

**KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *MODEL*
*HYBRID CNN-SVM***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi S1 Informatika



disusun oleh
DAMAR GALIH
22.11.5209

Kepada

FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2026

**KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *MODEL*
*HYBRID CNN-SVM***

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Sarjana
Program Studi S1 Informatika



disusun oleh

DAMAR GALIH

22.11.5209

Kepada

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS AMIKOM YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *MODEL*
HYBRID CNN-SVM

yang disusun dan diajukan oleh

Damar Galih

22.11.5209

telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
pada tanggal 27 Oktober 2025

Dosen Pembimbing,



Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom., M.Eng.

NIK. 190302375

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI
KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *MODEL*
HYBRID CNN-SVM

yang disusun dan diajukan oleh

Damar Galih

22.11.5209

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 25 Februari 2026

Susunan Dewan Penguji

Nama Penguji

Rizqi Sukma Kharisma, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302215

Ali Mustopa, S.Kom., M.Kom.
NIK. 190302192

Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom., M.Eng.
NIK. 190302375

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Tanggal 25 Februari 2026

DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER



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

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Damar Galih
NIM : 22.11.5209

Menyatakan bahwa Skripsi dengan judul berikut:

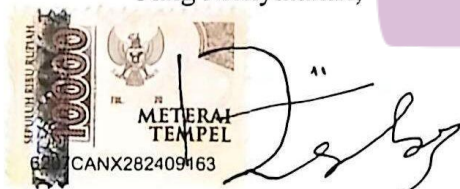
Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Model Hybrid CNN-SVM

Dosen Pembimbing : Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom., M.Eng.

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, 25 Februari 2026

Yang Menyatakan,



METERAI
TEMPEL
CANX282409163

Damar Galih

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas karunia dan kuasa-Nya skripsi ini dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat waktu. Penulis juga ingin mengungkapkan beberapa ucapan terima kasih dan mempersembahkan hasil penelitian ini kepada beberapa pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

- ❖ Kedua orang tua, L. Nurul Arifin dan Siti Nurhasanah yang selalu mendo'akan, membimbing dan mendukung setiap langkah yang dilalui dalam proses pembelajaran selama di perguruan tinggi. Terima kasih banyak atas semua yang telah diberikan sehingga bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
- ❖ Teman-teman dan rekan seperjuangan di Universitas Amikom Yogyakarta. Terima kasih atas semangat, kerja sama, dukungan dan motivasi yang senantiasa menguatkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan yang setimpal.
- ❖ Semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam bentuk apa pun selama proses penyusunan skripsi ini, baik berupa doa, motivasi, informasi maupun bantuan teknis dan material, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, serta kesempurnaan hanyalah milik-Nya. Tak lupa shalawat serta salam kita panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya yang telah berjuang membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju cahaya Islam yang penuh keberkahan. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh derajat sarjana (S1) Informatika Universitas Amikom Yogyakarta, dengan judul: **“Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Model Hybrid CNN-SVM”**.

Dalam menyelesaikan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik berupa bimbingan, pengarahan, saran, nasihat maupun dukungan moral. Maka dari itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

- ❖ Prof. Dr. M. Suyanto, MM. Selaku Rektor Universitas Amikom Yogyakarta
- ❖ Prof. Dr. Kusri, M.Kom. Selaku Dekan Fakultas Komputer Universitas Amikom Yogyakarta beserta seluruh jajarannya.
- ❖ Eli Pujastuti, M.Kom. Selaku Ketua Program Studi S1 Informatika Universitas Amikom Yogyakarta beserta seluruh jajarannya.
- ❖ Theopilus Bayu Sasongko, S.Kom., M.Eng. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran, arahan dan nasihat kepada penulis selama menyelesaikan skripsi ini.
- ❖ Rizqi Sukma Kharisma, S.Kom., M.Kom. , Ali Mustopa, S.Kom., M.Kom. Selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan nasihat kepada penulis guna memperbaiki skripsi ini agar lebih baik.

