

**ANALISIS ALGORITMA HYBRID CNN-SVM UNTUK
KLASIFIKASI CIRTA JENIS SAMPAH**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi Informatika



disusun oleh

ARSENIUS ANGGA RESTU

22.11.5180

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2026

**ANALISIS ALGORITMA HYBRID CNN-SVM UNTUK
KLASIFIKASI CIRTA JENIS SAMPAH**

**HALAMAN JUDUL
SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi *Informatika*



disusun oleh

ARSENIUS ANGGA RESTU

22.11.5180

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2026

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**ANALISIS ALGORITMA HYBRID CNN-SVM UNTUK KLASIFIKASI
CIRTA JENIS SAMPAH**

yang disusun dan diajukan oleh

Arsenius Angga Restu

22.11.5180

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal

Dosen Pembimbing,



Hartatik, S.T., M.Cs

NIK. 190302232

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI
ANALISIS ALGORITMA HYBRID CNN-SVM UNTUK KLASIFIKASI
CIRTA JENIS SAMPAH

yang disusun dan diajukan oleh

Arsenius Angga Restu

22.11.5180

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Dr. Sri Ngudi Wahyuni, S.T., M.Kom
NIK. 190302060

Afrig Aminuddin, S.Kom., M.Eng., Ph.D
NIK. 190302351

Dr. Hartatik, S.T., M.Cs
NIK. 190302232

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



Prof. Dr. Kusriani, M.Kom.
NIK. 190302106

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Arsenius Angga Restu NIM : 22.11.5180

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

Analisis Algoritma Hybrid CNN-SVM untuk Klasifikasi Citra Jenis Sampah

Dosen Pembimbing : Hartatik, S.T., M.Cs.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar **ASLI** dan **BELUM PERNAH** diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas **AMIKOM** Yogyakarta maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan dan penelitian **SAYA** sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari **Dosen Pembimbing**.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab **SAYA**, bukan tanggung jawab Universitas **AMIKOM** Yogyakarta.
5. Pernyataan ini **SAYA** buat dengan sesungguhnya, apabila di kemudian hari terdapat **penyimpangan dan ketidakbenaran** dalam pernyataan ini, maka **SAYA** bersedia menerima **SANKSI AKADEMIK** dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Yogyakarta,

Yang Menyatakan,



Arsenius Angga Restu

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Karya ilmiah ini dengan penuh hormat dan rasa syukur dipersembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, atas segala doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti dalam setiap langkah kehidupan penulis.
2. Bapak/Ibu dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, kesabaran, serta ilmu yang begitu berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Seluruh keluarga besar, atas dorongan, semangat, dan motivasi yang senantiasa diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan studi.
4. Sahabat dan rekan seperjuangan, yang selalu menemani, mendukung, dan menjadi tempat berbagi cerita, suka maupun duka selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal untuk kontribusi yang lebih baik di masa yang akan datang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing, para dosen, kedua orang tua, keluarga, serta sahabat yang telah memberikan doa, motivasi, dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Yogyakarta,

