

**PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK KLASIFIKASI SAMPAH
ORGANIK DAN ANORGANIK MENGGUNAKAN *RANDOM FOREST***

Dosen Pengampu :
MUHAMMAD IKHSAN THOHIR, M.Kom



DISUSUN OLEH:

Peppy Parhani Nopianti	(20230040139)
Siti Rahma Alia	(20230040023)
Nasyid Naofal Putra	(20230040183)
M. Farhan Rizkilillah	(20230040309)

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA**

2026

DAFTAR ISI

BAB I	PENDAHULUAN	4
1.1	Latar Belakang.....	4
1.2	Rumusan Masalah	5
1.3	Tujuan	5
1.4	Batasan Masalah	5
BAB II	AKUISASI DATA	7
2.1	Sumber Data.....	7
2.2	Perangkat dan Kondisi Akuisasi Citra	7
2.3	Proses Akuisasi Citra	7
2.4	Pembagian Data	8
2.5	Diagram Alur Akuisisi Data	8
BAB III	LANDASAN TEORI	9
3.1	Pengolahan Citra Digital.....	9
3.2	Akuisisi Citra.....	9
3.3	Sampling dan Kuantitas	9
3.4	Histogram Citra	9
3.5	Peningkatan Kualitas Citra (Image Enhancement).....	10
3.6	Restorasi Citra (Filtering/Noise Removal)	10
3.7	Deteksi Tepi dan Operasi Morfologi	10
3.8	Ekstraksi Fitur Citra	10
3.9	Random Forest untuk Klasifikasi Citra	10
BAB IV	METODOLOGI.....	11
4.1	Gambaran Umum Sistem.....	11
4.2	Diagram Alur Sistem	11
4.3	Tahapan Metodologi	11
4.3.1	Akuisasi Citra.....	11
4.3.2	Sampling dan Kuantitas	11

4.3.3	Histogram dan Peningkatan Kualitas Citra.....	12
4.3.4	Restorasi Citra (Filtering/Noise Removal)	12
4.3.5	Deteksi Tepi dan Operasi Morfologi	12
4.3.6	Ekstraksi Fitur	12
4.3.7	Klasifikasi menggunakan Random Forest.....	12
4.3.8	Pengujian Sistem.....	13
BAB V	IMPLEMENTASI DAN HASIL.....	14
5.1	Lingkungan Implementasi	14
5.2	Hasil.....	16
BAB VI	PEMBAHASAN STUDI KASUS.....	17
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN	19
7.1	Kesimpulan.....	19
7.2	Saran	19
REFERENSI.....		20

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah masih menjadi masalah yang sangat sulit dan serius di berbagai kota besar di Indonesia[1]. Sebagian besar masyarakat terus mencampur sampah tanpa memilih dari sumbernya, meningkatkan volume limbah di tempat pembuangan akhir (TPA), meningkatkan risiko pencemaran lingkungan, dan meningkatkan gangguan kesehatan[1]. Secara umum, sampah dikategorikan menjadi dua jenis utama: sampah organik yang berasal dari sisa makhluk hidup seperti dedaunan dan sisa makanan, serta sampah anorganik yang sulit terurai secara alami seperti plastik, karet, kaca, dan logam. Pemilahan yang efektif merupakan langkah kunci karena dapat mengurangi dampak negatif lingkungan, menghemat sumber daya, serta meningkatkan nilai ekonomi melalui proses daur ulang[1].

Sebagai solusi otomatisasi, teknologi pengolahan citra digital hadir untuk membantu proses identifikasi objek tanpa merusak objek tersebut, dengan pemrosesan yang cepat dan mudah[2]. Citra digital sendiri merupakan representasi atau imitasi dari suatu objek dalam bentuk fungsi dua variabel, di mana koordinat spasial menentukan intensitas warna atau nilai piksel pada titik tersebut[3]. Informasi digital ini disimpan dalam bentuk angka atau data numerik di dalam memori komputer sehingga dapat diolah secara matematis menggunakan teknologi *computer vision*[2].

Dalam sistem pengenalan objek, ciri visual seperti warna, tekstur, dan bentuk menjadi parameter utama untuk membedakan satu kategori dengan kategori lainnya[4]. Salah satu model warna yang sering digunakan adalah HSV (Hue, Saturation, Value), yang membagi warna berdasarkan panjang gelombang dominan (Hue), tingkat kemurnian cahaya (Saturation), dan tingkat kecerahan (Value)[3]. Selain warna, fitur bentuk seperti *metric* (perbandingan luas dan keliling) serta *eccentricity* (perbandingan fokus objek elips) juga sering diekstraksi untuk memperkuat hasil identifikasi objek[5].

