

KLASIFIKASI SAMPAH MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* (CNN)

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh :

Agus Tian
NIM : 09021182126022

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

KLASIFIKASI SAMPAH MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Teknik Informatika

Oleh:

AGUS TIAN

09021182126022

Pembimbing 1 : Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002

Pembimbing 2 : Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.T.
NIP. 199001092019031012

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D
198004182020121001

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF

Pada hari jumat tanggal 26 Juni 2025 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Agus Tian
Nim : 09021182126022
Judul : Klasifikasi Sampah Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN)

dan dinyatakan **LULUS**.

1. Ketua Penguji
Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003



.....

2. Penguji I
Mastura Diana Marieska, M.T.
NIP. 198603212018032001



.....

3. Pembimbing I
Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP. 197802232006042002



.....

4. Pembimbing II
Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.T.
NIP. 199001092019031012



.....



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, Ph.D.
NIP. 198004182020121001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agus Tian

NIM : 09021182126022

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Skripsi : Klasifikasi Sampah Menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN)

Hasil pengecekan Software Turnitin : 5%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan dari pihak mana pun.

Indralaya, 26 Juni 2025

Penulis,



NIM. 09021182126022

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

*Keberhasilan Bukanlah Milik Orang Yang Pintar. Keberhasilan Adalah
Kepunyaan Mereka Yang Senantiasa Berusaha*

-B.J Habibie

Kupersembahkan Karya Tulis ini kepada:

- Allah SWT
- Orang Tua
- Keluarga Besar
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

Effective waste management is a major challenge in maintaining environmental cleanliness and sustainability. One important step is waste separation, such as distinguishing between organic and inorganic waste. Organic waste, such as food scraps and dry leaves, can be processed into compost or environmentally friendly energy. Meanwhile, inorganic waste, such as plastic, glass, and metal, can be recycled into new products. Proper waste separation allows for more efficient waste processing and has a positive impact on the environment. This study proposes an automated waste classification system based on digital images using deep learning technology with Convolutional Neural Network (CNN) architecture. The three CNN models used are VGG-16, ResNet-50, and Xception. The dataset consists of two main classes: organic and inorganic waste. The study was conducted under 12 testing scenarios with variations in learning rate and batch size. Evaluation metrics include accuracy, precision, recall, and F1-score. The best result was achieved by the VGG-16 model with a learning rate of $1e-4$ and batch size of 64, reaching 94.34% accuracy, 90.58% precision, 95.05% recall, and 92.76% F1-score.

Keywords: waste classification, deep learning, CNN, VGG-16, ResNet-50, Xception,

ABSTRACT

Pengelolaan sampah yang efektif merupakan tantangan besar dalam menjaga kebersihan dan keberlanjutan lingkungan. Salah satu langkah penting adalah pemisahan sampah, seperti membedakan antara sampah organik dan anorganik. Sampah organik, seperti sisa makanan dan daun kering, dapat diolah menjadi kompos atau energi ramah lingkungan. Sementara itu, sampah anorganik, seperti plastik, kaca, dan logam, dapat didaur ulang menjadi produk baru. Dengan pemisahan yang tepat, proses pengolahan sampah dapat berjalan lebih efisien dan berdampak positif terhadap lingkungan. Penelitian ini mengusulkan sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis citra digital dengan teknologi deep learning menggunakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN). Tiga model CNN yang digunakan adalah VGG-16, ResNet-50, dan Xception. Dataset terdiri dari dua kelas: sampah organik dan anorganik. Penelitian dilakukan dalam 12 skenario pengujian dengan variasi learning rate dan batch size. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik akurasi, *presisi*, *recall*, dan *F1-score*. Model VGG-16 dengan learning rate $1e-4$ dan batch size 64 memberikan hasil terbaik, dengan akurasi 94,34%, precision 90,58%, recall 95,05%, dan F1-score 92,76%.

