

**ANALISIS PENGELOMPOKAN JENIS KAIN TEKSTIL DENGAN
MENGUNAKAN ALGORITMA *K-MEANS CLUSTERING***

(SKRIPSI)

**Oleh
AFRALIA ANANDA
NPM. 1915031063**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**ANALISIS PENGELOMPOKAN JENIS KAIN TEKSTIL DENGAN
MENGUNAKAN ALGORITMA *K-MEANS CLUSTERING***

Oleh

AFRALIA ANANDA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2026

ABSTRAK

ANALISIS PENGELOMPOKAN JENIS KAIN TEKSTIL DENGAN MENGUNAKAN ALGORITMA *K – MEANS CLUSTERING*

Oleh

AFRALIA ANANDA

Kain tekstil memiliki berbagai jenis karakteristik tekstur yang berbeda, sehingga diperlukan keahlian khusus untuk membedakannya secara manual. Keterbatasan pengetahuan masyarakat dalam mengidentifikasi jenis kain mendorong perlunya sistem otomatis berbasis pengolahan citra digital. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan jenis kain tekstil berdasarkan karakteristik teksturnya, dengan memanfaatkan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *algoritma K-Means Clustering*. Data set yang digunakan berjumlah 750 data kain yang diperoleh menggunakan kamera mikroskop digital. Jenis kain yang digunakan katun, drill, satin, *polyester*, dan wol, masing-masing sebanyak 150 citra. Alur penelitian mencakup *preprocessing*, berupa *resize* dan konversi citra RGB ke *grayscale*, ekstraksi fitur GLCM pada empat orientasi sudut (0°, 45°, 90°, dan 135°) dengan delapan fitur tekstur, yaitu energi, korelasi, kontras, homogenitas, *maximum probability*, entropi, *variance*, dan disimilaritas, serta pengelompokan data memanfaatkan *K-Means Clustering* dengan pembagian data ke dalam lima *cluster*. Evaluasi hasil pengelompokan dilakukan menggunakan *Davies-Bouldin Index* (DBI) dan Purity. *Output* penelitian mengindikasikan nilai DBI sebesar 1,0016768, dan nilai *purity* sebesar 79,6% yang menggambarkan bahwa metode GLCM dan *K-Means Clustering* dapat mengklasifikasikan jenis kain tekstil didasarkan pada karakteristik teksturnya dengan cukup baik.

Kata Kunci: Kain Tekstil, GLCM, Pengolahan Citra Digital, *K-Means Clustering*

ABSTRACT

CLUSTERING ANALYSIS OF TEXTILE FABRIC TYPES USING THE K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM

By

AFRALIA ANANDA

Textile fabrics possess diverse texture characteristics, making manual identification difficult without specific expertise. The limited public knowledge in distinguishing fabric types highlights the need for an automatic system based on digital image processing. This study aims to cluster textile fabric types based on their texture characteristics using the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) and the K-Means algorithm. The dataset consists of 750 fabric images captured using a digital microscope camera. The fabrics include cotton, drill, satin, polyester and wool, with 150 images for each category. The research process involves preprocessing, including image resizing and converting RGB images into grayscale. Texture feature extraction is performed using GLCM at four orientation angles (0°, 45°, 90°, and 135°) with eight texture features: energy, correlation, contrast, homogeneity, maximum probability, entropy, variance, and dissimilarity. The clustering process is carried out using K-Means algorithm with the data divided into five clusters. The clustering performance is evaluated using the Davies-Bouldin Index (DBI) and purity metrics. The results show a DBI value of 1.0016768 and a purity value of 79.6%, indicating that the combination of GLCM and the K-Means Algorithm can effectively cluster textile fabric types based on their texture characteristics.

Keyword: Textile Fabric, GLCM, Digital Image Processing, K-Means Clustering.

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGELOMPOKAN JENIS KAIN
TEKSTIL DENGAN MENGGUNAKAN
ALGORITMA K-MEANS CLUSTERING**

Nama Mahasiswa : **Afralia Ananda**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1915031063**

Program Studi : **Teknik Elektro**

Jurusan : **Teknik Elektro**

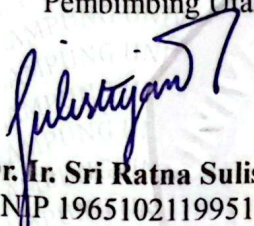
Fakultas : **Teknik**

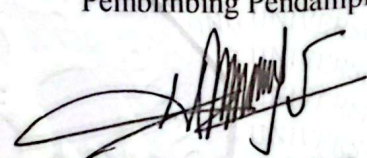
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.
NIP 196510211995122001

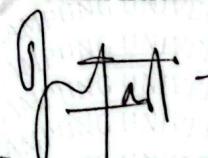

Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.
NIP 197310041998032001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ketua Program Studi
Teknik Elektro


Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 197103141999032001


Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 197311042000031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

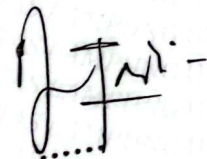
Ketua : **Prof. Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.**



Sekretaris : **Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.**



Penguji : **Sumadi, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **03 Februari 2026**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Pengelompokan Jenis Kain Tekstil Dengan Menggunakan Algoritma *K-Means Clustering*” dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dibuat oleh saya sendiri. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.

