



KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *IMAGE* CLASSIFICATION CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

TUGAS AKHIR

Ditentukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi
Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh:

LISANA SIDKA ALIA

11950525128

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2023



LEMBAR PERSETUJUAN

KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *IMAGE CLASSIFICATION CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

TUGAS AKHIR

Oleh:

LISANA SIDKA ALIA
11950525128

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 6 Juli 2023

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Zulfatri Aini, ST., MT
NIP. 19722102 200604 2 001

Pembimbing I

Abdillah, S.Si., M.I.T.
NIK. 130517094



LEMBAR PENGESAHAN

KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *IMAGE CLASSIFICATION CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

TUGAS AKHIR

Oleh:

LISANA SIDKA ALIA
11950525128

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 6 Juli 2023.

Pekanbaru, 6 Juli 2023

Mengesahkan,

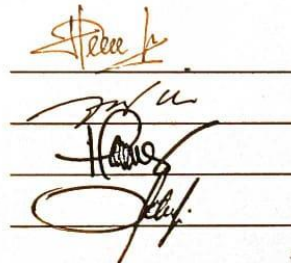

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Hartono, M.Pd.
 NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Prodi Teknik Elektro


Dr. Zulfatri Aini, ST., MT
 NIP. 19722102 200604 2 001

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Dr. Liliana, S.T., M.Eng.
Sekretaris : Abdillah, S.Si., M.I.T.
Anggota I : Dr. Harris Simaremare, S.T., M.T.
Anggota II : Oktaf Brillian Kharisma, S.T., M.T.



iii

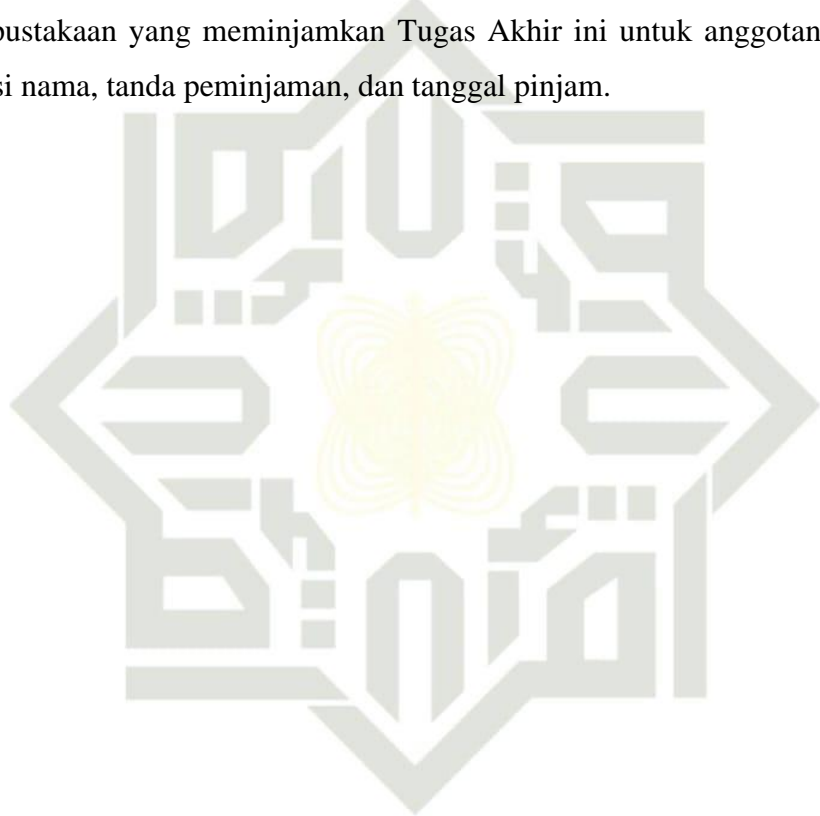


LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggunaan atau penerbitan Sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus mendapat izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman, dan tanggal pinjam.

- Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak mengikis keanggunan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang menggunakan atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh Saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 6 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



LISANA SIDKA ALIA
11950525128



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Puji Syukur Saya ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa ta'ala, yang telah selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya. Atas karunia serta kemudahan Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam dan semoga Kita semua mendapatkan syafa'atnya di hari akhir. Aamiiiiin.

Persembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kusayangi dan kukasih.

Mama dan Papa Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga dalam mendukung, meridhoi, dan mencintai kesuksesan jalan hidup anak nya. Karya ini disusun dengan semaksimal mungkin untuk dapat memberikan penghargaan kepada orang tua bahwa anak yang mereka jaga dan sayangi telah tumbuh dan berkembang sebagai sosok yang membanggakan dan berbakti kepada orang tuanya. Tiada mungkin yang dapat kubalas hanya dengan selembar kertas bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah selanjutnya untuk membuat Mama dan Papa bahagia karena kusadari, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk Mama dan Papa yang selalu membuat Saya termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakan, selalu menasehati serta selalu meridhoi Saya melakukan hal yang lebih baik, Terima kasih Mama dan Terima kasih Papa.

Adek, Nenek, dan Orang-orang terdekat

Sebagai tanda terima kasih, Saya persembahkan karya ini untuk Adek, Nenek, dan Orang-orang terdekat yang telah memberikan dukungan semangat, inspirasi, dan doa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga doa dan semua hal baik yang disampaikan dapat menjadikan Saya orang yang lebih baik dan kembali kepada diri masing-masing pula. Terima kasih.

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Bapak Abdillah, S.Si., M.I.T. selaku Dosen Pembimbing skripsi Saya, Terima kasih banyak kepada Bapak karena telah membantu dalam proses penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir selama ini, sudah dinasehati, sudah diajari, dan mengarahkan Saya sampai skripsi ini selesai.



KLASIFIKASI JENIS SAMPAH MENGGUNAKAN *IMAGE* CLASSIFICATION CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

LISANA SIDKA ALIA

NIM: 11950525128

Tanggal Sidang: 06 Juli 2023

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRAK

Sampah merupakan permasalahan krusial yang dapat terjadi akibat pengelolaan sampah yang belum maksimal. Menurut Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menyatakan bahwa 34.06% sampah belum terkelola dengan baik. Setiap jenis sampah memiliki proses penanganan dan pengelolaan sampah berdasarkan karakteristik dan komposisi sampah sehingga dapat terkelola dengan maksimal dan mengurangi presentasi volume timbulan sampah. Menurut UU No. 18 tahun 2008, sampah perlu diklasifikasi menjadi sampah bahan berbahaya dan beracun (B3), sampah organik, sampah daur ulang, sampah digunakan kembali, dan sampah residu. Proses mengklasifikasi sampah menjadi minimal dilaksanakan dan berdampak pada proses pengolahan sampah. Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti mengusulkan sebuah penerapan model klasifikasi jenis sampah secara otomatis terhadap kondisi klasifikasi sampah berdasarkan aturan pengelolaan sampah. Penerapan model klasifikasi jenis sampah dibantu dengan cabang ilmu *Machine Learning* yaitu *Image Classification* yang mengklasifikasi sampah berdasarkan data citra. Penerapan model menggunakan metode pembelajaran *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur *MobileNetV2* dan lapisan konvolusi tambahan. Arsitektur pembelajaran model menyerupai jaringan saraf manusia secara terarah dan terawasi. Penerapan model klasifikasi jenis sampah menggunakan data citra yang terdiri kelas sampah B3, sampah organik, sampah daur ulang, sampah digunakan kembali, dan sampah residu. Hasil penelitian menunjukkan penerapan model *image classification convolutional neural network* terhadap klasifikasi jenis sampah adalah baik dengan nilai akurasi penerapan model berdasarkan data prediktif mencapai 89.44% hingga 92.74% dan tingkat keberhasilan model dalam mengklasifikasi secara benar adalah 93.33% dari 15 data citra baru.

Kata Kunci: Klasifikasi Sampah, *Image classification*, *Convolutional Neural Network*.



WASTE CLASSIFICATION USING IMAGE CLASSIFICATION CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

LISANA SIDKA ALIA

NIM: 11950525128

Date of Final Exam: 06 July 2023

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas Street No.155 Pekanbaru

ABSTRACT

Garbage is a crucial problem that can occur as a result of not optimal waste management. According to data National Waste Management Information Sistem (SIPSN) Ministry of Environment and Forestry, 34.06% of waste has not been managed properly. Each type of waste has a waste handling and management process based on the characteristics and composition of the waste so that it can be managed optimally and reduce the volume presentation of waste generation. According to Law UU No. 13 of 2008, waste needs to be classified into hazardous and toxic waste (B3), organic waste, recycled waste, reusable waste, and residual waste. The process of classifying waste is still minimally implemented and has an impact on the waste treatment process. Based on these problems, the researcher proposes an application of an automatic type waste classification model to the conditions of waste classification based on waste management rules. The application of waste classification model is built using the branch of Machine Learning, namely Image Classification, which classifies waste based on image data. The implementation of the model uses the Convolutional Neural Network learning method with the MobilNetV2 architecture and additional convolutional layers. The learning architecture of the model resembles a human neural network in a directed and supervised manner. The application of the waste type classification model uses 3025 image data consisted classes of B3 waste, organic waste, recycled waste, reusable waste, and residual waste. The results showed that the application of the image classification convolutional neural network model for classification of waste types was good with the accuracy of applying the model based on predictive data reaching 89.44% to 92.74% and the success rate of the model in correctly classifying it was 93.33% from 15 new image data.

Keywords: Waste Classification, Image classification, Convolutional Neural Network.



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan perhatian dan karunia-Nya kepada Penulis, sehingga Tugas Akhir dan Laporan Tugas Akhir dapat berjalan dengan lancar. Shalawat dan beriringkan salam mari kita hadiahkan kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW. Semoga kita mendapatkan syafa'at di hari akhirat nantinya. Amiin Ya Rabbal Alamin.

Atas bantuan dan bimbingan dari semua pihak sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan judul “Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan *Image Classification Convolutional Neural Network*”. Untuk itu Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang ikut membantu dan membimbing dalam penyelesaian laporan ini, terutama kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala Tuhan yang Maha Esa.
2. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan semangat, moril maupun materil serta do'a yang tiada hentinya kepada Penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Sutoyo, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Ahmad Faisal, S.T., M.T. selaku Koodinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
8. Bapak Dr.Harris Simaremare, S.T., M.T. dan Bapak Oktaf Brilian Kharisma, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan II Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

9. Bapak Abdillah, S.Si., M.I.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan banyak waktu, kritik, saran, dan pemikirannya sehingga Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik dan maksimal.

10. Bapak/Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Elektro yang selalu membantu dan memberikan dukungannya kepada Penulis.

Dan seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dari awal melaksanakan Tugas Akhir yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa laporan ini masih banyak terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan baik itu dalam penyusunan dan pemilihan kosa kata. Oleh karena itu Penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang ada agar laporan ini dapat lebih baik kedepannya.

Pekanbaru, 27 Juni 2022

Lisana Sidka Alia
11950525128

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
Latar Belakang	I-1
Rumusan Masalah	I-3
Tujuan Penelitian	I-3
Batasan Masalah.....	I-4
Manfaat Penelitian.....	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
Penelitian Terkait	II-1
Landasaan Teori	II-4
2.2.1 Definisi dan Konsep Pengelolaan Jenis Sampah	II-4
2.2.2 Dasar Pemahaman <i>Machine Learning</i>	II-8
2.2.3 Pengenalan <i>Deep Learning</i>	II-11
2.2.4 Definisi dan Konsep Pengolahan Citra Digital.....	II-12
2.2.5 <i>Image classification</i>	II-16
2.2.6 Definisi dan Konsep <i>Convolutional Neural Network</i>	II-19
2.2.7 Dasar Konsep Pengukuran Performa Klasifikasi.....	II-21
2.2.8 <i>Jupyter Lab</i> dan <i>Tensorflow</i>	II-22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Jenis Penelitian	III-1



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

3.2. Tahapan Penelitian	III-2
3.3. Studi Literatur.....	III-4
3.4. Identifikasi Masalah	III-4
3.5. Persiapan Perangkat Penelitian	III-5
3.6. Jenis dan Metode Pengumpulan Data	III-6
3.7. Alur Pemodelan Klasifikasi Jenis Sampah pada Simulasi	III-7
3.7.1. Penyusunan Dataset	III-7
3.7.2. <i>Pre-Processing</i>	III-9
3.7.3. Pembangunan Model Klasifikasi dan <i>Training</i>	III-11
3.7.4. Klasifikasi Objek	III-13
3.7.5. Penyimpanan Model Klasifikasi	III-15
3.8. Hasil dan Analisis Data	III-15
BAB IV. HASIL DAN ANALISIS	
4. Hasil Penyusunan Dataset dan <i>Pre-Processing</i>	IV-1
4.1.1. Akusisi Dataset	IV-1
4.1.2. <i>Rename</i> dan Augmentasi Data	IV-2
4.1.3. <i>Pre-Processing</i>	IV-3
4.2. Pembangunan Arsitektur Model Klasifikasi	IV-4
4.3. Hasil <i>Training</i> Model Klasifikasi.....	IV-6
4.4. Hasil Klasifikasi Pada Model Klasifikasi.....	IV-11
4.5. <i>Testing</i> Sampel Pada Model Klasifikasi.....	IV-14
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 2.1	Hierarki Tahap Pengelolaan Sampah	II-6
Gambar 2.2	Cakupan Klasifikasi <i>Machine Learning</i>	II-11
Gambar 2.3	Kaitan Kecerdasan Buatan, <i>Machine Learning</i> , dan <i>Deep Learning</i>	II-11
Gambar 2.4	Digitalisasi Citra (Pixel yang Berkoordinat $x=10$, $y=3$ Memiliki Nilai)	II-12
Gambar 2.5	Komponen Sistem Pengolahan Citra Digital	II-13
Gambar 2.6	Elemen-elemen Sistem Pengolahan Citra Digital	II-14
Gambar 2.7	Citra Kontinu dan Citra Digital Hasil <i>Sampling</i> dan <i>Quantization</i>	II-14
Gambar 2.8	Citra Digital dan Representasinya	II-15
Gambar 2.9	Tahap Dalam Proses <i>Image classification</i>	II-17
Gambar 2.10	Alur yang Berkaitan Dalam <i>Supervised Classification</i>	II-18
Gambar 2.11	Alur Lengkap <i>Supervised Classification</i> (a) Dasar Tahap Klasifikasi; (b) Penjabaran Tahap Klasifikasi	II-18
Gambar 2.12	<i>Sliding Window</i> pada <i>Convolution Layer</i>	II-20
Gambar 2.13	Contoh Pooling	II-20
Gambar 2.14	Model Arsitektur CNN	II-20
Gambar 2.15	Contoh Tabel <i>Confusion Matrix</i>	II-21
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian	III-3
Gambar 3.2	Tahapan Proses Penyusunan Dataset	III-9
Gambar 3.3	Tahapan <i>Pre-Processing</i> Model	III-10
Gambar 3.4	Alur <i>Feature Learning</i> dan <i>Classification</i> pada Arsitektur <i>MobileNetV2</i> dan Lapisan Konvolusi Tambahan	III-12
Gambar 3.5	Alur Pembangunan Model Klasifikasi dan <i>Training</i>	III-13
Gambar 3.6	Alur Klasifikasi Jenis Sampah pada Simulasi	III-14
Gambar 4.1	Hasil Sampel dari Akusisi, <i>Rename</i> , dan Augmentasi Dataset	IV-3
Gambar 4.2	<i>Model Summary</i> dari Pembangunan Model Klasifikasi	IV-5
Gambar 4.3	Grafik Hasil <i>Training</i> dengan <i>Epoch</i> = 5, (a) Hasil <i>History Training</i> , (b) Hasil Grafik dari <i>History Training</i>	IV-7
Gambar 4.4	Grafik Hasil <i>Training</i> dengan <i>Epoch</i> = 10, (a) Hasil <i>History Training</i> , (b) Hasil Grafik dari <i>History Training</i>	IV-8
Gambar 4.5	Grafik Hasil <i>Training</i> dengan <i>Epoch</i> = 15, (a) Hasil <i>History Training</i> , (b) Hasil Grafik dari <i>History Training</i>	IV-9

Gambar 4.6 Grafik Hasil *Training* dengan *Epoch* = 20, (a) Hasil *History Training*, (b) Hasil

Grafik dari *History Training*..... IV-10

Gambar 4.7 Hasil *Confusion Matrix* Klasifikasi Model IV-12

Gambar 4.8 Hasil Laporan Klasifikasi Model Terhadap Dataset Test IV-14



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau

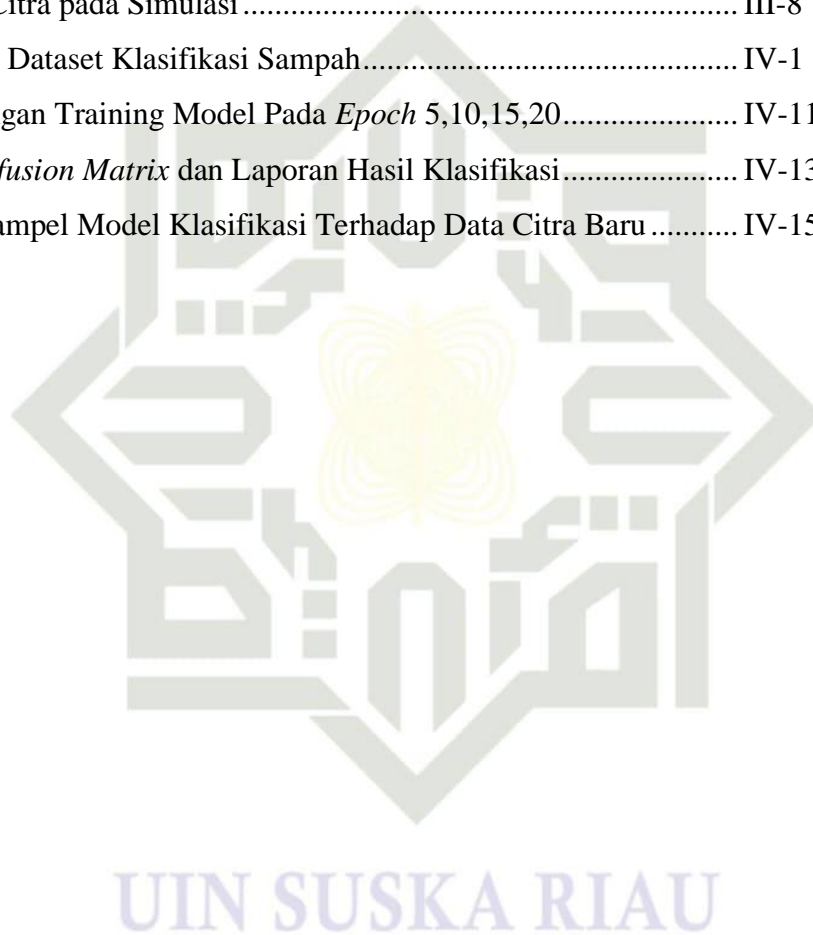
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Jenis dan Karakteristik Sampah berdasarkan Sifat Biologis dan Kimia.....	II-5
Tabel 2.1	Jenis dan Karakteristik Sampah berdasarkan Sifat Biologis dan Kimia (Lanjutan)	II-6
	Kategori Jenis Sampah Dalam Pemilahan Sampah	II-7
	Kategori Jenis Sampah Dalam Pemilahan Sampah (Lanjutan)	II-8
	Detail Hardware yang Digunakan Dalam Penelitian	III-4
	Detail Akusisi Citra pada Simulasi	III-8
	Jenis Citra pada Dataset Klasifikasi Sampah.....	IV-1
	Hasil Perbandingan Training Model Pada <i>Epoch</i> 5,10,15,20.....	IV-11
	Nilai Hasil <i>Confusion Matrix</i> dan Laporan Hasil Klasifikasi.....	IV-13
	Hasil <i>Testing</i> Sampel Model Klasifikasi Terhadap Data Citra Baru	IV-15



