaran Biaya	12
4.2 Jadwal Kegiatan	12

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelolaan sampah masih menjadi masalah serius di Indonesia, dengan volume sampah yang terus meningkat setiap tahun. Salah satu penyebabnya adalah rendahnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah sejak dari rumah. Banyak orang masih kesulitan membedakan antara sampah organik, seperti sisa makanan, dan sampah anorganik, seperti plastik dan logam.

Kurangnya edukasi dan minimnya fasilitas pendukung membuat proses pemilahan sampah tidak berjalan efektif. Sampah yang tercampur menyulitkan proses daur ulang dan pengolahan lebih lanjut. Padahal, jika dipilah dengan benar, sampah organik dapat diolah menjadi kompos, sementara sampah anorganik bisa didaur ulang dan bernilai ekonomi.

Tugas pengelolaan sampah ini bukan hanya tugas dari pemerintah saja, melainkan tugas dari masyarakat Indonesia itu sendiri. Ketika masyarakat sudah bisa memilah sampah dari sampah rumah tangga hal itu akan berdampak besar untuk pengelolaan sampah yang jauh lebih besar seperti pada TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Adapun masalah yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia pada zaman ini yakni bukan mereka tidak tahu cara memilah mana sampah organik maupun sampah anorganik, mereka hanya kurang inisiatif serta kesadaran diri untuk membuang sampah berdasarkan jenis sampahnya, padahal di tempat umum sudah banyak tempat sampah yang telah dibedakan berdasarkan jenis sampahnya itu sendiri yakni sampah organik dan sampah anorganik. Namun, sayangnya masih banyak masyarakat yang tidak peduli akan pentingnya pengelolaan sampah yang baik ini.

Adapun dampak yang disebabkan akibat kurangnya pengelolaan sampah yang baik bisa merusak lingkungan yakni seperti akan terjadinya pencemaran udara yang disebabkan karena sampah yang terkena hujan apalagi sampah organik akan mengalami pembusukan dan dari proses pembusukan itu sendiri akan menghasilkan bau yang kurang enak untuk masyarakat sekitar, selain itu akan berdampak untuk kesehatan masyarakat dimana sampah yang dibuang sembarangan akan menjadi tempat berkembang biaknya hewan-hewan yang membawa penyakit seperti lalat, nyamuk maupun hewan yang berbahaya lainnya. Selain itu, dampak pengelolaan sampah yang kurang baik dari sebuah lingkungan akan menyebabkan lingkungan tersebut kurang asri dan juga kotor yang menyebabkan orang-orang luar akan malas untuk datang ke daerah tersebut sehingga hal itu bisa saja menjadi hambatan apabila sebenarnya lingkungan itu memiliki sumber daya alam yang bagus seperti bisa berpotensi menjadi tempat pariwisata.

Untuk mengatasi masalah ini, tentu saja dibutuhkan edukasi sedari dini mengenai bagaimana melakukan pengelolaan sampah yang baik. Edukasi ini sendiri harus dimulai dari masa kanak-kanak, karena ketika mereka sedari dini sudah diberi pengetahuan tentang pengelolaan sampah diharapkan mereka mampu menerapkannya di rumah mereka dan mengajak orang tua mereka untuk bersama-sama melakukan pengelolaan sampah yang benar. Dengan dukungan teknologi yang semakin canggih kami ingin membuat sebuah robot yang mampu mengenali sampah yang dikirimkan kepada robot apakah sampah itu termasuk sampah organik maupun sampah anorganik. Dengan pembelajaran berbasis teknologi ini kami berharap mampu memberikan semangat belajar kepada anak-anak untuk mulai mengolah sampah mereka sendiri dan diharapkan mampu mengajak serta orang tua untuk mulai mengolah sampah mereka dari rumah sehingga akan berdampak untuk lingkungan mereka sendiri.

1.2. Rumusan Masalah

1. Mengapa masyarakat Indonesia masih kesulitan dalam melakukan pengelolaan sampah organik dan anorganik?
2. Apa dampak dari tidak dilakukannya pemilahan sampah terhadap lingkungan dan proses daur ulang?
3. Bagaimana membangun model kecerdasan buatan yang mampu mengenali dan mengklasifikasikan sampah berdasarkan jenisnya?

1.3. Solusi

1. Karena kurangnya kesadaran diri dari masyarakat Indonesia itu sendiri. Dibutuhkan edukasi dan alat bantu visual yang mudah digunakan untuk mengenali perbedaan antara kedua jenis sampah. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan teknologi pengenalan gambar yang dapat memberikan informasi secara instan mengenai jenis sampah yang dilihat.
2. Campuran sampah menyebabkan proses pengolahan menjadi lebih sulit dan mahal. Dengan bantuan sistem klasifikasi otomatis berbasis AI, masyarakat dapat diarahkan untuk memilah sampah sejak awal, sehingga proses daur ulang dan pengomposan dapat dilakukan dengan lebih efisien.
3. Dengan mengumpulkan data gambar sampah organik dan anorganik, model machine learning (seperti CNN - Convolutional Neural Network) dapat dilatih untuk mengenali pola visual dari masing-masing kategori. Dengan adanya model ini nantinya kami akan menerapkannya pada sebuah robot, dimana robot tersebut akan memindai gambar sampah yang akan kami coba untuk klasifikasikan kemudian robot tersebut akan bergerak ke sebuah track yang mewakili jenis kelas sampah tersebut.