Yogyakarta, 25 Februari 2026

Penulis

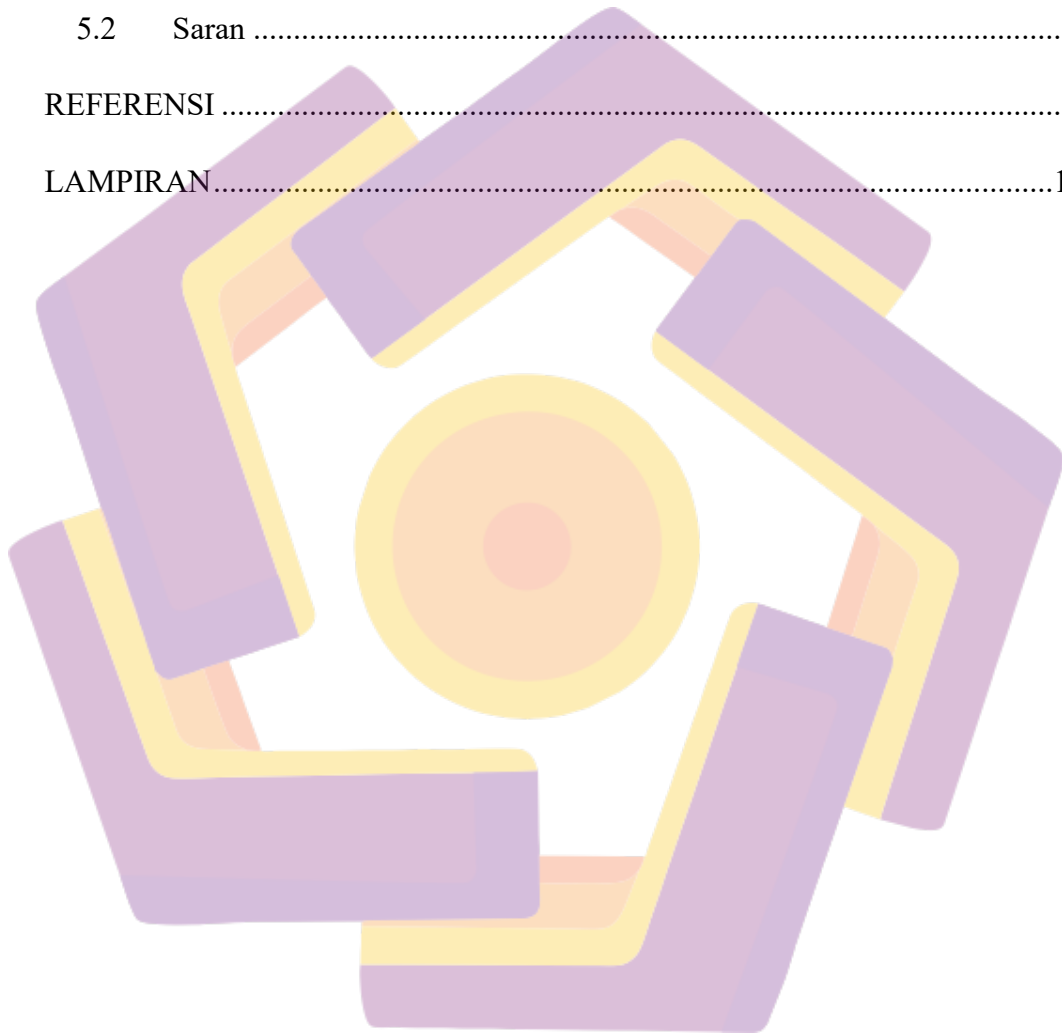
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xvi
DAFTAR ISTILAH	xvii
INTISARI	xviii
ABSTRACT.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Studi Literatur	5
2.2. Dasar Teori.....	14
2.2.1. Pengolahan dan Klasifikasi Citra Digital.....	14
2.2.2. Convolutional Neural Network (CNN).....	14
2.2.3. Support Vector Machine (SVM).....	16
2.2.4. Model Hybrid CNN-SVM	19
2.2.5. Hyperparameter Tuning	21
2.2.6. Evaluasi Model	23
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1. Objek Penelitian.....	29
3.2. Alur Penelitian	30
3.2.1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur.....	31
3.2.2. Akuisisi Dataset	32
3.2.3. Pre-processing.....	33
3.2.4. Modeling & Optimizing.....	35
3.2.5. Evaluasi Model	37
3.2.6. Deployment Model	38
3.3. Alat dan Bahan.....	38
3.3.1. Alat Penelitian.....	38
3.3.2. Bahan Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41