UIN SUSKA RIAU
 Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk tujuan komersial, iklan, atau promosi.
 UIN SUSKA RIAU

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

DAFTAR RUMUS



- 2.1 Pencarian Nilai Akurasi
- 2.2 Pencarian Nilai Precision
- 2.3 Pencarian Nilai Recall
- 2.4 Pencarian Nilai F1-score

Tidak Geta Pindungi Undang-Undang
Ditang 9

Ditang 9

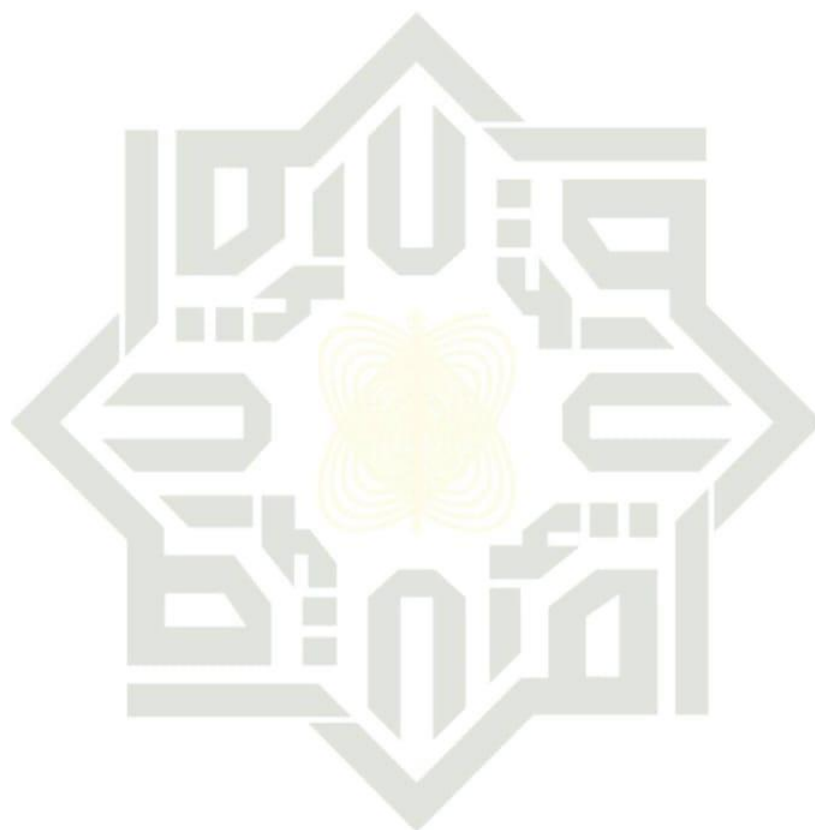
Ditang 9

Ditang 9

Ditang 9

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu permasalahan krusial yang senantiasa meningkat seiring berkembang zaman baik dalam skala nasional maupun dunia. Dalam skala nasional, Indonesia pernah memasuki kondisi darurat sampah pada tahun 2021 dengan kondisi volume sampah mencapai 31.13 juta ton [1] berdasarkan data SIPSN Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Kondisi darurat sampah dapat terjadi akibat pengelolaan sampah yang belum maksimal. Pengaruh dari sistem pengelolaan sampah yang belum maksimal, berbanding lurus dengan tingkat volume sampah yang dihasilkan oleh pelaku usaha rumah.

Berdasarkan data SIPSN Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan diketahui komposisi sampah dari jenis sampah secara umum dapat dibagi menjadi 55.1% sampah organik dan 44.9% sampah anorganik [1]. Jenis sampah organik merupakan jenis sampah yang terdiri dari sisa makanan dan sampah yang dapat membusuk sedangkan sampah anorganik merupakan jenis sampah yang tidak dapat membusuk atau tidak mudah terurai [2]. Jenis sampah anorganik berdasarkan aturan pengelolaan sampah dapat dibagi menjadi empat jenis sampah, yaitu sampah yang dapat didaur ulang, sampah yang digunakan kembali, sampah bahan berbahaya dan beracun (B3), dan sampah lainnya. Setiap jenis sampah memiliki proses penanganan dan pengelolaan sampah berdasarkan karakteristik dan komposisi sampah. Apabila sampah tidak terkelola dengan baik, maka presentasi volume timbunan sampah akan meningkat dan berdampak pada kondisi efektifitas lingkungan dan ekosistem [3].

Dalam mengatasi kondisi tersebut, Indonesia menyusun cara pengurangan dan penanganan sampah dalam Undang-undang No.18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah [4]. Berdasarkan aturan pengelolaan sampah terdapat lima tahap yang perlu dilaksanakan dalam mengelola sampah, yaitu tahap pemilahan, tahap pengumpulan, tahap pengangkutan, tahap pengolahan, dan tahap pemrosesan akhir sampah [5]. Tahap awal yang harus diperhatikan dalam pengelolaan sampah yaitu tahap pemilahan. Tahap pemilahan berkaitan dengan proses mengklasifikasi jenis sampah sebagai tahap sebelum memisah sampah pada tempat pemilahan sampah [6].

Klasifikasi sampah berdasarkan jenis dan komposisi sampah dapat mempermudah masyarakat dan pihak pengelola dalam mengidentifikasi jenis proses pengelolaan

sampah [7]. Proses klasifikasi jenis sampah yang baik berdasarkan standar aturan pengelolaan sampah, perlu diklasifikasi menjadi sampah organik, sampah didaur ulang, sampah yang digunakan kembali, sampah bahan berbahaya dan beracun (B3), dan sampah lainnya (Residu). Klasifikasi disesuaikan dengan jenis sampah yang dihasilkan oleh rumah tangga perkantoran, sekolah, dan fasilitas publik. Adapun proses mengklasifikasi sampah dalam tahap pemilahan tidak berfokus pada pemerintahan namun berfokus pada partisipasi masyarakat dalam mengklasifikasi dan memilah sampah [6]. Minimnya partisipasi masyarakat dalam mengklasifikasi sampah berdasarkan jenis dan komposisi sampah, berdampak pada proses penanganan dan pengelolaan sampah.

Berdasarkan fakta di atas diketahui besar peran pemilahan sampah yang dimulai dari mengklasifikasi jenis sampah oleh masyarakat dalam membantu menangani persoalan sampah. Namun fakta lapangan yang terjadi, banyak masyarakat yang minim dalam pengelolaan sampah. Hal tersebut seperti yang dikemukakan oleh data SIPSN Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2022 yang menyatakan bahwa 34.06% sampah tidak dikelola dengan baik dan menurut Badan Pusat Statistik angka kepedulian masyarakat dalam pengolahan sampah adalah 28% pada tahun 2018 [6] [7].

Timbulkan sampah yang tidak dipisah berdasarkan jenis komposisi sampah akan berdampak pada nilai dan kualitas pengelolaan sampah. Dari jabaran penjelasan tersebut, perlu usulan yang dapat membantu proses pemilahan sampah mulai dari tahap mengklasifikasi sampah [8] sesuai standar pemilahan sampah dalam mendukung proses pengelolaan sampah. Usulan pengembangan dapat dimulai dari memahami konsep penerapan proses pemilahan sampah dengan mengidentifikasi dan mengklasifikasi sampah sebelum sampah dipisah berdasarkan jenis sampah yang akan diolah. Pengembangan tahap klasifikasi sampah pada proses pemilahan sampah, dapat didukung dengan penerapan *Machine learning* [7] yang aktif digunakan dalam penelitian ilmiah untuk pembelajaran data [9]. Salah satu cabang yang dapat diterapkan untuk pengembangan dalam proses klasifikasi jenis sampah adalah cabang *Image Classification* atau klasifikasi melalui citra. Metode yang dominan baik untuk cabang *image classification* adalah metode *Convolutional Neural Network* yang merupakan salah satu metode *Deep learning* dari bagian *Machine learning*. Memaksimalkan pemrosesan *image classification*, dapat mengefisiensi proses klasifikasi sampah dalam tahap pemilahan sampah yang bisa disusun secara otomatis.

Penelitian dalam ruang lingkup mengklasifikasi jenis sampah sebagai tahap pemilahan sudah pernah dilakukan. Pada ide penelitian sebelumnya didapatkan hasil yaitu rancangan

tempat sampah otomatis organik dan anorganik menggunakan *image classification* memiliki akurasi penelitian 95% [7]. Perancangan pemilah sampah kategori metal, plastik, kertas, kaca, dan kardus menggunakan *image classification Convolutional Neural Network* (CNN) memiliki akurasi penelitian 94.84% [6]. Pengembangan model klasifikasi sampah menggunakan CNN menghasilkan akurasi penelitian 83% dan validasi 61% [10]. Sistem klasifikasi jenis sampah menggunakan *image classification* CNN memiliki tingkat akurasi penelitian 88.69% [11].

Berdasarkan data di atas dari hasil analisis, studi literatur, dan beberapa ide penelitian sebelumnya, penelitian ini mengusulkan pengembangan dalam tahap pemilahan sampah untuk memahami konsep klasifikasi sampah yang dapat disusun secara otomatis. Pengembangan berupa penerapan model klasifikasi sampah menjadi lima dasar kategori pemilahan sampah yaitu sampah B3, sampah organik, sampah didaur ulang, sampah yang dapat digunakan kembali, dan sampah lainnya berdasarkan aturan pengelolaan sampah yang dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penelitian dilakukan untuk dapat membantu proses pengelolaan sampah. Penelitian menggunakan cabang *machine learning* yaitu *image classification* untuk mengidentifikasi sampah berdasarkan data citra. Metode yang diterapkan untuk *image classification* jenis sampah yaitu metode *Convolutional Neural Network* (CNN).

Berdasarkan penjelasan dan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “**Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan *Image classification Convolutional Neural Network***”.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan dan cara kerja model *image classification* CNN terhadap klasifikasi jenis sampah?
2. Bagaimana hasil tingkat akurasi pengklasifikasian citra jenis sampah menggunakan *image classification* CNN?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui dan menganalisis penerapan serta cara kerja model *image classification CNN* terhadap klasifikasi jenis sampah.
2. Mengetahui hasil tingkat akurasi pengklasifikasian citra jenis sampah menggunakan *image classification* CNN.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah dalam pengembangan penelitian agar sesuai dengan tujuan yang ditetapkan, maka batasan masalah penelitian antara lain, yaitu:

1. Penelitian yang dilakukan berfokus pada tahap pengklasifikasian jenis sampah.
 - a. Penggunaan sistem cabang program pembelajaran data menggunakan *machine learning* yaitu *image classification*.
 - b. Menggunakan metode *image classification Convolutional Neural Network* (CNN).
 - c. Model klasifikasi diproses menggunakan aplikasi web *Jupyter Lab* dan *Lybrary Tensorflow* 1.12.0.
 - d. Mengklasifikasi jenis sampah satu-persatu secara berurutan.
 - e. Mengklasifikasi jenis sampah menjadi lima kelas klasifikasi yaitu, sampah B3, sampah organik, sampah didaur ulang, sampah yang dapat digunakan kembali, dan sampah lainnya.
 - f. Mengklasifikasi jenis sampah dengan masing-masing kelas klasifikasi terdiri tiga jenis citra sampah.
 - g. Tidak melakukan penyortiran dari tahap pemilahan sampah.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti
 - a. Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk memperdalam ilmu mengenai *machine learning* dengan menerapkan dalam proses klasifikasi jenis sampah menggunakan pendekatan *image classification*.
 - b. Mengimplementasikan teori dan ilmu yang telah didapatkan selama perkuliahan.
2. Bagi Masyarakat
 - a. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan sumbangan pemahaman dan bahan evaluasi dalam pengembangan penelitian lain yang sejenis dalam rangka memaksimalkan proses klasifikasi dalam tahap pemilahan sampah.
 - b. Membantu dalam penanganan proses pengelolaan sampah terutama pada tahap klasifikasi sampah dalam pemilahan sampah menjadi mudah dan akurat secara otomatis.



UIN SUSKA RIAU

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Dalam penelitian untuk klasifikasi jenis sampah menggunakan *image classification* metode *Convolutional Neural Network* (CNN), dilakukan studi literatur dari teori – teori yang relevan untuk dapat memahami permasalahan yang akan diselesaikan. Studi literatur didapatkan dari *paper*, buku, dan sumber lainnya untuk mengetahui kaitan dengan penelitian terdahulu. Adapun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengerjaan penelitian tugas akhir ini, diantaranya adalah:

Penelitian oleh Yusri Yusron dkk pada tahun 2020, telah melakukan pembangunan tempat sampah pintar yang bernama MATRASH menggunakan *Machine Learning* dan IoT. *Machine learning* diterapkan untuk pemanfaatan *image classification* sebagai pemrosesan dalam memilah sampah dengan kondisi organik dan anorganik. IoT diterapkan untuk mengintegrasikan komponen perancangan dalam memilah sampah dari hasil *image classification*. Penelitian memberikan gambaran dari hasil perancangan untuk kondisi klasifikasi sampah organik dan anorganik yang dilanjutkan dengan gambaran pemilahan sampah. Diketahui penerapan *image classification* memiliki nilai yang baik untuk konsep klasifikasi sampah dengan tingkat akurasi pengekseskusan 95%. Penelitian ini masih terdapat kekurangan dalam penjabaran metode *image classification* yang diterapkan dengan catatan untuk tingkat akurasi yang baik, berkaitan dengan kesediaan dataset gambar. Penelitian belum melakukan klasifikasi lanjut untuk kondisi klasifikasi pemilahan lima kategori.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang membangun model klasifikasi botol air dengan membandingkan dua model *image classification* yaitu model klasifikasi SVM dan CNN oleh Abdul Fadil dkk pada tahun 2022 [12]. Penelitian dilakukan untuk mengetahui penerapan model klasifikasi terbaik dari dua model tersebut dengan objek penelitian yaitu beberapa jenis sampah botol air. Penelitian menyiapkan dataset dari beberapa jenis botol air dan didapatkan hasil dari masing-masing model. CNN bekerja dengan proses konvolusi citra menjadi beberapa bagian kecil untuk mengetahui informasi baru. SVM bekerja dengan membagi citra ke beberapa kelas menjadi proses optimasi dalam segmentasi citra. Hasil dari penelitian diketahui CNN merupakan model klasifikasi yang lebih baik dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibanding SVM dengan CNN memiliki 99% akurasi yang diproses dibanding SVM memiliki 74% akurasi yang diproses. Model klasifikasi ini masih berfokus

pada klasifikasi sampah botol air minum, tapi memiliki peluang untuk dikembangkan dalam klasifikasi jenis sampah dalam lima kategori pemilahan dasar dan telah diketahui CNN adalah metode yang baik pada *image classification*.

Penelitian yang serupa dengan penelitian sebelumnya yaitu penelitian untuk melakukan perbandingan model manajemen sampah menggunakan algoritma *machine learning* dan *deep learning* oleh Khan Nasik Sami dkk pada tahun 2020 [13]. Penelitian ini membandingkan algoritma klasifikasi yaitu *Support Vector Machine* (SVM), *Decision Tree*, dan *Random Forest* dan algoritma CNN. Penelitian bertujuan untuk mengetahui algoritma mana yang terbaik untuk model klasifikasi sampah dalam beberapa kelas sampah yaitu kardus, metal, plastik, kertas, dan kaca. Analisa terhadap kaitan dataset dilakukan untuk memahami kaitan keakuratan model klasifikasi. Hasil didapatkan bahwa CNN merupakan model arsitektur klasifikasi yang terbaik dengan nilai akurasi 90% dan diikuti oleh SVM diangka 85%. Diketahui bahwa dataset memiliki kaitan dengan model klasifikasi yaitu semakin baik dataset maka semakin baik tingkat keakuratan klasifikasi jenis sampah. Penelitian belum terdapat klasifikasi untuk jenis lain seperti sampah berbahaya, sampah digunakan kembali, dan sampah lainnya.

Penelitian selanjutnya yaitu penelitian oleh Olugboja dan Zenghui pada tahun 2019 yang membahas model klasifikasi untuk memisahkan sampah dengan menggabungkan metode CNN dengan SVM [14]. Kombinasi dilakukan untuk bagian pengenalan dan klasifikasi jenis sampah. Dataset yang digunakan yaitu dataset dari Gary Thung dan Mindy Yan untuk kondisi klasifikasi dalam pemilahan sampah kaca, kertas, plastik, dan metal. Model klasifikasi dibangun memiliki tingkat akurasi 87% dan dapat lebih baik dengan jumlah image pada dataset yang dikembangkan dari model *ResNet-50*. Penelitian masih pada kondisi klasifikasi sampah dasar dan belum termasuk kondisi klasifikasi sampah lima dasar pemilahan.

Pemilahan sampah berkaitan dengan proses klasifikasi sampah seperti layak nya manusia untuk menentukan jenis sampah yang akan dibuang terlebih dahulu dan dilanjutkan memisahkan sampah ke dalam tempat sesuai kategori pemilahan sampah. Penelitian oleh Kahlil Mucar dkk pada tahun 2022, melakukan rancang bangun purwarupa untuk memilah sampah dalam konsep tempat sampah pintar [6]. Perancangan dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan *image classification* CNN untuk kategori pemilahan organik dan anorganik. Penelitian menghasilkan rancangan tempat sampah pintar yang dieksekusi melalui *Raspberry Pi 3* dan model arsitektur CNN yaitu *MobileNet SSD*. Diketahui tingkat

keakuratan klasifikasi sampah menggunakan model CNN rata-rata 98.84% namun terdapat masih jumlah dataset yang mempengaruhi akurasi klasifikasi. Penelitian dapat dikembangkan dengan fokus bagian *image classification* untuk kondisi lima kategori dasar pemilahan sehingga dapat dilanjutkan dengan perancangan bentuk tempat sampah pintar lima kategori pemilahan.