1.4. Manfaat Pengembangan

Pengembangan robot dengan model kecerdasan buatan ini bertujuan untuk membiasakan masyarakat dalam membedakan antara sampah organik dan anorganik. Dengan terbentuknya kebiasaan memilah sampah sejak dari sumbernya, pengelolaan sampah di Indonesia dapat berjalan lebih efektif dan terarah. Selain itu, model ini juga dapat menjadi pijakan awal dalam pengembangan teknologi pengelolaan sampah berbasis kecerdasan buatan yang lebih canggih di masa depan.

1.5. Kebaruan Ilmiah

Penelitian ini merupakan inovasi integratif yang memadukan teknologi klasifikasi gambar berbasis machine learning dengan aktuasi fisik pada robot untuk membedakan antara sampah organik dan anorganik. Dengan kemampuan untuk mengenali gambar sampah dan merespons dengan gerakan seperti berbelok ke kanan atau kiri, robot ini tidak hanya berfungsi sebagai alat pemilah, tetapi juga sebagai representasi nyata dari penerapan kecerdasan buatan dalam kehidupan sehari-hari.

Lebih dari itu, robot ini dirancang sebagai media edukatif yang ditujukan khusus untuk anak-anak, guna mengenalkan konsep daur ulang dan pentingnya pengelolaan sampah sejak dini. Melalui pendekatan pembelajaran interaktif dan berbasis pengalaman langsung, anak-anak dapat memahami materi lingkungan dengan cara yang lebih menyenangkan dan mudah dipahami. Hal ini menjadikannya sebagai pendekatan baru dalam pendidikan yang berbasis teknologi ramah anak.

1.6. Target Fungsional dan Justifikasi Ilmiah

Target Fungsional yang kami harapkan bekerja pada penelitian robot ini antara lain sebagai berikut :

1. Mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis sampah organik maupun anorganik.

Dengan menggunakan kamera laptop sebagai media untuk menginputkan gambar jenis sampah apa yang diinputkan kepada robot, kami berharap robot yang akan kami buat ini akan bisa membedakan dengan baik jenis sampah yang telah diinputkan tadi apakah masuk ke dalam jenis sampah organik maupun jenis sampah anorganik.

2. Memberikan respon fisik berupa gerakan robot.

Setelah menginputkan gambar jenis sampah kepada laptop nantinya kami berharap robot akan memberikan respon terhadap jenis sampah yang telah diinputkan seperti belok kanan yang menandakan robot telah mendeteksi

sampah sebagai sampah organik dan robot akan belok kiri ketika telah mendeteksi sampah sebagai sampah anorganik.

3. Digunakan sebagai alat bantu edukasi kepada anak sekolah dasar.
Dengan adanya pembelajaran edukasi pengelolaan sampah melalui robot ini diharapkan nantinya bisa membuat anak menjadi lebih tertarik lagi dan menerapkan apa yang telah mereka pelajari di rumah masing-masing.

Justifikasi ilmiah merupakan alasan atau dasar yang kuat serta logis mengapa kami ingin mengembangkan penelitian ini. Berikut merupakan beberapa alasan logis kami dalam membangun robot pemilah sampah ini :

1. Pemanfaatan *deep learning* dalam klasifikasi citra sampah
Teknologi *deep learning*, khususnya Convolutional Neural Networks (CNN), telah terbukti efektif dalam mengklasifikasikan jenis sampah berdasarkan citra. Sebuah studi oleh Kunwar et al. [1] menggunakan dataset WaDaBa dan menunjukkan bahwa model YOLO-11m mencapai akurasi hingga 98,03% dalam mendeteksi sampah plastik, menegaskan potensi CNN dalam aplikasi pengelolaan sampah.
2. Robotik sebagai Media Interaktif dalam Pendidikan
Penggunaan robot dalam lingkungan pendidikan dapat meningkatkan keterlibatan siswa. Studi oleh Chen et al. [2] menemukan bahwa pembelajaran yang dibantu robot dapat meningkatkan keterlibatan dengan menyediakan pengalaman edukatif yang interaktif dan adaptif.
3. Pendidikan Lingkungan Berbasis Pengalaman
Pendekatan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning) telah diadopsi dalam kurikulum untuk meningkatkan kesadaran siswa tentang pengelolaan sampah. Modul pembelajaran yang dikembangkan oleh WWF Indonesia bertujuan untuk membantu guru dalam mengorganisasi pembelajaran berbasis proyek dengan tema pengelolaan sampah plastik[3].
4. Dukungan terhadap SDGs dan Kurikulum Merdeka
Proyek ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya Goal 4 (Pendidikan Berkualitas) dan Goal 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab). Integrasi pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD) ke dalam kurikulum telah dieksplorasi dalam konteks Kurikulum Merdeka di Indonesia[4].

