BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah menjadi salah satu isu krusial yang dihadapi masyarakat global, termasuk Indonesia. Berdasarkan data yang dikumpulkan pada tahun 2024, tercatat 11,3 juta ton sampah yang tidak terselesaikan di Indonesia, angka tersebut setara dengan 36,7 persen dari produksi total sampah nasional sebesar 31,9 juta ton. Lain halnya, proyeksi timbulan sampah plastik di Indonesia mengalami peningkatan. Pada tahun 2017, diperkirakan sampah plastik mencapai 9,2 juta ton, dan pada tahun 2025 proyeksi dari jumlah tersebut adalah 9,9 juta ton. Data ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar sampah telah dikelola, masih terdapat masalah pengelolahan signifikan yang memerlukan perhatian khusus, terutama dalam pengelolaan sampah plastik yang terus meningkat setiap tahunnya.

Masalah pengelolaan sampah menjadi salah satu isu krusial yang dihadapi masyarakat global, termasuk Indonesia[1]. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti pencemaran lingkungan, penyebaran penyakit, hingga gangguan estetika lingkungan[2]. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan sampah adalah ketidakmampuan untuk memisahkan sampah berdasarkan jenisnya, yaitu sampah organik, anorganik,[3], [4]. Ketidakterpisahan ini mengakibatkan sulitnya proses daur ulang, sehingga banyak sampah berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA), yang mempercepat penumpukan dan memperpanjang waktu degradasi[5].

Sampah organik seperti sisa makanan dan dedaunan memiliki potensi besar untuk diolah menjadi kompos, sedangkan sampah anorganik, seperti plastik memerlukan pengolahan khusus[5], [6]. Namun, pemisahan yang kurang efektif menjadi hambatan utama. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, hanya sekitar 40% masyarakat Indonesia yang memisahkan sampah di tingkat rumah tangga, sehingga potensi daur ulang belum optimal[7].

Untuk mengatasi permasalahan ini, inovasi teknologi diperlukan sebagai salah satu solusi yang menjanjikan, yaitu pengembangan tempat sampah pintar berbasis IoT (Internet of Things) yang mampu memisahkan sampah secara otomatis[8]. Dengan memanfaatkan teknologi Computer Vision berbasis algoritma Convolutional Neural

Network (CNN)[9]. Salah satu algoritma CNN yang dikenal efisien dan memiliki akurasi tinggi adalah EfficientNet[10]. Algoritma ini menawarkan keunggulan dalam menghasilkan performa deteksi dan klasifikasi yang baik dengan jumlah parameter yang lebih sedikit dibandingkan arsitektur CNN lainnya[11].

Studi kasus spesifik menunjukkan bahwa penerapan EfficientNet dalam deteksi dan klasifikasi gambar telah terbukti memberikan akurasi tinggi dengan sumber daya komputasi yang lebih rendah. Salah satu varian yang paling banyak digunakan adalah EfficientNet-B7, yang mencapai akurasi top-1 sebesar 84,4% pada dataset ImageNet, sementara ukurannya 8,4 kali lebih kecil dan 6,1 kali lebih cepat dalam inferensi dibandingkan model ConvNet terbaik sebelumnya[12]. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penerapan EfficientNet-B7 dalam klasifikasi kanker kulit mencapai akurasi rata-rata 80,51% untuk kategori melanoma, meskipun representasinya minoritas dalam dataset[13]. Kemampuan EfficientNet-B7 untuk mengoptimalkan pemrosesan data gambar dengan efisien menjadikannya pilihan ideal untuk implementasi dalam sistem pemisahan sampah otomatis.

Meskipun telah ada penelitian terkait deteksi dan klasifikasi gambar menggunakan Convolutional Neural Networks (CNN), analisis kesenjangan menunjukkan bahwa masih minim penelitian yang mengintegrasikan EfficientNet dengan teknologi Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan sampah. Sebagian besar studi hanya berfokus pada performa klasifikasi tanpa implementasi deteksi real-time dalam sistem fisik. Penelitian sebelumnya telah mengusulkan sistem manajemen sampah pintar berbasis IoT yang memanfaatkan sensor ultrasonik untuk memantau tingkat pengisian tempat sampah dan mengoptimalkan rute pengumpulan [14]. Namun, integrasi algoritma klasifikasi gambar seperti EfficientNet-B7 ke dalam sistem ini belum banyak dieksplorasi.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi dan klasifikasi sampah organik dan anorganik menggunakan algoritma EfficientNet yang diintegrasikan dengan teknologi IoT[15], [16], [17]. Data citra sampah diambil dari dataset yang mencakup berbagai jenis sampah organik dan anorganik[18]. Tempat sampah pintar yang diusulkan akan memproses data hasil deteksi secara real-time dan mengirimkan ke platform cloud untuk analisis klasifikasi lebih lanjut[19], [20]. Sistem ini juga menggunakan sensor seperti proximity dan infrared untuk mendeteksi serta memisahkan sampah secara otomatis[4], [21].