Kata Kunci: klasifikasi sampah, deep learning, CNN, VGG-16, ResNet-50, Xception,

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat, iman dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan program Strata-1 di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya. Dalam proses pembuatan skripsi ini penulis menerima bimbingan, bantuan, semangat, maupun petunjuk dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan nikmat-Nya sehingga, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik
2. Kedua orang tua dan keluarga yang telah mendoakan, memberi semangat dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Hadipurnawan Satria, Ph.D. selaku ketua jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D. selaku Dosen, pembimbing akademik dan sekaligus Dosen Pembimbing skripsi I yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan kepada penulis selama perkuliahan.
5. Bapak Kanda Januar Miraswan, S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing skripsi II yang telah memberi bimbingan, arahan serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh dosen program studi serta admin Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

7. Seluruh staf Administrasi dan Pegawai Fakultas Ilmu Komputer yang telah membantu dalam urusan administrasi.
8. Sahabat-sahabat penulis yang telah memberikan saran, kritik, dan motivasi kepada penulis.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena kurangnya pengalaman dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna kemajuan penelitian selanjutnya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat. Terima Kasih.

Indralaya, 26 Juni 2025

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Agus Tian', with a stylized, cursive script.

Agus Tian

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRACT.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan	I-3
1.4 Manfaat	I-4
1.5 Batasan Masalah	I-5
1.6 Sistematika Penulisan	I-6
1.7 Ringkasan.....	I-8
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan.....	II-1
2.2 Landasan Teori.....	II-1
2.2.1 Sampah.....	II-1
2.2.2 Klasifikasi	II-2
2.2.3 Citra.....	II-3
2.2.4 Citra Sampah.....	II-4
2.2.5 Citra Digital	II-4
2.2.6 Deep Learning.....	II-5
2.2.7 Convolutional Neural Network (CNN).....	II-6
2.2.8 Confusion matrix.....	II-12
2.2.9 Rational Unified process (RUP)	II-14
2.3 Penelitian Lain Yang Relevan.....	II-15

2.4	Ringkasan.....	II-16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Pendahuluan.....	III-1
3.2	Pengumpulan Data	III-1
3.2.1	Jenis dan Sumber Data.....	III-1
3.3	Tahap Penelitian.....	III-2
3.3.1	Mengumpulkan Data.....	III-3
3.3.2	Menentukan Kerangka Kerja Penelitian	III-4
3.3.3	Pengujian Hasil dan Evaluasi Model CNN.....	III-8
3.3.4	Menentukan Kriteria	III-9
3.3.5	Menentukan Format Penelitian	III-9
3.3.6	Melakukan Uji Penelitian.....	III-11
3.3.7	Melakukan Analisis Hasil Pengujian dan Kesimpulan Penelitian	III-12
3.4	Metode Pengembangan Perangkat Lunak.....	III-12
3.4.1	Inception	III-12
3.4.2	Elaboration.....	III-13
3.4.3	Construction.....	III-13
3.4.4	Transition	III-13
3.4.5	Manajemen Proyek Penelitian	III-13
3.5	Ringkasan.....	III-16
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK.....		IV-1
4.1	Pendahuluan.....	IV-1
4.2	Rational Unified Process (RUP)	IV-1
4.3	Fase Insepsi.....	IV-1
4.3.1	Pemodelan Bisnis.....	IV-2
4.3.2	Kebutuhan Sistem	IV-2
4.3.3	Analisis dan Desain.....	IV-3
4.4	Fase Elaborasi	IV-12
4.4.1	Pemodelan Bisnis.....	IV-13
4.4.2	Kebutuhan Sistem	IV-16
4.4.3	Analisis dan Perancangan	IV-16
4.5	Fase Konstruksi.....	IV-23
4.5.1	Kebutuhan Sistem	IV-23
4.5.2	Implementasi.....	IV-25

4.6	Fase Transisi	IV-29
4.6.1	Pemodelan Bisnis.....	IV-30
4.6.2	Perancang Pengujian	IV-30
4.6.3	Implementasi.....	IV-31
4.7	Ringkasan.....	IV-34
BAB V	HASIL DAN ANALISIS	V-1
5.1	Pendahuluan	V-1
5.2	Hasil Penelitian	V-1
5.2.1	Konfigurasi Pengujian.....	V-1
5.2.2	Hasil Pengujian Skenario 1	V-3
5.2.3	Hasil pengujian Skenario 2	V-5
5.2.4	Hasil Pengujian Skenario 3	V-6
5.2.5	Hasil Pengujian Skenario 4.....	V-7
5.2.6	Hasil Pengujian Skenario 5.....	V-9
5.2.7	Hasil Pengujian Skenario 6.....	V-10
5.2.8	Hasil Pengujian Skenario 7.....	V-11
5.2.9	Hasil Pengujian Skenario 8.....	V-13
5.2.10	Hasil Pengujian Skenario 9	V-14
5.2.11	Hasil Pengujian Skenario 10	V-15
5.2.12	Hasil Pengujian Skenario 11	V-17
5.2.13	Hasil Pengujian Skenario 12	V-18
5.3	Analisis Hasil Penelitian	V-19
5.4	Kesimpulan	V-23
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	VI-1
6.1	Pendahuluan.....	VI-1
6.2	Kesimpulan	VI-1
6.3	Saran	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....		xx