Apabila pernyataan saya tidak benar dan terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan hukum atau akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 03 Februari 2026

Pembuat pernyataan,



Afralia Ananda

NPM. 1915031063

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Afralia Ananda dilahirkan di Batam, pada tanggal 08 Mei 2001. Penulis merupakan anak kesatu dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Eko Supriyanto dan Ibu Musmuliawati. Penulis mengawali pendidikan formal di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 2 Serang, Banten. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan formal di SDN 07 Kota Serang pada tahun 2007 hingga 2013. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Serang pada tahun 2013 hingga 2016, lalu melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 2 Serang dan tamat pada tahun 2019. Kemudian, pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa baru pada Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan, yaitu menjadi anggota biasa Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung Divisi Pengabdian Masyarakat, pada periode 2019/2020, dan pada periode 2020/2021 penulis menjadi anggota biasa Divisi Minat dan Bakat. Penulis melaksanakan kerja praktik di Network Area & IS Operation PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk Witel Lampung.

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan pasti ada kemudahan”

(Q.S Al-Inyirah : 6)

“What’s meant to be will always find a way”

“The secret of getting ahead is getting started.”

(Mark Twain)

“Always believe in yourself. Do this and no matter where you are,
you will have nothing to fear.”

(Hayao Miyazaki)

PERSEMBAHAN



Sujud syukur kupersembahkan kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Agung dan Maha Tinggi. Atas takdirmu saya bisa menjadi pribadi yang berilmu, beriman, dan bertaqwa. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal duntuk masa depanku dalam meraih keinginan, dan segala cita-cita.

Kupersembahkan karya ilmiah ini teruntuk:

Bundaku Musmuliawati dan Ayahku Eko Supriyanto. Terima kasih atas segala dukungan dan doanya yang selalu diberikan untukku, serta kasih sayang yang berlimpah dalam membesarkanku, hingga aku bisa melanjutkan pendidikan sejauh ini. Semoga apa yang dicapai hingga saat ini bisa membanggakan kedua orang tuaku, dan semoga di masa depamnaku bisa menjadi orang yang lebih membanggakan lagi untuk kedua orang tuaku.

Teruntuk kedua adikku, Ariq dan Aqli yang juga tak hentinya selalu memberikan dukungan serta doa untukku.

Teruntuk diriku sendiri terima kasih telah berjuang sejauh ini. Masih banyak cita-cita yang ingin dicapai di masa depan, semoga segalanya terwujud.

Teman-teman Jurusan Teknik Elektro 2019, terima kasih atas segala bantuannya selama duduk di bangku kuliah bersama.

SANWANCANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, atas limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Pengelompokan Jenis Kain Tekstil Dengan Menggunakan Algoritma K-Means Clustering**”. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Selama masa penelitian, penulis banyak mendapatkan bantuan baik berupa ide, bimbingan, fasilitas, motivasi dan lain-lain dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Bapak Sumadi S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan dan bimbingan, serta motivasi yang diberikan hingga penulisan skripsi selesai..
5. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan dan bimbingan, serta motivasi yang diberikan hingga penulisan skripsi selesai.
6. Bapak Sumadi S.T., M.T. selaku Penguji yang telah memberikan arahan, nasihat, dan saran.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro, untuk segala ilmu yang penulis dapatkan.
8. Seluruh jajaran staf administrasi atas bantuannya dalam menyelesaikan segala urusan administrasi Jurusan Teknik Elektro.
9. Kedua orang tua yang penulis cintai, dan kedua adik penulis yang selalu memberikan doa dan dukungannya untuk penulis.
10. Teman-teman terdekat penulis Alya Nurul Fakhira, Diana, Lukita Sofiana, Meilinda Putri, Auliyyan Nur Rajab, Tasya Cynthia, dan seluruh teman-

teman Teknik Elektro angkatan 2019 atas dukungan yang telah diberikan selama menempuh studi di Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.

11. Tak lupa teruntuk kucing-kucing kesayangan penulis yang memberikan kenyamanan dan kebahagiaan untuk penulis, Rocky, Momo, Onet, Mbul, Moli, dan Mumu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan hati dan jasa yang telah kalian berikan kepada penulis. Penulis berharap melalui skripsi ini akan memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya dan bagi penulis dalam mengembangkan dan mengamalkan ilmu pengetahuan yang telah ditempuh selama ini.

Bandar Lampung, 03 Februari 2026

Penulis,

Afralia Ananda

NPM. 1915031063

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	1
DAFTAR GAMBAR.....	2
I. PENDAHULUAN	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Hipotesis	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kain.....	8
2.2 Pengolahan Citra <i>Digital</i>	9
2.3 Tekstur Citra.....	10
2.3.1 Ekstraksi Fitur Tekstur <i>Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)</i>	11
2.4 <i>Machine Learning</i>	16
2.4.1 <i>Unsupervised Learning</i>	16
2.4.2 <i>K-Means Clustering</i>	17
2.5 <i>Visual Studio Code</i>	19
2.6 <i>Python</i>	19
2.7 Library OpenCV	20
2.8 Penelitian Terdahulu	20
III. METODE PENELITIAN	24