Penelitian terkait berikutnya yaitu penelitian dalam membangun sistem otomatis klasifikasi sampah berbasis citra oleh Victoria Ruiz dkk pada tahun 2019 dengan memanfaatkan beberapa arsitektur CNN [11]. Dilakukan perbandingan arsitektur terbaik pada kondisi *supervised classification*. Hasil perbandingan diketahui bahwa arsitektur *ResNet* merupakan arsitektur yang dapat mencapai akurasi 88.66% dari hasil menggunakan dataset *TrashNet*, namun kondisi klasifikasi masih pada kategori untuk sampah dasar plastik, metal, kardus, kertas, dan kaca. Penelitian belum mencakup kondisi klasifikasi untuk lima kondisi dasar pemilahan seperti B3 sehingga penelitian masih perlu pengembangan untuk kategori klasifikasi tersebut.

Penelitian selanjutnya adalah pemilahan jenis sampah oleh Andreas Nugroho dkk pada tahun 2022 yang menggunakan algoritma CNN menerapkan jenis pemilahan yang menggunakan *image classification* [10]. Penelitian bertujuan untuk memahami konsep dari *image classification* metode CNN. Dibangun dataset terdiri 6333 data untuk mengklasifikasi jenis sampah seperti beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian ini diketahui bahwa *image classification* CNN dapat diterapkan pada proses pemilahan sampah. Hasil perhitungan penelitian yaitu 89% untuk hasil akurasi dan 61% untuk hasil validasi. Penelitian belum menerapkan klasifikasi sampah untuk lima jenis dasar pemilahan sampah.

Penelitian terkait oleh Stephen dkk pada tahun 2019, mengaplikasikan metode Convolutional Neural network dalam mendeteksi jenis sampah sebagai bagian proses klasifikasi sampah [3]. Poin penelitian adalah untuk mengetahui model algoritma CNN yang sesuai untuk pemilahan sampah dengan meningkatkan akurasi dan mengurangi *error* dari algoritma CNN. Dilakukan perbandingan dari model CNN, yaitu VGG 16, *MobileNet*, *Inception*, dan *ResNet-50* yang dibangun menggunakan *library tensorflow*. Hasil dari penelitian didapatkan bahwa *MobileNet* merupakan model arsitektur CNN dapat diterapkan untuk pengembangan model tempat sampah dengan kompleksitas paling kecil dan waktu *train* paling cepat. Model ini bisa disesuaikan pada penggunaan sebuah *Raspberry Pi*. Hasil dari konsep penelitian dapat dimanfaatkan untuk pengembangan klasifikasi lima dasar

UIN SUKSES RIAU
 Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 a. Pengutipan untuk keperluan pendidikan, penelitian, dan penulisan karya ilmiah
 b. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk tujuan komersial atau lainnya
 Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Sukses Riau.

dapat memberikan dampak negatif dari sisi kesehatan maupun kondisi efektifitas lingkungan sekitar. Peningkatan jumlah sampah dapat terjadi seiring berkembangnya zaman akibat pertumbuhan jumlah penduduk yang berefek pada pola perkembangan ekonomi dan konsumsi masyarakat. Dalam skala nasional, menurut data *World Bank* dijelaskan bahwa setiap orang di Indonesia dapat menghasilkan sampah sekitar 0.68 Kg per hari [5].

Sampah memiliki beberapa macam definisi oleh para ahli terhadap permasalahan sampah. Salah satu definisi menurut Tchobanoglous, 1993 mendefinisikan bahwa sampah merupakan bahan buangan yang bersifat padat atau semi padat dari hasil aktifitas manusia atau yang dibuang atau tidak digunakan lagi. Berdasarkan aturan pengelolaan sampah yaitu UU No. 18 Tahun 2008 menjelaskan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang tidak terjadi dengan sendirinya [2].

Sampah memiliki proses pengelolaan masing-masing menurut jenis dari sampah tersebut. Dalam pengelolaan sampah di Indonesia telah disusun dalam UU No. 18 Tahun 2008 dan Peraturan Pemerintah. Proses pengelolaan telah disesuaikan berdasarkan sumber dan jenis sampah yang dihasilkan. Berdasarkan jenis dan karakteristik sampah secara umum dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu organik dan anorganik [2]. Sampah organik merupakan jenis sampah yang dapat terurai dan mudah membusuk seperti hasil sisa makanan, tanaman yang membusuk, buah-buahan, dan lain-lain. Sampah an-organik merupakan jenis sampah yang sulit terurai atau membusuk seperti sampah plastik, kaca, logam, dan lain-lain.

Jenis dan karakteristik sampah dapat dibedakan kembali dari sifat biologis dan kimia yang terkandung dalam sampah [2]. jenis dari sampah dapat dibagi menjadi,

Table 1 Jenis dan Karakteristik Sampah Berdasarkan Sifat Biologis dan Kimia [2].

No	Jenis	Penjelasan	Contoh
1	Sampah yang membusuk	Merupakan sampah dari aktivitas mikroorganisme yang membusuk dengan masa ketahanan singkat.	Sisa makanan, sayur dan buah-buahan membusuk, kayu lapuk, dan daun-daunan.
2	Sampah yang tidak membusuk	Merupakan sampah yang tidak mudah membusuk akibat aktivitas mikroorganisme.	Plastik, besi, kaca, kertas, dan karet.

Tabel 2.1 Jenis dan Karakteristik Sampah Berdasarkan Sifat Biologis dan Kimia [2]

(Lanjutan).

UN SUSKA RIAU



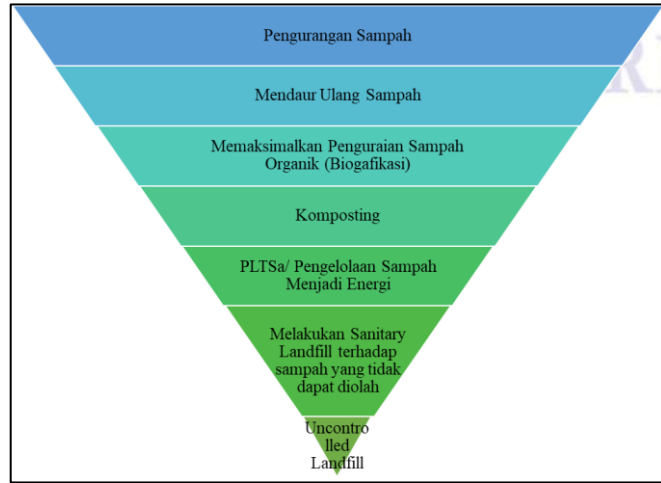
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan penerbitan, penyalinan, atau penyebaran informasi.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Sultan Syarif Kasim Riau

Sampah Debu/Abu	Merupakan sampah yang bermanfaat untuk tanah atau penimbunan dan tidak berbahaya jika tidak mengandung zat beracun.	Abu pembakaran dan debu pembangunan.
Sampah yang berbahaya	Merupakan sampah berbahaya terhadap kesehatan yang berasal dari aktivitas industri dan mengandung zat-zat kimia ataupun fisis berbahaya.	Obat-obatan lama, baterai bekas, aki, dan sampah elektronik.

Pemilahan sampah berdasarkan undang-undang pengelolaan sampah dapat dibagi menjadi lima tahap dasar penanganan sampah baik dari sumber sampah rumahan hingga sampah hasil pembangunan atau industri. Lima tahap dasar penanganan sampah, yaitu pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah [5]. Salah satu penerapan pengolahan sampah yang baik dapat dimulai dari prinsip *Reduce, Reuse, Recycle* (3R) atau menerapkan pengelolaan sampah secara *zero waste* yang melakukan proses pemilahan, pengomposan, dan penjualan barang layak jual kembali sebelum proses pengelolaan sampah besar-besaran. Secara hirarki, pengelolaan sampah dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Hierarki Tahap Pengelolaan Sampah [5, p. 3]

Berdasarkan hierarki pengelolaan sampah, proses pengurangan sampah merupakan tahap awal yang perlu diperhatikan. Tahap awal tersebut dapat dimulai dengan melakukan klasifikasi jenis sampah yang dilanjutkan dengan tahap pemilahan sampah untuk dapat mengetahui jenis pengelolaan sampah. Tahap pemilahan sampah berkaitan dengan bentuk kegiatan pengelompokkan dan mengklasifikasi jenis sampah untuk dapat dilakukan pemilahan sampah sesuai jenis, jumlah, ukuran, dan sifat sampah. Dalam pemilahan sampah menurut Peraturan Pemerintahan No.81 Tahun 2012 yang merupakan bagian dari Undang-undang pengelolaan sampah menjelaskan bahwa dalam pemilahan sampah yang dilakukan di rumah tangga atau umum, pemilahan dibagi menjadi 5 kondisi pemilahan yang minimal [2]. Kondisi pemilahan tersebut, yaitu:

1. Sampah yang mudah terurai atau membusuk yaitu sampah organik.
2. Sampah yang dapat digunakan kembali yaitu sampah *reuse*.
3. Sampah yang dapat didaur ulang yaitu sampah *recycle*.
4. Sampah yang berbahaya dan beracun yaitu sampah B3.
5. Dan sampah lainnya yaitu sampah *residu*.

Kategori pemilahan sampah dibagi sesuai zona pengelolaan sampah. Dalam sebuah zona *community area* maupun zona perkantoran (Zona 2 dan 3), dapat hanya menerapkan kategori klasifikasi dalam pemilahan sampah sebanyak empat kategori yaitu tidak termasuk kategori B3. Penjelasan dari jenis sampah untuk setiap masing-masing kategori pemilahan sampah, yaitu:

Table 2.2 Kategori Jenis Sampah Dalam Pemilahan Sampah [2].

No	Kategori Pemilahan	Penjelasan	Contoh
1.	Organik	Jenis sampah yang mengalami pembusukkan atau mudah terurai.	Sisa makanan, sayuran, buah-buahan, daun-daunan, dll.
2.	<i>Reuse</i>	Jenis sampah anorganik yang dapat digunakan kembali dengan fungsi yang sama atau lainnya.	Wadah plastik, botol kaca, kaleng minuman, dll



Tabel 2.2 Kategori Jenis Sampah Dalam Pemilahan Sampah [2] (Lanjutan).

<p><i>Recycle</i></p>	<p>Jenis sampah anorganik yang dapat menjadi bahan baru dengan nilai lebih berguna dan mengurangi penggunaan bahan baku yang baru.</p>	<p>Plastik, kertas, kaca, karton, dll</p>
<p><i>Residu</i></p>	<p>Jenis sampah anorganik yang tidak dapat digunakan kembali atau didaur ulang.</p>	<p>Popok bayi, puntung rokok, pembalut, dll</p>
<p><i>B3</i></p>	<p>Jenis sampah yang mengandung bahan berbahaya atau beracun.</p>	<p>Obat-obatan lama, baterai bekas, cartridge bekas, potongan besi, dll</p>

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan disertasi atau artikel ilmiah untuk dipublikasikan.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Pemilahan sampah merupakan jenis kegiatan pengelolaan yang dilakukan oleh seluruh masyarakat sebagai pelaku penghasil sampah. Proses dapat dimulai dari mengklasifikasi sampah yang dihasilkan sebelum dibuang ke tempat sampah dan memilah sesuai kategori yang telah ditentukan. Pemilahan sampah dengan proses yang maksimal akan berdampak pada kemudahan proses pengelolaan sampah selanjutnya sebagaimana pemilahan sampah merupakan bagian dari proses penanganan sampah.

2.2.2 Dasar Pemahaman Machine Learning

Machine learning (ML) merupakan salah satu bagian dari kecerdasan buatan yang dikenal sebagai pengembangan teknologi dengan kemampuan untuk belajar atau seolah-olah memiliki kecerdasan manusia dalam menyelesaikan suatu tugas. Kecerdasan buatan memiliki kemampuan untuk belajar dengan kondisi saat mesin mampu melakukan update terhadap parameter yang merepresentasikan pengetahuan dari mesin. Kecerdasan buatan memiliki bermacam definisi menurut para ahli. Menurut Rich dan Knight pada tahun 1991 menyebutkan bahwa kecerdasan buatan atau disebut AI merupakan studi bagaimana cara sebuah mesin atau komputer dapat melakukan sesuatu dengan lebih baik dari manusia. Pada tahun 1993, Luger dan Stubblefield menyebutkan bahwa AI adalah cabang dari ilmu komputer yang berfokus pada hasil output sebuah otomasi dengan perilaku yang cerdas [17].



UIN SUSKA RIAU
Hikmahoptamlik UIN Suska Riau
SteteIslamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Kecerdasan buatan atau AI dapat dibedakan menjadi empat permasalahan utama dalam pengembangan klasik hingga modern. Empat permasalahan utama AI, yaitu *planning*, representasi pengetahuan, *machine learning*, dan *multi-agent system* [18]. Adapun perkembangan dari bagian AI lain dapat mengacu dari hasil topik pada konferensi *Association for Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)*. *Machine learning* merupakan teknik untuk membuat suatu model matematis yang berkaitan dengan pola-pola data. Secara definisi lengkap, *machine learning* merupakan suatu teknik atau metode untuk mengoptimalkan suatu performa sistem yang berkaitan dengan mempelajari data sampel atau data inputan histori. *Machine learning* dapat diartikan sebagai model pembelajaran data yang matematis [15]. Perbandingan antara AI dengan ML yaitu AI membahas tentang membangun mesin yang cerdas menggunakan beberapa pendekatan, sedangkan ML dasarnya membahas satu pendekatan untuk membangun mesin yang dapat belajar untuk melakukan tugas. Salah satu masalah yang dapat diselesaikan menggunakan ML adalah mengklasifikasi sesuatu objek atau kondisi kedalam satu atau beberapa kategori. *Machine learning* memiliki dua tujuan secara umum, yaitu untuk memprediksi masa depan atau memperoleh ilmu pengetahuan yang saling berkaitan. *Machine learning* dapat digunakan untuk menyusun sebuah program yang bisa mempelajari data sendiri dengan memahami pola dari data sampel yang dianalisa. *Machine learning* memiliki *stactistical learning theory* yang merupakan sebuah teknik untuk dapat memprediksi, menyimpulkan, dan mendapatkan pengetahuan dari data input secara rasional dan non-paranormal. *Stactistical learning theory* berkaitan dengan konsep agen cerdas yang bertingkah berdasarkan kondisi lingkungan dengan memanfaatkan teori-teori statistik untuk melakukan inferensi [18].

Dalam membangun sebuah model *machine learning*, *training* dan *testing* merupakan dua istilah penting yang perlu dipahami. *Training* merupakan suatu proses konstruksi model sedangkan *testing* merupakan pengujian dari proses kinerja model *machine learning*. *Training* dan *testing* dapat diproses berdasarkan kumpulan data sampel atau data yang digunakan untuk membangun model yang disebut dataset. Dataset memiliki tiga jenis data yang tidak saling berhimpun secara umum [18]. Jenis dataset tersebut, yaitu:

1. *Training dataset*, merupakan kumpulan atau himpunan data yang digunakan untuk membangun model *machine learning*.
2. *Development* atau *validation dataset*, merupakan himpunan data untuk mengoptimasi saat melatih kinerja model *machine learning*.



3. *Testing dataset*, merupakan himpunan data untuk menguji hasil akhir model setelah selesai proses latihan dengan tidak memperkaitkan model dan manusia dalam proses dilaksanakan.

Dataset memiliki *data point* yang merepresentasikan sampel dari kejadian statistik yang dibangun. Setiap jenis dataset memiliki distribusi yang sama dengan rasio pembagian data secara umum yaitu 80%: 10%: 10% atau 90%: 5%: 5%. Dalam kondisi dataset yang kecil, maka *validation dataset* umumnya tidak dimasukkan.

Machine learning memiliki empat jenis klasifikasi berdasarkan tipe dari pengolahan data [15]. Jenis klasifikasi *machine learning*, yaitu:

1. *Supervised Learning*

Supervised Learning atau jenis pembelajaran terarah yang mesin diberikan dataset bersamaan dengan hasil jawaban yang benar sesuai pertanyaan yang ada pada *datapoint*. Dalam kasus *supervised learning*, model pembelajaran memiliki kondisi *instance* yang merupakan kaitan antara input dengan *desired output* yang merupakan contoh hasil dari kemungkinan input yang didapat. *Supervised learning* umum digunakan untuk kondisi *regression* atau *classification*. *Regression* adalah kondisi mesin mendapatkan data yang bernilai *real* dan *numerical* untuk dapat memprediksi nilai output bersifat kontinu seperti harga saham dikemudian hari. *Classification* adalah kondisi mesin diberi data berlabel atau terkategori untuk dapat mengambil keputusan berdasarkan label atau kategori tersebut seperti mengklasifikasi buah.

2. *Unsupervised Learning*

Unsupervised learning adalah kebalikan dari *supervised learning*. Mesin tidak diberi data secara berlabel namun secara otomatis dapat dibagi berdasarkan kemiripan atau tingkat similaritas dan struktur lain dari data tersebut. Tujuan digunakan *unsupervised learning* untuk dapat memodelkan dan mengelompokkan informasi yang tidak disotir berdasarkan persamaan atau pola tanpa melakukan pelatihan data sebelumnya. *Unsupervised learning* memiliki tiga jenis kategori, yaitu *clustering*, *asosiation*, dan *dimensionality reduction*.

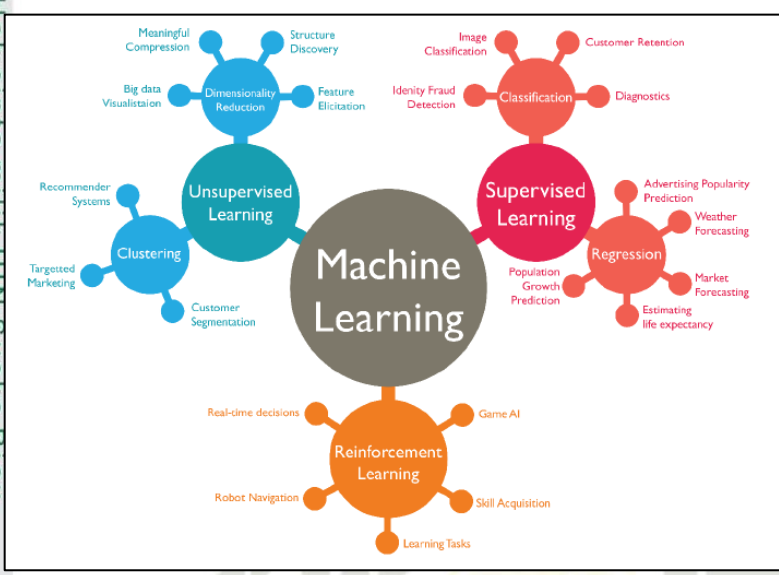
3. *Semi-supervised Learning*

Memiliki kesamaan dengan *supervised learning* dengan perbedaan terletak pada penggunaan data berlabel namun tidak untuk melatih algoritma.



4. Reinforcement Learning

Jenis *Machine learning* yang menggunakan data untuk kondisi label *if* dan *else* dalam mengambil keputusan terbaik dari hasil *trail* dan *error* berulang kali dengan kemungkinan mesin berinteraksi secara dinamis.



Gambar 2.2 Cakupan Klasifikasi *Machine learning* [17, p. 162].