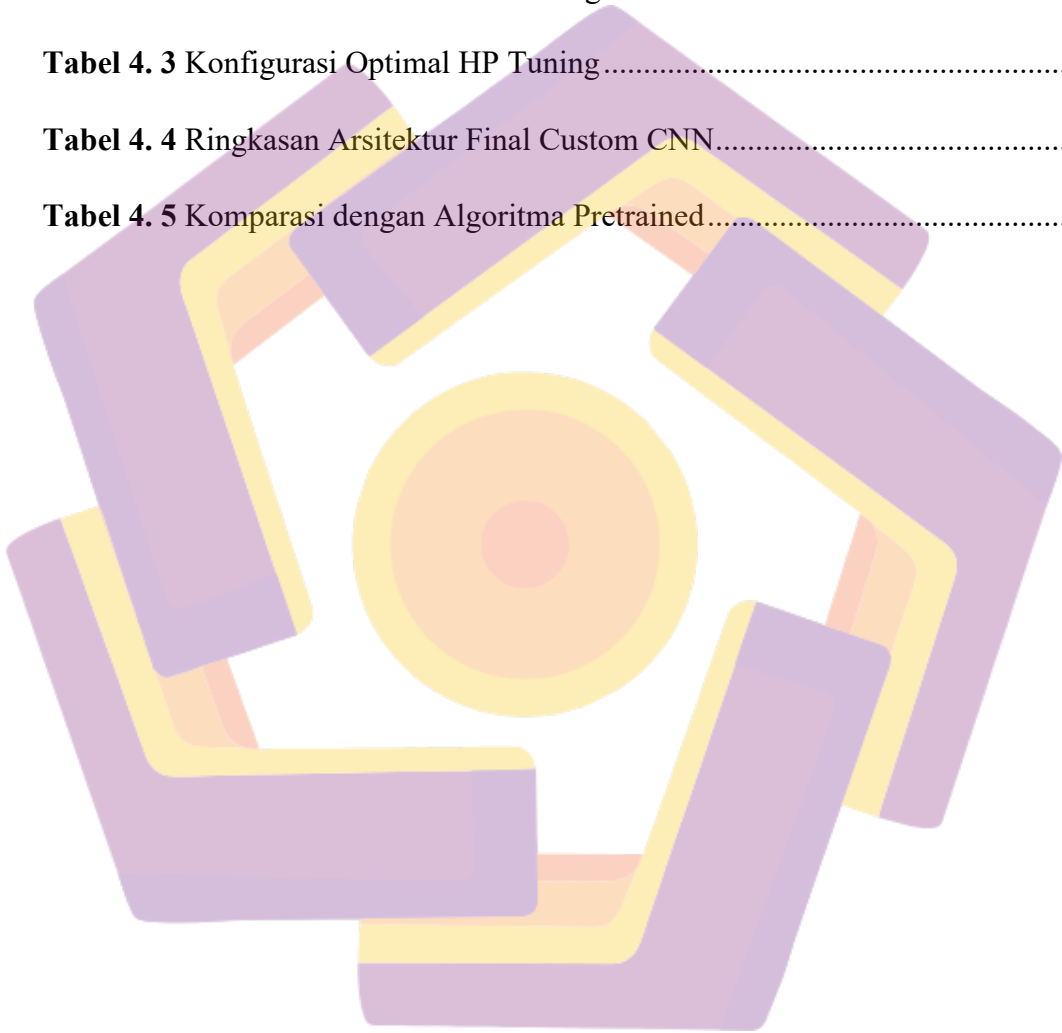
4.1.	Akuisisi Data.....	41
4.2.	Pre-processing.....	43
4.2.1.	Resizing Data	43
4.2.2.	Centralize Dataset	46
4.2.3.	Splitting Dataset.....	46
4.2.4.	Generate Batches.....	49
4.2.5.	Class Weight	52
4.3.	Modeling & Optimizing.....	54
4.3.1.	Base Architecture Custom CNN.....	54
4.3.2.	Building & Hyperparameter Tuning Model.....	58
4.3.3.	Proses Hyperparameter Tuning.....	62
4.3.4.	Final Arsitektur Custom CNN	66
4.3.5.	Training Model	67
4.3.6.	Ekstraksi Fitur.....	69
4.3.7.	Standarisasi Fitur	71
4.3.8.	Analisis & Visualisasi Fitur	72
4.3.9.	Hyperparameter Tuning SVM	76
4.3.10.	Model SVM Final	79
4.4.	Evaluasi Model	80
4.4.1.	Evaluasi Confusion Matrix	80
4.4.2.	Evaluasi Classification Report.....	82
4.4.3.	Evaluasi ROC-AUC.....	84

4.4.4. Komparasi Algoritma.....	87
4.5. Deployment Model	92
BAB V PENUTUP	95
5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran	96
REFERENSI	97
LAMPIRAN.....	102



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keaslian Penelitian.....	9
Tabel 4. 1 Distribusi Kelas pada Dataset Citra Sampah.....	41
Tabel 4. 2 Percobaan Pencarian HP Tuning.....	65
Tabel 4. 3 Konfigurasi Optimal HP Tuning.....	66
Tabel 4. 4 Ringkasan Arsitektur Final Custom CNN.....	67
Tabel 4. 5 Komparasi dengan Algoritma Pretrained.....	91