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2	Alat dan Bahan	24
3.3	Prosedur Penelitian	25
3.3.1	Studi Literatur	26
3.3.2	Pengambilan Data Citra	26
3.3.3	<i>Preprocessing</i>	27
3.3.4	Ekstraksi Citra	27
3.3.5	<i>K-Means Clustering</i>	28
3.3.6	<i>Davies-Bouldin Index</i>	28
3.3.7	<i>Purity</i>	30
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	Data set	32
4.1.1	<i>Pre-processing</i>	32
4.1.2	Data Hasil Ekstraksi GLCM	35
4.1.3	Data Uji	44
4.2	Hasil Pengujian	45
4.3	Analisa Hasil Pengujian	47
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1	KESIMPULAN	54
5.2	SARAN	55
	DAFTAR PUSTAKA	56
	LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1 Penelitian Terdahulu.....	4
Tabel 2 Alat dan Bahan.....	24
Tabel 3 Pembagian Data set.....	32
Tabel 4 Hasil Konversi Citra RGB ke <i>Grayscale</i>	34
Tabel 5 Nilai Rata-Rata Fitur Tekstur.....	36
Tabel 6 Distribusi Jenis Kain Dalam Setiap <i>Cluster</i>	49
Tabel 7 Rata-Rata Jarak <i>Cluster</i> ke <i>Centroid</i>	51
Tabel 8 Jarak Antar <i>Centroid</i>	52

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1 Contoh Kain.....	8
Gambar 2 Hubungan Ketetanggaan Antar Piksel.....	12
Gambar 3 Contoh Penentuan Awal Matrix GLCM Berbasis 2 Piksel.....	12
Gambar 4 Ilustrasi Algoritma K-Means Clustering.....	17
Gambar 5 Prosedur Penelitian.....	25
Gambar 6 Proses Pengambilan Citra.....	33
Gambar 7 Hasil <i>Resize Image</i>	33
Gambar 8 Hasil Konversi Citra RGB ke <i>Grayscale</i>	35
Gambar 9 Data Hasil Ekstraksi Fitur Tekstur GLCM.....	36
Gambar 10 Contoh Potongan Matriks.....	37
Gambar 11 Data Uji.....	44
Gambar 12 Tampilan Program.....	47
Gambar 13 Hasil Perhitungan Jarak <i>Euclidean</i> Data ke <i>Centroid</i>	48
Gambar 14 Hasil Pengelompokan Kain.....	50
Gambar 15 Sebaran Hasil K-Means Clustering.....	51

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak masa prasejarah, manusia telah menggunakan kain untuk berbagai keperluan seperti pakaian, alas tidur dan lainnya. Secara biologis, pakaian memiliki fungsi untuk melindungi tubuh dari cahaya sinar matahari, debu di sekitar, cuaca, gangguan binatang, serta melindungi tubuh dari benda-benda yang dapat membahayakan kulit, dan menyamarkan kekurangan pemakainya. [1].

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan inovasi, kain yang merupakan salah satu kebutuhan primer masyarakat, diolah sedemikian rupa, memungkinkan pengguna memiliki beragam jenis kain dengan berbagai pola, warna, dan tekstur [1]. Dengan demikian, kain dapat diolah menjadi celana, baju, *jacket/hoodie*, selimut, seprai, dan lain-lain sehingga memiliki nilai jual yang tinggi. Kain juga digunakan sebagai bahan pembuatan *accessories* seperti, sepatu, tutup kepala, perhiasan, dan juga tas. Digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti karpet dan kelambu. Kain juga memiliki fungsi industri seperti pembuatan kain layar perahu dan keperluan militer.

Pada dasarnya kain dibuat dari serat yang berasal dari bahan alami ataupun sintetis. Serat tersebut dipintal menjadi benang panjang, kemudian melalui proses penenunan atau perajutan sehingga terbentuk kain. Keanekaragaman jenis kain dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain ketebalan serat, kualitas bahan, tekstur kain, serta variasi pola dalam proses rajut dan tenun. [2]

Saat ini, hanya sebagian masyarakat yang bisa membedakan jenis kain dasar, karena perlunya pengalaman dan pemahaman yang baik tentang kain. Sebagian besar masyarakat mengandalkan metode manual dengan mata dan indra peraba,

sehingga masyarakat yang tidak terlalu mengenal dan paham perbedaan jenis dan tekstur kain, akan sulit untuk mencari dan memanfaatkan jenis kain tekstil sesuai fungsinya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengelompokkan jenis kain tekstil berdasarkan karakteristik teksturnya. Proses pengelompokan dilakukan dengan memanfaatkan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) sebagai proses ekstraksi fitur tekstur, serta *K-Means Clustering*.

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian
Sapta Ully C.S	Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Identifikasi Jenis Kain Dasar Berdasarkan Tekstur Permukaan Kain
Mutia Aini Lutfia	Identifikasi Jenis Kain Dasar Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Tekstur <i>Gray Level Co-Occurrence Matrices</i> (GLCM) dan <i>K-Nearest Neighbor</i> (K-NN)
Citra Nurina Prabiantissa, Ariadi Retno Tri Hayati Ririd, dan Rosa Andrie Asmara	Sistem Identifikasi Batik Alami dan Batik Sintetis Berdasarkan Karakteristik Warna Citra dengan Metode <i>K-Means Clustering</i>
Amin Padmo A. M dan Murinto	Segmentasi Citra Batik Berdasarkan Fitur Tekstur Menggunakan Metode Filter Gabor dan <i>K-Means Clustering</i>
Agyztia Permana, Otong Saeful Bachri, dan Akhmad Pandu	Klasifikasi Jenis Mangga Apel Menggunakan Metode <i>K-Means</i>
Imron Rosyadi NR, Erwin Prasetyowati, dan Badar Said	Penerapan Citra Berbasis <i>K-Means Clustering</i> Untuk Mendeteksi Penyakit Bulai Pada Komoditas Jagung Madura
Nabilla Yasmin, Syifa Chairunnisa .D.A., Agung Ramadhanu	Penerapan <i>K-Means Clustering</i> Untuk Klasifikasi Citra Cabai Keriting : Studi Ekstraksi Warna dan Tekstur GLCM
Kevin, Jason Hendryli, dan Dyah Erny Herwindiati	Klasifikasi Kain Tenun Berdasarkan Tekstur & Warna Dengan Metode K-NN