DAFTAR TABEL

Tabel III-1. Sampel Data Sampah Organik Dan Anorganik.....	III-2
Tabel III-2. Lapisan Yang Digunakan Setiap Arsitektur.....	III-8
Tabel III-3. Format Confusion Matrix.....	III-10
Tabel III-4. Rancangan Tabel Hasil Pengujian.....	III-11
Tabel III-5. Format Evaluasi Kinerja Setiap Arsitektur CNN.....	III-12
Tabel III-6. Work BreakDown Stucture (WBS).....	III-14
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional.....	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional.....	IV-3
Tabel IV-3. Definisi Aktor Sistem Pengujian.....	IV-7
Tabel IV-4. Definisi Aktor Sistem Pelatihan.....	IV-7
Tabel IV-5. Definisi <i>Use Case</i> Sistem Pengujian.....	IV-8
Tabel IV-6. Definisi <i>Use Case</i> Sistem Pelatihan.....	IV-8
Tabel IV-7. Skenario Prediksi Klasifikasi Sampah.....	IV-8
Tabel IV-8. Skenario Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi Sampah.....	IV-10
Tabel IV-9. Skenario Pelatihan Model CNN untuk Klasifikasi Sampah.....	IV-11
Tabel IV-10. Implementasi Kelas Sistem Pengujian.....	IV-26
Tabel IV-11. Implementasi Kelas Sistem Pelatihan.....	IV-27
Tabel IV-12. Rencana Pengujian Use Case Pelatihan Model Klasifikasi Sampah.....	IV-30
Tabel IV-13. Rencana pengujian use case Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi Sampah.....	IV-30
Tabel IV-14. Rencana Pengujian Use Case Pelatihan Model Klasifikasi Sampah.....	IV-31
Tabel IV-15. Pengujian Use Case Prediksi Klasifikasi Sampah.....	IV-32
Tabel IV-16. Pengujian Use Case Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi Sampah.....	IV-32
Tabel IV-17. Pengujian Use Case Pelatihan Model CNN untuk Klasifikasi Sampah.....	IV-33
Tabel V-1. Tabel Konfigurasi Percobaan.....	V-1
Tabel V-2. Confusion Matrix Skenario 1.....	V-4
Tabel V-3. Matrix Evaluasi Skenario 1.....	V-4
Tabel V-4. Confusion Matrix Skenario 2.....	V-5
Tabel V-5. Matrix Evaluasi Skenario 2.....	V-6
Tabel V-6. Confusion Matrix Skenario 3.....	V-6
Tabel V-7. Matrix Evaluasi Skenario 3.....	V-7
Tabel V-8. Confusion Matrix Skenario 4.....	V-8
Tabel V-9. Matrix Evaluasi Skenario 4.....	V-8

Tabel V-10. Confusion Matrix Skenario 5	V-9
Tabel V-11. Matrix Evaluasi Skenario 5	V-10
Tabel V-12. Confusion Matrix Skenario 6	V-11
Tabel V-13. Matrix Evaluasi Skenario 6	V-11
Tabel V-14. Confusion Matrix Skenario 7	V-12
Tabel V-15. Matrix Evaluasi Skenario 7	V-13
Tabel V-16. Confusion Matrix Skenario 8	V-13
Tabel V-17. Matrix Evaluasi Skenario 8	V-14
Tabel V-18. Confusion Matrix Skenario 9	V-15
Tabel V-19. Matrix Evaluasi Skenario 9	V-15
Tabel V-20. Confusion Matrix Skenario 10	V-16
Tabel V-21. Matrix Evaluasi Skenario 10	V-17
Tabel V-22. Confusion Matrix Skenario 11	V-17
Tabel V-23. Matrix Evaluasi Skenario 11	V-18
Tabel V-24. Confusion Matrix Skenario 12	V-19
Tabel V-25. Matrix Evaluasi Skenario 12	V-19

