

# Penerapan Data Science dalam Klasifikasi Sampah Otomatis pada Industri Daur Ulang

## 1. Industry

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas konsumsi, volume sampah yang dihasilkan setiap tahun terus mengalami peningkatan dan menjadi tantangan serius bagi lingkungan karena sebagian besar masih berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA), padahal banyak material seperti plastik, kertas, kaca, dan logam masih memiliki nilai guna dan dapat didaur ulang jika dikelola dengan baik, sehingga industri daur ulang memegang peran penting dalam mengurangi beban lingkungan dan meningkatkan pemanfaatan kembali material. Namun, salah satu tahap paling krusial dalam proses daur ulang, yaitu pemilahan sampah berdasarkan jenis material, di banyak fasilitas masih dilakukan secara manual atau dengan bantuan mesin sederhana, yang menimbulkan berbagai kendala seperti proses yang lambat, biaya operasional yang tinggi, serta tingginya risiko kesalahan akibat faktor manusia, sehingga menurunkan efisiensi operasional dan kualitas hasil daur ulang. Perkembangan teknologi di bidang Data Science dan Machine Learning, khususnya Computer Vision, membuka peluang untuk mengotomatisasi proses klasifikasi sampah berdasarkan citra visual agar lebih cepat, akurat, dan konsisten. Oleh karena itu, proyek ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis Data Science yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses pemilahan, menekan biaya operasional, serta mendukung keberlanjutan industri daur ulang dan lingkungan.

## 2. Problem

Industri daur ulang memiliki peran penting dalam mengurangi jumlah sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA) serta meningkatkan pemanfaatan kembali material seperti plastik, kertas, kaca, dan logam. Seiring dengan meningkatnya volume sampah setiap tahun, industri ini dituntut untuk bekerja secara lebih efisien dan akurat dalam mengelola serta memproses sampah yang masuk. Salah satu tahapan paling krusial dalam proses daur ulang adalah pemilahan (sorting) sampah berdasarkan jenis material. Namun, pada banyak fasilitas pengolahan sampah, proses ini masih dilakukan secara manual oleh tenaga manusia atau dengan bantuan mesin sederhana. Metode tersebut menimbulkan berbagai permasalahan yang berdampak langsung pada efisiensi operasional dan kualitas hasil daur ulang.

Beberapa permasalahan utama yang muncul dalam proses pemilahan sampah secara manual antara lain:

- Proses yang lambat dan tidak efisien.

Jumlah sampah yang harus diproses setiap hari sangat besar, sementara kemampuan manusia untuk memilah sampah memiliki keterbatasan. Akibatnya, sering terjadi penumpukan sampah dan penurunan kapasitas produksi fasilitas daur ulang.

- Biaya operasional yang tinggi.

Pemilahan manual membutuhkan banyak tenaga kerja, sehingga meningkatkan biaya operasional, baik dari sisi gaji, pelatihan, maupun pengawasan pekerja.

- Tingginya tingkat kesalahan (human error).

Faktor kelelahan dan keterbatasan konsentrasi manusia dapat menyebabkan kesalahan dalam mengidentifikasi jenis material sampah. Kesalahan ini mengakibatkan material yang seharusnya dapat didaur ulang justru tercampur atau terbuang, serta menurunkan kualitas hasil daur ulang.

- Rendahnya efektivitas proses daur ulang.

Ketidakkonsistenan dan ketidakakuratan dalam proses pemilahan menyebabkan banyak material bernilai, seperti plastik dan logam, tidak dapat dimanfaatkan secara optimal dalam proses daur ulang.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan tersebut, dapat disimpulkan bahwa industri daur ulang saat ini menghadapi tantangan utama berupa proses pemilahan sampah yang masih manual, memakan waktu, berbiaya tinggi, dan rentan terhadap kesalahan. Kondisi ini berdampak pada rendahnya efisiensi operasional serta berkurangnya potensi material yang berhasil didaur ulang. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang lebih otomatis, cepat, dan akurat dalam mengklasifikasikan sampah berdasarkan jenis materialnya, sehingga proses daur ulang dapat berjalan lebih optimal dan berkelanjutan.