Perbedaan penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu, terletak pada aspek jenis data yang digunakan, yaitu kain tekstil yang terdiri dari drill, katun, *polyester*, satin, dan wol. Penelitian ini memanfaatkan metode ekstraksi fitur tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dengan orientasi sudut 0°, 45°, 90°, dan 135°. Fitur tekstur yang digunakan meliputi energi, korelasi, kontras, homogenitas, *maximum probability*, entropi, *sum of square (variance)*, dan disimilaritas. Pengelompokan jenis kain dilakukan dengan menerapkan algoritma *K-Means Clustering* sebagai metode *unsupervised learning*. Implementasi sistem dilakukan dengan bantuan *visual studio code* menggunakan bahasa pemrograman *python* serta memanfaatkan *library opencv*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode ekstraksi fitur tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dalam proses pengelompokan kain tekstil.
2. Bagaimana implementasi algoritma *K-Means Clustering* dalam mengelompokkan jenis kain tekstil.

1.3 Batasan Masalah

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kain tekstil yang digunakan sebagai data penelitian meliputi kain drill, katun, *polyester*, satin dan wol.
2. Pengujian dalam penelitian ini dilakukan menggunakan data yang telah dikumpulkan sebelumnya.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, ekstraksi fitur tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) serta algoritma *K-Means Clustering*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu melakukan implementasi metode ekstraksi fitur tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan algoritma *K-Means Clustering* dalam proses pengelompokan kain tekstil.
2. Menghitung tingkat kesesuaian hasil pengelompokan jenis kain tekstil menggunakan metode *K-Means Clustering*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman mengenai penggunaan metode *K-Means Clustering* terhadap proses pengelompokan kain tekstil.
2. Mengetahui tingkat kesesuaian dalam mengidentifikasi jenis kain tekstil menggunakan metode *K-Means Clustering*.
3. Menambah pengetahuan terkait pengolahan citra *digital*.

1.6 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini yaitu, proses ekstraksi fitur tekstur pada kain tekstil dapat dilakukan dengan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Selanjutnya, proses pengelompokan atau klasifikasi jenis kain tekstil dilakukan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan menjelaskan gambaran umum penelitian yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka membahas teori-teori yang berkaitan pada penelitian, serta referensi yang didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, dan penelitian sebelumnya yang mendukung penulisan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian membahas metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta tahapan atau prosedur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang telah diperoleh, dan analisis data yang dihasilkan selama proses penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab penutup berisi kesimpulan dari hasil penelitian beserta saran yang dapat menjadi masukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat seluruh sumber referensi yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kain

Kain merupakan salah satu bahan dasar tekstil yang dapat diolah menjadi berbagai produk seperti pakaian selimut, sprei, *jacket/hoodie*, aksesoris dan berbagai kebutuhan lainnya yang memiliki nilai guna maupun nilai jual. Pada awalnya, penggunaan kain difokuskan untuk melindungi tubuh dari pengaruh cuaca seperti panas pada siang hari maupun udara dingin pada malam hari. Seiring dengan perkembangan kebutuhan manusia, fungsi kain semakin beragam, tidak hanya sebagai penutup tubuh tetapi juga digunakan dalam kegiatan adat, petunjuk status sosial, serta menjadi bagian dari tren atau gaya berpakaian [1].



Gambar 2.1 Contoh Kain

Gambar 2.1 Contoh Kain, menunjukkan berbagai jenis kain yang masih berupa bahan tekstil dan belum diproses menjadi pakaian ataupun produk lainnya. Dengan adanya berbagai jenis kain, penggunaan serta fungsi masing-masing kain dapat berbeda tergantung pada tekstur dan bahan penyusunnya. Dalam kondisi cuaca tertentu, pemilihan jenis kain dapat mempengaruhi kenyamanan serta tampilan pakaian yang dikenakan. Sebagai contoh, pada saat cuaca panas,

penggunaan pakaian yang terbuat dari kain yang tebal atau berat biasanya terasa kurang nyaman untuk dipakai, dan sebaliknya pada kondisi cuaca yang lebih dingin. Oleh karena itu, penting untuk memahami berbagai jenis kain agar dapat menentukan bahan yang sesuai dengan kebutuhan penggunaan sehari-hari, sekaligus menambah wawasan mengenai nilai guna serta nilai jual dari kain tersebut [1].

2.2 Pengolahan Citra Digital

Citra merupakan bentuk informasi *visual* yang banyak digunakan manusia selain suara, teks, dan video. Informasi yang terdapat pada citra tidak hanya dimanfaatkan sebagai media komunikasi antar manusia, tetapi juga dapat digunakan dalam komunikasi antara komputer dan manusia. Setiap orang dapat memberikan interpretasi yang berbeda terhadap suatu citra, sehingga diperlukan teknik pengolahan citra untuk memperoleh informasi yang lebih jelas dan sesuai dengan kebutuhan [9].

