

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah memang menjadi polemik yang belum terselesaikan secara maksimal. Sampah pada dasarnya adalah bahan sisa dari suatu proses, baik produksi (industri) maupun konsumsi. Seiring perkembangan zaman, jumlah sampah bukannya berkurang malah bertambah. Hal ini terkait dengan gaya hidup masyarakat modern yang mulai memudar dari tradisi lama. Gaya hidup mereka identik dengan produksi dan konsumsi barang-barang yang sulit terurai. Dengan demikian sisa barang tersebut akan menjadi sampah (Nugroho, 2017). Diperkirakan setiap tahun Indonesia menghasilkan kurang lebih 14 juta ton/tahun dan yang terkelola sebesar 9 juta ton/tahun. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional pada tahun 2023, 17,4% sampah padat ditempati oleh sampah plastik, 11,4% oleh kertas, dan kayu/ranting/daun 12,2%.

Aktifitas manusia tidak dapat dipisahkan dengan kegiatan produksi dan konsumsi yang berdampak pada timbulnya sampah seperti penggunaan plastik. Menurut Data Asosiasi Industri Plastik Indonesia dan Badan Pusat Statistik pada tahun 2018, sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton. Akan menimbulkan permasalahan di lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Penggunaan produk yang tidak dilakukan secara terencana efisien dan serbaguna menyebabkan penumpukan sampah terus terjadi. Berdasarkan undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengolahan sampah pasal 2 bahwa sampah berasal dari kawasan komersial, kawasan industri, kawasan khusus, fasilitas sosial, fasilitas umum, dan atau fasilitas lainnya.

Produksi sampah terus dihasilkan secara signifikan. Jika pengelolaan sampah tidak dilakukan dengan benar maka akan berdampak buruk terhadap atmosfer. Oleh karena itu, pemilahan sampah untuk mengoptimalkan jumlah bahan daur ulang harus dilakukan sejak awal pada limbah (Hassan, 2021). Bahan limbah mulai diproduksi sebagai bahan yang dapat didaur ulang di Indonesia (Rabano et al., 2018). Bahan limbah yang dapat didaur ulang ini memberikan pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi kebutuhan bahan baku suatu negara dan secara signifikan mempengaruhi penghematan energi (Meng dan Chu, 2020). Oleh karena itu, fasilitas daur ulang telah didirikan untuk menggunakan kembali bahan limbah. Deteksi dan klasifikasi bahan limbah di fasilitas daur ulang ini merupakan proses yang sulit dan mahal karena didasarkan pada tenaga manusia (Ozkaya dan Seyfi, 2019).

Jadi, deteksi dan pemilahan sampah sebaiknya dilakukan pada tahap awal pengelolaan sampah untuk memaksimalkan jumlah sampah yang dapat didaur ulang dan mengurangi kemungkinan kontaminasi oleh barang lain. Isolasi sampah yang dilakukan oleh tenaga kerja yang tidak profesional sehingga kurang efektif, memakan waktu, dan tidak efisien karena banyaknya sampah. Selain itu, deteksi dan pemisahan bahan limbah sama-sama berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan menyebabkan pencemaran lingkungan (Ma dan Zhu, 2021). Oleh karena itu, sangat penting bagi lingkungan dan kesehatan ekosistem untuk memisahkan bahan limbah dari sampah yang terkumpul di fasilitas daur ulang dengan menggunakan sistem kecerdasan buatan (Chandra et al., 2021).