Penulis

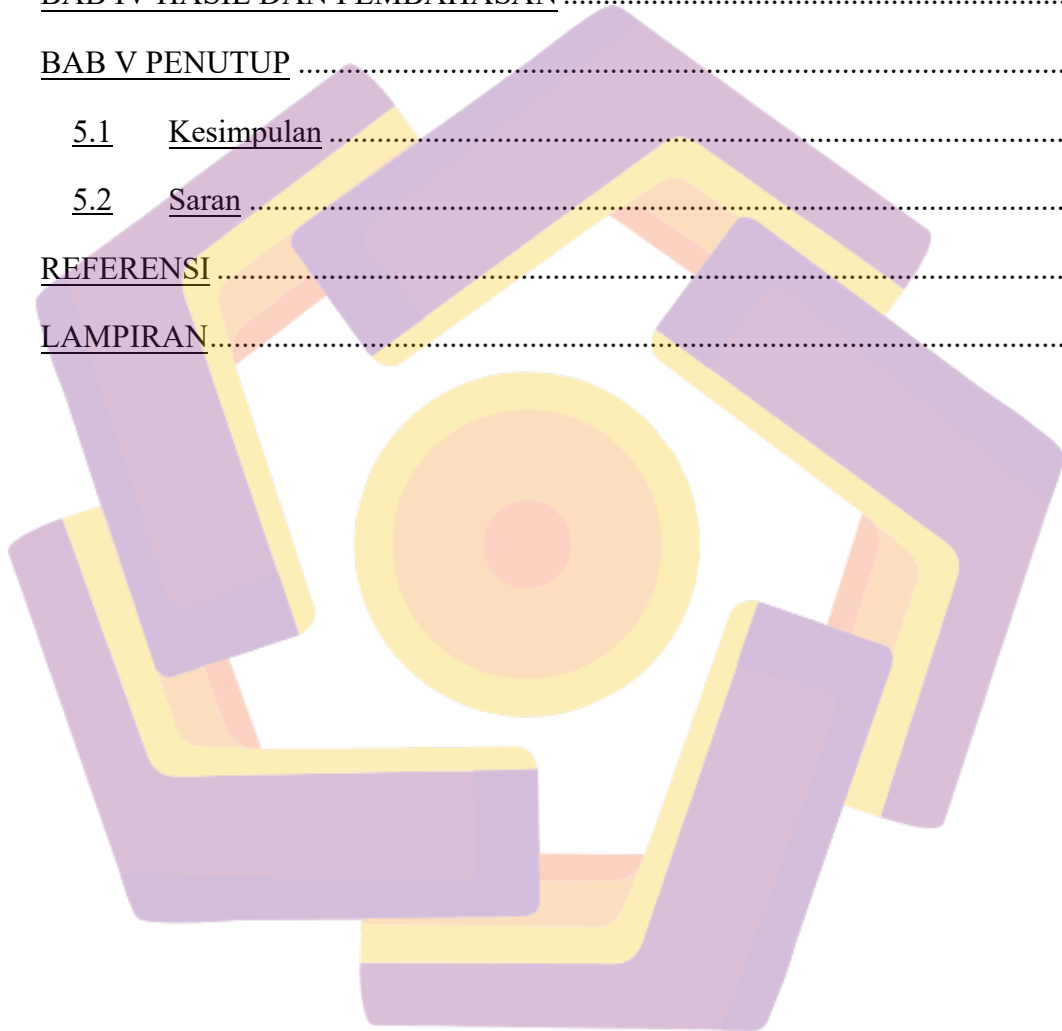


Arsenius Angga Restu

DAFTAR ISI

<u>HALAMAN JUDUL</u>	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
<u>DAFTAR ISI</u>	vii
<u>DAFTAR TABEL</u>	ix
<u>DAFTAR GAMBAR</u>	x
<u>DAFTAR LAMPIRAN</u>	xi
<u>DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN</u>	xii
<u>DAFTAR ISTILAH</u>	xiii
<u>INTISARI</u>	xiv
<u>ABSTRACT</u>	xv
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	1
<u>1.1 Latar Belakang</u>	1
<u>1.2. Rumusan Masalah</u>	3
<u>1.3. Batasan Masalah</u>	4
<u>1.4. Tujuan Penelitian</u>	4
<u>1.5. Manfaat Penelitian</u>	5
<u>1.6 Sistematika Penulisan</u>	5
<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</u>	7
<u>2.1 Studi Literatur</u>	7
<u>2.2 Dasar Teori</u>	11
<u>BAB III METODE PENELITIAN</u>	15

<u>3.1 Tahapan Penelitian</u>	15
<u>3.4 Skenario Pengujian dan Komparasi Model</u>	20
<u>3.2 Flowchart Alur Penelitian</u>	22
<u>3.3 Alat dan Bahan</u>	23
<u>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	24
<u>BAB V PENUTUP</u>	30
<u>5.1 Kesimpulan</u>	30
<u>5.2 Saran</u>	31
<u>REFERENSI</u>	33
<u>LAMPIRAN</u>	34