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengantarkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengunnumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.3 Pengenalan Deep Learning

Deep learning merupakan perkembangan dari salah satu bidang *machine learning* yang menerapkan sifat jaringan syarat tiruan dengan memanfaatkan banyak *layer* untuk menganalisis informasi non-linear untuk klasifikasi [16]. Sistem pembelajaran komputer yang menggunakan konsep hierarki untuk mampu mempelajari konsep kompleks disebut sebagai pendekatan *deep learning*. *Deep learning* berkaitan dengan *supervised learning* yang memberikan kesan kuat pada arsitektur dalam belajar fungsi pemetaan input ke output.



Gambar 2.3 Kaitan Kecerdasan Buatan, *Machine Learning*, dan *Deep Learning*.

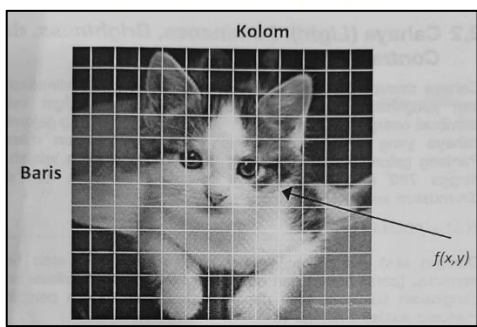
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
Dilarang Mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini, baik secara fisik maupun elektronik, dalam bentuk apa pun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penerapan *deep learning* dapat memberikan kesempatan komputer atau mesin belajar dengan akurasi, kecepatan, dan memiliki skala yang besar. *Deep learning* telah dimanfaatkan sebagai kelanjutan dari *machine learning* yang mampu mendukung memecahkan kondisi *recognition*, *vision*, dan *natural language processing*. Salah satu karakteristik yang utama dari sebuah *deep learning* adalah *feature engineering* dalam membedakan kelas menjadi lebih mudah.

Deep learning dapat menemukan pola umum untuk membedakan antara kelas dalam dalam tugas prediksi. Salah satu metode dalam *deep learning*, yaitu metode *Convolutional Neural Network* atau CNN. Metode CNN telah dikembangkan untuk sistem klasifikasi, salah satunya dapat diterapkan pada klasifikasi citra atau *image classification*. Secara supervised learning, CNN merupakan metode yang paling baik untuk *image classification* [16]. Metode *deep learning* ini, dapat menangkap fitur citra ke lapisan berikutnya dengan baik untuk meningkatkan kekompleksitas sebuah model klasifikasi citra. *Deep learning* akan membutuhkan penggunaan *Graphics Processing Unit* (GPU) karena membutuhkan waktu pelatihan yang lama terhadap kompleksitas model.

2.1.4 Definisi dan Konsep Pengolahan Citra Digital

Gambar atau citra dapat dinyatakan sebagai fungsi dua dimensi yaitu $f(x,y)$ dengan x dan y sebagai posisi koordinat dan f adalah amplitude yang dikenal dengan intensitas atau *grey scale*. Secara pendefinisian, citra digital adalah kumpulan dari *array* yang berisi nilai *real* maupun kompleks dapat direpresentasikan dengan deretan bit tertentu dimana x,y,f telah dikuantisasi dalam bentuk berhingga dan nilainya dikrit [19]. Citra digital dapat diolah untuk mendapatkan informasi dari hasil pengolahan nilai tingkat keabuan (*pixel*) yang terkandung dalam sebuah citra. Sistem yang melakukan pemrosesan terhadap citra dengan output berupa citra menggunakan kemampuan komputer disebut sebagai pengolahan citra digital [15].



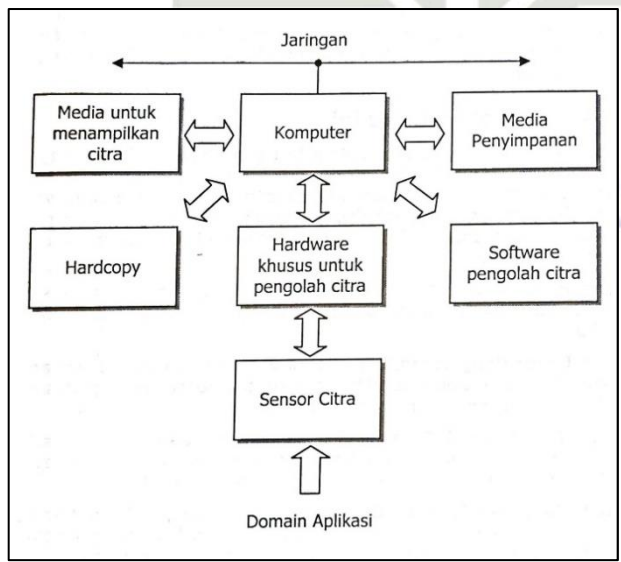
Gambar 2.4 Digitalisasi Citra (*Pixel* yang Berkoordinat $x=10$, $y=3$ memiliki nilai 110) [19, p. 21].



Hak cipta milik IAIN Suska Riau
Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengolahan citra digital berkaitan dalam pengembangan *image processing*, *image analysis*, *image understanding*, dan *computer vision* [19]. Pengolahan citra digital memiliki tujuan untuk memperbaiki kualitas gambar, melakukan proses penarikan informasi, dan melakukan kompresi data dengan tujuan penyimpanan data. Komponen dalam pengolahan citra digital yaitu komputer yang berkaitan dengan *software*, *hardware*, media tampil, penyimpanan, dan sensor citra. Dalam pengolahan citra digital terdapat tahap-tahap yang perlu diperhatikan [20], yaitu:

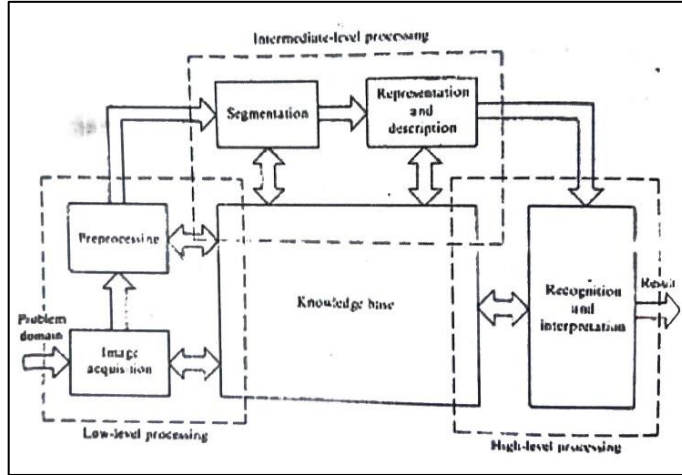
1. Pembentukan citra: menentukan data dan metode perekaman citra digital.
2. Pengolahan citra digital tahap awal: meningkatkan kontras, menghilangkan noise, dan menentukan bagian yang akan diproses.
3. Segmentasi citra dan deteksi citra: menentukan garis batas wilayah objek.
4. Seleksi dan ekstraksi ciri: memilah dan membedakan informasi ciri ke dalam kelas-kelas objek dengan ekstraksi ciri melakukan pengukuran besaran kwantitatif ciri dari tiap piksel.
5. Representasi dan deskripsi: direpresentasikan sebagai suatu list titik-titik koordinat dengan deskripsi luasan citra.
6. Pengenalan pola: memberikan label terhadap piksel berdasarkan kelas atau informasi bersangkutan.
7. Interpretasi citra: memberikan arti terhadap objek yang dikenali dari proses.
8. Dan penyusunan basis pengetahuan: sebagai referensi dalam proses object recognition.



Gambar 2.5 Komponen Sistem Pengolahan Citra Digital [19, p. 15].

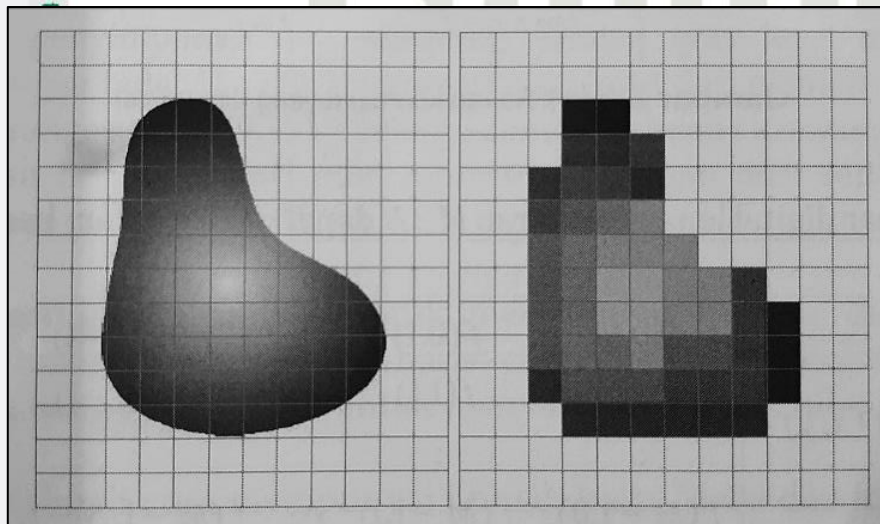


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tanpa izin dari lembaga penerbitan atau penyalur.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya tanpa izin dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.6 Elemen-elemen Sistem Pengolahan Citra Digital [20, p. 6]

Input yang diolah dalam pengolahan citra digital berasal dari sensor citra berupa gambar kontinyu. Gambar kontinyu akan diolah dalam *sampling* dan *quantization* dengan menyalin nilai koordinat dan amplitude suatu citra. Hasil dari *sampling* dan *quantization* adalah matriks bilangan-bilangan *real* yang akan direpresentasikan sehingga dapat diketahui pola pixel untuk mendapatkan informasi dari sebuah citra. Hal yang berkaitan dalam besarnya informasi citra didapat atau hilang pada pengolahan citra digital adalah resolusi spasial atau resolusi kecermerlangan [20]. Resolusi spasial berpengaruh pada ketajaman kisi-kisi baris dan kolom, sedangkan resolusi kecermerlangan berpengaruh pada ketajaman pembagian tingkat kecermerlangan atau *grey-level*.



Gambar 2.7 Citra Kontinyu dan Citra Digital Hasil *Sampling* dan *Quantization* [20, p. 15]

2.2.5 Image classification

Klasifikasi adalah suatu jenis kegiatan atau proses yang berkaitan untuk mengategorikan objek. Klasifikasi dapat disimpulkan sebagai suatu proses yang menilai objek data untuk dimasukkan ke dalam kelas atau kategori dari beberapa kategori yang tersedia [5]. Klasifikasi memiliki dua tugas utama yaitu untuk melakukan pembangunan model dalam *prototype* yang dapat disimpan sebagai memori dan untuk menggunakan model dalam melakukan pengenalan, prediksi, dan klasifikasi objek terhadap jenis kategori atau kelas yang telah disimpan.

Klasifikasi telah diterapkan untuk berbagai cabang ilmu teknologi dan klasifikasi adalah salah satu hal yang menantang untuk diterapkan dalam suatu mesin. Salah satu jenis klasifikasi yang kerap dikembangkan yaitu klasifikasi citra atau *image classification*. *Image classification* merupakan bagian dari *computer vision* yang dapat mengklasifikasi berdasarkan gambar atau citra dari hasil visualisasi [21]. Dalam suatu *image classification*, selain berkaitan dengan integrasi sensor citra, pemrosesan citra, pendeteksian objek, dan ekstraksi objek, dan ekstraksi fitur dalam klasifikasi objek [22]. *Image classification* dapat berkaitan dengan mengekstraksi informasi beberapa kelas dalam suatu citra dan menetapkan hasil ekstraksi menjadi *pixel* ke dalam kategori atau kelas yang diminati.

System ekstraksi yang berkaitan dengan klasifikasi suatu citra harus didukung dengan beberapa kemampuan komputer, yaitu komputer dapat dilatih yang merupakan kunci dari kesuksesan tingkat klasifikasi (*Training*), teknik dalam mengklasifikasi pada komputer dasarnya untuk dikembangkan, dan penelitian berkaitan dengan bidang pengenalan pola digital. Pengenalan pola digital atau digital *image classification* adalah kondisi klasifikasi citra yang memanfaatkan kemampuan komputer untuk mengekstraksi fitur tersebut. Citra pada dasarnya memiliki banyak *pixel* yang akan diklasifikasi dengan masing-masing memiliki tema tertentu berdasarkan peta tematik dari gambar aslinya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam mengklasifikasi citra, dilakukan penetapan terhadap semua piksel dalam citra ke kelas atau tema secara informasi spektral yang diwakili oleh angka digital atau *digital number* (DN) [23].

Image classification dapat dibagi menjadi dua pendekatan, yaitu pendekatan *supervised classification* dan pendekatan *unsupervised classification* [23]. *Supervised classification* merupakan pendekatan yang mengidentifikasi kelas dari data perkiraan hasil dengan input yang diarahkan dalam bentuk data pelatihan atau *training data*. *Unsupervised classification* merupakan pendekatan yang tidak dilakukan *training data* terlebih dahulu dan

proses identifikasi terjadi secara otomatis dari dasar kelompok data atau perkiraan dari struktur data. Kedua pendekatan *image classification* memiliki cara klasifikasi yang berbeda.

Supervised classification berdasarkan karakteristik statistik data yang diambil dari contoh yang diketahui dalam gambar, sedangkan *unsupervised classification* berdasarkan analisis yang memberikan interpretasi dari hasil tahap selanjutnya.

Tahap dalam klasifikasi suatu citra dapat dibagi menjadi tiga tahapan yang harus diikuti [23]. Tiga tahapan tersebut yaitu:

1. *Training*

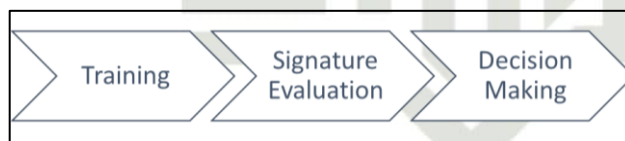
Proses dalam menghasilkan tanda spektral dari setiap kelas dengan menganalisis citra dari bimbingan pengalaman dan pengetahuan, atau dengan beberapa teknik pengelompokan statistik yang hanya membutuhkan sedikit input dari hasil analisis citra.

2. *Signature Evaluation*

Proses dalam mengecek tanda spektral dari data perwakilan tiap kelas yang dicoba gambarkan dan untuk memastikan tumpang tindih spektral minimum antara tanda khusus dari kelas yang berbeda.

3. *Decision Making*

Proses yang menugaskan semua piksel gambar kedalam kelas tematik untuk mengevaluasi tanda khusus yang dicapai menggunakan sebuah algoritma yang disebut *decision rules*.



Gambar 2.9 Tahap Dalam Proses *Image classification* [23, p. 44]

Secara proses *image classification* hal yang perlu dipahami dibagi menjadi tujuh proses, yaitu penginputan digital data, persiapan dengan pra-pemrosesan data, melakukan ekstraksi fitur, memilih data untuk *training*, melakukan penentuan dan klasifikasi dari hasil data *training*, mendapatkan output dari hasil klasifikasi, dan melakukan penilaian akurasi.

Supervised classification yang memanfaatkan data *training* untuk di klasifikasi dari sebuah citra, memiliki proses yang dapat menganalisa dengan bimbingan untuk mempelajari hubungan antara data dengan kelas tersedia [21]. Jumlah kelas dari *prototype* piksel dapat diidentifikasi menggunakan pengetahuan utama dari pemodelan. Alur dari *supervised classification* dimulai dari pengumpulan data *training* yang dilanjutkan dengan

2.2.6 Definisi dan Konsep *Convolutional Neural Network* (CNN)

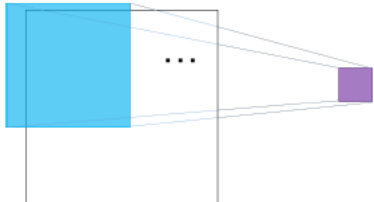
Perkembangan *machine learning* merupakan perkembangan dalam meniru proses manusia dalam mengerjakan atau melakukan tugas dan belajar. Perkembangan yang pesat dari sebuah *machine learning*, menghasilkan pemahaman dalam *deep learning*. Salah satu perkembangan *deep learning* yang terus dikembangkan yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan cabang pemahaman dari *Artificial Neural Network* (ANN) yang memiliki algoritma supervised learning untuk meniru proses belajar mesin dengan melakukan atau mensimulasikan jaringan saraf biologis sebagai mana kecerdasan buatan [18].

ANN memiliki konsep matematis yang cukup solid dan diibaratkan sebagai graf dengan neuron dan sinapsis yang dijelaskan dalam notasi aljabar linear [18]. Model ANN memiliki tingkat pembacaan yang sulit bagi manusia untuk mengerti karena memiliki banyak *layer* dan sifat non-linear pada fungsi aktivasi. Kedalaman sebuah ANN mengacu pada nilai banyaknya *layer* dan lebar sebuah ANN mengacu pada nilai unit pada *layer*.

CNN merupakan jenis algoritma yang memiliki banyak istilah dalam pemrosesan citra. CNN dapat disimpulkan sebagai algoritma yang mampu menganali aspek informatif pada regional tertentu dengan menggunakan *sliding window* dalam mengenali objek pada banyak regional [18]. CNN merupakan perkembangan dari ANN jenis *Multilayer Perceptron* (MLP) dalam mengolah data citra digital. CNN memiliki kelebihan dalam menyimpan informasi spasial dengan menganggap setiap *pixel* memiliki fitur yang berbeda. CNN termasuk fitur dalam pemrosesan citra yang memiliki arsitektur dapat dilatih serta memiliki beberapa tahapan seperti *supervised learning*. *Feature map* merupakan input dan output pada tahapan CNN yang terdiri dari beberapa *array*. CNN memiliki tiga *layer* pada setiap tahapan yang terdiri dari konvolusi *layer*, fungsi aktivasi *layer*, dan *pooling layer* [16].