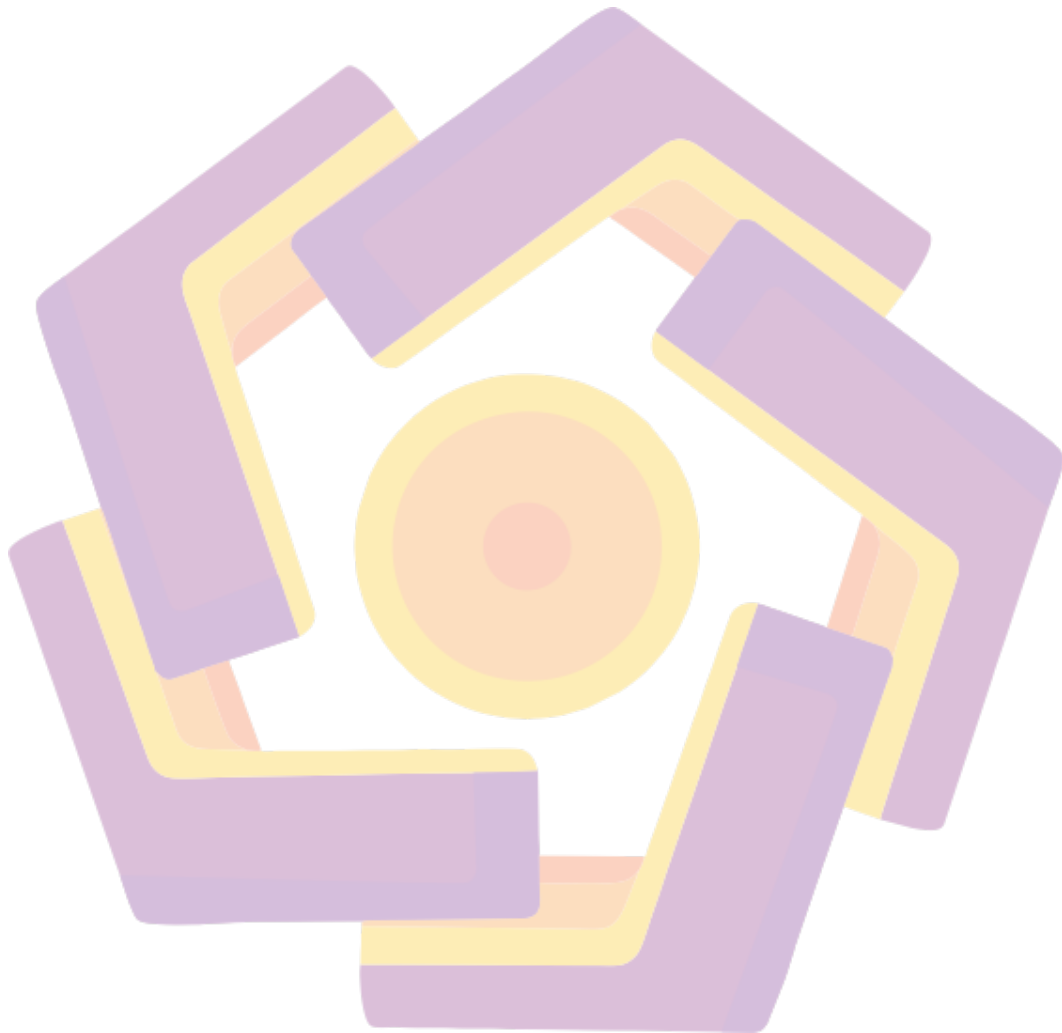


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Cara Kerja Model CNN.....	15
Gambar 2. 2	Ilustrasi Margin dan Support Vectors.....	17
Gambar 2. 3	Perbandingan Jenis Kernel SVM.....	18
Gambar 2. 4	Arsitektur Umum Model Hybrid CNN-SVM.....	20
Gambar 2. 5	Perbedaan Metode Grid Search dan Random Search.....	22
Gambar 3. 1	Alur Penelitian.....	30
Gambar 4. 1	Label Mapping Kombinasi Dataset.....	42
Gambar 4. 2	Beberapa Variabel Persiapan Resizing Data	44
Gambar 4. 3	Proses Resizing dan Konversi Format Data	44
Gambar 4. 4	Contoh Sampel Data Citra Dataset.....	45
Gambar 4. 5	Proses Centralize Data Dataset.....	46
Gambar 4. 6	Proses Split Data Dataset.....	47
Gambar 4. 7	Distribusi Kelas di Data Latih	48
Gambar 4. 8	Distribusi Kelas di Data Validasi	48
Gambar 4. 9	Distribusi Kelas di Data Uji	49
Gambar 4. 10	Proses Generate Batches.....	50
Gambar 4. 11	Contoh Data Citra Dalam Satu Batch.....	51
Gambar 4. 12	Distribusi Jumlah Batch pada Dataset.....	51
Gambar 4. 13	Proses Class Weight	52
Gambar 4. 14	Distribusi Class Weight Tiap Kelas	53
Gambar 4. 15	Diagram Squeeze & Excitation Block.....	55