Citra digital merupakan representasi dari *visual* objek di dunia yang disajikan dalam bentuk data digital sehingga dapat diproses oleh komputer. Citra digital tersusun atas elemen-elemen kecil yaitu piksel, yang tersusun dari baris dan kolom. Setiap piksel dalam citra memiliki nilai tertentu yang merepresentasikan informasi kecerahan maupun warna pada citra tersebut. Citra digital dapat diperoleh melalui berbagai perangkat seperti *scanner*, kamera digital maupun hasil simulasi dari komputer [10].

Perkembangan teknologi pengolahan citra bertujuan untuk membantu manusia dalam mempermudah berbagai aktivitas. Salah satu manfaatnya adalah membantu proses interpretasi objek yang tertangkap oleh kamera melalui peningkatan kualitas citra [9]. Pengolahan citra digital mempelajari mekanisme suatu citra dibentuk, diproses, dan dianalisis sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Proses ini dilakukan melalui berbagai teknik transformasi citra sehingga menghasilkan citra baru dengan karakteristik tertentu [10]. Tujuan utama dari pengolahan citra digital adalah melakukan proses manipulasi serta

analisis terhadap citra digital guna berbagai keperluan. Pengolahan citra melibatkan beberapa tahapan operasi yang bertujuan untuk mengekstraksi informasi penting, meningkatkan kualitas citra, melakukan ekstraksi fitur, segmentasi citra, kompresi citra, serta pengenalan pola [10].

Berdasarkan bentuk sinyal penyusunannya, citra dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu citra analog dan citra digital [10].

1. Citra Analog

Citra analog merupakan citra yang terbentuk dari sinyal analog yang bersifat kontinu. Citra jenis ini biasanya dihasilkan oleh perangkat akuisisi citra analog contohnya mata manusia atau kamera analog. Gambar yang ditangkap oleh mata manusia maupun kamera analog umumnya memiliki tingkat ketajaman atau resolusi yang tinggi. Namun, citra analog memiliki kelemahan karena tidak dapat dengan mudah disimpan, diproses, ataupun diduplikasi menggunakan komputer [10].

2. Citra Digital

Citra digital adalah representasi intensitas cahaya yang dinyatakan dalam bentuk diskrit dalam bidang dua dimensi. Citra ini tersusun atas kumpulan (*picture element*) piksel yang masing-masing memiliki koordinat tertentu yaitu (x,y) serta nilai amplitudo $f(x,y)$. Koordinat (x,y) merepresentasikan posisi piksel dalam citra, sedangkan nilai amplitudo $f(x,y)$ merepresentasikan tingkat intensitas warna atau kecerahan pada citra [10].

2.3 Tekstur Citra

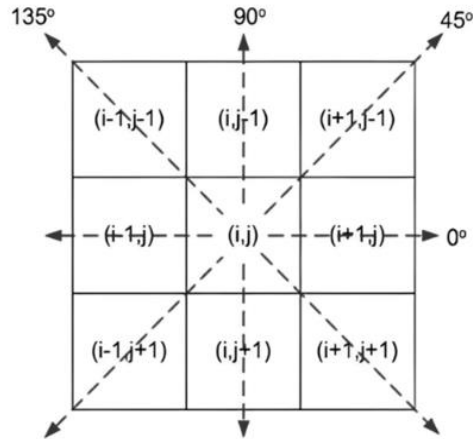
Tekstur pada citra mengacu pada pola visual yang menunjukkan hubungan atau susunan antar piksel dalam suatu gambar. Pola tekstur dapat berupa bentuk berulang seperti garis, titik, maupun variasi kecil pada intensitas warna [11]. Secara umum, tekstur dapat dipahami sebagai karakteristik yang dimiliki oleh

suatu area pada citra yang cukup luas sehingga pola tersebut dapat muncul berulang secara alami pada area tersebut [11]. Suatu permukaan dapat dikatakan memiliki informasi tekstur apabila area permukaan tersebut diperbesar tanpa mengubah skala dasar dan pola yang terlihat masih menunjukkan kemiripan dengan permukaan awalnya. Permukaan yang tidak memiliki warna tertentu dalam citra tetap dapat mengandung informasi tekstur apabila terdapat pola-pola tertentu, misalnya permukaan batu, hamparan pasir, atau kumpulan biji-bijian [11].

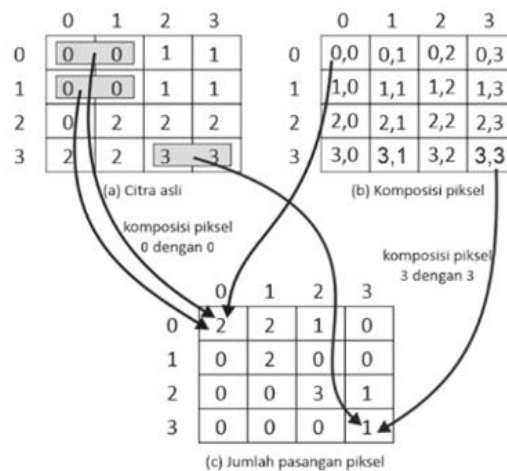
2.3.1 Ekstraksi Fitur Tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM)

Metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) adalah salah satu teknik ekstraksi fitur tekstur yang menerapkan perhitungan statistik orde kedua. Pendekatan orde pertama, pengukuran tekstur hanya berdasarkan pada distribusi nilai piksel tunggal, misalnya varians, tanpa mempertimbangkan hubungan ketetanggaan piksel. Berbeda dengan pendekatan tersebut, metode orde kedua seperti GLCM memperhitungkan hubungan antara pasangan piksel yang berdekatan dalam suatu citra [12]. GLCM direpresentasikan dalam bentuk matriks yang merepresentasikan frekuensi kemunculan pasangan piksel dengan nilai intensitas tertentu pada jarak dan arah tertentu pada citra. Setiap pasangan piksel pada metode ini memiliki parameter jarak d serta orientasi sudut θ . Nilai jarak direpresentasikan dalam satuan piksel, sedangkan orientasi sudut dinyatakan dalam satuan derajat [13].