Meskipun teknologi *deep learning* seperti CNN menunjukkan akurasi yang tinggi, penggunaan algoritma Random Forest tetap menjadi pilihan yang sangat efektif dalam klasifikasi citra[5]. Random Forest bekerja dengan membentuk sekumpulan pohon keputusan (*decision trees*) melalui sampel data latih secara acak dan mengambil keputusan akhir berdasarkan mayoritas suara atau *voting*[5]. Metode ini memiliki keunggulan dalam meningkatkan akurasi, efisien dalam penyimpanan data, mampu menangani data dalam jumlah besar dengan parameter kompleks, serta sangat efektif dalam mengatasi masalah *overfitting*[5].

Metode Random Forest merupakan salah satu algoritma machine learning yang termasuk dalam teknik ensemble learning, digunakan khusus pada tahap klasifikasi setelah

seluruh proses pengolahan citra digital selesai. Dengan kata lain, seluruh tahapan seperti peningkatan kualitas citra, restorasi, dan ekstraksi fitur dilakukan terlebih dahulu, kemudian hasil dari proses tersebut dijadikan masukan untuk Random Forest dalam menentukan klasifikasi jenis sampah.

Dengan demikian, proyek ini diharapkan dapat menghasilkan sistem klasifikasi sampah organik dan anorganik berbasis pengolahan citra digital yang mampu mengidentifikasi jenis sampah dari citra statis secara otomatis. Selain menawarkan solusi sederhana untuk proses pemilahan sampah, proyek ini juga bertujuan untuk menerapkan dan mengintegrasikan konsep-konsep dasar pengolahan citra digital dalam sebuah studi kasus nyata.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam proyek ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menerapkan tahapan pengolahan citra digital, mulai dari akuisisi citra nyata, sampling dan kuantisasi, peningkatan kualitas citra menggunakan histogram, hingga restorasi citra, untuk mendukung proses identifikasi sampah?.
2. Bagaimana performa dan akurasi sistem dalam mengidentifikasi data citra uji yang belum pernah dikenali sebelumnya ke dalam kelompok organik atau anorganik berdasarkan parameter yang diperoleh dari fase pembelajaran?.
3. Sejauh mana efektivitas model yang telah dilatih dalam melakukan generalisasi klasifikasi terhadap sampel sampah baru untuk menentukan kategori organik dan anorganik secara akurat?.
4. Bagaimana reliabilitas hasil klasifikasi sistem saat dihadapkan pada citra input baru berdasarkan pola-pola fitur yang telah dipelajari selama proses pelatihan model?.

1.3 Tujuan

Tujuan dari proyek ini adalah untuk menerapkan proses pengolahan citra digital pada citra sampah organik dan anorganik. Proses tersebut meliputi akuisisi citra nyata, sampling dan kuantisasi, peningkatan kualitas citra menggunakan histogram, serta restorasi citra melalui teknik filtering. Selain itu, proyek ini bertujuan untuk mengekstraksi fitur-fitur visual dari citra sampah yang mampu merepresentasikan karakteristik sampah organik dan anorganik secara efektif. Selanjutnya, hasil pengolahan citra digunakan sebagai masukan dalam penerapan algoritma Random Forest untuk melakukan klasifikasi jenis sampah. Proyek ini juga bertujuan untuk menguji kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan citra sampah baru secara otomatis berdasarkan model yang telah dilatih.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan berupa citra statis sampah organik dan anorganik, tanpa melibatkan data video atau citra bergerak.
2. Dataset citra diperoleh dari lingkungan sekitar.
3. Jumlah dataset yang digunakan berskala kecil dan terbatas pada dua kelas, yaitu sampah organik dan sampah anorganik.
4. Dalam proyek ini wajib mengimplementasikan tahapan pengolahan citra digital, yang meliputi :
 - a. Akuisasi citra nyata,
 - b. Sampling dan kuantisasi,
 - c. Peningkatan kualitas citra menggunakan histogram,
 - d. Resnotorasi citra melalui teknik filtering.
5. Proyek ini juga mengimplementasikan deteksi tepi menggunakan metode Canny sebagai salah satu tahapan pengolahan citra digital untuk menonjolkan kontur objek sampah.
6. Metode klasifikasi yang digunakan dalam proyek ini adalah algoritma Random Forest, yang berfungsi sebagai pengklasifikasi akhir berdasarkan fitur hasil pengolahan citra digital.
7. Evaluasi sistem difokuskan pada kemampuan sistem dalam mengklasifikasi citra sampah ke dalam kategori organik dan anorganik.
8. Pada proyek ini tidak membahas perbandingan performa dengan metode klasifikasi lain di luar Random Forest.

BAB II

AKUISASI DATA

2.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam proyek ini berupa citra sampah organik dan anorganik yang diperoleh melalui proses akuisisi data nyata (*real data acquisition*). Dataset terdiri dari 40 citra, dengan rincian 20 citra sampah organik dan 20 citra sampah anorganik. Seluruh citra disimpan pada Google Drive dan digunakan sebagai data latih serta data uji dalam sistem klasifikasi.