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1. Deep Learning (Saptadi et al., 2022).....	II-6
Gambar II-2. CNN (Saptadi et al., 2022).....	II-7
Gambar II-3. Arsitektur VGG-16 (Tena & Dwiandiyanta, 2023)	II-8
Gambar II-4. Arsitektur Resnet-50 (Bustamin et al., 2023).....	II-10
Gambar II- 5. Arsitektur Xception (Ery Hartati, 2020)	II-11
Gambar II- 6. Confusion Matrix (Behar & Shrivastava, 2022)	II-12
Gambar II- 7. Fase Rational Unified Process (RUP)(Perwitasari et al., 2020).....	II-14
Gambar III-1. Tahap Penelitian	III-3
Gambar III-2. Kerangka Kerja Penelitian.....	III-4
Gambar V-1. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 1	V-3
Gambar V- 2. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 2.....	V-5
Gambar V-3. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 3.....	V-6
Gambar V-4. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 4.....	V-7
Gambar V-5. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 5.....	V-9
Gambar V-6. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 6.....	V-10
Gambar V-7. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 7.....	V-11
Gambar V-8. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 8.....	V-13
Gambar V-9. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 9.....	V-14
Gambar V-10. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 10.....	V-15
Gambar V-11. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 11.....	V-17
Gambar V-12. Grafik <i>Accuracy</i> dan <i>Loss</i> Skenario 12.....	V-18

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan hasil dari aktivitas manusia yang apabila tidak dikelola dengan baik, dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Pengelolaan sampah menjadi tantangan besar dalam upaya menjaga kebersihan lingkungan dan keberlanjutan ekosistem. Salah satu langkah penting dalam mengelola sampah adalah memisahkan jenis-jenis sampah, misalnya membedakan antara sampah organik dan anorganik. Sampah organik, seperti sisa makanan dan daun kering, bisa diolah menjadi kompos atau digunakan sebagai sumber energi yang ramah lingkungan. Sementara itu, sampah anorganik, seperti plastik, kaca, dan logam, dapat didaur ulang menjadi produk baru. Dengan pemisahan yang tepat, proses pengolahan sampah dapat berjalan lebih efisien dan berdampak positif terhadap lingkungan. Pendekatan yang semakin berkembang dalam bidang pengelolaan sampah adalah penggunaan teknologi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) untuk melakukan klasifikasi sampah berbasis citra (Yu & Grammenos, 2022).

Klasifikasi sampah berbasis citra bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan sampah berdasarkan jenisnya dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra. Metode ini dapat meningkatkan efisiensi dalam proses daur ulang serta membantu mengurangi kesalahan dalam pemilahan sampah, yang sering terjadi jika dilakukan secara manual. (Nnamoko et al., 2022).

Dengan perkembangan teknologi *deep learning*, terutama pada model *Convolutional Neural Network* (CNN), sistem dapat dilatih untuk mengenali berbagai jenis sampah melalui analisis fitur visual seperti bentuk, warna, dan tekstur. Penggunaan dataset citra sampah menjadi aspek penting dalam membangun model klasifikasi yang akurat (Narayan, 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) menjadi metode yang efektif untuk klasifikasi sampah berbasis citra. Salah satu arsitektur CNN yang banyak digunakan adalah VGG-16. Dalam penelitian yang menggunakan dataset Garbage Classification dari Kaggle, arsitektur VGG-16 terbukti mampu mencapai *accuracy* hingga 84,62% dengan menggunakan teknik *transfer learning*. Metode ini menggunakan untuk mempelajari fitur citra, sehingga dapat mengklasifikasikan sampah ke dalam beberapa kategori secara lebih efektif (Ety Sutanty et al., 2023).

Selain VGG-16, ResNet-50 dan Xception juga digunakan dalam klasifikasi sampah anorganik di lingkungan perkantoran. Penelitian yang mengimplementasikan Xception pada perangkat NVIDIA Jetson Nano menunjukkan akurasi sebesar 91,67%. Dengan kemampuan Xception dalam menangani data citra beresolusi tinggi, algoritma ini mampu mengklasifikasikan sampah ke dalam kategori seperti botol plastik, kaleng, dan kertas secara efisien. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur Xception dapat menjadi pilihan yang baik untuk sistem klasifikasi sampah dengan tingkat akurasi yang tinggi (Kholis & Utaminingrum, 2022).