1.7. Keluaran yang Ditargetkan

Keluaran yang ditargetkan dari pengembangan ini adalah sebuah robot yang dilengkapi dengan model kecerdasan buatan untuk mengenali jenis sampah yang ditunjukkan oleh pengguna. Setelah mengenali apakah sampah tersebut termasuk organik atau anorganik, robot ini akan secara otomatis mengarahkan

atau memandu pengguna menuju tempat sampah yang sesuai. Dengan sistem ini, diharapkan proses pemilahan sampah menjadi lebih mudah dan interaktif, serta dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dalam membuang sampah pada tempat yang tepat.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deep Learning untuk Klasifikasi Sampah

Penggunaan Convolutional Neural Networks (CNN) dalam klasifikasi citra sampah merupakan salah satu penerapan teknologi deep learning yang paling efektif dalam beberapa tahun terakhir. Kunwar et al. [1] dalam penelitian mereka menggunakan model YOLO-11m pada dataset WaDaBa, yang berfokus pada klasifikasi sampah plastik. Model ini mencapai akurasi hingga 98,03% dan mean average precision (mAP50) sebesar 0,990, yang menunjukkan kemampuan model untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah plastik dengan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi lingkungan dan pencahayaan. Hasil ini menunjukkan bahwa CNN, terutama model berbasis YOLO, dapat diterapkan secara efektif dalam pengelolaan sampah dengan memberikan hasil yang cepat dan akurat.

Selain itu, Kaya et al. [5] mengoptimalkan beberapa model CNN untuk klasifikasi sampah dan menemukan bahwa DenseNet169, setelah dilakukan fine-tuning, dapat mencapai akurasi 96,42% serta skor F1 sebesar 96%. Penelitian ini menegaskan bahwa model CNN yang dioptimalkan memiliki potensi besar dalam aplikasi otomatisasi pengelolaan sampah, tidak hanya terbatas pada plastik, tetapi juga dapat diperluas untuk jenis sampah lainnya seperti sampah organik atau logam. Fine-tuning pada model yang sudah dilatih sebelumnya terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi klasifikasi sampah, menjadikan teknologi ini sangat cocok untuk implementasi di sistem robotik pemilah sampah yang lebih canggih.

2.2. Robotik sebagai Media Pembelajaran Interaktif

Integrasi robot dalam pendidikan telah menjadi tren yang semakin berkembang karena kemampuannya untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. Chen et al. [2] menunjukkan bahwa penggunaan robot dalam pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan, karena robot memberikan pengalaman belajar yang adaptif dan menyenangkan. Robot yang berinteraksi dengan siswa memberikan umpan balik secara langsung, memungkinkan siswa untuk melihat dampak dari keputusan yang mereka buat, yang secara tidak langsung mendukung perkembangan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah.

Penggunaan robot dalam pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning/PjBL) juga memberikan dampak positif. Sebagai contoh, siswa di Danbury High School berpartisipasi dalam tantangan robotika bawah air yang mengintegrasikan berbagai pelajaran, termasuk dinamika fluida, pengkodean, dan jaringan. Hal ini menunjukkan bagaimana robotika dapat digunakan untuk

pembelajaran interdisipliner yang menarik, yang memungkinkan siswa untuk mempelajari konsep-konsep kompleks melalui aplikasi praktis.

2.3. Pembelajaran Berbasis Proyek dalam Pendidikan Lingkungan

Pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning/PjBL) adalah salah satu model pembelajaran yang banyak diterapkan dalam konteks pendidikan lingkungan. Syahlan et al. [6] mencatat bahwa meskipun terdapat hambatan dalam penerapan PjBL di sekolah dasar, seperti manajemen waktu dan pemahaman guru terhadap model ini, pendekatan yang lebih terstruktur seperti pelatihan guru dan pengembangan materi pembelajaran kontekstual dapat mengatasi hambatan tersebut. PjBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk terlibat langsung dalam isu-isu lingkungan, yang memperdalam pemahaman mereka tentang masalah tersebut.

Azrai et al. [7] dalam penelitian mereka menunjukkan bahwa penerapan PjBL dapat meningkatkan perilaku pro-lingkungan siswa secara signifikan. Hasil ini mengonfirmasi bahwa pembelajaran yang melibatkan siswa dalam proyek nyata mengenai masalah lingkungan dapat membentuk pengetahuan, sikap, dan tindakan siswa terhadap pengelolaan sampah dan isu lingkungan lainnya. Penelitian ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek, khususnya yang mengangkat topik lingkungan, sangat efektif dalam membentuk perilaku berkelanjutan pada generasi muda.