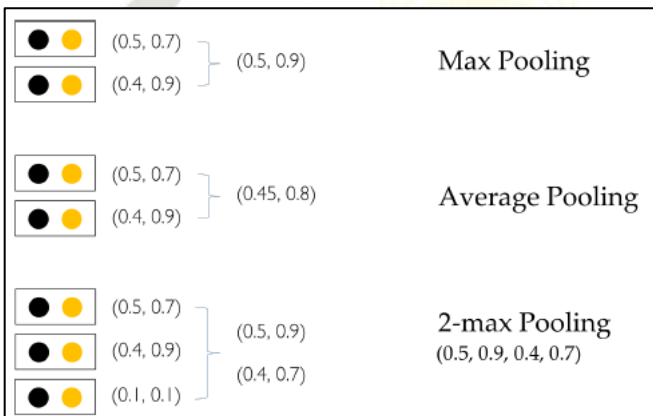
Lapisan konvolusi atau *convolution layer* merupakan lapisan dalam CNN sebagai proses utama untuk melakukan operasi konvolusi dari lapisan sebelumnya [16]. *Convolution layer* memanfaatkan sifat *sliding window* dalam menghasilkan representasi aspek lokal informatif dengan mentransformasi *window* atau regional menjadi nilai numerik. Tujuan dari sebuah *convolution layer* adalah untuk mengekstraksi fitur citra input dan memiliki prinsip *weight sharing* dalam mengurangi tingkat kompleksitas perhitungan. Berdasarkan gambar 2.12 terdapat unsur *feature vector* yang merepresentasi suatu input berwarna biru dan hasil berupa warna ungu adalah tranformasi dari input menjadi output konvolusi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merika keuntungan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

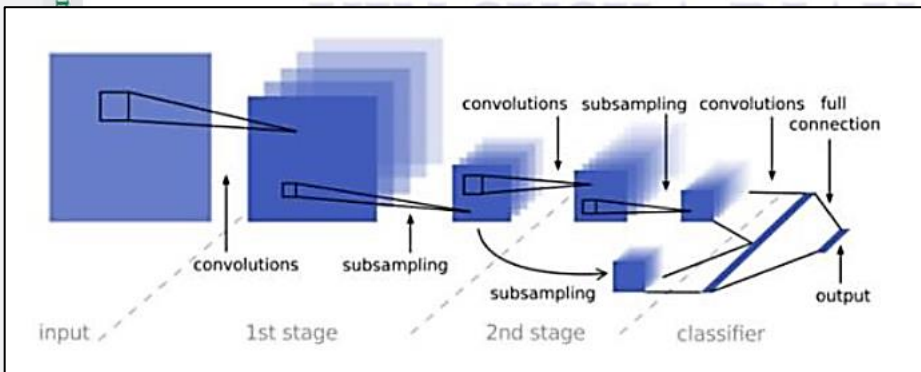


Gambar 2.12 Sliding Window pada Convolution Layer [18, p. 183]

Pooling layer adalah layer yang disisipkan dalam sebuah model CNN setelah beberapa convolution layer dengan menggunakan fungsi feature map sebagai masukan [16]. Pooling layer dapat secara progresif mengurangi ukuran volume output pada feature map apabila dilakukan berurutan diantara convolution layer. Pooling layer digunakan untuk mengambil nilai maksimal (max-pooling) atau nilai rata-rata (average pooling) dalam mengekstrak informasi paling informatif. Beberapa teknik dalam pooling, yaitu max pooling, average pooling, dan k-max pooling. Sebuah citra yang telah melalui operasi konvolusi dan pooling, maka mendapatkan sebuah vector yang dilewatkan pada multilayer perceptron (fully connected) untuk proses selanjutnya seperti klasifikasi gambar.



Gambar 2.13 Contoh Pooling [18, p. 185]



Gambar 2.14 Model Arsitektur CNN [10, p. 24]



2.27. Dasar Konsep Pengukuran Performa Klasifikasi

Pada sebuah model klasifikasi memiliki tingkat performa dari proses klasifikasi yang dihasilkan. Tingkat performa model klasifikasi tersebut dapat diukur untuk mengetahui seberapa efisien dan akurat untuk mengklasifikasi sebuah objek dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengukur performa klasifikasi yaitu metode *Confusion Matrix*. *Confusion Matrix* adalah salah satu metode dalam *machine learning* untuk mengevaluasi kinerja atau performa metode klasifikasi [24]. *Confusion matrix* melakukan perbandingan nilai aktual atau nilai sebenarnya dengan nilai prediksi dari model klasifikasi yang disusun. *Confusion matrix* ditampilkan dengan bentuk tabel yang memiliki empat nilai dihasilkan, yaitu:

1. *True Positive (TP)* adalah nilai yang menampilkan jumlah data yang positif diprediksi benar sebagai positif. Sebagai contoh, kelas aktual dari objek adalah kertas dan hasil dari prediksi melalui proses klasifikasi, objek tersebut adalah kertas.


2. *True Negative (TN)* adalah nilai yang menampilkan jumlah data yang negatif diprediksi benar sebagai negatif. Sebagai contoh, kelas actual dari objek adalah tidak kertas dan hasil dari prediksi melalui proses klasifikasi, objek tersebut adalah tidak kertas.

3. *False Positive (FP)* adalah nilai yang menampilkan jumlah data yang negatif diprediksi salah sebagai positif. Sebagai contoh, kelas actual dari objek adalah tidak kertas dan hasil dari prediksi melalui proses klasifikasi, objek tersebut adalah kertas.

4. *False Negative (FN)* adalah nilai yang menampilkan jumlah data yang positif diprediksi salah sebagai negatif. Sebagai contoh, kelas actual dari objek adalah kertas dan hasil dari prediksi melalui proses klasifikasi, objek tersebut adalah tidak kertas.

	p' (Predicted)	n' (Predicted)
P (Actual)	True Positive	False Negative
n (Actual)	False Positive	True Negative

Gambar 2.15 Contoh Tabel *Confusion Matrix* [13, p. 103]

 Confusion matrix dapat menghasilkan fitur matrix evaluasi yang terdiri dari *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score* [24]. Adapun jabaran dari masing-masing matrix akurasi, yaitu:

1. *Accuracy*, yaitu nilai yang digunakan sebagai parameter dari tingkat akurasi dalam model klasifikasi. Perhitungan akurasi dari sebuah model klasifikasi memiliki perumusan sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2.1)$$

2. *Precision*, yaitu nilai yang digunakan dalam menggambarkan tingkat ketepatan dalam model untuk memprediksi *True Positif* atau kejadian positif dari hasil prediksi. Persamaan dari nilai *precision* sebagai berikut.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.2)$$

3. *Recall*, yaitu nilai yang digunakan untuk melihat tingkat detail performa suatu sistem atau kelas. Persamaan dari nilai *recall* sebagai berikut.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.3)$$

4. *F1-Score*, yaitu nilai yang digunakan untuk mengetahui perhitungan rata-rata dari kombinasi nilai *precision* dan *recall*. Persamaan nilai *F1-score* sebagai berikut.

$$F1 \text{ score} = \frac{precision \times recall}{precision + recall} \quad (2.4)$$

Dalam sebuah *confusion matrix*, berkaitan dengan nilai *epoch*. *Epoch* adalah parameter yang menampilkan nilai berapa kali sebuah algoritma dalam deep learning bekerja melewati seluruh dataset. *Epoch* dapat bekerja secara *forward* maupun *backward*.

2.2.8. Jupyter Lab dan Tensorflow

Jupyter Lab adalah sebuah aplikasi web yang *open source* untuk menyusun program dan membagikan dokumen yang berisi kode, visualisasi, perhitungan, dan teks [24]. *Jupyter Lab* memiliki fungsi dalam membantu *data scientist* untuk membuat narasi komputasi. *Jupyter Lab* terdiri dari tiga bahas pemrograman, yaitu *Julia*, *Python*, dan *R*. *Jupyter Lab* dalam mendukung kemampuan *kernel python* untuk perintah tambahan. Secara visual, kode yang disusun dalam *jupyter lab* disusun secara potongan yang dapat dimodifikasi dan dapat dijalankan secara individual yang disebut sebagai *cells*.

Dalam penyusunan sebuah *image classification*, program yang disusun dapat memanfaatkan *framework deep learning* yang termasuk salah satu dari *library* untuk *data*



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang mengumpulkan dan menganalisis data kuantitatif yang mengandalkan perhitungan untuk memperoleh hasil maksimal. Penelitian ini melakukan penerapan terhadap model klasifikasi jenis sampah untuk lima kondisi dalam pemilihan dengan menghitung tingkat akurasi dari penerapan model klasifikasi dalam sebuah simulasi.

3.2. Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir, terdapat beberapa tahap penelitian yang diperhatikan dan dilakukan oleh peneliti. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian terdiri dari empat tahap secara umum, yaitu:

Tahap Pra-Penelitian

Tahapan pra-penelitian adalah tahap awal untuk penggalian data dan pengerjaan dalam eksekusi penelitian tugas akhir. Tahap pra-penelitian dibagi menjadi lima bagian tahap pelaksanaan oleh peneliti, yaitu:

- a. Tahap studi literatur yang dilaksanakan dengan mempertimbangkan hasil maksimal dalam pengumpulan data dan kemungkinan hasil dari penelitian.
- b. Tahap identifikasi masalah terhadap topik penelitian yang akan dieksekusi sehingga dapat menyesuaikan tujuan dari pengerjaan tugas akhir terhadap implementasi penelitian.
- c. Tahap perumusan masalah dari hasil identifikasi masalah yang menjadi batasan penelitian untuk hasil yang maksimal.
- d. Tahap perancangan dasar terhadap pengerjaan tugas besar yang dibedah melalui hasil perbandingan studi literatur untuk implementasi pada objek penelitian.
- e. Dan tahap persiapan perlengkapan yang berkaitan dengan penelitian.

2. Tahap Pengerjaan dan Pengembangan

Tahap perancangan dan pengembangan merupakan tahap penting dan inti dari penelitian yang dibagi menjadi lima bagian pengerjaan secara umum, yaitu:



- a. Pemahaman terhadap latar penelitian dan mengumpulkan data untuk perancangan lanjutan berupa penyusunan dataset citra model klasifikasi jenis sampah sesuai kelas yang ditetapkan.
- b. Perancangan lanjutan yaitu bagian yang membahas lebih lanjut terhadap perancangan objek penelitian sebelum memasuki tahap eksekusi. Perancangan lanjutan berupa penyusunan dataset untuk diolah dalam pertimbangan klasifikasi objek penelitian yaitu jenis sampah yang akan diklasifikasi.
- c. Perakitan dan pembangunan model klasifikasi terhadap objek penelitian dengan mengimplementasikan perancangan yang telah dipersiapkan sebelum mencapai tahap evaluasi dan analisis data.
- d. *Training data* dan klasifikasi objek adalah bagian dari tahap pengerjaan untuk melatih objek data penelitian dan model untuk dapat mengklasifikasi secara baik dan maksimal.
- e. Penentuan akurasi dari hasil performa klasifikasi objek penelitian. Nilai dari tingkat akurasi akan diolah untuk dianalisa dan mendapatkan nilai *Confusion Matrix*.

Tahap Evaluasi dan Analisis Data

Berdasarkan data yang diperoleh dalam tahap pengerjaan dan pengembangan, data tersebut akan dievaluasi dan dianalisa sesuai kajian yang diharapkan. Data dari hasil simulasi, observasi, dan dokumentasi akan dianalisa untuk memperoleh hasil dari tujuan dan fokus penelitian, yaitu hasil rancangan model klasifikasi jenis sampah menggunakan *image classification* CNN dengan pemahaman cara kerja klasifikasi dan tingkat akurasi yang ditampilkan dengan nilai *Confusion Matrix*.

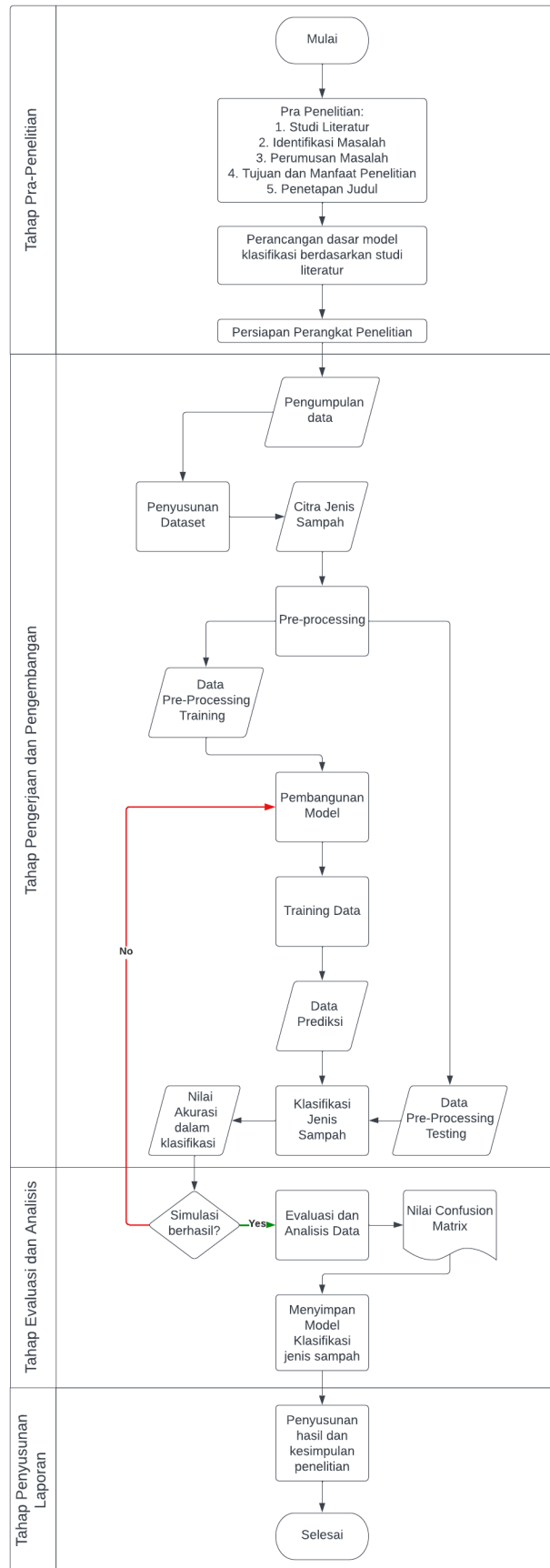
4. Tahap Penulisan Laporan.

Tahap penulisan dan penyusunan laporan adalah tahap terakhir dari penelitian untuk mendapatkan kesimpulan hasil penelitian berdasarkan tahap-tahap penelitian yang dilaksanakan. Hasil penelitian yang disusun dalam laporan akhir, akan menjadi bukti pelaksanaan penelitian tugas akhir selesai.

Berikut adalah alur atau tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini, digambarkan melalui Gambar 3.1 sebagai berikut.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan data dari beberapa referensi terkait berupa *paper*, buku, dan skripsi. Referensi tersebut dibedah dan dianalisa untuk mendapatkan gambaran dan informasi terhadap perkembangan penelitian dari segi teori maupun metode yang digunakan pada penelitian berdasarkan penelitian sebelumnya. Studi literatur berupa *paper* dan skripsi dilakukan untuk mendapatkan inti pembahasan, metode, kelebihan dan kekurangan dari penelitian sebelumnya. Studi literatur berupa buku dilakukan untuk mendapatkan teori penunjang dalam memahami alur penelitian.

3.3.1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dipaparkan, diketahui terdapat permasalahan dalam kondisi pengelolaan sampah yang belum maksimal. Salah satu tahap pengelolaan sampah yang perlu diperhatikan, yaitu tahap pemilahan sampah yang berkaitan dengan mengklasifikasi jenis sampah sebelum sampah dipisah ke tempat sampah. Klasifikasi sampah yang baik berdasarkan peraturan pengelolaan sampah, yaitu sampah diklasifikasi untuk dipisah menjadi sampah B3, sampah organik, sampah didaur ulang, sampah digunakan kembali, dan sampah lainnya.

Proses pemilahan sampah dimulai dari mengklasifikasi jenis sampah minim dilakukan oleh masyarakat sebagai pelaku penghasil sampah. Hal ini berpengaruh pada tingkat efisiensi pengelolaan sampah dan berakibat jumlah sampah yang terus meningkat. Permasalahan tersebut membutuhkan pengembangan dalam membantu proses pemilahan sampah yang dapat dimulai dari tahap mengklasifikasi sampah sesuai standar pemilahan sampah menjadi lima jenis pemilahan tersebut. Oleh karena itu, peneliti mengangkat masalah ini menjadi topik penelitian.

Berdasarkan topik penelitian tersebut, perlu merumuskan masalah penelitian untuk mengetahui tujuan yang akan dicapai. Hal tersebut dikembangkan untuk menentukan judul penelitian yang akan digunakan. Adapun penentuan rumusan masalah, tujuan penelitian, dan judul penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, peneliti melakukan penelitian yang dapat memberikan solusi dari tahap mengklasifikasi jenis sampah sehingga dapat mengklasifikasi berdasarkan standar pemilahan jenis sampah dan membantu mempermudah proses pengelolaan sampah. Adapun solusi tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan pendekatan *image classification convolutional neural network*



yang dapat mengklasifikasi sampah secara efisien dan akurat dari citra sampah, sehingga dalam memahami pengembangan solusi tersebut dapat menggunakan pendekatan simulasi. Jabaran rumusan masalah dari penelitian ini, telah dirangkum pada BAB I.

BAB I.

Menentukan Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk dapat menganalisis dan memahami alur dari pengembangan tahap klasifikasi sampah menggunakan *image classification convolutional neural network* sehingga dapat membantu pengelolaan sampah dengan mengklasifikasi sampah berdasarkan standar pemilahan menjadi sampah organik, sampah didaur ulang, sampah digunakan kembali, dan sampah lainnya. Jabaran tujuan penelitian dari penelitian ini, telah dirangkum pada BAB I.

Menentukan Judul Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian, maka peneliti mengakat topik penelitian ini dengan judul **“Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan *Image classification Convolutional Neural Network*”**.

Persiapan Perangkat Penelitian

Dalam mengembangkan dan membangun penelitian klasifikasi jenis sampah menggunakan *image classification* CNN, membutuhkan perangkat pendukung dalam proses simulasi untuk mendapatkan hasil dari tujuan penelitian. Pengimplementasian perangkat menjadi dua jenis yang digunakan, yaitu perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*). *Hardware* adalah perangkat komputer yang memiliki wujud, sedangkan *software* adalah perangkat komputer yang tidak memiliki wujud namun berbentuk sistem untuk membantu pembangunan sistem. Adapun detail perangkat yang digunakan dalam penelitian, yaitu:

1. *Hardware*

Perangkat *hardware* yang digunakan dalam membangun model klasifikasi pada sebuah simulasi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Detail *Hardware* yang Digunakan Dalam Penelitian

Laptop Device	Camera Smartphone
1. HP-14s-dk1xxx.	1. Resolusi 1920x1080 Dpi
2. <i>Operating System</i> Windows 11 Home 64-bit.	2. Kecepatan Bingkai 30FPS

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber dan nama penulisnya. UIN Suska Riau memiliki hak cipta dan tanggung jawab atas isi dan kualitas karya tulis ini. Dilarang menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa izin UIN Suska Riau.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



3. Processor AMD Ryzen 3 3250U.	3. Digunakan untuk menangkap citra dalam penyusunan dataset
4. Graphic AMD Radeon (TM) Grapihcs (4CPUs)	
5. RAM 8 GB.	

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tanpa mengizinkan penerbit. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya untuk tujuan pendidikan atau penelitian. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya untuk tujuan komersial. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya untuk tujuan lain tanpa izin penerbit.

software

Perangkat *software* yang digunakan dalam menjalankan model klasifikasi yang disusun sebagai berikut:

- *Jupyter Notebook*
- *Tensorflow*

3.5. Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan dalam proses pengumpulan data penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan jenis data yang didapatkan dari peneliti secara langsung atau berfokus pada pengumpulan data dari sumber pertama. Data sekunder adalah jenis data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada atau cenderung pada hasil studi literatur.