Dengan latar belakang hasil *accuracy* yang dicapai oleh penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini akan menggunakan algoritma VGG-16 dan Xception untuk klasifikasi jenis sampah. Diharapkan, pendekatan ini dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi klasifikasi, serta mendukung pengelolaan sampah yang lebih efektif dalam mengurangi dampak lingkungan.(Sung et al., 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang terbentuk dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dapat membantu dalam klasifikasi otomatis jenis sampah dan seberapa efektif metode ini dalam menangani variasi visual pada data sampah?
2. Bagaimana tingkat akurasi dan kinerja dalam mengklasifikasikan citra sampah organik dan sampah anorganik menggunakan model CNN yang telah dikembangkan?

1.3 Tujuan

1. Mengembangkan model klasifikasi sampah yang akurat dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengatasi variasi bentuk, warna, dan tekstur pada data sampah.
2. Mengukur nilai akurasi serta metrik kinerja (precision, recall, F1-score) dari model CNN dalam membedakan dan mengelompokkan citra sampah organik dan sampah anorganik.

1.4 Manfaat

1. Manfaat Teoretis:

- Menambah wawasan dan pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang klasifikasi sampah dengan pendekatan *Convolutional Neural Network* (CNN).
- Memperkaya kajian tentang penerapan teknologi *deep learning* dalam mengatasi tantangan klasifikasi data visual yang kompleks dan beragam, khususnya pada data sampah.

2. Manfaat Praktis:

- Bagi Pemerintah dan Pengelola Lingkungan: Hasil klasifikasi sampah yang akurat dapat digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan efektivitas program pengelolaan sampah, seperti pemilahan sampah otomatis, pengembangan fasilitas daur ulang, dan pengelolaan limbah yang lebih baik.
- Bagi Industri Pengelolaan Sampah dan Daur Ulang: Memberikan informasi yang dapat membantu pelaku industri dalam meningkatkan efisiensi proses pemilahan dan pengolahan sampah, serta mendukung penerapan teknologi otomatisasi dalam sektor daur ulang.
- Bagi Peneliti Lain: Menyediakan dasar untuk penelitian lanjutan terkait metode klasifikasi berbasis CNN sehingga memperluas penerapan metode ini di bidang lain yang membutuhkan *accuracy* klasifikasi tinggi bidang.

3. Manfaat Ekonomis:

- Klasifikasi yang akurat dapat membantu mengurangi risiko kesalahan dalam proses pemilahan sampah, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan efisiensi pengelolaan limbah dan penghematan sumber daya.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan yang ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup penelitian dan memastikan fokus pada tujuan utama, yaitu:

1. Data Klasifikasi:

- Penelitian ini hanya menggunakan dataset Data Sampah yang terdiri dari dua kelas sampah tertentu. Faktor eksternal seperti kondisi pencahayaan, variasi lingkungan, atau jenis sampah lain yang tidak terdapat dalam dataset ini tidak akan dianalisis secara mendalam.

2. Metode yang Digunakan:

- Penelitian ini hanya memfokuskan pada metode *Convolutional Neural Network* (CNN) sebagai teknik klasifikasi utama klasifikasi atau teknik deep learning lainnya tidak akan dibahas atau dibandingkan secara *komprehensif*.

3. Studi Kasus:

- Penelitian ini dibatasi pada klasifikasi sampah berdasarkan dataset 'Data Sampah' dalam kondisi tertentu. Generalisasi hasil klasifikasi

untuk tipe atau jenis sampah lain di luar dataset ini tidak menjadi fokus utama penelitian.

4. Pengujian Model:

- Evaluasi model klasifikasi akan dilakukan dengan menggunakan metrik *accuracy* seperti *precision*, *recall*, dan *f1-score*. Aspek lain, seperti interpretabilitas atau visualisasi hasil prediksi CNN, tidak akan menjadi fokus dalam penelitian ini.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan masalah. Bab ini memberikan gambaran umum mengenai pentingnya penelitian dan konteks yang melatarbelakangi kajian.

BAB II. TINJAUAN LITERATUR

Bab ini menjelaskan teori-teori yang mendasari penelitian, mencakup:

Convolutional Neural Network (CNN): Konsep dasar, karakteristik, dan penerapannya dalam klasifikasi gambar.