2.4. Keterkaitan dengan Kurikulum Merdeka dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

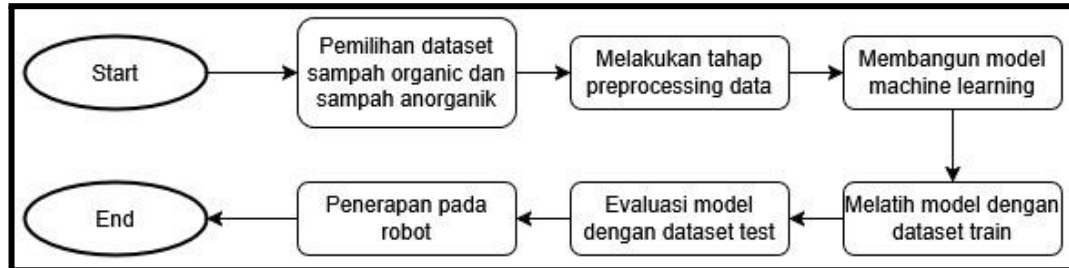
Proyek robot edukatif pemilah sampah ini sejalan dengan prinsip-prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran kontekstual dan berbasis proyek. Liu et al. [4] menekankan pentingnya integrasi pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (Education for Sustainable Development/ESD) ke dalam kurikulum. Dengan pendekatan lintas disiplin yang berbasis solusi nyata, proyek ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk tidak hanya belajar tentang teknologi, tetapi juga berkontribusi pada tujuan keberlanjutan melalui pemahaman tentang pengelolaan sampah yang bertanggung jawab.

Proyek ini juga mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya Goal 4: Pendidikan Berkualitas dan Goal 12: Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab. Dengan menggunakan teknologi untuk mengedukasi generasi muda tentang pemilahan sampah, proyek ini berkontribusi pada pendidikan yang lebih baik dan berkelanjutan serta mempromosikan pengelolaan sampah yang lebih efisien di tingkat individu dan komunitas.

BAB 3 TAHAP PELAKSANAAN

3.1. Alur Kegiatan

Gambar 3.1 memperlihatkan alur kegiatan.



Gambar 3.1. Bagan alir proses konstruksi ide dalam PKM-KC.

3.2. Pemilihan Dataset Sampah Organik dan Sampah Anorganik

Penelitian ini dimulai dengan mencari dataset yang akan digunakan dalam proyek ini, dimana kami mencari dataset tersebut dari *kaggle* yang judul datasetnya yakni *waste classification*. Dari dataset tersebut kami mendapatkan data gambar sampah organik maupun organik sebanyak lebih dari 10.000 gambar untuk data training dan ada sebanyak 2.513 gambar untuk data testing. Dari kumpulan tersebut terdapat dua kelas di dalamnya yakni gambar untuk sampah berjenis sampah organik dan satunya lagi yakni gambar untuk sampah berjenis sampah anorganik.

Selain menggunakan dataset tersebut kami juga menambahkan secara langsung beberapa contoh gambar sampah organik maupun anorganik, karena kami sadar bahwa dataset tersebut merupakan dataset sampah dari luar negeri, ada saja beberapa jenis sampah seperti daun kering maupun sampah buah-buahan belum terdapat di dalamnya. Diharapkan dengan penambahan gambar jenis sampah tersebut dapat membantu model untuk lebih mengenal lagi jenis sampah yang akan dicoba untuk diklasifikasikan nantinya.

3.3. Melakukan tahap *preprocessing* data

Setelah mendapatkan dataset yang diharapkan tahapan selanjutnya yang akan kami lakukan yakni melakukan tahapan *preprocessing* data, dimana kami akan mencari tahu kedalaman data yang kami peroleh yakni dengan cara melihat sebagian dataset yang telah kami kumpulkan kemudian memutuskan apakah dataset tersebut telah sesuai atau belum dengan kebutuhan dari model yang akan kami gunakan. Langkah selanjutnya yakni kami berencana untuk melakukan augmentasi data yakni menambahkan data dengan mengedit data yang sudah ada dengan memutar, memperbesar dan lain sebagainya. Tujuan kami melakukan

augmentasi sendiri yakni agar menambah variasi data yang telah kami kumpulkan sebelumnya.

3.4. Membangun Model CNN

Setelah selesai dalam tahap *preprocessing* data tahapan selanjutnya yakni memulai untuk membangun model *machine learning* yang akan digunakan. Dalam penelitian ini kami akan mencoba menggunakan *convolutional neural network* (CNN). Adapun kelebihan dari model *machine learning* CNN ini sendiri antara lain kemampuan ekstraksi fitur otomatis, generalisasi yang baik pada dataset gambar serta telah teruji efektif dalam berbagai studi terdahulu. Banyak sekali model *machine learning* CNN ini digunakan dalam berbagai penelitian terbaru khususnya dalam hal klasifikasi gambar dan terbukti mendapatkan nilai *accuracy* yang sangat baik dan memuaskan. Sehingga pada penelitian ini kami akan mencoba menerapkan model *machine learning* CNN tersebut kedalam model yang akan kami terapkan pada robot BNU V2 itu nantinya.

3.5. Melatih Model dengan Dataset Train

Tahapan berikutnya setelah berhasil membangun model Convolutional Neural Network (CNN) yang dirancang secara optimal adalah proses *training* atau pelatihan model. Pada tahap ini, model CNN yang telah kami rancang akan dilatih menggunakan dataset yang telah dipersiapkan sebelumnya. Proses pelatihan ini bertujuan untuk mengajarkan model agar mampu mengenali pola-pola visual dari data gambar sampah yang diberikan, serta mengidentifikasi fitur-fitur penting yang membedakan antara jenis sampah organik dan anorganik.