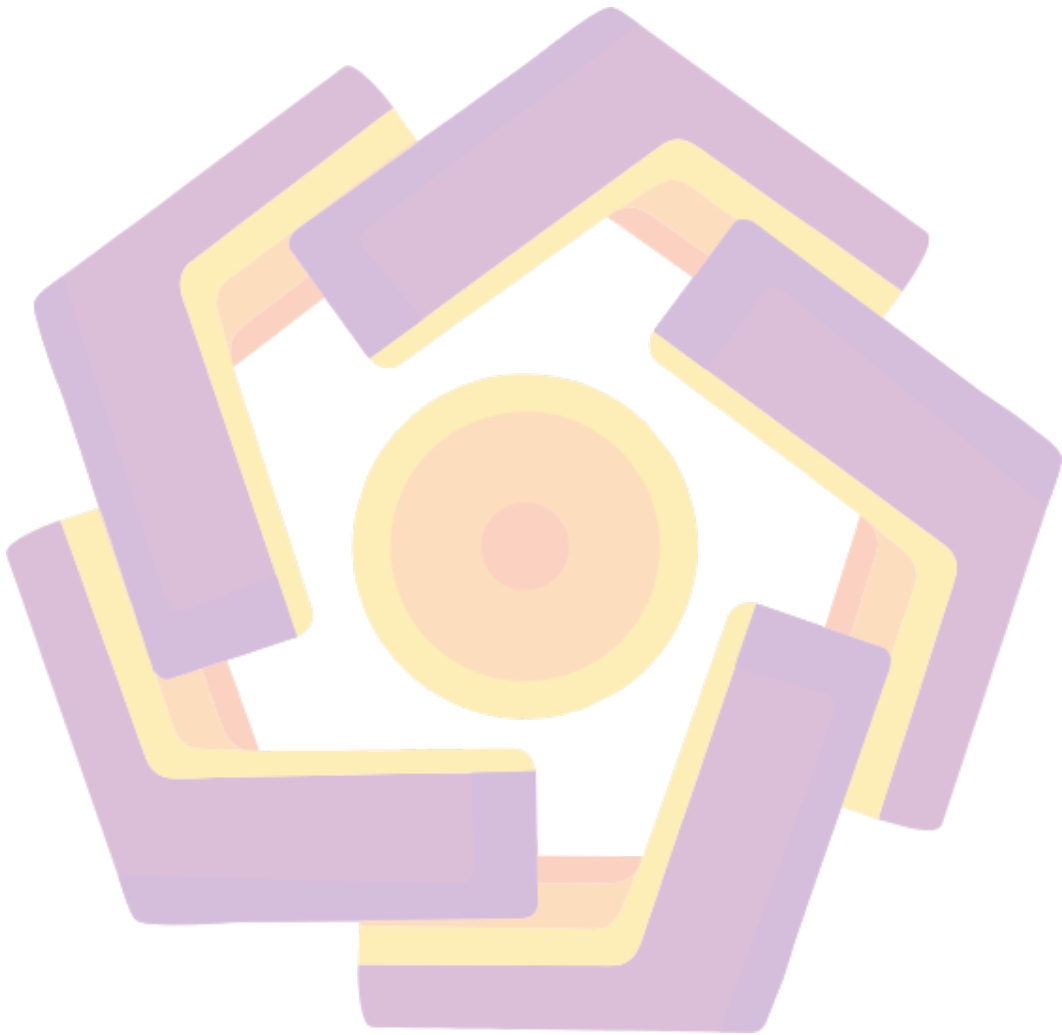
DAFTAR TABEL

<u>Tabel 2. 1 Keaslian Penelitian</u>	23
<u>Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan Model Deep Learning</u>	25
<u>Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan Model CNN</u>	26
<u>Tabel 2. 4 Kelebihan dan Kekurangan Model SVM</u>	27
<u>Tabel 2. 5 Kelebihan dan Kekurangan Model Hybrid CNN-SVM</u>	28
<u>Tabel 3. 1 Skema Arsitektur Model Hybrida CNN-SVM yang Diuji</u>	34
<u>Tabel 4. 1 Ringkasan Kinerja Klasifikasi Model Hybrida</u>	38
<u>Tabel 4. 2 Perbandingan Efisiensi Komputasi Model Hybrida</u>	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Alur Penelitian Model Hybrida CNN-SVM

36



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Struktur direktori dan rincian kategori Dataset Citra Sampah Dunia Nyata (*Real-World Waste Image Dataset*).

Lampiran 2 Contoh citra tiap kelas pada dataset (plastik, kertas, logam, kaca, organik, tekstil, elektronik, dan lainnya)

Lampiran 3 Konfigurasi lingkungan eksperimen (spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak pelatihan)

Lampiran 4 Potongan kode pra-pemrosesan citra (resizing, normalisasi, dan augmentasi menggunakan *ImageDataGenerator*)

Lampiran 5 Potongan kode pemanfaatan CNN *pre-trained* (VGG16, DenseNet121, InceptionV3, InceptionResNetV2, dan ResNet50) sebagai *feature extractor*

Lampiran 6 Potongan kode pembentukan dan pelatihan model SVM (konfigurasi kernel, *train_test_split*, dan evaluasi)

Lampiran 7 *Classification report* lengkap model VGG16–SVM pada data uji

Lampiran 8 *Classification report* lengkap model DenseNet121–SVM pada data uji

Lampiran 9 *Classification report* lengkap model InceptionV3–SVM, InceptionResNetV2–SVM, dan ResNet50–SVM pada data uji

Lampiran 10 *Confusion matrix* rinci dan ringkasan metrik (accuracy, macro/micro F1-Score) model hibrida terbaik

Lampiran 11 Dokumentasi proses pelatihan dan evaluasi model hibrida CNN–SVM (tangkapan layar utama)

Lampiran 12 Surat keterangan penggunaan dataset dan pernyataan etika penggunaan data

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

CNN : Convolutional Neural Network.