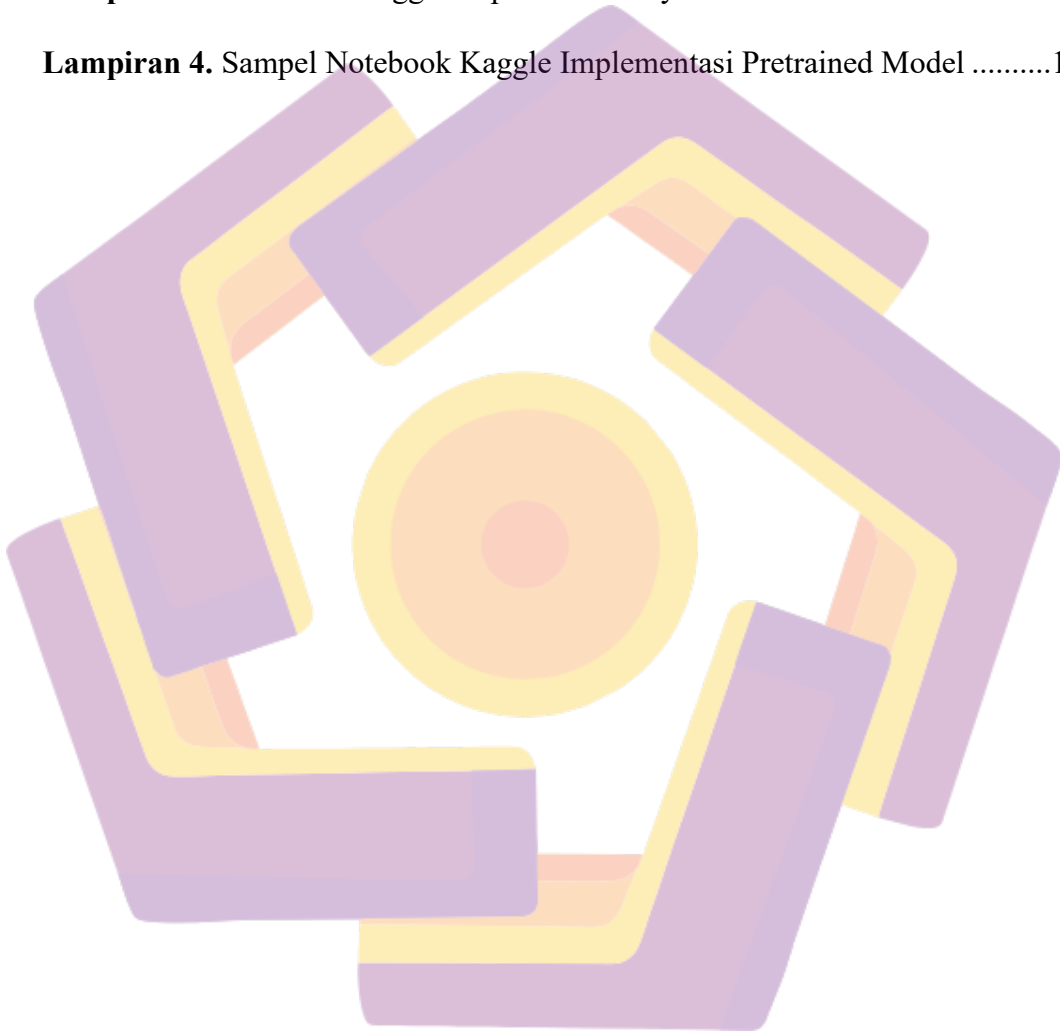
Gambar 4. 16 Implementasi Squeeze & Excitation Block.....	55
Gambar 4. 17 Diagram Residual SE Block.....	56
Gambar 4. 18 Implementasi Residual SE Block	57
Gambar 4. 19 Diagram Final Arsitektur CNN Hyperparameter Tuning.....	58
Gambar 4. 20 Implementasi HP Tuning.....	60
Gambar 4. 21 Implementasi Proses HP Tuning	62
Gambar 4. 22 Hasil Percobaan Pencarian Hyperparameter	64
Gambar 4. 23 Proses Training Model	68
Gambar 4. 24 Pemilihan Layer Ekstraksi Fitur.....	69
Gambar 4. 25 Proses Ekstraksi Fitur.....	70
Gambar 4. 26 Proses Standarisasi Fitur.....	71
Gambar 4. 27 Vektor Fitur Ekstraksi Fitur CNN	72
Gambar 4. 28 Distribusi Fitur Sebelum Standarisasi	73
Gambar 4. 29 Distribusi Fitur Setelah Standarisasi	74
Gambar 4. 30 Visualisasi t-SNE Seeparabilitas Antar Kelas	75
Gambar 4. 31 Proses & Hasil Pencarian Hyperparameter SVM.....	77
Gambar 4. 32 Model SVM Final.....	79
Gambar 4. 33 Evaluasi Confusion Matrix.....	81
Gambar 4. 34 Evaluasi Classification Report.....	83
Gambar 4. 35 Proses Evaluasi ROC-AUC	84
Gambar 4. 36 Kurva ROC Multikelas (One-vs-Rest)	86
Gambar 4. 37 Nilai AUC Setiap Kelas dan Macro-Average	86