Berdasarkan Gambar 2.2 Hubungan Ketetanggaan Antar Piksel, hubungan antar piksel dapat dibentuk dari empat arah sudut dengan interval, yaitu 0° , 45° , 90° , dan 135° . Pada penelitian ini jarak antar piksel yang digunakan ditetapkan sebesar 1 piksel.



Gambar 2.2 Hubungan Ketetanggaan Antar Piksel



Gambar 2.3 Contoh Penentuan Awal Matrix GLCM Berbasis Dua Piksel.

Sebagai contoh ilustrasi, hubungan ketetanggaan antar piksel ditentukan dengan jarak $d = 1$ dan orientasi sudut 0° . Berdasarkan acuan tersebut, jumlah pasangan piksel yang memenuhi hubungan pada arah tersebut dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3. Nilai matriks GLCM yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung berbagai fitur tekstur yang mewakili karakteristik

permukaan objek. Beberapa fitur yang digunakan untuk mengekstraksi ciri tekstur antara lain sebagai berikut:

1. Energi (*Energy*)

Energi merupakan salah satu ukuran yang menggambarkan tingkat keseragaman nilai intensitas keabuan pada citra. Persamaan perhitungan energi ditunjukkan pada Persamaan (2.1).

$$\text{Energi} = \sum_i^{ng} \sum_j^{ng} (p(i, j))^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

ng = jumlah tingkat keabuan citra.

2. Korelasi (*Correlation*)

Korelasi merupakan ukuran yang menunjukkan tingkat hubungan linier antara nilai intensitas piksel dalam suatu citra. Rentang nilai korelasi berkisar antara -1 hingga 1. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan sejauh mana keterkaitan antar piksel dengan piksel tetangganya dalam citra. Rumus ditunjukkan pada Persamaan (2.2).

$$\text{Korelasi} = \sum_i^{ng} \sum_j^{ng} = \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)p(i, j)}{\sigma_i \sigma_j} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

ng = jumlah tingkat keabuan citra.

μ = mean dari piksel pada posisi i dan j .

σ = standar deviasi

3. Kontras (*Contrast*)

Kontras merupakan ukuran yang menggambarkan perbedaan intensitas antara piksel dengan piksel tetangganya dalam suatu citra. Nilai kontras menunjukkan tingkat variasi intensitas yang terdapat pada gambar. Apabila perbedaan nilai intensitas antara piksel yang berdekatan relatif kecil, maka nilai kontras tekstur yang dihasilkan juga akan rendah. Rumus ditunjukkan pada Persamaan (2.3).

$$\text{Kontras} = \sum_i^{ng} \sum_j^{ng} (i - j)^2 p(i, j) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

ng = jumlah tingkat keabuan citra.

4. Homogenitas (*Homogeneity*)

Homogenitas digunakan untuk mengukur tingkat keseragaman distribusi nilai intensitas pada matriks citra. Semakin seragam nilai intensitas antar piksel, maka nilai homogenitas akan semakin tinggi. Dengan kata lain, nilai maksimum homogenitas diperoleh ketika nilai piksel dalam citra memiliki kesamaan yang tinggi. Rumus perhitungan homogenitas ditunjukkan pada Persamaan (2.4).

$$\text{Homogenitas} = \sum_i^{ng} \sum_j^{ng} \frac{p(i, j)}{1 + (i - j)^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

ng = jumlah tingkat keabuan citra.

5. *Maximum Probability*

Maximum Probability merupakan nilai probabilitas terbesar yang terdapat pada matriks ko-ookurensi. Nilai ini menunjukkan respons paling dominan dari pasangan piksel dalam matriks GLCM. Semakin besar nilai *maximum probability*,

maka pola tekstur citra cenderung lebih teratur. Rumus perhitungan ditunjukkan pada Persamaan (2.5).

$$MP = \max(p(i,j)) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

6. Entropi (*Entropy*)

Entropi mengukur tingkat acak piksel pada citra. Semakin besar nilai entropi yang diperoleh, maka tingkat keacakan pola tekstur pada citra juga semakin tinggi. Persamaan perhitungan entropi ditunjukkan pada Persamaan (2.6).

$$\text{Entropi} = - \sum_i^{ng} \sum_j^{ng} p(i,j) \log(p(i,j)) \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

ng = jumlah tingkat keabuan citra.

7. Variance

Variance digunakan untuk menunjukkan besarnya variasi atau penyimpangan nilai elemen pada matriks ko-okurensi. Nilai ini menggambarkan seberapa besar perbedaan distribusi intensitas terhadap nilai rata-ratanya. Persamaan perhitungan *variance* ditunjukkan pada Persamaan (2.7).

$$VAR = \sum_i^{ng} \sum_j^{ng} p(i,j)(i - \mu)^2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

ng = jumlah tingkat keabuan citra.