Citra sampah organik mencakup objek seperti sisa makanan dan dedaunan, sedangkan citra sampah anorganik mencakup objek seperti plastik, botol, dan kemasan berbahan sintetis.

2.2 Perangkat dan Kondisi Akuisasi Citra

Proses pengambilan citra dilakukan menggunakan beberapa perangkat handphone dengan spesifikasi kamera yang berbeda-beda. Penggunaan lebih dari satu perangkat bertujuan untuk memperoleh variasi kualitas citra, resolusi, serta karakteristik kamera sehingga data yang dikumpulkan lebih merepresentasikan kondisi nyata.

Perangkat handphone yang digunakan dalam proses akuisasi citra antara lain:

1. Samsung A24 dan Iphone 11

Selain variasi perangkat, pengambilan citra juga dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti kondisi pencahayaan yang berbeda. Perbedaan ini diterapkan untuk meningkatkan keragaman dataset serta menguji ketahanan sistem klasifikasi terhadap perubahan kondisi.

2.3 Proses Akuisasi Citra

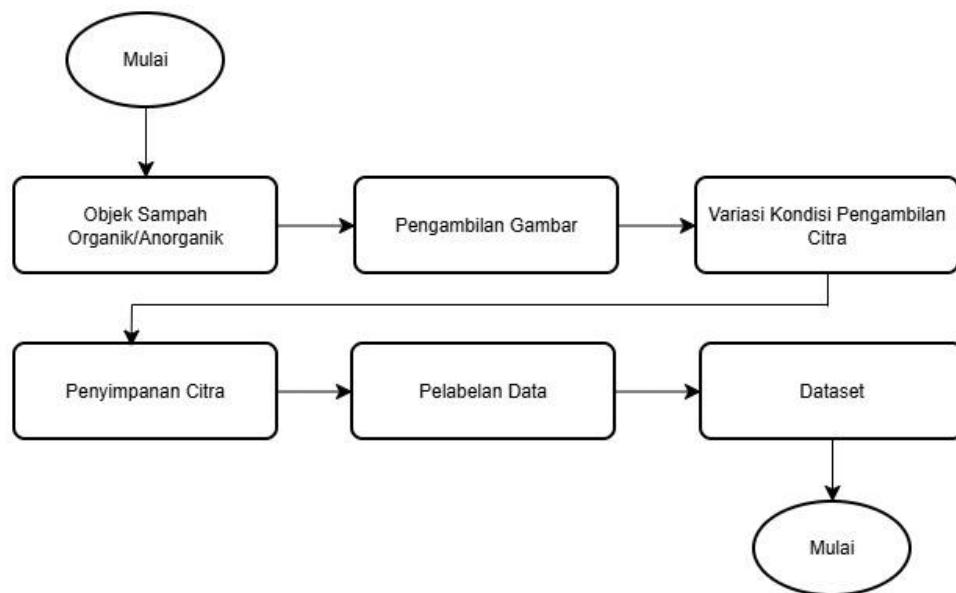
Citra sampah diambil dengan memotret objek secara langsung menggunakan kamera handphone tanpa perlakuan khusus terhadap objeknya. Pengambilan citra ini dilakukan dengan jarak dan sudut pandang yang bervariasi. Variasi ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi nyata yang memungkinkan terjadinya perubahan visual pada objek.

Citra disimpan dalam format JPEG/JPG dengan resolusi yang berbeda. Setiap citra kemudian dikelompokkan ke dalam folder yang sesuai dengan kelasnya, yaitu sampah organik dan anorganik untuk memudahkan proses pelabelan dan pengolahan citra selanjutnya.

2.4 Pembagian Data

Dataset yang telah dikumpulkan akan dibagi menjadi data latih (train data) dan data uji (testing data). Data latih digunakan untuk melatih modek Random Forest, sedangkan data uji digunakan untuk menguji performa sistem dalam melakukan klasifikasi citra sampah yang baru.

2.5 Diagram Alur Akuisisi Data



Gambar 2.5 Diagram Alur Akuisisi Data

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital adalah bidang ilmu yang mempelajari metode untuk meningkatkan kualitas gambar digital atau mengekstrak informasi penting darinya. Gambar digital adalah representasi dua dimensi dari objek nyata dalam bentuk fungsi diskrit. Setiap titik pada gambar disebut sebagai piksel (picture element) dan memiliki nilai intensitas tertentu. Banyak industri seperti kesehatan, bisnis, keamanan, dan lingkungan menggunakan pengolahan gambar digital, termasuk proses identifikasi dan klasifikasi objek.