Gambar 4. 38	Pretrained Model MobileNetV3 Small.....	88
Gambar 4. 39	Hyperparameter Tuning Pretrained Model.....	89
Gambar 4. 40	Training Pretrained Model.....	89
Gambar 4. 41	Sampel Deployment pada Website.....	94

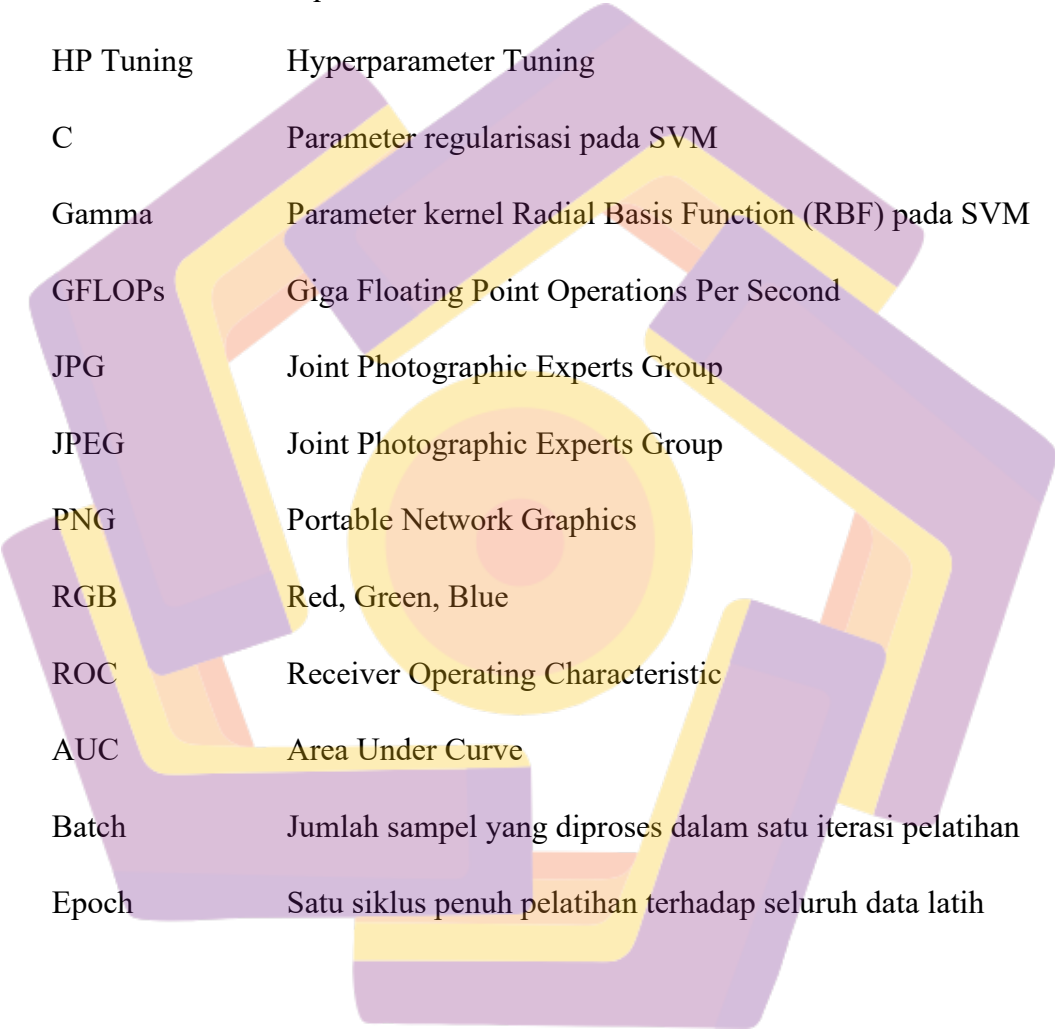


DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dataset Jenis Sampah (Kaggle)	102
Lampiran 2. Repository GitHub Eksperimen dan Deployment Model.....	102
Lampiran 3. Notebook Kaggle Implementasi Hybrid CNN-SVM	102
Lampiran 4. Sampel Notebook Kaggle Implementasi Pretrained Model	102