Seiring dengan berkembangnya AI, deteksi dan klasifikasi objek dalam gambar sampah tertentu telah dilakukan dengan sukses dalam beberapa tahun terakhir. Dengan demikian, biaya tenaga kerja berkurang dan proses menjadi lebih efisien. Dalam hal ini, banyak bidang aplikasi yang melakukan deteksi dan klasifikasi objek telah mulai menggunakan metode pembelajaran mendalam yang dikembangkan melalui kecerdasan buatan. Metode ini telah menghasilkan perkembangan besar. Pada awalnya, klasifikasi sampah mengandalkan metode konvensional seperti sensor dan aturan pemrograman. Kemudian, penggunaan teknik pengenalan pola berbasis citra menjadi populer untuk mengidentifikasi ciri visual sampah. Dalam perkembangannya, teknik pembelajaran mesin konvensional seperti SVM dan decision trees digunakan sebelum digantikan oleh pendekatan deep learning seperti Convolutional Neural Networks (CNN) yang memungkinkan pemrosesan informasi yang lebih kompleks. Seiring evolusi teknologi, kombinasi antara teknik pengolahan data yang canggih dan deep learning menjadi fokus utama dalam klasifikasi sampah pada masa kini.

Pembelajaran mesin telah membuat kemajuan luar biasa di bidang visi komputer. Penelitian komprehensif tentang identifikasi dan klasifikasi sampah telah dilakukan berdasarkan algoritma pembelajaran mesin yang populer, seperti jaringan saraf tiruan (ANN) (Cai et al., 2022). Misalnya, Yuan dkk. (2021) mengusulkan jaringan sisa ringan MAPMobileNet-18 untuk mengatasi masalah klasifikasi sampah, dan evaluasi keakuratan klasifikasi sampah, kecepatan deteksi, dan peralatan tepi dilakukan. Fu dkk. (2021) mengusulkan metode klasifikasi sampah berdasarkan model MobileNetV3 untuk mencapai akurasi klasifikasi 92,62%; namun, struktur jaringan yang berat membuat kecepatan komputasi menjadi sangat lambat. Chen dkk. (2021) memilih backbone MobileNet-v2 untuk penyulingan model deteksi sampah, yang mengurangi jumlah parameter model dan meningkatkan akurasi deteksi, namun kemampuan generalisasi model saat ini tidak dipertimbangkan. Feng dkk. (2021)

menggunakan jaringan saraf konvolusional (CNN) 23 lapisan untuk meningkatkan akurasi deteksi sampah, tetapi lapisan kompleks secara signifikan meningkatkan jumlah penghitungan dan menurunkan kemampuan model secara real-time.

Pengolahan citra adalah metode pengolahan gambar yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar sehingga lebih mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin komputer, dan dapat berupa gambar dan foto bergerak (Fitriyah dan Effendi 2017). Dalam bidang AI, pengolahan gambar menggunakan objek gambar digital untuk menyelesaikan kasus. Perhitungan matematis pada objek piksel atau geometris dapat digunakan dalam gambar. Nilai perbedaan yang dapat diperhitungkan secara matematis dimiliki oleh setiap objek dalam gambar, yang menunjukkan perbedaan antara objek satu sama lain. Setiap objek dapat memiliki warna, tekstur, atau bentuk yang berbeda. (Widyaningsih 2017). Pengklasifikasian dapat diterapkan pada objek dengan menggunakan data digital ini.

Dengan berkembangnya kecerdasan buatan, *deep learning* dan teknologi cerdas telah digunakan. Oleh karena itu, klasifikasi limbah yang cerdas adalah langkah utama untuk membangun sistem pembuangan limbah yang canggih, contohnya seperti teknologi Reverse Vending Machine untuk menukarkan sampah menjadi uang atau teknologi Depolimerisasi untuk mengubah sampah plastik menjadi minyak mentah, bahkan mendaur ulang kembali sampah tersebut menjadi barang yang baru. Meskipun klasifikasi sampah yang didorong oleh teknik pembelajaran mesin dapat bekerja secara efisien, namun akurasi klasifikasinya masih perlu ditingkatkan. Hanya ada sedikit kumpulan data gambar limbah yang tersedia untuk pelatihan model, kurangnya database skala besar seperti ImageNet7 (sekitar 15 juta gambar berlabel di 22.000 kelas). Kumpulan data pelatihan yang kecil tidak dapat secara akurat menangkap fitur berbagai jenis sampah, dan konsekuensinya adalah akurasi klasifikasi model tidak tinggi. Selain itu, karena banyaknya jenis sampah, kurangnya metode klasifikasi yang jelas dan akurat akan menyebabkan rendahnya akurasi klasifikasi. Misalnya botol plastik dan kantong plastik mempunyai bentuk dan karakteristik yang berbeda, walaupun sama-sama terbuat dari plastik, namun cara pembuangannya berbeda. Jika kita mengelompokkannya secara kasar ke dalam satu kategori, efek klasifikasi limbah mungkin akan terpengaruh (Y Bow, 2018).