### 3. DS Solution

Untuk mengatasi permasalahan pemilahan sampah yang masih dilakukan secara manual, diperlukan sebuah solusi yang mampu bekerja secara otomatis, cepat, dan akurat. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan Data Science dan Machine Learning, khususnya pada bidang Computer Vision, untuk melakukan klasifikasi jenis sampah berdasarkan citra (gambar). Solusi yang diusulkan adalah membangun sistem klasifikasi sampah otomatis yang dapat mengenali dan mengelompokkan sampah ke dalam beberapa kategori, seperti plastik, kertas, kaca, logam, dan jenis material lainnya. Sistem ini dirancang untuk membantu proses pemilahan di fasilitas daur ulang agar menjadi lebih efisien dan konsisten.

Secara umum, alur kerja sistem yang diusulkan adalah sebagai berikut:

- Sampah yang berjalan di atas conveyor belt akan dipindai menggunakan kamera.
- Kamera akan mengambil gambar setiap objek sampah.
- Gambar tersebut kemudian diproses oleh model Machine Learning.
- Model akan mengklasifikasikan jenis sampah (misalnya: plastik, kertas, kaca, atau logam).
- Hasil klasifikasi digunakan untuk mengendalikan sistem pemilah otomatis agar sampah dipisahkan sesuai kategorinya.

Dalam pengembangan sistem ini, data yang digunakan berupa dataset gambar berbagai jenis sampah yang telah diberi label sesuai dengan kategori materialnya. Data tersebut digunakan untuk melatih model agar mampu mengenali pola visual dari masing-masing jenis sampah, seperti bentuk, tekstur, dan warna. Metode yang dapat digunakan dalam solusi ini adalah Convolutional Neural Network (CNN) atau model klasifikasi gambar lainnya yang umum digunakan dalam bidang Computer Vision. Model ini memiliki kemampuan untuk mengekstraksi fitur visual dari gambar dan melakukan klasifikasi secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Tahapan utama dalam penerapan solusi Data Science ini meliputi:

- Pengumpulan data, yaitu mengumpulkan gambar-gambar sampah dari berbagai kategori.
- Pra-pemrosesan data, seperti mengubah ukuran gambar, normalisasi, dan pembersihan data.
- Pelatihan model, yaitu melatih model Machine Learning menggunakan data yang telah disiapkan.
- Evaluasi model, untuk mengukur tingkat akurasi dan performa klasifikasi.
- Implementasi sistem, yaitu mengintegrasikan model ke dalam sistem pemilahan sampah di lingkungan operasional.

Dengan adanya sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis Data Science ini, proses pemilahan yang sebelumnya bergantung pada tenaga manusia dapat digantikan atau dibantu oleh sistem cerdas yang bekerja secara real-time, konsisten, dan lebih akurat. Solusi ini diharapkan mampu menjawab permasalahan utama dalam industri daur ulang terkait efisiensi dan kualitas proses pemilahan sampah.

#### 4. Business Impact

Penerapan sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis Data Science memberikan dampak yang signifikan terhadap kinerja operasional dan

keberlanjutan bisnis di industri daur ulang. Dengan menggantikan atau mendukung proses pemilahan manual, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi, menekan biaya, serta memperbaiki kualitas hasil daur ulang secara keseluruhan.

Beberapa dampak bisnis utama yang dihasilkan dari penerapan solusi ini antara lain:

- Peningkatan efisiensi operasional.

Proses pemilahan sampah dapat dilakukan secara otomatis dan real-time, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menyortir sampah menjadi lebih singkat. Hal ini memungkinkan fasilitas daur ulang untuk memproses volume sampah yang lebih besar dalam waktu yang sama.

- Penurunan biaya operasional.

Dengan berkurangnya ketergantungan pada tenaga kerja manual untuk proses pemilahan, perusahaan dapat menekan biaya yang berkaitan dengan tenaga kerja, seperti gaji, pelatihan, dan pengawasan. Dalam jangka panjang, otomatisasi ini dapat memberikan penghematan biaya yang signifikan.