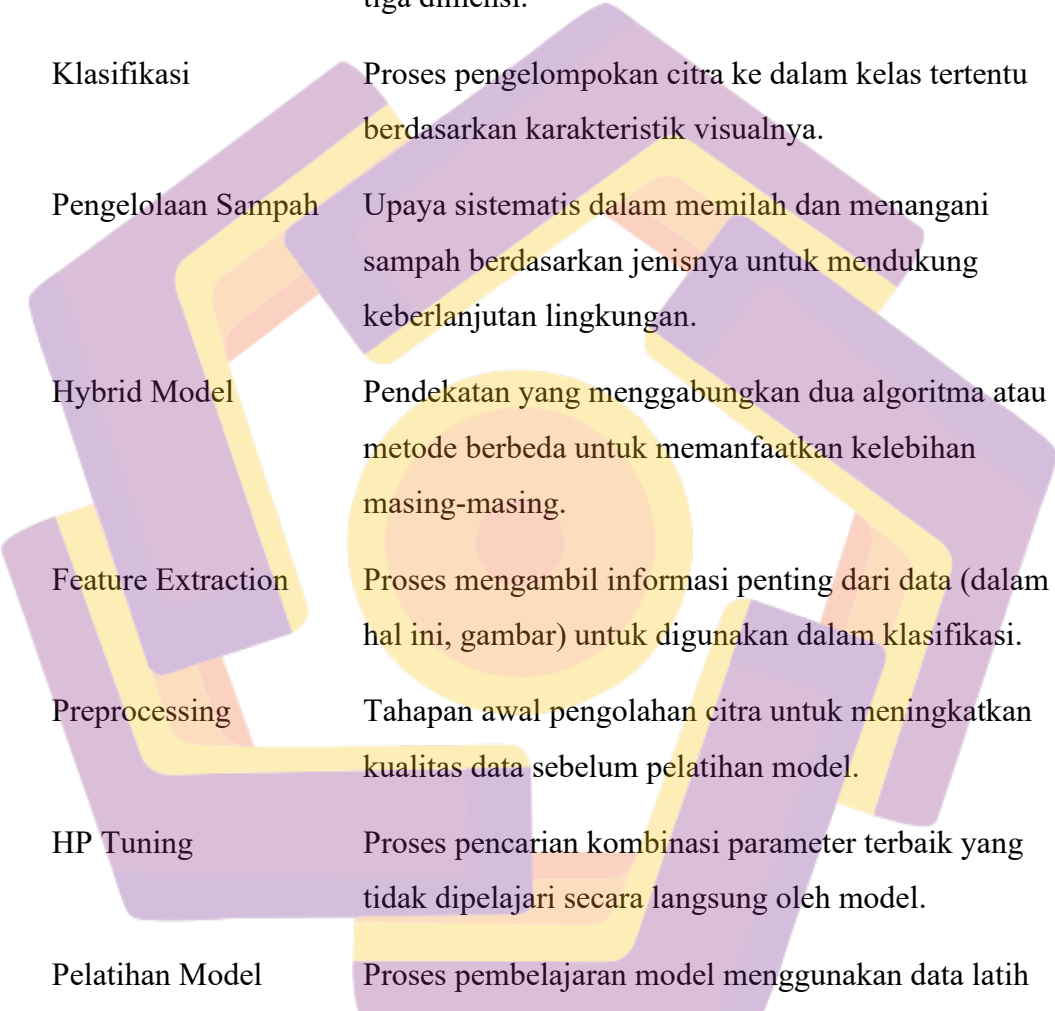


DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN



CNN	Convulational Neural Network
SVM	Support Vector Machine
SE Block	Squeeze-and-Excitation Block
HP Tuning	Hyperparameter Tuning
C	Parameter regularisasi pada SVM
Gamma	Parameter kernel Radial Basis Function (RBF) pada SVM
GFLOPs	Giga Floating Point Operations Per Second
JPG	Joint Photographic Experts Group
JPEG	Joint Photographic Experts Group
PNG	Portable Network Graphics
RGB	Red, Green, Blue
ROC	Receiver Operating Characteristic
AUC	Area Under Curve
Batch	Jumlah sampel yang diproses dalam satu iterasi pelatihan
Epoch	Satu siklus penuh pelatihan terhadap seluruh data latih