Melalui proses pelatihan, model akan melakukan serangkaian iterasi untuk menyesuaikan bobot-bobot dalam jaringan sarafnya berdasarkan kesalahan prediksi yang terjadi. Dengan kata lain, model akan melakukan proses pembelajaran secara bertahap menggunakan teknik backpropagation dan optimisasi, sehingga setiap epoch pelatihan membawa model ke arah performa yang lebih baik. Selama pelatihan ini pula, dilakukan validasi secara berkala terhadap subset data validasi untuk memantau performa model serta mencegah overfitting.

Pemilihan parameter pelatihan seperti jumlah epoch, ukuran batch (batch size), learning rate, dan optimizer juga menjadi perhatian penting dalam tahap ini, karena akan mempengaruhi seberapa cepat dan seefektif model dalam mempelajari data. Diharapkan setelah proses pelatihan selesai, model CNN mampu secara akurat dan andal membedakan gambar sampah organik seperti sisa makanan, daun kering, dan kulit buah, dari gambar sampah anorganik seperti plastik, kaleng, atau kertas, sesuai dengan tujuan utama dari sistem klasifikasi ini.

3.6. Evaluasi Model dengan Dataset Test

Setelah proses pelatihan selesai dan model CNN dirasa telah mempelajari pola-pola penting dari data latih, tahapan selanjutnya adalah evaluasi model menggunakan data test. Data test adalah sekumpulan data yang tidak digunakan selama proses pelatihan dan berfungsi untuk menguji kemampuan model dalam mengenali jenis sampah baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Evaluasi ini dilakukan dengan memberikan data test kepada model dan mencatat hasil prediksinya. Fokus evaluasi dalam penelitian ini adalah pada dua metrik utama, yaitu akurasi dan loss. Akurasi mencerminkan seberapa banyak prediksi model yang sesuai dengan label yang benar, sedangkan loss menggambarkan sejauh mana kesalahan prediksi model terhadap data test. Semakin tinggi akurasi dan semakin rendah nilai loss, maka semakin baik performa model tersebut dalam melakukan klasifikasi citra sampah.

Untuk memantau perkembangan performa model selama proses pelatihan, kami juga melakukan visualisasi terhadap nilai akurasi dan loss pada setiap epoch. Grafik yang dihasilkan menunjukkan bagaimana model belajar dari waktu ke waktu, serta membantu mengidentifikasi apakah model mengalami overfitting (terlalu cocok pada data latih) atau underfitting (kurang mampu menangkap pola dari data). Dengan membandingkan grafik akurasi dan loss antara data latih dan data test, dapat dievaluasi apakah model memiliki kemampuan generalisasi yang baik.

Melalui evaluasi ini, kami dapat menilai efektivitas arsitektur model CNN yang telah dibangun. Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai akurasi sudah tinggi dan nilai loss rendah secara konsisten, maka model dapat dianggap siap untuk diterapkan dalam konteks nyata dalam mengklasifikasikan jenis sampah organik dan anorganik.

3.7. Penerapan Model pada Robot

Setelah model CNN berhasil dilatih dan dievaluasi dengan hasil yang memuaskan berdasarkan metrik akurasi dan loss, tahapan berikutnya adalah penerapan model ke dalam sistem robotik yang telah dirancang. Integrasi ini bertujuan untuk menjadikan model klasifikasi sampah berbasis deep learning sebagai komponen aktif dalam robot pemilah sampah, sehingga robot dapat mengambil keputusan klasifikasi secara otomatis.

Proses penerapan dilakukan dengan cara menghubungkan sistem inferensi model yang berjalan di komputer atau mikrokontroler dengan robot melalui komunikasi serial. Dalam proyek ini, model dijalankan di perangkat host (misalnya laptop atau Raspberry Pi), yang kemudian mengirimkan hasil klasifikasi ke mikrokontroler robot—seperti Arduino atau ESP32—melalui port serial (UART). Hasil klasifikasi berupa label seperti "organik" atau "anorganik" dikirim sebagai data string atau sinyal tertentu yang akan diterjemahkan oleh mikrokontroler untuk menggerakkan aktuator robot, seperti motor servo yang mengatur mekanisme pemilahan.

Agar komunikasi berlangsung lancar, digunakan protokol komunikasi sederhana dan efisien, misalnya pengiriman string melalui `Serial.write()` di sisi Python dan `Serial.readString()` di sisi mikrokontroler. Pengujian juga dilakukan untuk memastikan bahwa delay komunikasi rendah dan data dapat diterima dengan benar tanpa gangguan, sehingga robot dapat merespons hasil klasifikasi secara real-time. Dengan mekanisme ini, setiap gambar sampah yang diambil oleh kamera akan diproses oleh model, dan hasilnya langsung diterjemahkan ke dalam aksi fisik robot, seperti membuang sampah ke tempat yang sesuai.

Integrasi model ke dalam sistem robotik ini merupakan langkah penting untuk membuktikan bahwa model tidak hanya akurat secara teoritis, tetapi juga dapat beroperasi secara praktis dalam lingkungan nyata. Selain itu, pendekatan ini mendukung pendidikan STEM dan pengembangan teknologi ramah lingkungan berbasis AI dan robotika, yang sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka dan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs).