3.2 Akuisisi Citra

Tahap pertama dalam pengolahan citra digital dikenal sebagai akuisisi citra, yang bertujuan untuk mengambil gambar digital dari objek nyata menggunakan perangkat tertentu, seperti kamera digital atau kamera handphone. Kualitas gambar yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk perangkat pengambilan gambar, resolusi, sudut, jarak objek, dan kondisi lingkungan, seperti pencahayaan. Sebuah gambar yang baik akan menghasilkan data yang representatif, yang membuat pengolahan dan analisis gambar lebih mudah.

3.3 Sampling dan Kuantitas

Proses kuantisasi dan sampling sangat penting dalam pembuatan gambar digital. Sampling adalah proses pengambilan sampel dari citra kontinu menjadi citra diskrit berdasarkan koordinat spasial tertentu. Semakin tinggi tingkat sampling, maka semakin baik detail citra yang dihasilkan. Kuantisasi adalah proses pengelompokan nilai intensitas cahaya ke dalam sejumlah tingkat tertentu. Proses ini mengubah nilai intensitas kontinu menjadi nilai diskrit sehingga citra dapat direpresentasikan dalam bentuk data digital. Resolusi spasial dan resolusi intensitas suatu gambar ditentukan oleh kombinasi kuantisasi dan sampling.

3.4 Histogram Citra

Histogram citra adalah representasi grafis yang menunjukkan distribusi intensitas piksel pada citra. Histogram digunakan untuk menganalisis karakteristik kecerahan dan kontras citra, serta mengetahui apakah citra terlalu gelap, terlalu terang, atau memiliki kontras rendah. Berbagai metode untuk meningkatkan kualitas gambar bergantung pada histogram.

3.5 Peningkatan Kualitas Citra (Image Enhancement)

Tujuan peningkatan kualitas citra adalah untuk membuat tampilan visual citra lebih mudah untuk dianalisis oleh manusia dan sistem komputer. Histogram equalization, yang bertujuan untuk meratakan distribusi intensitas piksel sehingga kontras citra menjadi lebih baik, adalah salah satu teknik yang umum digunakan untuk meningkatkan kualitas citra. Dalam sistem klasifikasi, peningkatan kualitas citra dapat membantu menonjolkan karakteristik objek yang akan diekstraksi.

3.6 Restorasi Citra (Filtering/Noise Removal)

Restorasi citra adalah proses untuk mengurangi gangguan atau noise yang terjadi pada citra yang disebabkan oleh faktor lingkungan atau kelemahan perangkat pengambilan citra. Salah satu teknik yang paling umum digunakan dalam restorasi citra adalah filtering. Filter seperti median dan Gaussian digunakan untuk mengurangi suara tanpa menghilangkan detail penting dari citra. Tujuan dari proses restorasi citra adalah untuk menghasilkan citra yang lebih bersih dan stabil sebelum ekstraksi fitur dilakukan.

3.7 Deteksi Tepi dan Operasi Morfologi

Deteksi tepi merupakan proses untuk mengidentifikasi perubahan intensitas yang signifikan pada citra, yang biasanya menunjukkan batas atau kontur suatu objek. Metode deteksi tepi seperti operator Sobel atau Canny digunakan untuk menyoroti batas objek dalam citra.

Operasi morfologi juga dikenal sebagai deteksi tepi merupakan teknik pengolahan citra berbasis bentuk yang menggunakan elemen struktur untuk mengubah citra biner atau hasil thresholding. Operasi seperti erosi dan dilation digunakan untuk memperjelas bentuk objek dan mengurangi gangguan kecil pada citra. Deteksi tepi dan morfologi sangat penting untuk memperkuat karakteristik visual objek dan membedakan mereka dari latar belakang.

3.8 Ekstraksi Fitur Citra

Ekstraksi fitur merupakan proses pengambilan karakteristik penting dari citra yang dapat digunakan untuk membedakan satu objek dengan objek lainnya. Dalam pengolahan citra, fitur yang sering digunakan adalah warna, tekstur, dan bentuk. Fitur warna dapat diperoleh dengan menggunakan model warna HSV (Hue, Saturation, Value), sedangkan fitur bentuk dapat diperoleh dari sifat geometris citra. Hasil ekstraksi fitur ini diwakili dalam bentuk data numerik, yang digunakan sebagai masukan untuk proses klasifikasi.

3.9 Random Forest untuk Klasifikasi Citra

Random Forest adalah algoritma machine learning berbasis kelompok yang membangun sejumlah pohon keputusan secara acak. Hasil klasifikasi didasarkan pada keputusan mayoritas dari seluruh pohon. Random Forest digunakan sebagai pengklasifikasi akhir dalam proyek ini berdasarkan karakteristik hasil pengolahan citra digital.