Model klasifikasi yang diterapkan pada simulasi untuk mengklasifikasi jenis sampah dalam lima jenis klasifikasi, menggunakan pendekatan *Image classification*. *Image classification* berdasarkan hasil studi literatur adalah salah satu cabang *Machine Learning* yang pendekatan klasifikasi suatu objek berdasarkan citra. Metode yang diterapkan pada pendekatan *image classification* yaitu metode *Convolutional Neural Network* yang merupakan salah satu algoritma *Deep Learning*. Hasil dari simulasi, berkaitan dengan jenis data primer dan sekunder.

Data primer yang diolah dalam penelitian berupa citra yang ditangkap melalui camera untuk jenis-jenis sampah yang akan diakuisi dalam dataset dan berkaitan dalam proses model klasifikasi. Data hasil akurasi performa atau kinerja model penelitian merupakan jenis data primer yang didapatkan dari metode eksperimen dan observasi pada simulasi klasifikasi jenis sampah. Data sekunder yang diolah dalam proses pengumpulan data berupa citra-citra jenis sampah yang didapatkan dengan cara mendownload melalui *search engine google images* dan dari dataset *TrashNet* yang merupakan salah satu rujukan dari hasil studi literatur untuk menyusun dataset penelitian.

Penelitian klasifikasi jenis sampah menggunakan pendekatan sampling berupa sampel citra yang akan diuji untuk mengetahui keberhasilan dari simulasi untuk proses klasifikasi

sampah berdasarkan kelas yang telah ditetapkan. Hasil pengujian secara sampel, akan diolah untuk dianalisa dan diambil kesimpulan terhadap perancangan model klasifikasi jenis sampah dalam pengembangan proses pemilahan sampah.

3.7 Alur Permodelan Klasifikasi Jenis Sampah pada Simulasi

Dalam simulasi klasifikasi jenis sampah, perlu diketahui alur dari sistem sehingga dapat mengklasifikasi objek penelitian, yaitu jenis sampah yang akan dibagi ke dalam kelas-kelas berdasarkan standar jenis pemilahan. Penelitian mengklasifikasi jenis sampah ke dalam kelas sampah B3, sampah organik, sampah didaur ulang, sampah digunakan kembali, dan sampah lainnya berdasarkan hasil pendekatan *image classification* yang menggunakan citra. Adapun jenis *image classification* yang digunakan adalah *supervised classification* yang mengklasifikasi berdasarkan karakteristik statistik data atau pola data yang diambil dari contoh diketahui dalam gambar hasil *training*. Metode yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* yang dapat dilatih dan menyimpan informasi spasial data dalam mengolah data citra untuk mengklasifikasi citra.

3.7.1 Penyusunan Dataset

Tahap pertama dalam pengerjaan dan pengembangan klasifikasi jenis sampah pada simulasi, dimulai dari penyusunan dataset jenis sampah untuk dapat diolah oleh model dan melakukan proses klasifikasi. Penyusunan dataset terdiri dari empat tahap pelaksanaan, yaitu:

Menginput dan Mengakuisisi Citra

Penyusunan dimulai dengan menginput seluruh hasil data citra yang dikumpulkan berupa citra jenis sampah yang digunakan pada simulasi. Jumlah data yang diinput dan diakuisisi sebanyak 3000 data citra minimal berdasarkan hasil rujukan studi literatur [13]. Metode pengambilan melibatkan seluruh bagian tampilan jenis sampah dengan jarak pengambilan menyesuaikan dengan ukuran sampah sehingga dapat terinput seluruh bagian sampah. Adapun data pendukung yang diinputkan adalah citra yang didownload melalui *search engine googles image*.

Adapun detail jenis citra yang diinputkan dan diakuisisi pada percobaan simulasi ini, disesuaikan berdasarkan jenis tiga sampah yang paling banyak secara umum dari setiap kategori berdasarkan data SIPS Nasional [1] sebagai berikut:



Tabel 3.1 Detail Akusisi Citra pada Simulasi.

Kategori Sampah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)	Kategori Sampah Organik	Kategori Sampah Didaur Ulang	Kategori Sampah Digunakan Kembali	Kategori Sampah Lainnya (Residu)
1. Baterai Bekas 2. Obat-Obatan Lama 3. Botol Detergen dan Pembersih Lantai	1. Sisa Makanan 2. Daun-daunan 3. Kayu	1. Botol Plastik 2. Kantong Plastik 3. Kertas	1. Wadah Makanan 2. Sepatu 3. Baju	1. Puntung Rokok 2. Masker 3. Styrofoam
600 citra	600 citra	600 citra	600 citra	600 citra

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Menghapus Citra yang Bermasalah

Menghapus Citra yang Bermasalah adalah tahap untuk menyeleksi citra yang tidak diinginkan. Citra yang diinput dan diakusisi adalah jenis citra yang hanya berformat *jpeg, jpg, png, dan BMP*. Dilakukan penghapusan selanjutnya untuk citra yang memiliki ukuran dibawah 10kb berdasarkan model klasifikasi CNN untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih baik.

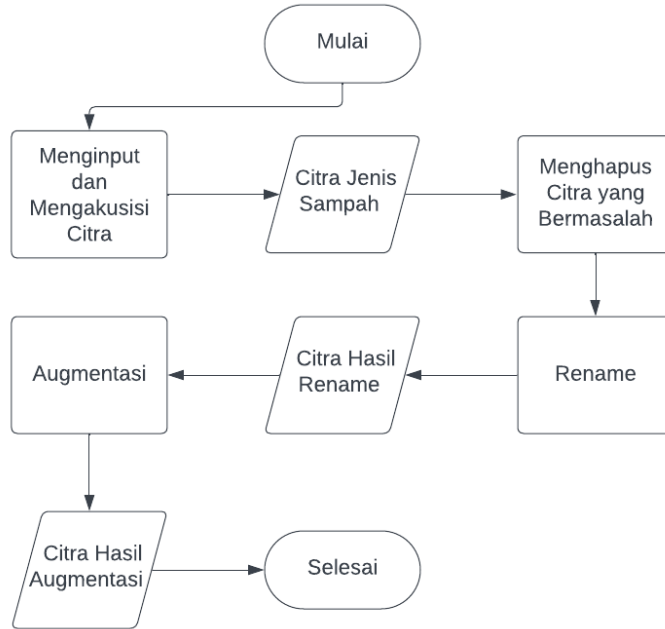
3. Rename

Proses *rename* adalah proses pemberian nama atau label sesuai kelas atau jenis kategori sampah pada citra. Fungsi dari proses rename untuk dapat dikenali oleh model dari nama yang diinputkan. Hal ini akan erat kaitan nya dalam penyusunan model dan *training*. Data label dan data citra pada dataset akan dimanfaatkan pada tahap *training* sehingga model klasifikasi dapat menghasilkan data prediksi untuk klasifikasi objek selanjutnya.



4. Augmentasi

Proses augmentasi merupakan tahap mengolah data citra sehingga citra asli dapat diubah bentuk dan posisi untuk model klasifikasi dapat belajar mengenali pola citra yang berbeda-beda serta berkaitan dalam *pre-processing*. Adapun metode augmentasi yang digunakan yaitu *Rotation, Zoom, Horizontal Flip, dan Fill Mode*.



Gambar 3.2 Tahapan Proses Penyusunan Dataset

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.7.2 Pre-Processing

Pre-Processing adalah tahap dalam pemodelan klasifikasi untuk nilai citra dari dataset dapat disesuaikan dalam pengolahan citra pada model klasifikasi. Tujuan dari *pre-processing* adalah untuk tidak terjadi kesalahan input data dan pemrosesan tidak mengalami kompleksitas komputasi yang tinggi. Adapun proses pada tahap *pre-processing*, yaitu:

1. *Resize*

Resize adalah tahap lanjut dari penyusunan dataset yang mengubah ukuran citra menjadi tidak terlalu besar sehingga kompleksitas komputasi klasifikasi tidak tinggi. Adapun ukuran *resize* yang digunakan dalam klasifikasi jenis sampah pada simulasi ini adalah ukuran 224×224 berdasarkan ketetapan dari arsitektur CNN yang digunakan yaitu *MobileNetV2*.

2. *Scaling Data*

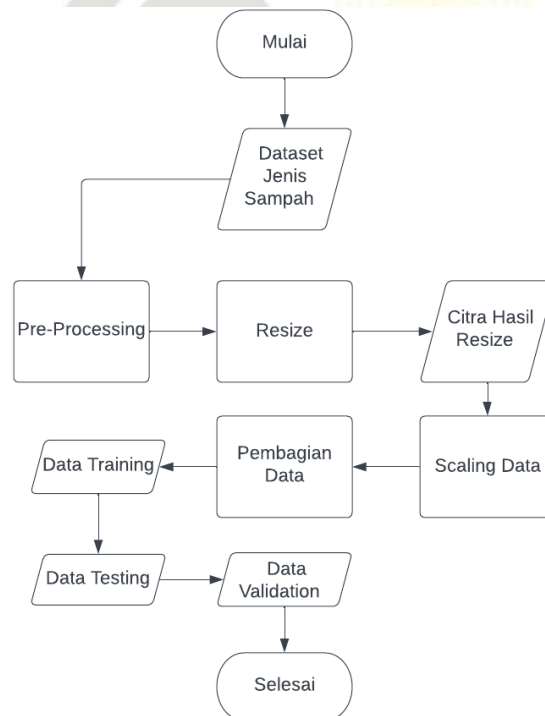
Scaling Data adalah proses pengubahan nilai pada tiap-tiap *pixel* dari 0 – 255 menjadi 0-1. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dan mempercepat proses klasifikasi yang akan dilakukan oleh model dengan membagi nilai masing-masing



pixel dengan 255 sehingga pengaturan *rescale* menjadi 1/255. Tujuan dari *scaling* dapat mempermudah proses dari *training* data pada model yang dibangun.

5. Pembagian Data

Dalam membangun model klasifikasi, dataset dibagi untuk menjadi tiga jenis dataset. Pembagian dataset menjadi *training dataset*, *validation dataset*, dan *testing dataset*. Perbandingan presentasi dari tiap – tiap dataset berdasarkan aturan umum *Machine Learning* yang digunakan model CNN adalah 80%: 10%: 10%. Data *training* dan data *validation* akan digunakan dalam pembangunan model pada proses *training* model untuk mendapatkan data prediksi yang dapat dilakukan oleh model berdasarkan kategori klasifikasi. Adapun keterangan kategori data pada proses klasifikasi dibagi menjadi kategori 0 untuk sampah B3, kategori 1 untuk sampah organik, kategori 2 untuk sampah didaur ulang, kategori 3 untuk sampah digunakan kembali, dan kategori 4 untuk sampah lainnya atau residu. Data *testing* digunakan untuk menguji model pada proses klasifikasi objek dengan melihat hasil data prediksi model yang tersimpan atau data yang telah dipelajari oleh model.



Gambar 3.3 Tahapan *Pre-Processing* Model

3.7.3 Pembangunan Model Klasifikasi dan *Training*

Pembangunan model merupakan tahap yang dilanjutkan setelah menyiapkan dataset klasifikasi dan menerapkan pemahaman dari hasil studi literatur. Adapun model klasifikasi yang diterapkan adalah model klasifikasi CNN dengan arsitektur *MobileNetV2*. Arsitektur

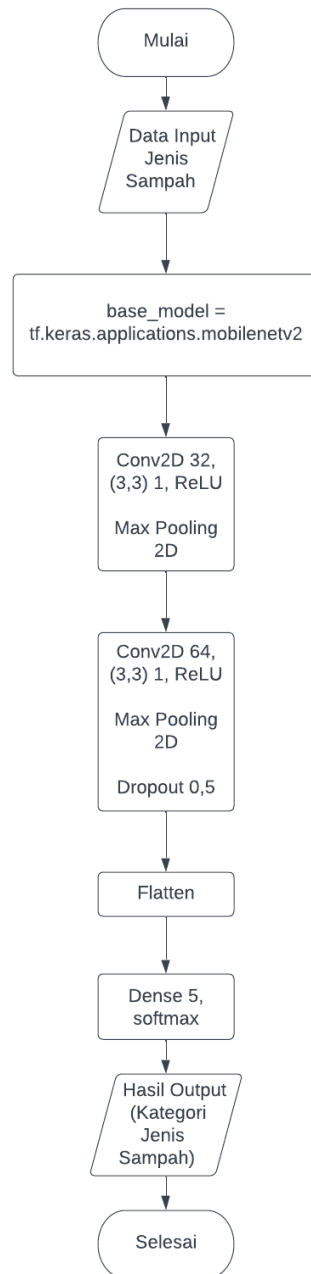
Hak cipta ini milik UIN Suska Riau
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MobileNetV2 menerapkan pengolahan data citra yang berukuran $224 \times 224 \times 3$. Nilai 3 yang diolah pada arsitektur mengartikan jumlah channel dari citra yaitu *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB). Arsitektur *MobileNetV2* akan digabungkan dengan lapisan konvolusi tambahan sehingga arsitektur *MobileNetV2* menjadi arsitektur dalam tahap feature learning pada model. Penambahan lapisan konvolusi dilakukan untuk meningkatkan tingkat akurasi model dan untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengklasifikasi data citra baru secara akurat.

Penyusunan model akan dimulai dari proses feature learning yang terdiri dari *convolution layer*, *activation function layer*, *pooling layer*, dan *flatten layer*. *Convolution layer* berfungsi untuk proses segmentasi, *feature extraction*, dan *feature selection* dari citra untuk mendapat informasi dari fitur-fitur unik pada tiap jenis citra. Setiap *convolution layer* berkaitan dengan nilai *weight* dan *bias* di setiap *neuron*. *Convolution layer* melakukan segmentasi, *feature extraction*, dan *feature selection* dengan memanfaatkan *kernel convolution* yang saling mengaitkan dari hasil mengekstrak fitur unik pada tiap citra. Adapun metode *feature selection* yang digunakan adalah metode *filter selection*, yaitu mengevaluasi fitur unik secara bebas dari *array* dan memberikan skor statistik dalam korelasi fitur dengan variabel yang dihasilkan. Hasil dari konvolusi pada citra akan menghasilkan pola citra yang akan dipahami oleh model untuk dapat diklasifikasi berdasarkan *weight gradient*. *Activation function layer* adalah tahap pada proses konvolusi untuk menetapkan nilai dari tiap *pixel* hasil *feature extraction* dan *feature selection* setelah *kernel* konvolusi berkerja. Adapun *activation function* yang digunakan pada arsitektur *MobileNetV2* dan lapisan konvolusi tambahan adalah aktivasi *ReLU*. *ReLU* adalah fungsi yang mengubah output dari *neuron* menjadi 0 jika nilai inputan *pixel* adalah negatif dan nilai aktivasi akan tetap sesuai inputannya apabila positif. *Pooling* adalah proses pada *feature learning* untuk mengurangi dimensi dari *feature map* hasil *convolution layer* dan *activation function*. Jenis *pooling* yang digunakan adalah *max pooling* dengan menggunakan filter 2×2 untuk setiap hasil *feature map*. *Flatten* adalah proses yang digunakan untuk memadatkan hasil *feature map* dan hasil citra dari *flatten layer* akan masuk pada vector *MultiLayer Preceptron* untuk mendapatkan hasil output klasifikasi dari tiap pola pada *feature map* yang disebut proses *Classification*. Detail *feature learning* dan *classification* menggunakan arsitektur *MobileNetV2* dan lapisan konvolusi tambahan, ditampilkan pada Gambar 3.4 sebagai berikut.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

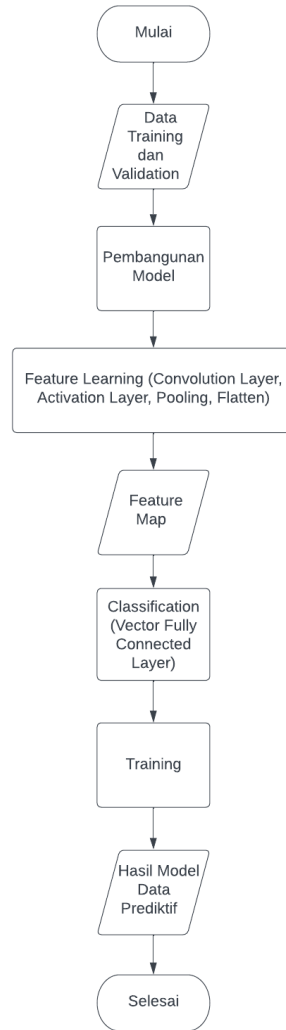
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penerbitan kritik atau jurnalistik atau sejenisnya.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengurnungkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.4 Alur *Feature Learning* dan *Classification* pada Arsitektur *MobileNetV2* dan Lapisan Konvolusi Tambahan.