DAFTAR ISTILAH



Citra Visual	kombinasi antara titik, garis, bidang dan warna untuk menciptakan suatu imitasi dari suatu objek. Citra bisa berwujud gambar (picture) dua dimensi dan berwujud tiga dimensi.
Klasifikasi	Proses pengelompokan citra ke dalam kelas tertentu berdasarkan karakteristik visualnya.
Pengelolaan Sampah	Upaya sistematis dalam memilah dan menangani sampah berdasarkan jenisnya untuk mendukung keberlanjutan lingkungan.
Hybrid Model	Pendekatan yang menggabungkan dua algoritma atau metode berbeda untuk memanfaatkan kelebihan masing-masing.
Feature Extraction	Proses mengambil informasi penting dari data (dalam hal ini, gambar) untuk digunakan dalam klasifikasi.
Preprocessing	Tahapan awal pengolahan citra untuk meningkatkan kualitas data sebelum pelatihan model.
HP Tuning	Proses pencarian kombinasi parameter terbaik yang tidak dipelajari secara langsung oleh model.
Pelatihan Model	Proses pembelajaran model menggunakan data latih untuk menyesuaikan parameter internal.
Confusion Matrix	Tabel evaluasi yang menunjukkan perbandingan antara hasil prediksi dan label aktual.
Akurasi	Tingkat ketepatan prediksi model terhadap keseluruhan data uji.

INTISARI

Sampah menjadi salah satu permasalahan serius di negara Indonesia yang harus segera diselesaikan. Rendahnya kesadaran masyarakat sering kali tidak memahami, memilah dan mengelola sampah dengan benar. Minimnya akses terhadap edukasi mengenai pengelolaan sampah juga turut memperparah kondisi ini. Akibatnya, sampah tidak terkelola dengan baik dan menyebabkan pencemaran lingkungan yang membahayakan keberlanjutan ekosistem. Oleh sebab itu, perlu adanya upaya untuk mengurangi dan menanggulangi masalah sampah yang kian hari semakin memprihatinkan.

Dalam penelitian ini, penulis berupaya dengan memanfaatkan model hybrid CNN-SVM untuk mengklasifikasi jenis sampah. CNN yang digunakan merupakan CNN kustom dengan *Residual Squeeze-and-Excitation (SE) Block*, yang berperan sebagai ekstraktor fitur. Fitur-fitur yang dihasilkan diklasifikasikan menggunakan SVM sebagai klasifikator akhir. Dataset yang digunakan merupakan gabungan dari beberapa dataset dengan total 29.251 data, yang dibagi secara stratifikasi ke dalam data latih, validasi dan data uji. Pengembangan model difokuskan pada optimasi arsitektur dan *hyperparameter tuning* pada CNN dan SVM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa evaluasi akhir model mencapai *accuracy* sebesar 93%, dengan nilai *precision*, *recall* dan *F1-score* masing-masing sebesar 0.93, serta nilai ROC-AUC sebesar 0.9933. Hal ini mengindikasikan bahwa model dapat melakukan klasifikasi jenis sampah secara akurat dan konsisten. Hasil penelitian memberikan kontribusi dalam mendukung pengelolaan sampah, serta dapat dimanfaatkan oleh masyarakat umum, penggiat lingkungan dan lembaga pengelolaan sampah. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai dasar pengembangan sistem pemilahan sampah yang lebih efektif dan berkelanjutan. Juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi dalam pengelolaan sampah yang lebih baik di masa yang akan datang.

Kata kunci: Klasifikasi Sampah, CNN, SVM, Model Hybrid, Hyperparameter Tuning

ABSTRACT

Waste has become one of the most serious environmental problems in Indonesia that must be addressed immediately. The low level of public awareness often leads to improper understanding, sorting, and management of waste. Limited access to education on waste management further exacerbates this condition. As a result, waste is not properly managed and causes environmental pollution that threatens ecosystem sustainability. Therefore, efforts are needed to reduce and overcome the increasingly concerning waste problem.

In this study, the author attempts to classify waste types using a hybrid CNN-SVM model. The CNN used is a custom CNN with a Residual Squeeze-and-Excitation (SE) Block, which acts as a feature extractor. The features produced are classified using SVM as the final classifier. The dataset used is a combination of several datasets with a total of 29,251 data, which are stratified into training, validation, and test data. Model development focuses on architecture optimization and hyperparameter tuning in CNN and SVM.

The results of the study show that the final model evaluation achieved an accuracy of 93%, with precision, recall, and F1-score values of 0.93, respectively, and a ROC-AUC value of 0.9933. This indicates that the model is capable of classifying waste types accurately and consistently. The research results contribute to supporting waste management and can be utilized by the general public, environmental activists, and waste management agencies. The research results can be used as a basis for developing a more effective and sustainable waste sorting system. It is also expected to increase awareness and participation in better waste management in the future.

Keyword: Waste Classification, CNN, SVM, Hybrid Model, Hyperparameter Tuning