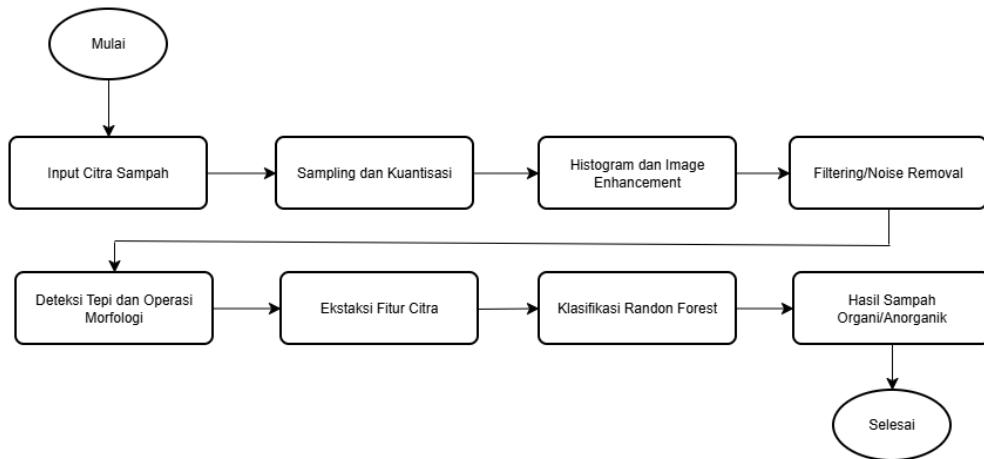
BAB IV

METODOLOGI

4.1 Gambaran Umum Sistem

Metodologi proyek ini menjelaskan proses yang digunakan untuk membuat sistem pengolahan citra digital yang digunakan untuk mengklasifikasikan sampah organik dan anorganik. Sistem ini menerima citra sampah sebagai masukan dan kemudian memproses citra tersebut akan melalui beberapa tahapan pengolahan gambar digital hingga menghasilkan label yang menunjukkan jenis sampah yang dimaksud, apakah itu organik atau anorganik. Setiap tahapan dilakukan secara berurutan dan terorganisir untuk memastikan bahwa sistem beroperasi secara optimal.

4.2 Diagram Alur Sistem



Gambar 4.2 Diagram Alur Sistem

4.3 Tahapan Metodologi

4.3.1 Akuisisi Citra

Citra sampah diperoleh melalui pengambilan gambar langsung menggunakan kamera handphone dengan berbagai merek dan spesifikasi. Pengambilan citra dilakukan dalam kondisi pencahayaan yang berbeda untuk merepresentasikan kondisi lingkungan nyata. Dataset disimpan pada Google Drive dan digunakan sebagai data latih dan data uji.

4.3.2 Sampling dan Kuantitas

Pada tahap ini, citra yang dikumpulkan diubah menjadi citra digital diskrit melalui proses sampling dan kuantisasi. Proses sampling menentukan resolusi

citra, sedangkan proses kuantisasi menentukan jumlah tingkat intensitas piksel yang digunakan. Tahapan ini bertujuan untuk menyeragamkan representasi citra sebelum dilakukan pengolahan lanjutan.

4.3.3 Histogram dan Peningkatan Kualitas Citra

Histogram gambar digunakan untuk menganalisis distribusi intensitas piksel. Kemudian, kualitas gambar ditingkatkan dengan teknik equalization histogram untuk meningkatkan kontras. Proses ini membuat karakteristik visual objek sampah lebih jelas, sehingga analisisnya lebih mudah.

4.3.4 Restorasi Citra (Filtering/Noise Removal)

Pada tahap ini, dilakukan untuk mengurangi noise yang muncul akibat kondisi pencayaan, posisi pengambilan citra, dan kualitas kamera. Filtering seperti Gaussian filter atau median filter digunakan untuk menghaluskan citra tanpa menghilangkan detail penting. Sehingga setelah diproses pada tahap ini citra akan lebih bersih dan stabil.

4.3.5 Deteksi Tepi dan Operasi Morfologi

Deteksi tepi dilakukan untuk menunjukkan batas objek sampah dalam gambar. Teknik deteksi tepi seperti Sobel atau Canny digunakan untuk menemukan perubahan intensitas yang signifikan. Selain itu, operasi morfologi seperti dilation dan erosion digunakan untuk memperbaiki bentuk dan mengurangi gangguan kecil. Sebelum ekstraksi fitur, tahapan ini membantu memperkuat karakteristik bentuk objek.

4.3.6 Ekstraksi Fitur

Pada tahap ini, fitur-fitur visual citra diambil, seperti warna menggunakan model HSV dan bentuk dari karakteristik geometris objek. Fitur-fitur ini diwakili dalam bentuk data numerik yang digunakan untuk proses klasifikasi.