Training merupakan tahap yang dilakukan setelah model klasifikasi dibangun. *Training* akan memanfaatkan data gambar dan label pada dataset *training* dan dataset *validation* untuk mempelajari pola-pola fitur pada tiap kategori untuk dapat menghasilkan model data prediksi sehingga saat dilakukan *testing*, model klasifikasi telah mengetahui jenis klasifikasi citra tersebut dari hasil pengenalan pola yang telah dilatih sebelumnya. Pada proses *training*, input dan prediksi output citra pada dataset *training* dan *validation* akan menjadi komponen utama pada pelatihan model. Dari hasil *training*, dilakukan plot performa

model untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan akurasi dalam mengklasifikasi citra pada proses *testing* klasifikasi objek. Adapun detail dari tahap pembangunan model dan *training*, ditunjukkan pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Alur Pembangunan Model Klasifikasi dan *Training*

3.7.4 Klasifikasi Objek

Klasifikasi objek merupakan proses yang memanfaatkan data prediksi model hasil *training* dengan input citra adalah data *testing*. Data *testing* berisi citra yang belum diproses sebelumnya oleh model sehingga model akan memproses citra tersebut dengan belajar memahami pola fitur citra dan mencocokkan dengan data prediksi setiap kelas kategori. Adapun pada simulasi, klasifikasi objek dibagi menjadi kategori 0, 1, 2, 3, 4 dengan total kategori kelas seluruhnya adalah 5 kelas berdasarkan rumusan dan tujuan yang dicapai. Kategori 0 untuk sampah B3, kategori 1 untuk sampah organik, kategori 2 untuk sampah didaur ulang, kategori 3 untuk sampah digunakan kembali, dan kategori 4 untuk sampah residu. Klasifikasi objek didapatkan berdasarkan hasil nilai yang diproses pada model

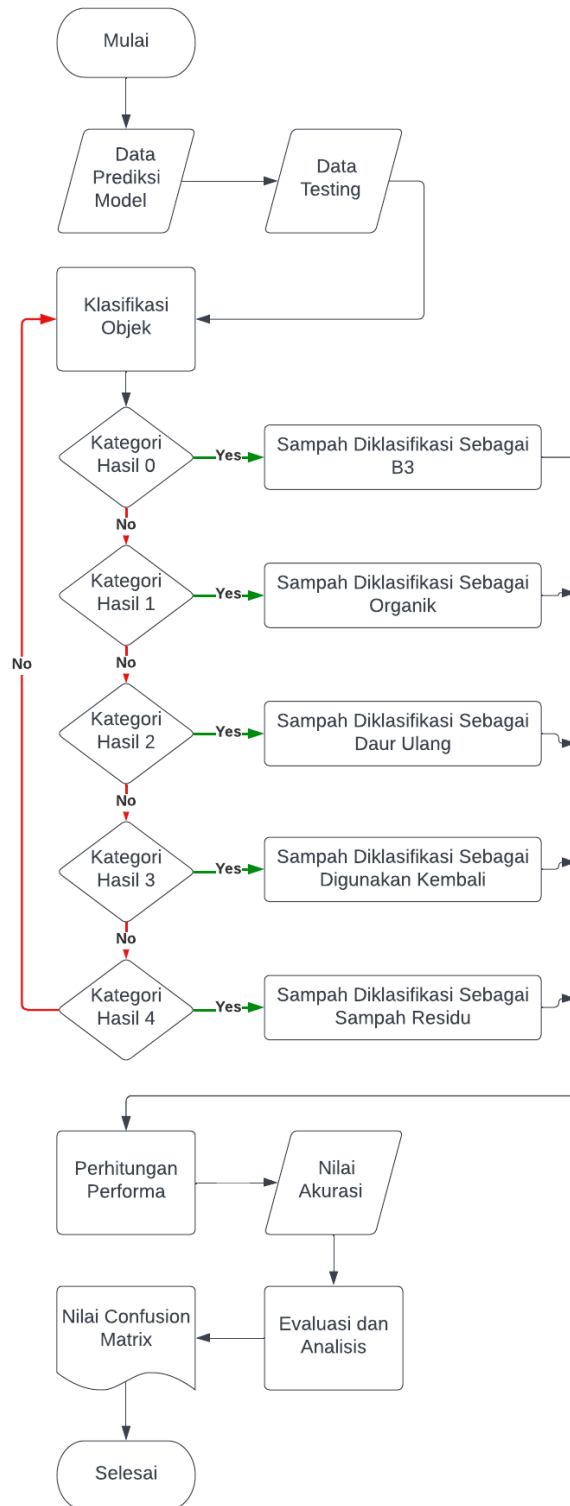
klasifikasi dan *training*. Adapun detail klasifikasi jenis sampah yang dilakukan pada simulasi, yaitu:



- Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengurnungkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Gambar 3.6 Alur Klasifikasi Jenis Sampah pada Simulasi.

Hasil dari proses klasifikasi akan diolah untuk perhitungan performa sehingga dapat diketahui nilai akurasi dari kemampuan model untuk mengklasifikasi objek tersebut. Nilai

akurasi akan dievaluasi dan dianalisis untuk menghasilkan nilai *Confusion Matrix* yang terdiri dari *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

3.7.5 Penyimpanan Model Klasifikasi

Penyimpanan Model dilakukan sebagai tahap setelah evaluasi dan analisis sehingga model yang disusun dan dibangun dapat digunakan kembali dan bermanfaat untuk mengembangkan proses lanjutan yang berkaitan dari model dengan tujuan. Penyimpanan model dapat dilakukan dengan menyimpan pada perangkat penyimpanan simulasi secara offline atau dapat disimpan secara online sehingga dapat diakses lebih mudah oleh pihak lain untuk meneliti selanjutnya.

3.8 Hasil dan Analisis Data

Penelitian klasifikasi jenis sampah menggunakan *image classification convolutional neural network* yang disimulasikan, terdapat tiga hasil yang ingin dicapai dalam penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui penerapan model klasifikasi jenis sampah menggunakan *image classification convolutional neural network* untuk kasus klasifikasi jenis sampah B3, sampah organik, sampah daur ulang, sampah yang digunakan kembali, dan sampah lainnya serta menganalisis cara kerja dari proses pengklasifikasian jenis sampah menggunakan *image classification convolutional neural network*.
2. Menganalisis model klasifikasi untuk mengetahui tingkat akurasi dari kinerja klasifikasi jenis sampah sebagai bagian pengembangan tahap pemilahan sampah.



UIN SUSKA RIAU

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan *Image Classification Convolutional Neural Network*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Penerapan model *image classification* CNN dapat diterapkan dengan baik dalam mengklasifikasi jenis sampah dan berhasil mengklasifikasi berdasarkan kelas yang ditetapkan yaitu sampah B3, sampah organik, sampah daur ulang, sampah digunakan kembali, dan sampah residu. Cara kerja penerapan *image classification* CNN dalam mengklasifikasi jenis sampah sebagai proses *feature learning* dan *classification* terhadap dataset *train* dan *validation* untuk menghasilkan model data prediktif. Model data prediktif terhadap dataset *test* akan diolah dan disimpan untuk proses lanjut *testing* klasifikasi yang melakukan klasifikasi terhadap data citra baru sehingga dapat dilihat tingkat keberhasilan dari penerapan *image classification* CNN dalam mengklasifikasi jenis sampah.

Tingkat akurasi dalam mengklasifikasi jenis sampah menggunakan *image classification* CNN dari hasil *training* model yaitu, antara 89.44% hingga 92.74%. Sampah organik merupakan kelas dengan nilai klasifikasi tertinggi dengan 99% sedangkan sampah B3 dan sampah digunakan kembali merupakan kelas dengan nilai klasifikasi terendah yaitu 89%. Pada tahap *testing* sampel didapatkan nilai klasifikasi prediktif secara benar oleh model terhadap data baru citra jenis sampah adalah 93.33% dari 15 citra baru. Kesalahan klasifikasi citra jenis baru dapat terjadi karena kerancuan klasifikasi model prediktif terhadap data yang mirip saat *training* dan perlu tahap pembelajaran model lebih lanjut.

5.2. Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini sebagai berikut:

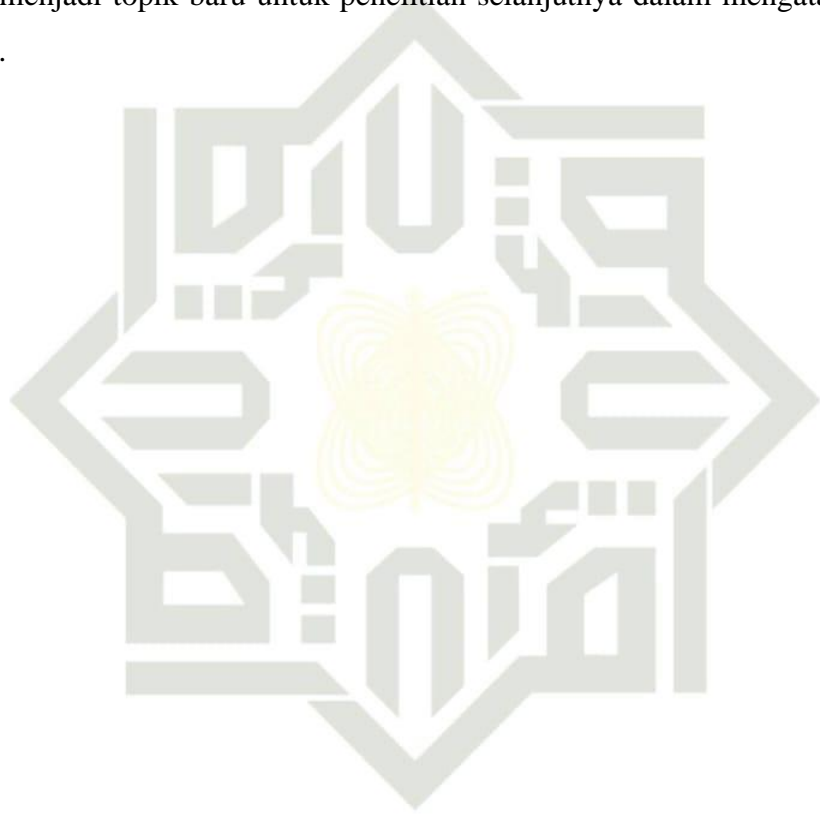
1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperhatikan, menambah dan meningkatkan kualitas dataset untuk kelas klasifikasi jenis sampah sehingga model dapat belajar lebih baik dan menghasilkan klasifikasi yang lebih maksimal pada data citra baru.



2. Dalam membantu mengatasi proses *training* yang lama, penelitian selanjutnya dapat menggunakan GPU dengan menambahkan pengaturan *Tensorflow GPU* dan *Computer Unified Device Architecture (CUDA)*.

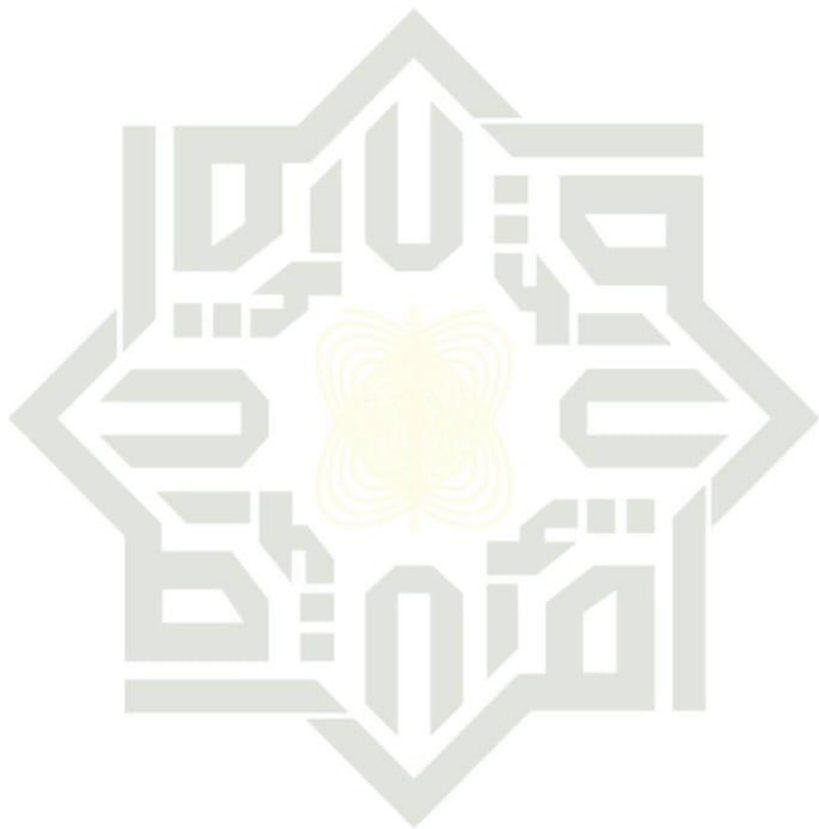
Penelitian ini masih terdapat kondisi prediktif klasifikasi yang kurang tepat sehingga untuk meningkatkan keakuratan model dapat dimasukkan proses segmentasi objek sehingga model dapat lebih akurat dalam memprediksi data citra aru.

Penelitian belum termasuk kondisi klasifikasi diluar kelas model yang disusun sehingga dapat menjadi topik baru untuk penelitian selanjutnya dalam mengatasi kondisi tersebut.



[23] A. Anand, "Unit 13 Image Classification," in *Processing and Classification of Remotely Sensed Images*, India, Ignou The People's University, 2017, pp. 41-58.

[24] J. D. Radana, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk Image Classification Varietas Tanaman Tembakau",
Jember Timur: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas JEMBER, 2022.



UIN SUSKA RIAU



LAMPIRAN

Penyusunan Program Model Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan *Jupyter Lab* dan *Library Tensorflow*:

2. Install Library Dalam Membangun dan Menjalankan Program Image Classification

```
!pip install tensorflow opencv-python matplotlib
#tensorflow untuk library pelatihan model data machine learning
#opencv-python untuk penampilan dan pemrosesan yang berkaitan dengan computer vision
#matplotlib untuk menampilkan dan visualisasi data
```

```
!pip install pandas imutils scikit-learn seaborn
#pandas untuk memproses data dan menganalisis data
#imutils untuk pemrosesan dasar citra
#scikit-learn untuk processing data dan training
```

```
!pip install flask flask-cors
#flask untuk developing
```

```
!pip list
#untuk menampilkan list dari Library yang sudah terinstall
```

import Tensorflow dan Library yang telah diinstall

```
#untuk pengembangan dan pembangunan model
import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
from tensorflow.keras import backend as K
from tensorflow.keras.layers import Dense, Activation, Dropout, Conv2D,
MaxPooling2D, BatchNormalization, Flatten, Input #penginputan layer
from tensorflow.keras.optimizers import Adam, Adamax
from tensorflow.keras.metrics import categorical_crossentropy
from tensorflow.keras import regularizers
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from tensorflow.keras.models import Model, load_model, Sequential
from keras.callbacks import ModelCheckpoint
import numpy as np #linear algebra
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
# visualisasi data
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.pyplot import imshow
```



```

import os
import seaborn as sns
sns.set_style('darkgrid')
from sklearn.metrics import confusion_matrix, classification_report
from IPython.display import display, HTML

```

Mengakuis Citra, Menghubungkan Folder Data Citra, dan Membangun Dataframe

```

datadir='D:\simulasi\simulasita\data'#penginputan lokasi dataset dalam model
#penambilan list data citra dan label pada dataset
filepath=[]
classlist=os.listdir(datadir)
for kelas in classlist:
    classpath=os.path.join(datadir,kelas)
    if os.path.isdir(classpath):
        flist=os.listdir(classpath)
        for f in flist:
            fpath=os.path.join(classpath,f)
            filepaths.append(fpath)
            labels.append(kelas)
Fseries= pd.Series(filepaths, name='filepaths')
Lseries=pd.Series(labels, name='labels')
df=pd.concat([Fseries, Lseries], axis=1)
print(df.head())
print(df['labels'].value_counts())

```

Pembagian Data menjadi Train, Validasi, dan Test untuk di Proses

```

train_split=.8 #80% dari dataset untuk train
test_split=.1 #10% dari dataset untuk test
dummy_split=test_split/(1-train_split)
train_df, dummy_df=train_test_split(df, train_size=train_split, shuffle=True,
random_state=123)
test_df, valid_df=train_test_split(dummy_df, train_size=dummy_split, shuffle=True,
random_state=123) #nilai data validasi
print('train_df length: ', len(train_df), ' test_df length: ', len(test_df), ' valid_df length: ',
len(valid_df))

```

train_df length: 2420 test_df length: 302 valid_df length: 303

Pre-Processing dataset

```

#Pendefinisian variabel ukuran pada resize
height=224

```

```

width=224
channels=3
#Pengaturan jumlah citra dalam satu batch
batch_size=64

#Resize
img_shape=(height, width, channels)
img_size=(height, width)

#Penjabaran informasi dataset test
length=len(test_df)
test_batch_size=sorted([int(length/n) for n in range(1,length+1) if length % n ==0 and
length/n<=80],reverse=True)[0]
test_steps=int(length/test_batch_size)
print('test batch size: ',test_batch_size, ' test steps: ', test_steps)

#Augmentasi Citra
gen=ImageDataGenerator(
    rescale=1./255, #Normalisasi nilai pixel
    rotation_range=15, #Melakukan rotasi citra
    zoom_range=0.2, #Pembesaran data citra
    horizontal_flip=True, #Membalikkan gambar secara horizontal
    fill_mode='nearest' #Mengambil nilai pixel terdekat)

#pre-processing dataset train, validation, dan test
train_gen=gen.flow_from_dataframe( train_df, x_col='filepaths', y_col='labels',
    target_size=img_size, class_mode='categorical',
    color_mode='rgb', shuffle=True, batch_size=batch_size)

valid_gen=ImageDataGenerator(rescale=1./255)
valid_gen=valid_gen.flow_from_dataframe( valid_df, x_col='filepaths', y_col='labels',
    target_size=img_size, class_mode='categorical',
    color_mode='rgb', shuffle=True, batch_size=batch_size)

test_gen=ImageDataGenerator(rescale=1./255)
test_gen=test_gen.flow_from_dataframe( test_df, x_col='filepaths', y_col='labels',
    target_size=img_size, class_mode='categorical',
    color_mode='rgb', shuffle=False, batch_size=test_batch_size)

#Menampilkan jumlah data train, validation, dan test
classes=list(train_gen.class_indices.keys())
print(classes)
class_count=len(classes)

```

test batch size: 2 test steps: 151

Found 2420 validated image filenames belonging to 5 classes.

Found 303 validated image filenames belonging to 5 classes.

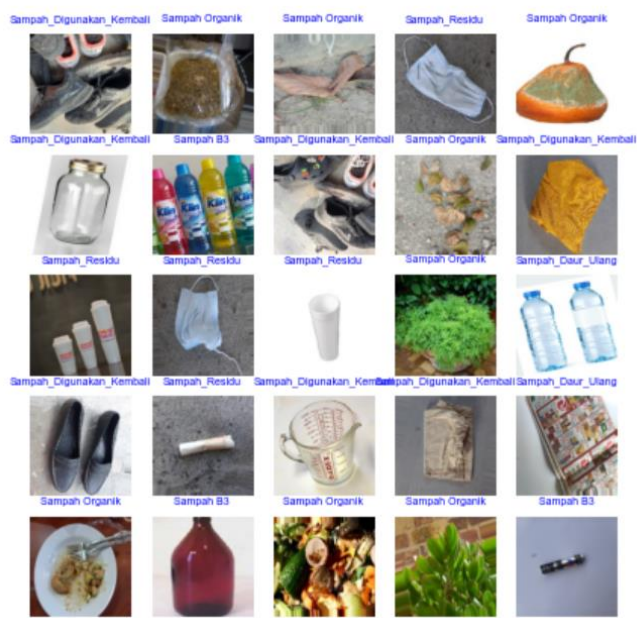
Found 302 validated image filenames belonging to 5 classes.