Penelitian Terkait: Kajian literatur mengenai penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan klasifikasi sampah serta penerapan CNN pada data visual.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang meliputi:

Objek dan Data Penelitian: Deskripsi tentang dataset 'Data Sampah', sumber data, serta kategori sampah yang diklasifikasikan.

Tahapan Penelitian: Penjelasan langkah-langkah yang diambil dalam penelitian, mulai dari pengumpulan data, *preprocessing* data, penerapan model CNN, hingga evaluasi hasil.

Algoritma yang Digunakan: Penjelasan mengenai struktur dan parameter CNN yang digunakan, serta metode yang diterapkan.

Kriteria Evaluasi: Metode yang digunakan untuk mengevaluasi *accuracy* model klasifikasi, seperti *precision*, *recall*, dan *f1-score*.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasan yang mencakup:

Implementasi Model: Hasil penerapan metode *Convolutional Neural Network* pada dataset 'Data Sampah'.

Hasil Klasifikasi: Pemaparan hasil klasifikasi untuk setiap kelas sampah dan perbandingan dengan label aktual.

Pembahasan: Analisis tentang efektivitas metode yang digunakan, peningkatan akurasi yang diperoleh, serta interpretasi dari hasil yang ditemukan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian lanjutan atau aplikasi praktis dari penelitian ini.

Kesimpulan – Ringkasan mengenai pencapaian tujuan penelitian dan hasil utama.

Saran – Rekomendasi bagi penelitian selanjutnya atau pihak-pihak yang berkepentingan dalam penggunaan hasil penelitian ini.

1.7 Ringkasan

Metode *Convolutional Neural Network* (CNN) terbukti efektif untuk klasifikasi sampah dalam dataset 'Data Sampah', dengan parameter yang meningkatkan akurasi hasil klasifikasi. Model CNN ini memberikan solusi yang lebih akurat dibandingkan metode tradisional dan memiliki potensi besar untuk mendukung proses pemilahan sampah secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulwahab, H. A., Noraziah, A., Alsewari, A. A., & Salih, S. Q. (2019). An Enhanced Version of Black Hole Algorithm via Levy Flight for Optimization and Data Clustering Problems. *IEEE Access*, 7, 142085–142096. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2937021>
- Adicita, Y., Sari, M. M., Darwin, D., Afifah, A. S., Ulhasanah, N., Sianipar, I. M. J., Tehupeiori, A., Septiariva, I. Y., & Suryawan, I. W. K. (2022). Kajian Pengelolaan Sampah Perkotaan pada Pulau Kecil Padat Penduduk di Pulau Lengkang, Kota Batam. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 10(3), 226–235. <https://doi.org/10.14710/jwl.10.3.226-235>
- Afdhal, A. (2024). Peran Bank Sampah Dalam Memperkuat Ekonomi Lokal Dan Membangun Lingkungan Berkelanjutan. *Saskara : Indonesian Journal of Society Studies*, 4(1), 134–154. <https://doi.org/10.21009/Saskara.041.03>
- Aragabye, M. O. (n.d.). *Justification of Manual Classification of Information Resource in ICT Age in Nigeria*.
- Behar, N., & Shrivastava, M. (2022). ResNet50-Based Effective Model for Breast Cancer Classification Using Histopathology Images. *CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 130(2), 823–839. <https://doi.org/10.32604/cmes.2022.017030>
- Bustamin, A., Zaman, B., & Hakim, F. K. (2023). *Sistem Multi Klasifikasi Sampah Anorganik Dengan Menggunakan Transfer Learning*. 8.
- Chicco, D., Tötsch, N., & Jurman, G. (2021). The matthews correlation coefficient (Mcc) is more reliable than balanced accuracy, bookmaker informedness, and markedness

in two-class confusion matrix evaluation. *BioData Mining*, 14, 1–22.
<https://doi.org/10.1186/s13040-021-00244-z>

Ety Sutanty, Maukar, Dina Kusuma Astuti, & Handayani. (2023). Penerapan Model Arsitektur VGG16 Untuk Klasifikasi Jenis Sampah. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 3(2), 407–419. <https://doi.org/10.51454/decode.v3i2.331>

Girsang, A. S., Pratama, H., & Agustinus, L. P. S. (n.d.). Classification Organic and Inorganic Waste with Convolutional Neural Network Using Deep Learning. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*.