μ = nilai rata-rata piksel.

8. Disimilaritas (*Dissimilarity*)

Disimilaritas menunjukkan tingkat perbedaan nilai intensitas antar piksel dalam citra. Parameter ini memiliki konsep yang mirip dengan kontras. Jika suatu area citra memiliki nilai kontras yang tinggi, maka nilai disimilaritas pada area tersebut juga akan cenderung tinggi. Persamaan perhitungan disimilaritas ditunjukkan pada Persamaan (2.8).

$$\text{Dis} = \sum_i^{ng} \sum_j^{ng} = |i - j|p(i, j) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan keterangan:

p = nilai probabilitas (0—1) yang merupakan matriks GLCM.

(i, j) = posisi baris ke- i dan kolom ke- j pada matriks.

ng = jumlah tingkat keabuan citra.

2.4 *Machine Learning*

Machine Learning merupakan cabang ilmu dalam bidang *Computer Science* yang mempelajari bagaimana mesin atau komputer dapat belajar dari data, sehingga mampu meningkatkan kemampuan atau kecerdasannya. Dengan kata lain, *machine learning* adalah bidang yang membahas metode agar komputer dapat mempelajari pola dari data, dan kemudian digunakan untuk membuat keputusan atau prediksi secara otomatis [14]. Dalam penerapannya, *machine learning* umumnya dibagi menjadi dua pendekatan utama yaitu, *unsupervised learning* dan *supervised learning*.

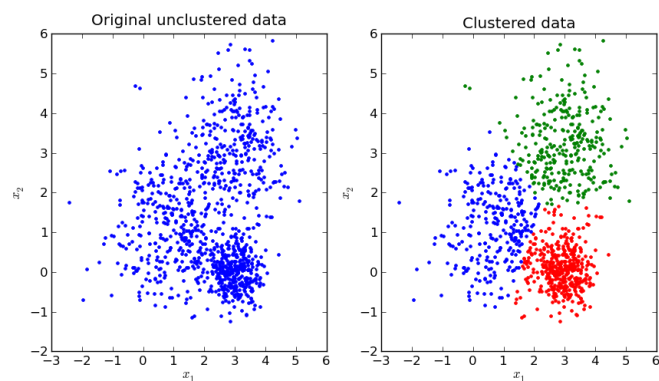
2.4.1 *Unsupervised Learning*

Unsupervised Learning merupakan salah satu metode dalam *machine learning* yang digunakan untuk menemukan pola atau struktur tertentu dari sekumpulan data tanpa menggunakan label sebagai acuan. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh informasi atau pengetahuan tersembunyi dari data yang tidak memiliki kategori sebelumnya. Salah satu teknik yang paling umum digunakan

dalam *unsupervised learning* adalah *clustering*, yaitu proses pengelompokan data berdasarkan kemiripan karakteristik yang dimilikinya [14]. Salah satu algoritma yang sering digunakan pada metode ini adalah *K-Means*.

2.4.2 *K-Means Clustering*

Proses pengelompokan (*clustering*) merupakan salah satu permasalahan penting dalam bidang *machine learning* dan sering digunakan sebagai tahap awal pada proses *preprocessing* dalam analisis data. Tujuan utama dari proses ini adalah membagi sekumpulan data ke dalam beberapa kelompok sehingga data yang memiliki karakteristik serupa berada dalam kelompok yang sama, sedangkan data yang berbeda akan berada pada kelompok yang berbeda [21]. Algoritma *K-Means Clustering* merupakan salah satu metode pengelompokan data yang bekerja secara iteratif untuk membentuk sejumlah kelompok data [22]. Metode ini termasuk ke dalam pendekatan *unsupervised learning*, yaitu proses pembelajaran yang tidak memerlukan label pada data [15]. Selain digunakan untuk proses pengelompokan data, algoritma *K-Means* juga banyak diterapkan pada berbagai bidang seperti segmentasi citra, segmentasi pelanggan, analisis pasar, serta pengelompokan dokumen. Algoritma ini mampu memproses data tanpa memerlukan label kategori sebelumnya [16].



Gambar 2.4 Ilustrasi Algoritma *K-Means Clustering*

Berdasarkan Gambar 2.4, metode *K-Means* mengelompokkan data ke dalam beberapa kelompok, di mana data yang berada dalam satu kelompok memiliki

karakteristik yang mirip, sedangkan data dalam kelompok lain mengandung karakteristik yang berbeda. Tujuan utama dari proses *clustering* adalah meminimalkan nilai *objective function* yang digunakan dalam proses pengelompokan [18]. Dalam penelitian ini digunakan 5 jenis kain dengan jumlah 150 data untuk setiap jenis kain.

Langkah-langkah implementasi metode *K-Means Clustering* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyaknya *cluster* atau nilai *k* terlebih dahulu.
2. Menentukan secara acak titik pusat (*centroid*) awal dari setiap *cluster*.
3. Menghitung jarak setiap data dengan *centroid* menggunakan metode jarak *euclidean*.
4. Mengklasifikasi data ke dalam *cluster* yang memiliki jarak paling dekat dengan *centroid*.
5. Menghitung kembali posisi *centroid* berdasarkan rata-rata data pada setiap *cluster*. Proses ini diulangi hingga posisi *centroid* tidak berubah secara signifikan atau nilai fungsi objektif telah mencapai kondisi konvergen.