['Sampah B3', 'Sampah Organik', 'Sampah_Daur_Ulang', 'Sampah_Digunakan_Kembali', 'Sampah_Residu']

Menampilkan beberapa sample citra dalam dataset

```
def show_image_samples(gen):  
    test_dict=test_gen.class_indices  
    classes=list(test_dict.keys())  
    images,labels=next(gen) #mendapatkan sampel batch citra dari generator pada  
    plt.figure(figsize=(20, 20))  
    length=len(labels)  
    if length<25:  
        r=length  
    else:  
        r=25  
    for i in range(r): #Pengaturan posisi tampilan sampel  
        plt.subplot(5, 5, i + 1)  
        image=images[i]  
        plt.imshow(image)  
        index=np.argmax(labels[i])  
        class_name=classes[index]  
        plt.title(class_name, color='blue', fontsize=16)  
        plt.axis('off')  
    plt.show()
```

show_image_samples(train_gen) #pemanggilan dan penampilan hasil sampel



Gambar Akusisi dari Sampel Citra

Pembangunan Model Image Classification CNN menggunakan MobileNetV2 dan Convolution Layer sendiri

```
#Pemanggilan model arsitektur MobileNetV2 dari Keras application sebagai  
base_model (feature learning)
```

```
base_model=tf.keras.applications.MobileNetV2(include_top=False,  
weights="imagenet",input_tensor=Input(shape=(224,224,3)))
```

```
WARNING:tensorflow: `input_shape` is undefined or non-square, or `rows` is not in [9  
6, 128, 160, 192, 224]. Weights for input shape (224, 224) will be loaded as the default
```

```
#Menampilkan lapisan jaringan pada arsitektur MobileNetV2  
base_model.summary()
```

```
#Membekukan basis konvolusi untuk mencegah pembobotan layer tertentu sehingga  
tidak terjadi pembaharuan  
base_model.trainable = False
```

```
model_name='SimulasiTA' #Nama model yang disimpan setelah fase evaluasi  
print("Building model with", base_model)
```

```
model = tf.keras.Sequential([  
base_model,#pemanggilan arsitektur MobileNetV2  
#Lapisan pertama konvolusi tambahan  
tf.keras.layers.Conv2D(filters=32, padding='same', kernel_size=3,  
activation='relu', strides=1),  
tf.keras.layers.MaxPool2D(pool_size=2, strides=2),  
#Lapisan kedua konvolusi tambahan  
tf.keras.layers.Conv2D(filters=64, padding='same', kernel_size=3,  
activation='relu', strides=1),  
tf.keras.layers.MaxPool2D(pool_size=2, strides=2),  
tf.keras.layers.Dropout(rate=0.5),  
#Lapisan Classification  
tf.keras.layers.Flatten(),  
tf.keras.layers.Dense(5, activation='softmax') #sesuaikan nilai dense dengan  
kelas klasifikasi  
)
```

```
#Mengompilasi model dengan sistem kategorial dan menghitung nilai akurasi  
model.compile(optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(learning_rate=.001),  
loss='categorical_crossentropy', metrics='accuracy')
```

```
Building model with <keras.engine.functional.Functional object at 0x000001309FC19  
360>
```

```
#Menampilkan ringkasan lapisan model klasifikasi
model.summary()
```

```
Model: "sequential"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
mobilenetv2_1.00_224 (Functional)	(None, 7, 7, 1280)	2257984
conv2d (Conv2D)	(None, 7, 7, 32)	368672
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 3, 3, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 3, 3, 64)	18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 1, 1, 64)	0
dropout (Dropout)	(None, 1, 1, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 64)	0
dense (Dense)	(None, 5)	325

```

Total params: 2,645,477
Trainable params: 387,493
Non-trainable params: 2,257,984

```

Gambar Model Summary Model Klasifikasi Jenis Sampah

- Hak Cipta Diindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa r
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian,
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Su
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Training Model yang telah disusun berdasarkan data train dan validasi

```
#Melatih model yang telah disusun dengan pengaturan epoch sesuai kebutuhan
model.fit(x=train_gen, epochs=20, validation_data=valid_gen)
```

```
Epoch 1/20
38/38 [=====] - 170s 4s/step - loss: 1.4891 - accuracy: 0.4550 - val_loss: 0.5784 - val_accuracy: 0.7921
Epoch 2/20
38/38 [=====] - 123s 3s/step - loss: 0.6503 - accuracy: 0.7715 - val_loss: 0.3519 - val_accuracy: 0.8779
Epoch 3/20
38/38 [=====] - 108s 3s/step - loss: 0.4162 - accuracy: 0.8624 - val_loss: 0.3536 - val_accuracy: 0.8746
Epoch 4/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.3088 - accuracy: 0.9054 - val_loss: 0.2502 - val_accuracy: 0.9307
Epoch 5/20
38/38 [=====] - 104s 3s/step - loss: 0.2614 - accuracy: 0.9140 - val_loss: 0.3186 - val_accuracy: 0.9307
Epoch 6/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.2298 - accuracy: 0.9306 - val_loss: 0.2458 - val_accuracy: 0.9175
Epoch 7/20
38/38 [=====] - 106s 3s/step - loss: 0.2127 - accuracy: 0.9388 - val_loss: 0.3011 - val_accuracy: 0.9175
Epoch 8/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.1688 - accuracy: 0.9475 - val_loss: 0.2799 - val_accuracy: 0.9373
Epoch 9/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.1727 - accuracy: 0.9492 - val_loss: 0.3916 - val_accuracy: 0.9010
Epoch 10/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.1869 - accuracy: 0.9438 - val_loss: 0.2608 - val_accuracy: 0.9142
Epoch 11/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.1202 - accuracy: 0.9640 - val_loss: 0.2943 - val_accuracy: 0.9208
Epoch 12/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.1064 - accuracy: 0.9628 - val_loss: 0.3423 - val_accuracy: 0.9175
Epoch 13/20
38/38 [=====] - 104s 3s/step - loss: 0.1191 - accuracy: 0.9657 - val_loss: 0.4527 - val_accuracy: 0.9043
Epoch 14/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.1284 - accuracy: 0.9612 - val_loss: 0.2845 - val_accuracy: 0.9175
Epoch 15/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.1140 - accuracy: 0.9640 - val_loss: 0.2995 - val_accuracy: 0.9274
Epoch 16/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.0851 - accuracy: 0.9756 - val_loss: 0.2938 - val_accuracy: 0.9274
Epoch 17/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.0789 - accuracy: 0.9769 - val_loss: 0.4709 - val_accuracy: 0.9010
Epoch 18/20
38/38 [=====] - 105s 3s/step - loss: 0.0915 - accuracy: 0.9711 - val_loss: 0.2809 - val_accuracy: 0.9307
Epoch 19/20
38/38 [=====] - 104s 3s/step - loss: 0.0700 - accuracy: 0.9789 - val_loss: 0.3269 - val_accuracy: 0.9373
Epoch 20/20
38/38 [=====] - 104s 3s/step - loss: 0.0555 - accuracy: 0.9831 - val_loss: 0.3182 - val_accuracy: 0.9340
```

Gambar History Training Model Klasifikasi

Penjabaran dasar dalam mendefinisikan fungsi untuk memprint keterangan pada Confusion Matrix

```
def print_in_color(txt_msg,fore_tuple,back_tuple):  
    #mencetak text_msg dalam warna latar depan yang ditentukan oleh fore_tuple  
    #dengan latar belakang yang ditentukan oleh back_tuple  
    #text_msg adalah teksnya, fore_tuple adalah tuple warna latar depan (r,g,b),  
    #back_tuple adalah tuple latar belakang (r,g,b)  
    rf,rg,bf=fore_tuple  
    rb,gb,bb=back_tuple  
    mat='{0}' + txt_msg  
    mat='{33[38;2;' + str(rf) + ';' + str(gf) + ';' + str(bf) + ';48;2;' + str(rb) + ';' + str(gb) + ';' +  
    str(bb) + 'm'  
    print(msg.format(mat), flush=True)  
    print('\33[0m', flush=True) #mengembalikan warna cetak default menjadi hitam  
    return
```

Mendefinisikan fungsi dalam menampilkan nilai hasil dari model training pada data test

```
def tr_plot(tr_data, start_epoch):  
    #Plot data pelatihan dan validasi  
    tacc=tr_data.history['accuracy']  
    tloss=tr_data.history['loss']  
    vacc=tr_data.history['val_accuracy']  
    vloss=tr_data.history['val_loss']  
    Epoch_count=len(tacc)+ start_epoch  
    Epochs=[]  
    for i in range (start_epoch ,Epoch_count):  
        Epochs.append(i+1)  
    index_loss=np.argmin(vloss)#Memasukkan nilai epoch dengan validasi loss terendah  
    val_lowest=vloss[index_loss]  
    index_acc=np.argmax(vacc)  
    acc_highest=vacc[index_acc]  
    plt.style.use('fivethirtyeight')  
    sc_label='best epoch= ' + str(index_loss+1 +start_epoch) #Menampilkan nilai terbaik  
    pada loss  
    vc_label='best epoch= ' + str(index_acc + 1+ start_epoch) #Menampilkan nilai terbaik  
    pada accuracy  
    #Penampilan nilai grafik pada hasil history  
    fig,axes=plt.subplots(nrows=1, ncols=2, figsize=(20,8))  
    axes[0].plot(Epochs,tloss, 'r', label='Training loss')  
    axes[0].plot(Epochs,vloss,'g',label='Validation loss' )  
    axes[0].scatter(index_loss+1 +start_epoch,val_lowest, s=150, c= 'blue',  
    label=sc_label)  
    axes[0].set_title('Training and Validation Loss')
```

```

axes[0].set_xlabel('Epochs')
axes[0].set_ylabel('Loss')
axes[0].legend()
axes[1].plot (Epochs,tacc,'r',label= 'Training Accuracy')
axes[1].plot (Epochs,vacc,'g',label= 'Validation Accuracy')
axes[1].scatter(index_acc+1 +start_epoch,acc_highest, s=150, c= 'blue',
label= 'label')
axes[1].set_title('Training and Validation Accuracy')
axes[1].set_xlabel('Epochs')
axes[1].set_ylabel('Accuracy')
axes[1].legend()
plt.tight_layout
plt.style.use('fivethirtyeight')
plt.show()

```

Mendefinisikan Fungsi dalam menjabarkan penjelasan pada Confusion Matrixs dan Laporan Hasil Klasifikasi

```

def print_info( test_gen, preds, print_code, save_dir, subject ):
class_dict=test_gen.class_indices
labels= test_gen.labels
file_names= test_gen.file_names
error_list=[]
true_class=[]
pred_class=[]
prob_list=[]
new_dict={}
error_indices=[]
y_pred=[]
for key,value in class_dict.items():
new_dict[value]=key # kamus {integer nomor kelas: string nama kelas}
#simpan new_dict sebagai denda teks di save_dir
classes=list(new_dict.values()) #daftar string nama kelas
dict_as_text=str(new_dict)
dict_name= subject + '-' +str(len(classes)) +'.txt'
dict_path=os.path.join(save_dir,dict_name)
with open(dict_path, 'w') as x_file:
x_file.write(dict_as_text)
errors=0
for i, p in enumerate(preds):
pred_index=np.argmax(p)
true_index=labels[i] #label adalah nilai integer
if pred_index != true_index: #terjadi kesalahan klasifikasi
error_list.append(file_names[i])
true_class.append(new_dict[true_index])
pred_class.append(new_dict[pred_index])

```



2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

```

prob_list.append(p[pred_index])
error_indices.append(true_index)
errors=errors + 1
y_pred.append(pred_index)
if print_code !=0:
    if errors>0:
        print_code>errors:
            r=errors
            e:
                r=print_code
                msg='{:0:^28s}{1:^28s}{2:^28s}{3:^16s}'.format('Filename', 'Predicted Class',
                    'True Class', 'Probability')
                print_in_color(msg, (0,255,0),(55,65,80))
                for i in range(r):
                    split1=os.path.split(error_list[i])
                    split2=os.path.split(split1[0])
                    fname=split2[1] + '/' + split1[1]
                    msg='{0:^28s}{1:^28s}{2:^28s}{3:4s}{4:^6.4f}'.format(fname,
                        pred_class[i],true_class[i], ' ', prob_list[i])
                    print_in_color(msg, (255,255,255), (55,65,60))
                    #print(error_list[i] , pred_class[i], true_class[i], prob_list[i])
                else:
                    msg='With accuracy of 100 % there are no errors to print'
                    print_in_color(msg, (0,255,0),(55,65,80))
            if errors>0:
                plot_bar=[]
                plot_class=[]
                for key,value in new_dict.items():
                    count=error_indices.count(key)
                    if count!=0:
                        plot_bar.append(count) #list berisi berapa kali kelas c mengalami kesalahan
                        plot_class.append(value) #menyimpan kelas
                fig=plt.figure()
                fig.set_figheight(len(plot_class)/3)
                fig.set_figwidth(10)
                plt.style.use('fivethirtyeight')
                for i in range(0, len(plot_class)):
                    c=plot_class[i]
                    x=plot_bar[i]
                    plt.barh(c, x, )
                    plt.title( ' Errors by Class on Test Set')
            y_true= np.array(labels)
            y_pred=np.array(y_pred)
            if len(classes)<= 30:
                #Membuat confusion matrix
                cm = confusion_matrix(y_true, y_pred )
    
```



```

length=len(classes)
if length<8:
    fig_width=5
    fig_height=5
else:
    fig_width= int(length * .5)
    fig_height= int(length * .5)
plt.figure(figsize=(fig_width, fig_height))
sns.heatmap(cm, annot=True, vmin=0, fmt='g', cmap='Blues', cbar=False)
plt.xticks(np.arange(length)+.5, classes, rotation= 90)
plt.yticks(np.arange(length)+.5, classes, rotation=0)
plt.xlabel("Predicted")
plt.ylabel("Actual")
plt.title("Confusion Matrix")
plt.show()
classification_report(y_true, y_pred, target_names=classes)
print("Classification Report:\n-----\n", clr)

```

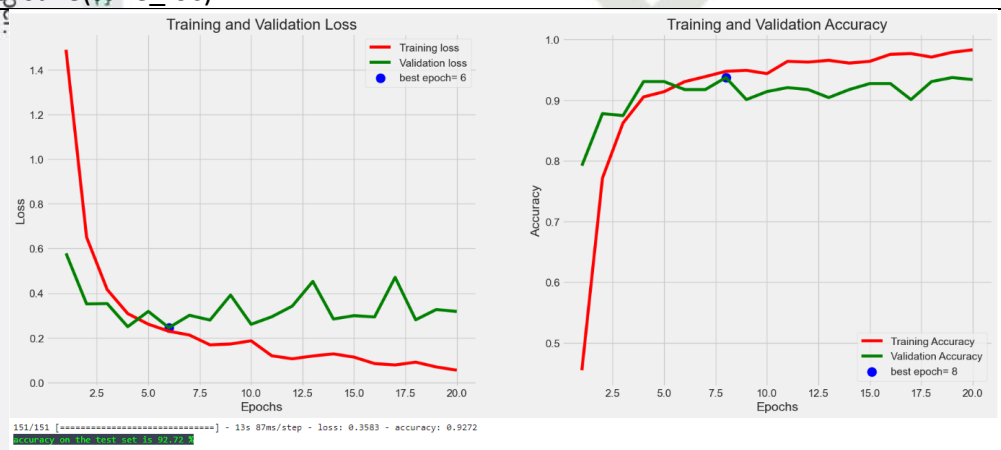
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagai...
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan,
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar

Mengevaluasi model pada data test dan menyimpan model

```

plt.plot(history,0)
save_dir=r'.' #Menyimpan model pada file data diproses
subject='klasifikasi_sampah'
acc=model.evaluate(test_gen, batch_size=test_batch_size, verbose=1,
steps=test_steps, return_dict=False)[1]*100
msg=f'accuracy on the test set is {acc:5.2f} %' #Penampilan nilai akurasi total dari
training
print('\n_color(msg, (0,255,0),(55,65,80))
save_id=str(model_name + '-' + subject + '-' + str(acc)[:str(acc).rfind('.')+3] + '.h5')
save_loc=os.path.join(save_dir, save_id)
model.save(save_loc)

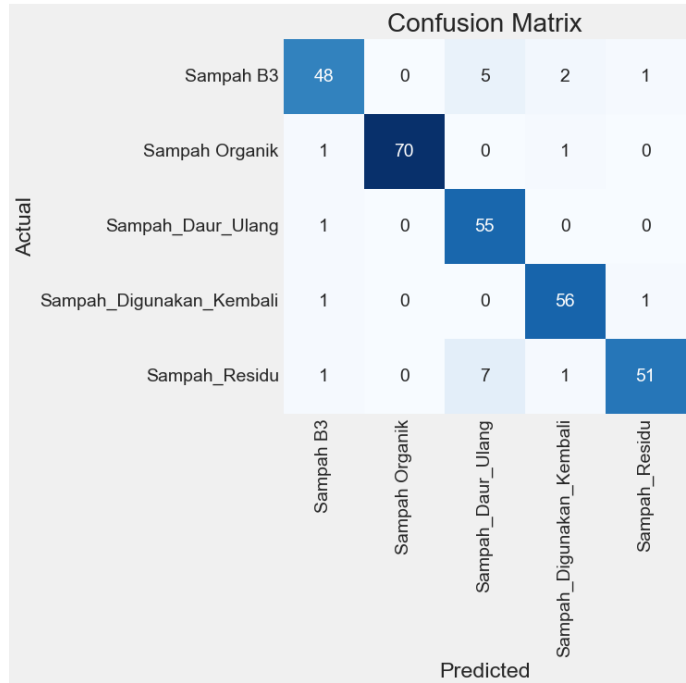
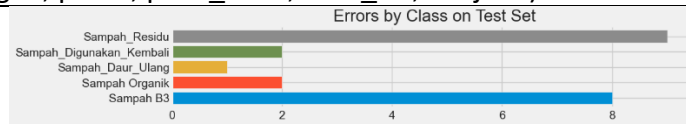
```



Gambar Hasil Grafik Training Model

Perkiraan hasil prediksi dari data test dan menampilkan nilai Confusion Matrix dan Hasil Klasifikasi model

```
print_code=0
preds=model.predict(test_gen)
print_into( test_gen, preds, print_code, save_dir, subject )
```



Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
Sampah B3	0.92	0.86	0.89	56
Sampah Organik	1.00	0.97	0.99	72
Sampah_Daur_Ulang	0.82	0.98	0.89	56
Sampah_Digunakan_Kembali	0.93	0.97	0.95	58
Sampah_Residu	0.96	0.85	0.90	60
accuracy			0.93	302
macro avg	0.93	0.93	0.92	302
weighted avg	0.93	0.93	0.93	302

Gambar Hasil *Confusion Matrix* dan Laporan Klasifikasi

TESTING SAMPEL UNTUK MODEL

```
classes
['Sampah B3',
'Sampah Organik',
'Sampah_Daur_Ulang',
'Sampah_Digunakan_Kembali',
```

```
'Sampah_Residu']
```

```
img = cv2
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import numpy as np
```

```
CATEGORIES = ["Sampah B3", "Sampah Organik", "Sampah_Daur_Ulang",  
              "Sampah_Digunakan_Kembali", "Sampah_Residu"]
```

```
model = load_model(save_loc, compile = True) #Memanggil model yang telah ditraining
```

```
img = cv2.imread('Test1.jpg') #Input sampel data
```

```
resize = tf.image.resize(img, (224,224))
```

```
plt.imshow(resize.numpy().astype(int))
```

```
plt.show()
```

```
#menelaskan hasil prediksi gambar kedalam numpy array
```

```
preds = model.predict(np.expand_dims(resize/255, 0))
```

```
#menampilkan nilai numpy dari hasil testing gambar sample
```

```
preds
```

```
#menampilkan hasil prediksi testing
```

```
print:
```

```
"Gambar citra sampah tersebut termasuk kelas {} dengan {:.2f} persentasi
```

```
ketiripan."
```

```
.format(CATEGORIES[np.argmax(preds)], 100 * np.max(preds))
```

```
)
```