Deep learning adalah subbidang pembelajaran mesin yang memungkinkan komputer secara otomatis menafsirkan representasi data dengan belajar dari contoh (F Marpaung, 2022). Metode yang digunakan dalam (Raup, 2022) untuk

klasifikasi sampah yaitu menggunakan YOLO (You Only Look Once), menggabungkan fitur-fitur seperti warna dan tekstur untuk pengenalan gambar sampah. Saat ini, *deep learning* berkembang pesat di bidang pengenalan gambar. Ia menggunakan jaringan multi-layer untuk memproses data guna mencapai ekstraksi fitur. Telah dibangun kumpulan data gambar sampah yang dapat didaur ulang, termasuk hampir 20.000 gambar sampah, yang dibagi menjadi lima kategori: kaca, kain, kertas, plastik, dan logam. Melalui kumpulan data ini, model *deep learning* YOLO v5t dapat dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan model yang sesuai. Adapun penelitian oleh Fernando, 2023 yang menggunakan metode yang setara yaitu Single Shot Multibox Detector (SSD) menggunakan *depthwise separable convolution* yang secara signifikan mengurangi jumlah parameter objek. Kemudian adapun metode serupa oleh Bambang, 2020 yang menggunakan metode Faster R-CNN yang dapat mendeteksi objek secara realtime.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini akan mengimplementasikan *image processing* dan algoritma *deep learning* untuk klasifikasi sampah plastik dengan menggunakan YOLOv8 sebagai celah peneliti dalam mengisi gap penelitian. Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini diberi judul, “Implementasi *Image Processing* Dan Algoritma *Deep Learning* Untuk Klasifikasi Sampah Plastik”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan *image processing* dan *deep learning* untuk mengklasifikasikan sampah plastik?
2. Bagaimana performa sistem klasifikasi sampah plastik?

1.3. Batasan Masalah

Penulis menetapkan batasan masalah pada rencana penelitian ini untuk memfokuskan tujuan penelitian. Batasan masalah tersebut meliputi:

1. Objek penelitian hanya berupa sampah plastik jenis botol, gelas, sendok, styrofoam dan hanya difokuskan pada implementasi *image processing* dan algoritma *deep learning* untuk klasifikasi sampah plastik dengan menggunakan model YOLOv8. Adapun pada pengujian sistem difokuskan hanya untuk 1 objek dalam tiap *frame* pendeteksian.
2. Faktor-faktor lain seperti aspek mekanik atau perangkat keras sistem, perancangan prototipe, alat klasifikasi sampah plastik tidak menjadi fokus utama penelitian ini.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan *Image Processing* dan Algoritma *Deep learning* untuk klasifikasi sampah plastik.
2. Menguji performa sistem klasifikasi sampah plastik.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk memperoleh bukti-bukti data empiris tentang implementasi *Image Processing* dan Algoritma *Deep learning* untuk klasifikasi sampah plastik yang akan bermanfaat untuk mengembangkan ilmu pengetahuan, dan akademis mahasiswa khususnya di Teknik Elektro.
2. Penelitian ini dapat menjadi sebuah bahan informasi dan sebagai referensi tambahan yang berkaitan dengan variabel di dalam penelitian.