- Peningkatan akurasi dan kualitas hasil daur ulang.

Sistem berbasis Machine Learning mampu melakukan klasifikasi sampah secara lebih konsisten dibandingkan manusia. Akurasi pemilahan yang lebih tinggi akan mengurangi tercampurnya material yang berbeda, sehingga kualitas bahan daur ulang yang dihasilkan menjadi lebih baik dan memiliki nilai jual yang lebih tinggi.

- Peningkatan tingkat material yang berhasil didaur ulang.

Dengan proses pemilahan yang lebih akurat, lebih banyak material bernilai seperti plastik, logam, dan kertas dapat dipisahkan dan diproses kembali. Hal ini meningkatkan tingkat recovery material dan mengurangi jumlah sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA).

- Peningkatan citra perusahaan dan dukungan terhadap keberlanjutan.

Penerapan teknologi cerdas dalam proses operasional menunjukkan komitmen perusahaan terhadap inovasi dan keberlanjutan lingkungan. Hal ini dapat meningkatkan kepercayaan mitra bisnis, pemerintah, dan masyarakat, serta mendukung pencapaian target sustainability atau ESG (Environmental, Social, and Governance).

Secara keseluruhan, penerapan sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis Data Science tidak hanya memberikan manfaat dari sisi teknis operasional, tetapi

juga memberikan nilai tambah strategis bagi bisnis. Perusahaan dapat beroperasi dengan lebih efisien, lebih hemat biaya, serta menghasilkan dampak positif bagi lingkungan, sehingga menciptakan model bisnis yang lebih berkelanjutan dan kompetitif di masa depan.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses pemilahan sampah secara manual masih memiliki banyak keterbatasan, seperti rendahnya efisiensi, tingginya biaya operasional, serta besarnya risiko kesalahan akibat faktor manusia. Penerapan sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis Data Science dan Machine Learning, khususnya dengan pendekatan Computer Vision, merupakan solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem ini mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi pemilahan, menghasilkan kualitas bahan daur ulang yang lebih baik, serta meningkatkan jumlah material yang berhasil diproses kembali. Selain memberikan manfaat teknis, implementasi solusi ini juga berdampak positif bagi bisnis melalui peningkatan efisiensi operasional, penurunan biaya, dan penguatan komitmen terhadap keberlanjutan lingkungan. Dengan demikian, penggunaan teknologi cerdas dalam proses pemilahan sampah dapat menjadi langkah strategis dalam mewujudkan industri daur ulang yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdan, M. R., & Akbar, M. (2025). KLASIFIKASI SAMPAH DAUR ULANG MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX. *Jurnal Informatika Teknologi Dan Sains (Jinteks)*, 7(3), 1211–1220.
- Aprilla, A., Prihartono, W., & Rohmat, C. L. (2024). Optimasi model klasifikasi citra sampah daur ulang dengan algoritma YOLO11. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 12(2), 92–97.
- Kurniawan, R. S., & Rosyani, P. (2024). Klasifikasi jenis sampah menggunakan algoritma Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, 6(3), 118–123.
- Thio, S. E., & Susilo, J. (2025). Identifikasi Pemilahan Sampah Berbasis Algoritma Transfer Learning CNN Menggunakan MobileNetV2 dan EfficientNetB0. *Bit-Tech*, 8(1), 25–32.
- Purba, M. E., Situmorang, A. Z., Ginting, G. L. B., Lubis, M. W. P., & Sinaga, F. M. (2025). Klasifikasi sampah organik dan anorganik menggunakan algoritma CNN. *Jurnal Sifo Mikroskil (JSM)*, 26(1), 37–54.
- Sihananto, A. N., Al Haromainy, M. M., Sari, A. P., Mubarrok, A. H., & Ramadhan, D. (2022). Pemilahan jenis sampah menggunakan algoritma CNN. *SCAN*, 17(3), 23–27.