BAB 4

BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN

4.1 Anggaran Biaya

Tabel 4.1 Format Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Jenis Pengeluaran	Sumber Dana	Biaya (Rp)
1	Mekanik Hardware (ESP32, Motor DC dg gearbox (2), Roda dg lapisan karet (2), Motor Servo, Casis, Kabel)	Belmawa	4.000.000
2	Sewa dan jasa (Jasa pembuatan akrilik pada body robot, Sewa laboratorium fakultas),	Belmawa	2.500.000
		Perguruan Tinggi	
3	Transportasi lokal maksimal 30% dari jumlah dana yang diusulkan	Belmawa	500.000
		Perguruan Tinggi	
		Instansi Lain (jika ada)	
4	Lain-lain (contoh: biaya komunikasi, biaya bayar akses publikasi, biaya adsense media sosial, dan lain-lain) maksimum 15% dari jumlah dana yang diusulkan	Belmawa	100.000
		Perguruan Tinggi	
		Instansi Lain (jika ada)	
Jumlah			
Rekap Sumber Dana		Belmawa	
		Perguruan Tinggi	
		Instansi Lain (jika ada)	
		Jumlah	

4.2 Jadwal Kegiatan

Tabel 4.2 Jadwal Kegiatan

N	Jenis Kegiatan	Bulan				Person Penanggung Jawab
		1	2	3	4	
1	Mencari dataset sampah organik dan sampah anorganik	v				Dr. BASUKI RAHMAT, S.Si.,M.T.

2	Membangun model machine learning CNN	v	v			Dr. BASUKI RAHMAT, S.Si.,M.T.
3	Melatih model machine learning		v			Dr. BASUKI RAHMAT, S.Si.,M.T.
4	Evaluasi model machine learning		v	v		Dr. BASUKI RAHMAT, S.Si.,M.T.
5	Menerapkan model ke robot BNU V2				v	Dr. BASUKI RAHMAT, S.Si.,M.T.

DAFTAR PUSTAKA

- Azrai, M., Andriani, F., & Basuki, R. (2024). The Impact of Project-Based Learning on Environmental Awareness and Behavior of Elementary School Students. *International Journal of Environmental Education*, 30(4), 567–579.
- Chen, C. et al. (2024). Exploring the impact of robot interaction on learning engagement. *Smart Learning Environments*, 11(1), 1–14.
- Kaya, O., Yildirim, M., & Uysal, F. S. (2023). Optimizing CNN Models for Waste Classification: A Comparative Study. *Journal of Environmental Management*, 297, 113–124.
https://www.researchgate.net/publication/372702050_Optimization_of_Several_Deep_CNN_Models_for_Waste_Classification
- Kunwar, S., Owabumoye, B. R., & Alade, A. S. (n.d.). *Plastic Waste Classification Using Deep Learning: Insights from the WaDaBa Dataset*. arxiv.org. Retrieved May 15, 2025, from <https://arxiv.org/pdf/2412.20232>
- Pratiwi, P., Kurniawan, R., & Rahmawati, L. (2023). Interactive Multimedia Development for Project-Based Learning on Environmental Issues for Primary School Students. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 13, 143-157.
- Syahlan, S., Setiawan, D., & Ali, F. (2023). Implementing Project-Based Learning in Environmental Education for Elementary Schools. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*, 18(2), 123–134.
- WWF Indonesia. (n.d.). *Learning Module for Developing and Implementing Project-Based Learning with the Theme of Plastic Waste Management*. WWF Indonesia. Retrieved May 15, 2025, from

<https://www.wwf.id/en/blog/learning-module-developing-and-implementing-project-based-learning-theme-plastic-waste>

Y. Liu et al. (2025). Integrating education for sustainable development (ESD) into the curriculum: A case study of Indonesia's Kurikulum Merdeka. *Environmental Education Research*, 31(2), 123–138.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota serta Dosen Pembimbing

Lampiran 2. Justifikasi Anggaran Kegiatan

Lampiran 3. Susunan Tim Pengusul dan Pembagian Tugas

Lampiran 4. Surat Pernyataan Ketua Tim Pengusul

Lampiran 5. Gambaran Teknologi yang akan Dikembangkan

LAMPIRAN 1. BIODATA KETUA, ANGGOTA, DAN DOSEN PENDAMPING

Lampiran 1.1. Biodata Ketua

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Atiqur Rozi
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Informatika
4	NIM	22081010010
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Pamekasan, 16 Maret 2004
6	Alamat E-mail	22081010010@student.upnjatim.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	081998226672

B. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

N	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1	Abdi Desa 2024	Anggota divisi acara	Mojokerto, 4-8 Juli 2024
2			
3			

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

N	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Surabaya, 23 Mei 2025

Ketua Tim



Lampiran 1.2. Biodata Anggota

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Regan Putra Ramadhan
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Informatika
4	NIM	22081010036
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Surabaya, 14 November 2003
6	Alamat E-mail	22081010036@student.upnjatim.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	089696783546

B. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

N	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1			
2			
3			

C. Penghargaan yang Pernah Diterima

N	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Surabaya, 23 Mei 2025

Anggota Tim



Regan Putra Ramadhan

D. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Aqsa Prima Cahya
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Informatika
4	NIM	22081010059
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Surabaya, 11 Maret 2004
6	Alamat E-mail	22081010059@student.upnjatim.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	083857648493

E. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

N	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1			
2			
3			

F. Penghargaan yang Pernah Diterima

N	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Surabaya, 23 Mei 2025
Anggota Tim



Aqsa Prima Cahya

G. Identitas Diri

1	Nama Lengkap	Brahma Fa'iq Mahdewa
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Program Studi	Informatika
4	NIM	22081010080
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Surabaya, 21 Desember 2003
6	Alamat E-mail	22081010080@student.upnjatim.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	081333319628

H. Kegiatan Kemahasiswaan yang Sedang/Pernah Diikuti

N	Jenis Kegiatan	Status dalam Kegiatan	Waktu dan Tempat
1			
2			
3			

I. Penghargaan yang Pernah Diterima

N	Jenis Penghargaan	Pihak Pemberi Penghargaan	Tahun
1			
2			

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Surabaya, 23 Mei 2025
Anggota Tim



Brahma Fa'iq Mahdewa

Lampiran 1.3. Biodata Dosen Pendamping

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Basuki Rahmat, S.Si, MT
2	Jenis Kelamin	Laki - laki
3	Program Studi	Informatika
4	NIP/NIDN	196907232021211002
5	Tempat dan Tanggal Lahir	Jember, 23 Juli 1969
6	Alamat E-mail	basukirahmat.if@upnjatim.ac.id
7	Nomor Telepon/HP	081357938303

B. Riwayat Pendidikan

No.	Jenjang	Bidang Ilmu	Institusi	Tahun Lulus
1	Sarjana (S1)	Fisika-Instrumentasi	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) - Surabaya	1995
2	Magister (S2)	Instrumentasi dan Kontrol	Institut Teknologi Bandung (ITB)	2000
3	Doktor (S3)	Teknik Elektro - Jaringan Cerdas Multimedia	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) - Surabaya	2018

C. Rekam Jejak Tri Dharma PT

Pendidikan/Pengajaran

N	Nama Mata Kuliah	Wajib/Pilihan	SKS
1	MACHINE LEARNING	Pilihan	3
2	MIKROKONTROLLER	Pilihan	3
3	PEMROGRAMAN ROBOTIKA	Pilihan	3
4	KECERDASAN BUATAN	Wajib	3
5	ANALISA CITRA & VISI KOMPUTER	Pilihan	3

Penelitian

N	Judul Penelitian	Penyandang Dana	Tahun
1	Pemrograman Robot Cerdas dengan Arduino (Riset Peningkatan Mutu Pembelajaran)	MANDIRI	2019
2	Pemrograman Deep Learning dengan Python (Dilengkapi dengan Contoh-Contoh Penerapan di Berbagai Bidang) (Riset Peningkatan Mutu Pembelajaran)	MANDIRI	2020

3	Pembuatan Cloud Internet of Things (IoT) Sebagai Broker Aplikasi Sistem Kendali Berbasis Internet	DRPM-DIKTI	2021
---	---	------------	------

Pengabdian kepada Masyarakat

N	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Penyandang Dana	Tahun
1	Perancangan dan Pembuatan Mesin Penetas Telur Berbasis Neuro-Fuzzy (Pengabdian Masyarakat Program Penerapan IPTEK)	DIKTI	2004
2	Sistem Prediksi dan Pendeteksian Serta Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Neuro-Fuzzy Secara Online dan Real Time pada Daerah Rawan banjir Kab. Lamongan Jatim (Pengabdian Masyarakat Program Penerapan IPTEK).	DIKTI	2009
3	Pembuatan Layanan Integrated Mobile Online Multi Store System (IMOMS) Untuk Anggota Koperasi INTAKO Tanggulangin Sidoarjo Jawa Timur (Pengabdian Masyarakat Program IPTEK Bagi Masyarakat).	DIKTI	2010

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan PKM-KC.

Surabaya, 23 Mei 2025

Dosen Pendamping



Dr. Basuki Rahmat, S. Si., MT

LAMPIRAN 2. JUSTIFIKASI ANGGARAN KEGIATAN

No.	Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
1	Belanja Bahan (maks. 60%)			
	ESP32-cam	1	480.500	480.500
	Motor DC dengan gearbox	2	11.000	11.000
	Roda Karet Besar	2	27.700	55.400
	Casis Akrilik	1	150.000	150.000
	Sensor Ultrasonik HC-SR04	1	12.000	12.000
SUB TOTAL (Rp)				
2	Belanja Sewa (maks. 15%)			
	Sewa gedung/Alat		-	
	Sewa server/ Hosting/ Domain/SSL/Akses Jurnal		-	
	Sewa laboratorium (termasuk penggunaan alat lab)		2.000.000	
SUB TOTAL (Rp)				
3	Perjalanan (maks. 30 %)			
	Kegiatan penyiapan bahan		30.000	
	Kegiatan pendampingan		-	
	Kegiatan lainnya sesuai program PKM-KC		-	
SUB TOTAL (Rp)				
4	Lain-lain (maks. 15 %)			
	Jasa bengkel/Uji Coba		-	
	Percetakan produk		-	
	ATK lainnya		-	
	Adsense akun media sosial		-	
SUB TOTAL (Rp)				
GRAND TOTAL (Rp)				
(GRAND TOTAL Terbilang -----)				