SVM : Support Vector Machine.

CBAM : Convolutional Block Attention Module.

ReLU : Rectified Linear Unit (fungsi aktivasi).

GAP : Global Average Pooling.

GPU : Graphics Processing Unit.

TPA : Tempat Pemrosesan Akhir.

TP : True Positive.

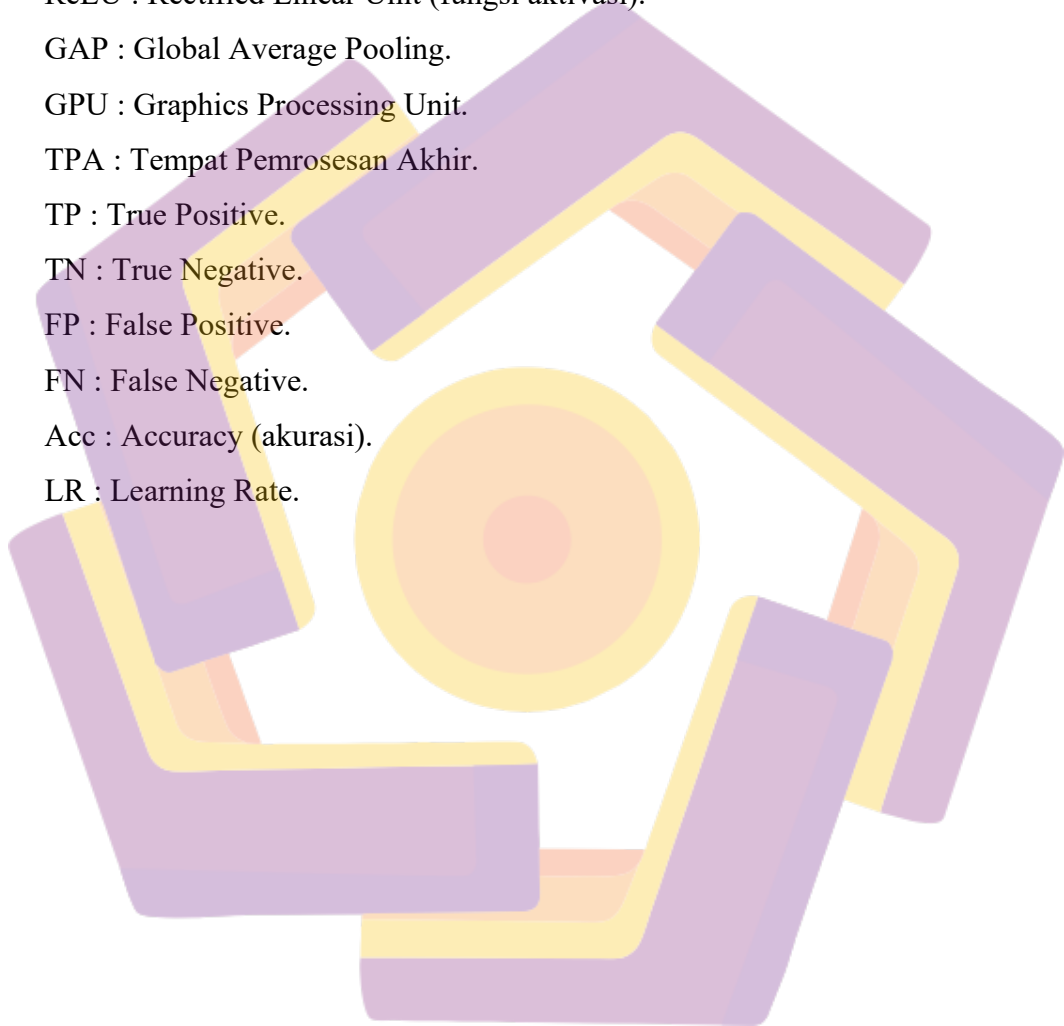
TN : True Negative.

FP : False Positive.

FN : False Negative.