4.3.7 Klasifikasi menggunakan Random Forest

Fitur hasil ekstraksi dari citra yang telah melalui seluruh tahapan pengolahan citra digital digunakan sebagai masukan untuk model Random Forest. Penting untuk ditegaskan bahwa Random Forest hanya digunakan pada tahap klasifikasi, setelah seluruh proses pengolahan citra selesai, sehingga algoritma ini tidak mempengaruhi tahap peningkatan kualitas citra, restorasi, maupun deteksi tepi. Kemudian, akan digunakan untuk mengklasifikasikan citra sampah baru menjadi kelas organik atau anorganik.

Karena jumlah dataset awal relatif kecil, pelatihan Random Forest dapat mengalami kendala dalam hal generalisasi. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan

augmentasi citra untuk menambah variasi data, serta cross-validation untuk mengevaluasi performa model secara lebih stabil. Langkah-langkah ini membantu meningkatkan akurasi dan ketahanan model terhadap variasi citra baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

4.3.8 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan citra sampah baru yang tidak termasuk dalam data latih. Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan jenis sampah secara otomatis. Hasil klasifikasi dibandingkan dengan label sebenarnya untuk mengevaluasi performa sistem.

BAB V

IMPLEMENTASI DAN HASIL

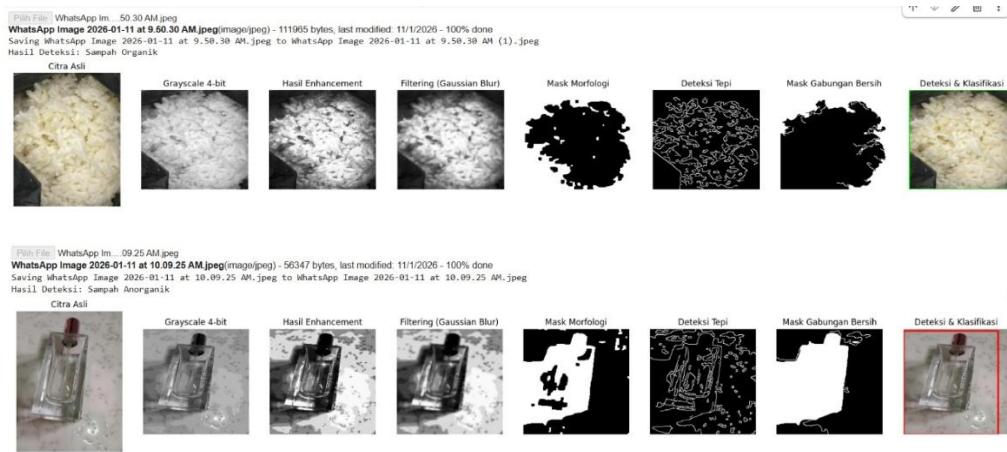
5.1 Lingkungan Implementasi

Implementasi sistem klasifikasi sampah organik dan anorganik dilakukan menggunakan bahasa pemrograman **Python** dengan memanfaatkan beberapa pustaka pendukung pengolahan citra dan *machine learning*. Proses pengolahan citra dan klasifikasi dijalankan pada lingkungan **Google Colab**, sedangkan dataset citra disimpan dan diakses melalui **Google Drive**.

Pustaka yang digunakan dalam implementasi sistem antara lain:

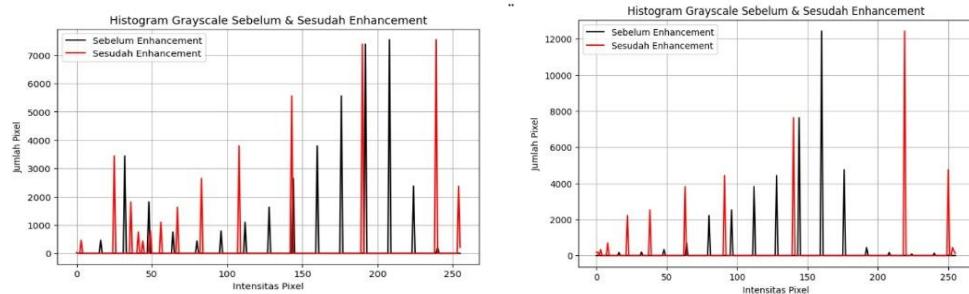
1. cv2 (OpenCV) untuk seluruh tahapan pengolahan citra digital, termasuk pembacaan citra, resizing, deteksi tepi, operasi morfologi, dan restorasi citra.
2. numpy untuk pengolahan data numerik dan manipulasi array citra.
3. matplotlib.pyplot untuk visualisasi, terutama pembuatan histogram sebelum dan sesudah peningkatan kualitas citra.
4. google.colab.drive dan google.colab.files untuk mengakses dan mengunggah dataset citra dari Google Drive.
5. sklearn.ensemble.RandomForestClassifier untuk membangun model Random Forest sebagai pengklasifikasi akhir.
6. sklearn.model_selection.train_test_split dan cross_val_score untuk membagi dataset menjadi data latih dan data uji, serta melakukan evaluasi performa model.
7. sklearn.metrics.accuracy_score, classification_report, dan confusion_matrix untuk mengevaluasi hasil klasifikasi.
8. joblib untuk menyimpan dan memuat model Random Forest yang telah dilatih.
9. tensorflow.keras.preprocessing.image.ImageDataGenerator untuk melakukan augmentasi citra, sehingga variasi data bertambah dan performa model meningkat.