LAMPIRAN 3. SUSUNAN TIM PENGUSUL DAN PEMBAGIAN TUGAS

No	Nama/NIM	Program Studi	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1					
2					
3					

LAMPIRAN 4. SURAT PERNYATAAN KETUA PELAKSANA

(di halaman selanjutnya)

SURAT PERNYATAAN KETUA TIM PENGUSUL

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Ketua Tim : Atiqur Rozi
NIM : 22081010010
Program Studi : Informatika
Nama Dosen Pendamping :
Perguruan Tinggi : UPN Veteran Jawa Timur

Dengan ini menyatakan bahwa proposal PKM-KC saya dengan judul Pemanfaatan Robot BNU V2 sebagai media pembelajaran anak mengenai pengelolaan sampah berdasarkan jenis sampahnya yang diusulkan untuk tahun anggaran 2025 adalah:

1. Asli karya kami dan belum pernah dibiayai oleh lembaga atau sumber dana lain, dan tidak dibuat dengan menggunakan kecerdasan buatan/artificial intelligence (AI).
2. Kami berkomitmen untuk menjalankan kegiatan PKM secara sungguh-sungguh hingga selesai.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya yang sudah diterima ke kas negara.

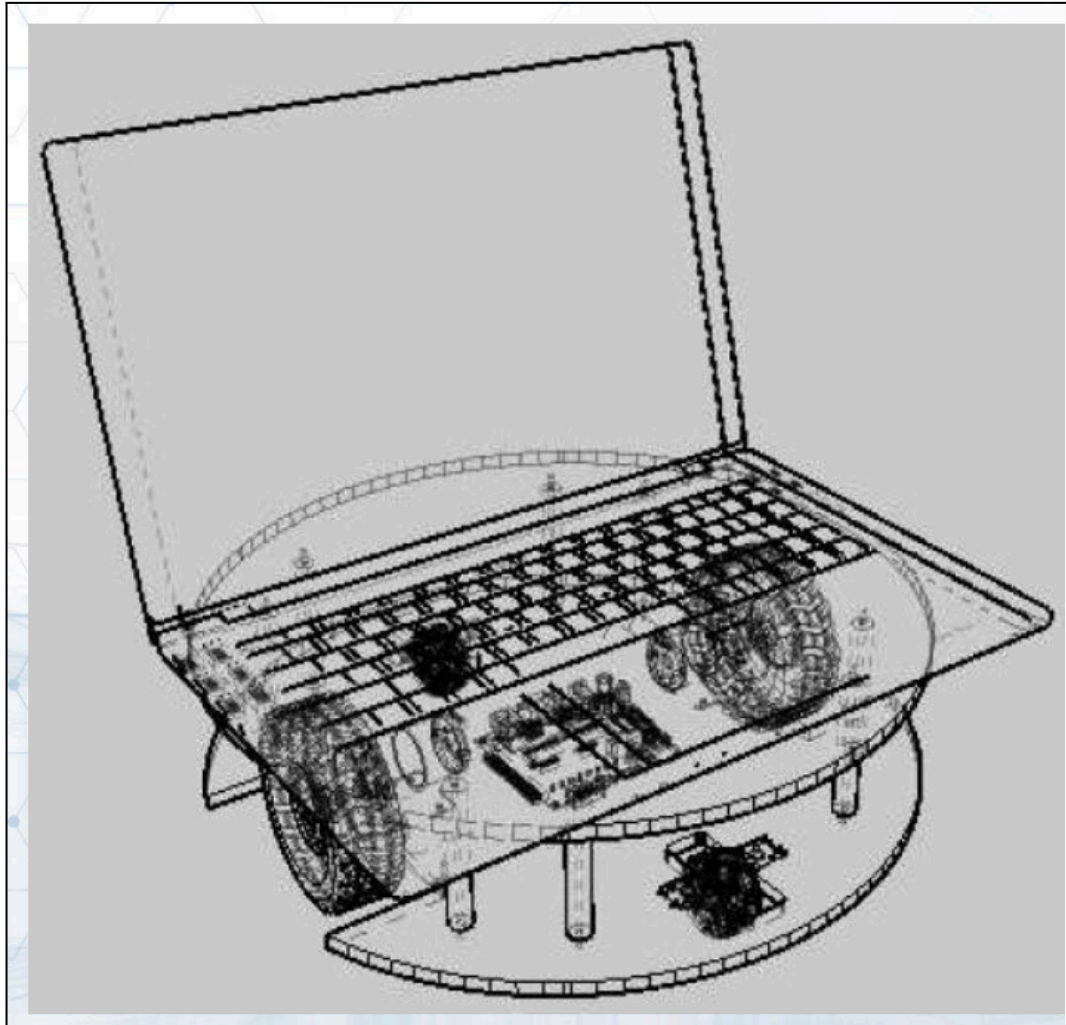
Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Kota, Tanggal-Bulan-Tahun
Yang menyatakan,

(Materai Rp. 10.000
Tanda tangan asli/basah)

(Nama Lengkap)
NIM.

LAMPIRAN 5. GAMBARAN TEKNOLOGI YANG AKAN DIKEMBANGKAN



Robot BNU V2 ini merupakan robot beroda yang di design untuk mengenali suatu gambar