Acc : Accuracy (akurasi).

LR : Learning Rate.



DAFTAR ISTILAH

Klasifikasi citra : Proses mengelompokkan citra ke dalam kelas tertentu berdasarkan fitur visual yang diekstraksi oleh model.

Deep Learning : Cabang pembelajaran mesin yang menggunakan jaringan saraf dalam (banyak lapis) untuk mempelajari representasi data yang kompleks.

Convolution : Operasi utama pada CNN yang menggeser kernel di atas citra untuk mengekstraksi fitur lokal seperti tepi, tekstur, dan pola.

Feature extractor : Komponen model (misalnya CNN *pre-trained*) yang bertugas mengubah citra mentah menjadi vektor fitur berdimensi tinggi.

Hyperplane : Bidang pemisah pada SVM yang membagi ruang fitur menjadi dua wilayah kelas dengan margin maksimum.

Generalization gap : Kesenjangan performa model antara data pelatihan/validasi yang terkontrol dan data dunia nyata yang lebih berisik dan kompleks.

Augmentasi data : Teknik memperkaya dataset dengan transformasi citra (rotasi, zoom, flipping, perubahan kecerahan) tanpa menambah pengambilan data baru.

Confusion matrix : Tabel yang merangkum jumlah prediksi benar dan salah dari model untuk setiap kelas.

Precision : Proporsi prediksi positif yang benar terhadap seluruh prediksi positif model.

Recall : Proporsi sampel positif yang berhasil ditemukan model terhadap seluruh sampel positif sebenarnya.

F1-Score : Rata-rata harmonik antara *precision* dan *recall* yang menyeimbangkan keduanya dalam satu metrik.

INTISARI

Sistem manajemen sampah modern membutuhkan klasifikasi material yang cepat dan akurat, namun metode konvensional berbasis inspeksi visual manual menghadapi kendala subjektivitas dan kurangnya skalabilitas. Penerapan *Deep Learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), telah menawarkan solusi otomatisasi, tetapi penelitian menunjukkan adanya masalah *Generalization Gap*: model yang dilatih pada dataset citra sampah bersih (*pristine*) mencapai akurasi tinggi (>90%) di lingkungan yang terkontrol, tetapi anjlok drastis (<50%) ketika diterapkan pada *real-life* TPA yang kotor, tumpeng tindih, dan memiliki pencahayaan buruk. Untuk mengatasi kesenjangan akurasi ini, penelitian ini mengusulkan implementasi Algoritma Hybrid CNN-SVM, yang menggabungkan kemampuan ekstraksi fitur yang kuat dari arsitektur CNN (SVM). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model Hybrid CNN-SVM mana (terbatas pada model CNN sebagai *feature extractor*) yang mampu meningkatkan metrik akurasi, presisi, dan *recall* dalam klasifikasi kategori jenis sampah (*real-live*), serta melakukan studi komparatif terhadap model tunggal CNN dan SVM. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan justifikasi empiris mengenai keunggulan pendekatan *hybrid deep learning* dalam menciptakan model yang *robust* terhadap dataset kompleks dan menjadi rekomendasi teknis yang solid untuk sistem pemilihan sampah otomatis di masa depan.

Kata kunci: Klasifikasi Sampah, Generalization Gap, Deep Learning, CNN-SVM Hybrid, Support Vector Machine.

ABSTRACT

Modern waste management systems require fast and accurate material classification, but conventional methods based on manual visual inspection face challenges of subjectivity and lack of scalability. The application of Deep Learning, specifically Convolutional Neural Networks (CNN), has offered an automation solution, but research has shown a Generalization Gap problem: models trained on pristine waste image datasets achieve high accuracy (>90%) in controlled environments, but drop drastically (<50%) when applied to real-life dirty, overlapping, and poorly lit landfills. To address this accuracy gap, this study proposes the implementation of a Hybrid CNN-SVM Algorithm, which combines the powerful feature extraction capabilities of CNN (SVM) architectures. This study aims to analyze which Hybrid CNN-SVM model (limited to the CNN model as a feature extractor) is able to improve accuracy, precision, and recall metrics in the classification of waste types (real-life), as well as conduct a comparative study of single CNN and SVM models. The results of this study are expected to provide empirical justification regarding the superiority of the hybrid deep learning approach in creating robust models for complex datasets and become solid technical recommendations for automatic waste sorting systems in the future.

Keyword: *Waste Classification, Generalization Gap, Deep Learning, CNN-SVM Hybrid , Support Vector Machine*