Setiap citra diseragamkan ukurannya dan melalui proses kuantisasi agar representasi piksel konsisten antar data.



Gambar 5.1 Tahapan Pengolahan Citra Sampah Organik dan Anorganik

Selanjutnya, dilakukan analisis histogram pada setiap citra untuk mengetahui distribusi intensitas piksel, dan diterapkan teknik *histogram equalization* untuk meningkatkan kontras serta kualitas visual citra.



Gambar 5.2 Histogram Grayscale Sebelum dan Sesudah Peningkatan Kualitas Citra

Setelah itu, citra melalui tahap restorasi menggunakan filter untuk mengurangi noise akibat kondisi pencahayaan yang bervariasi atau kualitas kamera yang berbeda. Deteksi tepi dan operasi morfologi diterapkan untuk menyoroti batas objek dan memperbaiki bentuk objek, sehingga karakteristik visual citra lebih jelas. Dari citra yang telah diproses ini, dilakukan ekstraksi fitur berupa warna (HSV) dan bentuk yang akan digunakan sebagai masukan untuk klasifikasi.

Metode Random Forest, yang dibangun dari sekumpulan pohon keputusan, digunakan untuk menyelesaikan tahap klasifikasi. Penting untuk ditegaskan bahwa Random Forest **hanya digunakan pada tahap klasifikasi**, setelah seluruh proses pengolahan citra selesai. Model Random Forest kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan citra sampah baru menjadi kelas organik atau anorganik. Karena jumlah dataset awal relatif kecil, dilakukan augmentasi citra dan cross-validation untuk meningkatkan variasi data dan memperkuat performa model agar mampu mengklasifikasikan citra baru dengan lebih akurat.

5.2 Hasil

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan seluruh tahapan pengolahan citra digital dengan baik. Histogram gambar sebelum dan sesudah peningkatan kualitas menunjukkan distribusi intensitas piksel yang lebih merata, yang menunjukkan keberhasilan tahap peningkatan kualitas gambar. Setelah tahap restorasi, noise pada gambar berkurang, yang menghasilkan gambar yang lebih halus tanpa kehilangan detail penting, yang membuat proses ekstraksi fitur menjadi lebih mudah. Bentuk objek menjadi lebih stabil dan batasnya lebih jelas karena deteksi tepi dan operasi morfologi.

Model Random Forest berhasil mengklasifikasikan citra sampah baru ke dalam kelas organik dan anorganik. Meskipun dataset awal relatif kecil, kombinasi augmentasi citra dan cross-validation membantu meningkatkan akurasi sistem. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi antara pengolahan citra digital dan algoritma Random Forest dapat digunakan sebagai solusi yang efektif untuk mengklasifikasikan sampah secara otomatis.



Gambar 5.2 Hasil Deteksi dan Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik

BAB VI

PEMBAHASAN STUDI KASUS

Studi kasus pada proyek ini berfokus pada penerapan pengolahan citra digital untuk mengklasifikasikan sampah ke dalam dua kategori utama, yaitu sampah organik dan sampah anorganik, berdasarkan citra statis yang diperoleh dari lingkungan sekitar. Proses klasifikasi dilakukan melalui serangkaian tahapan pengolahan citra digital yang terstruktur sebelum akhirnya diterapkan algoritma Random Forest sebagai pengklasifikasi akhir.

Berdasarkan hasil implementasi, dapat dilihat bahwa kualitas citra sangat berpengaruh terhadap hasil ekstraksi fitur dan akurasi klasifikasi. Pada citra awal yang memiliki pencahayaan kurang merata atau noise yang cukup tinggi, karakteristik objek sampah sulit dikenali dengan baik. Namun, setelah melalui tahap peningkatan kualitas citra menggunakan histogram equalization, distribusi intensitas piksel menjadi lebih merata sehingga detail objek tampak lebih jelas. Hal ini mempermudah sistem dalam membedakan objek sampah dari latar belakang.

Tahap restorasi citra menggunakan filtering juga memberikan kontribusi penting dalam sistem. Filter yang diterapkan mampu mengurangi noise tanpa menghilangkan detail utama objek. Dengan citra yang lebih bersih, proses deteksi tepi menghasilkan kontur objek yang lebih jelas dan stabil. Operasi morfologi selanjutnya membantu memperbaiki bentuk objek, terutama pada bagian tepi yang terputus atau tidak sempurna akibat noise atau variasi pencahayaan.