Selain memberikan solusi teknologi, sistem ini juga berfungsi sebagai alat edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya pemisahan sampah[22], [23]. Dengan tempat sampah pintar, masyarakat tidak hanya dimudahkan dalam pemisahan sampah, tetapi juga didorong untuk lebih peduli terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh sampah[24].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan sampah yang lebih efisien dan berkelanjutan, sekaligus mendukung upaya global untuk menciptakan lingkungan yang bersih dan sehat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirinci menjadi beberapa pertanyaan penelitian yang lebih spesifik, yaitu:

- Bagaimana tingkat akurasi algoritma EfficientNet-B7 dalam klasifikasi sampah organik dan anorganik?
- Bagaimana efektivitas integrasi sistem klasifikasi dengan perangkat Internet of Things (IoT) dalam deteksi pengelolaan sampah?
- Apa parameter optimal yang diperlukan untuk implementasi sistem deteksi dan klasifikasi sampah menggunakan EfficientNet-B7?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis sampah organik dan anorganik pada tong sampah pintar menggunakan algoritma EfficientNet-B7 berbasis IoT. Penelitian ini juga mengevaluasi akurasi algoritma, efektivitas integrasi dengan perangkat IoT, serta mengukur kinerja sistem dalam pemisahan sampah secara real-time untuk meningkatkan efisiensi proses daur ulang.

1.3.2. Manfaat

- Manfaat Praktis:
  1. Memberikan solusi praktis dalam pemisahan sampah otomatis.
  2. Mengurangi beban kerja manusia dan meningkatkan efisiensi daur ulang.
  3. Mengurangi jumlah sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA).

- Manfaat Ekonomi dan Sosial:
  1. Mengurangi biaya operasional pengelolaan sampah.
  2. Menciptakan peluang kerja dalam pengembangan dan pemeliharaan sistem.
  3. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pemilahan sampah.
- Manfaat bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan:
  1. Menjadi referensi dalam pengembangan teknologi IoT dan Computer Vision.
  2. Berkontribusi dalam pengembangan metode klasifikasi dengan EfficientNet-B7.
  3. Membuka peluang penelitian lanjutan dalam integrasi AI dan IoT untuk smart

1.4. Batasan Masalah

Batasan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Algoritma klasifikasi yang digunakan adalah EfficientNet-B7.
2. Dataset citra sampah berasal dari kaggle dengan kategori sampah organik dan anorganik.
3. Penelitian berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem klasifikasi berbasis IoT, tanpa integrasi langsung dengan sistem pengolahan sampah.
4. Spesifikasi perangkat IoT yang digunakan mencakup mainboard ESP32, kamera OV7670, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk deteksi jarak, output menggunakan LED dan buzzer, mikrokontroler untuk memastikan efisiensi dan keandalan.
5. Dataset pelatihan terdiri dari 5000 gambar sampah organik dan anorganik dengan resolusi 224x224 piksel.
6. Pengujian dilakukan menggunakan Python di Google Colab dengan GPU standar untuk mempercepat proses pelatihan model.

1.5. Keterbaruan

Tabel 1. Keterbaruan Penelitian

Penelitian	Metode	Perangkat IoT	Jenis Sampah	Real-time	Kontribusi
Syaifudin et al. [25]	Sensor Ultrasonik & Photodioda	Jaringan Sensor Nirkabel	Volume Sampah & Penerangan	Ya	Pemantauan real-time infrastruktur publik
Suandi et al. [26]	Arduino Mega 2560	Sensor Jarak & Berat	Sampah Umum	Ya	Monitoring real-time

					dengan notifikasi
Sutanty et al. [27]	VGG16 + Transfer Learning	-	10 Kategori Sampah	Tidak	Peningkatan akurasi klasifikasi gambar
Desnanjaya et al. [28]	Arduino + Proximity & Infrared	-	Logam, Organik, Non-Organik	Ya	Pemisahan sampah otomatis
Putra et al. [29]	IoT + Desain Pisau	-	Plastik	Tidak	Peningkatan efisiensi daur ulang
Penelitian Ini	**EfficientNet-B7**	**ESP32, kamera OV7670, sensor ultrasonik HC-SR04, LED, buzzer, mikrokontroler**	**Organik & Anorganik**	**Ya**	**Klasifikasi akurat dengan pemrosesan real-time & integrasi IoT**

Analisis Gap:

1. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada pemantauan atau pemisahan sampah tanpa menggunakan metode klasifikasi berbasis deep learning.
2. Penelitian yang menggunakan CNN seperti VGG16 belum menerapkan integrasi dengan perangkat IoT dan pemrosesan real-time.
3. Tidak ada penelitian terdahulu yang menggunakan EfficientNet-B7, yang dikenal dengan efisiensi dan akurasinya yang tinggi, untuk klasifikasi sampah berbasis deteksi menggunakan IoT.

Kontribusi Baru:

- Menggunakan EfficientNet-B7 untuk klasifikasi sampah organik dan anorganik.
- Mengintegrasikan deteksi perangkat IoT dengan algoritma klasifikasi untuk pemrosesan real-time.
- Menghasilkan sistem pemisahan sampah otomatis yang akurat, cepat, dan efisien.