Heaton, J. (2018). Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville: Deep learning: The MIT Press, 2016, 800 pp, ISBN: 0262035618. *Genetic Programming and Evolvable Machines*, 19(1–2), 305–307. <https://doi.org/10.1007/s10710-017-9314-z>

Kholis, R. B. N., & Utaminingrum, F. (n.d.). Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Sampah Anorganik Kantor menggunakan *Deep Learning Arsitektur Xception berbasis NVIDIA Jetson Nano*.

Liu, C. (2024). A Review of Digital Image Processing Techniques and Future Prospects. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 4(3), 223–233. <https://doi.org/10.62051/ijcsit.v4n3.22>

Luntungan Stephen Pieters. (2025). Development of Automatic Waste Classification System using CNN-Based Deep Learning to Support Smart Waste Management. *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, 10(1), 214–224.
<https://doi.org/10.35314/wst8mh87>

Mukhlis Santoso, Sarjon Defit, & Yuhandri. (2024). Penerapan Convolutional Neural Network pada Klasifikasi Citra Pola Kain Tenun Melayu. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 5(1), 177–184.
<https://doi.org/10.37859/coscitech.v5i1.6713>

- Muriliasari, R. (2013). *Analisis Perbandingan Metode Li Dan Chan-Vese Pada Proses Segmentasi Citra Digital. I.*
- Narayan, Y. (2021). *DeepWaste: Applying Deep Learning to Waste Classification for a Sustainable Planet* (arXiv:2101.05960). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.05960>
- Nisa, I. Z., Endah, S. N., Sasongko, P. S., Kusumaningrum, R., Khadijah, K., & Rismiyati, R. (2022). Klasifikasi Citra Sampah Menggunakan Support Vector Machine dengan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Color Moments. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(5), 921–930. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022954868>
- Nnamoko, N., Barrowclough, J., & Procter, J. (2022). Solid Waste Image Classification Using Deep Convolutional Neural Network. *Infrastructures*, 7(4), 47. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7040047>
- Perwitasari, R., Afawani, R., & Anjarwani, S. E. (2020). Penerapan Metode Rational Unified Process (RUP) Dalam Pengembangan Sistem Informasi Medical Check Up Pada Citra Medical Centre. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTIKA)*, 2(1), 76–88. <https://doi.org/10.29303/jtika.v2i1.85>
- Prasetio, B., & Pratiwi, N. (2025). Deteksi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Model YOLOv8. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 10(1), 494–506. <https://doi.org/10.29100/jupi.v10i1.5965>
- Program Studi Teknik Informatika, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, Zayd, M. H., Oktavian, M. W., Program Studi Teknik Informatika, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, Meranggi, D. G. T., Program Studi Teknik Informatika, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, Figo, J. A., Program Studi Teknik Informatika, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, Yudistira, N., & Program

- Studi Teknologi Informasi, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia. (2022). Improvement of garbage classification using pretrained Convolutional Neural Network. *Teknologi*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.26594/teknologi.v0i0.2403>
- Purnama, K. E., Rozikin, C., & Ridha, A. A. (2023). *Analisis Forensic Citra Digital Menggunakan Teknik Error Level Analysis Dan Metadata Berdasarkan Metode Nist*. 7(2).
- Saptadi, N. T. S., Suyuti, A., Ilham, A. A., & Nurtanio, I. (2022). Energy Potential Estimation System Model To Produce Alternative Energy Briquettes. 2022 *International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICIEE55596.2022.10009988>
- Sihabillah, A., Tholib, A., & Basit, I. I. (2024). *Optimasi Model Resnet50 Untuk Klasifikasi Sampah*. 06.
- Sung, J.-K., Yang, M., Moon, K., & Kim, Y.-G. (2023). A Comparison of Image Classification System for Building Waste Data based on Deep Learning. *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, 23(3), 199–206. <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2023.23.3.199>
- Tena, S., & Dwiandiyanta, B. Y. (2023). *Transforming Woven Ikat Fabric: Advanced Classification Via Transfer Learning And Convolutional Neural Networks*. *Jurnal Media Elektro*, 73–82. <https://doi.org/10.35508/jme.v12i2.12579>
- Wang, Z., Zhang, J., Feng, J., & Chen, Z. (2014). Knowledge Graph Embedding by Translating on Hyperplanes. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 28(1). <https://doi.org/10.1609/aaai.v28i1.8870>
- Yu, Y., & Grammenos, R. (2022). *Towards artificially intelligent recycling: Improving image processing for waste classification*.