Ekstraksi fitur warna menggunakan model HSV terbukti efektif dalam merepresentasikan perbedaan visual antara sampah organik dan anorganik. Sampah organik cenderung memiliki variasi warna alami yang tidak seragam, sedangkan sampah anorganik umumnya memiliki warna yang lebih mencolok dan konsisten. Selain itu, fitur bentuk yang diambil dari karakteristik geometris objek turut membantu memperkuat proses klasifikasi.

Pada tahap klasifikasi, Random Forest mampu memanfaatkan fitur-fitur hasil ekstraksi dengan baik untuk menentukan kelas sampah. Meskipun jumlah dataset relatif terbatas, penerapan augmentasi citra dan cross-validation membantu meningkatkan variasi data serta mengurangi risiko overfitting. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengklasifikasikan citra sampah baru dengan tingkat keakuratan yang cukup baik, sehingga pendekatan ini dinilai efektif untuk studi kasus klasifikasi sampah berbasis citra digital.

Secara keseluruhan, studi kasus ini menunjukkan bahwa integrasi tahapan pengolahan citra digital dengan algoritma Random Forest dapat menjadi solusi yang sederhana namun efektif dalam membantu proses pemilahan sampah secara otomatis.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa pengolahan citra digital dapat diterapkan secara efektif untuk mengklasifikasikan sampah organik dan anorganik menggunakan citra statis. Seluruh tahapan pengolahan citra, mulai dari akuisisi citra, sampling dan kuantisasi, peningkatan kualitas citra menggunakan histogram, restorasi citra melalui filtering, hingga deteksi tepi dan operasi morfologi, berhasil meningkatkan kualitas visual citra sehingga fitur objek dapat diekstraksi dengan lebih baik.

Ekstraksi fitur warna menggunakan model HSV dan fitur bentuk memberikan representasi numerik yang cukup informatif untuk membedakan kedua jenis sampah. Algoritma Random Forest yang digunakan sebagai pengklasifikasi akhir mampu memanfaatkan fitur-fitur tersebut untuk melakukan klasifikasi dengan hasil yang cukup akurat. Meskipun dataset yang digunakan relatif kecil, penerapan augmentasi citra dan cross-validation membantu meningkatkan performa dan stabilitas model.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dalam proyek ini dapat menjadi salah satu alternatif solusi sederhana dalam membantu proses pemilahan sampah secara otomatis berbasis pengolahan citra digital.

7.2 Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, beberapa hal yang dapat dilakukan antara lain menambah jumlah dan variasi dataset agar sistem memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik. Selain itu, sistem dapat dikembangkan untuk menangani lebih dari dua kategori sampah, seperti pemisahan antara plastik, kertas, logam, dan kaca.

Penggunaan metode ekstraksi fitur tambahan, seperti tekstur, serta perbandingan performa dengan algoritma klasifikasi lain juga dapat menjadi bahan penelitian lanjutan. Selain itu, sistem ini dapat diintegrasikan dengan perangkat keras seperti kamera real-time atau sistem berbasis Internet of Things (IoT) agar dapat digunakan secara langsung dalam lingkungan nyata.

REFERENSI

- [1] M. Syarif, S. Prasetyo, E. Oktaviana Az Zahra, Y. Indra Kristiawan, And R. Dwi Irawan, “Klasifikasi Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Transfer Learning Mobilenetv2 Pada Citra Digital,” *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Bisnis*, Pp. 1028–1033, 2025, Doi: 10.47701/Wabtd264.
- [2] P. A. R. Devi And H. Rosyid, “Pemaparan Materi Dasar Pengolahan Citra Digital Untuk Upgrade Wawasan Siswa Di Smk Dharma Wanita Gresik,” *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, Vol. 2, No. 4, Pp. 1259–1264, 2022, Doi: 10.54082/Jamsi.405.
- [3] K. Et Al 2023, “Pengelolaan Citra Digital (Perbandingan Studi Kasus Antara Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna Hsv Dan Penerapan Metode Konvolusi Dalam Pengolahan Citra Digital),” Vol. 32, No. 3, Pp. 167–186, 2021, Doi: <Https://Doi.Org/10.5281/Zenodo.14272836>.
- [4] J. Jumadi And D. Sartika, “Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering, Jurnal Sains Dan Teknologi, Vol.10, No 2, Tahun 2021,” Vol. 10, No. 2, Pp. 148–156, 2021.
- [5] D. Indra, L. N. Hayati, M. A. Daris, I. As’ad, And U. Mansyur, “Penerapan Metode Random Forest Dalam Klasifikasi Huruf Bisindo Dengan Menggunakan Ekstraksi Fitur Warna Dan Bentuk,” *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, Vol. 13, No. 1, Pp. 29–40, 2024, Doi: 10.34010/Komputika.V13i1.10363.