- a) Perhitungan jarak data ke *centroid* digunakan rumus *euclidean distance* sebagai berikut:

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - yi)^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

i : indeks atribut

n : jumlah data

xi : atribut dari data ke-*i*

yi : atribut dari pusat *cluster* ke-*i*

- b) *Centroid* baru dihitung menggunakan nilai rata-rata dari seluruh data dalam *cluster*, ditunjukkan dalam Persamaan 2.6:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \mu i}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan keterangan:

C : *centroid* pada *cluster*

n : banyaknya data pada *cluster*

μ_i : data ke- i

2.5 Visual Studio Code

Visual Studio Code adalah aplikasi editor kode sumber yang bersifat *open source*. Perangkat lunak ini mendukung berbagai bahasa pemrograman serta menyediakan beragam *extension* yang dapat digunakan untuk menambah fungsi dan fitur dalam proses pengembangan program.

2.6 Python

Bahasa pemrograman merupakan kumpulan perintah atau instruksi yang diberikan kepada komputer agar dapat menjalankan tugas tertentu. *Python* adalah bahasa pemrograman yang sering dimanfaatkan untuk pengembangan *website*, pembuatan aplikasi, otomatisasi berbagai proses, serta analisis data.

Python

```
import cv2
import numpy as np

# Membaca citra
image = cv2.imread('gambar.jpg')

# Mengubah citra menjadi array 2D
Z = image.reshape((-1,3))
Z = np.float32(Z)

# Menentukan kriteria berhenti
criteria = (cv2.TERM_CRITERIA_EPS +
cv2.TERM_CRITERIA_MAX_ITER, 10, 1.0)

# Menentukan jumlah kluster
K = 3

# Proses K-Means
ret,label,center = cv2.kmeans(Z, K, none,
```

```

criteria, 10, cv2.KMEANS_RANDOM_CENTERS)

# Mengubah Kembali ke format gambar
center = np.uint8(center)
res = center[label.flatten()]
result_image = res.reshape((image.shape))

# Menyimpan hasil
cv2.imwrite('hasil.jpg', result_image)

```

2.7 Library OpenCV

OpenCV adalah perpustakaan *open-source* yang berisi berbagai fungsi dan algoritma yang dapat melakukan tugas pengolahan citra dan penglihatan komputer. *OpenCV* memiliki berbagai fitur dan fungsionalitas untuk pengolahan citra seperti, membaca dan menulis citra dari berbagai format file, menyediakan berbagai teknik pra-proses citra, dapat mendukung deteksi objek dengan berbagai algoritma, melakukan ekstraksi fitur, pelacakan objek, dan tugas pengolahan citra lainnya.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi serta bahan perbandingan dalam penelitian ini. Dengan mempelajari penelitian sebelumnya, dapat diketahui metode yang telah digunakan serta hasil yang diperoleh sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penelitian terdahulu:

Sapta Uly C.S dalam penelitiannya yang berjudul “Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Identifikasi Jenis Kain Dasar Berdasarkan Tekstur Permukaan Kain”. Penelitian tersebut menggunakan metode ekstraksi fitur *Gray Level Co-occurrence Matrix* dengan empat parameter fitur yaitu kontras, korelasi, ASM (energi), dan homogenitas. Metode tersebut kemudian dikombinasikan dengan jaringan saraf tiruan untuk melakukan proses identifikasi jenis kain berdasarkan tekstur permukaannya. Jenis kain yang digunakan pada penelitian tersebut antara

lain brokat, *balotelly*, *crepe* katun, satin, dan *wollpeach*. Berdasarkan hasil pengujian, model yang dikembangkan mampu mengenali 443 data secara benar dari total 450 data latih, serta 246 data benar dari 300 data uji. Selain itu, penelitian tersebut memperoleh nilai evaluasi *recall* sebesar 81%, *precision* 82%, dan *accuracy* sebesar 93%. [2].

Mutia Aini Lutfia dalam penelitiannya yang berjudul “Identifikasi Jenis Kain Dasar Berdasarkan Tekstur Dengan Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *K-Nearest Neighbor* (K-NN)”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kain dasar dengan memanfaatkan algoritma *machine learning* K-NN serta metode ekstraksi fitur GLCM. Fitur tekstur yang digunakan meliputi disimilaritas, homogenitas, korelasi, ASM, dan energi, dengan orientasi sudut 0°, 45°, 90°, dan 135°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat akurasi yang diperoleh sebesar 78% pada pengujian menggunakan 250 data latih dengan rata-rata *processing time* 3,14 detik. Sementara itu, pada pengujian menggunakan 750 data latih, diperoleh tingkat akurasi sebesar 80% dengan rata-rata *processing time* 3,38 detik [3].

Citra Nurina Prabiantissa, Ariadi Retno Tri Hayati Ririd dan Rosa Andrie Asmara dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Identifikasi Batik Alami dan Batik Sintetis Berdasarkan Karakteristik Warna Citra dengan Metode *K-Means Clustering*”. Penelitian tersebut melakukan proses identifikasi antara batik alami dan batik sintetis dengan menerapkan metode *K-Means Clustering*. Proses pengelompokan dilakukan dengan memanfaatkan nilai normalisasi RGB dari citra yang dianalisis. Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dikembangkan mampu mencapai tingkat keberhasilan identifikasi sebesar 92.8%. Selain itu, hasil identifikasi menghasilkan dua kategori keluaran, yaitu batik alami dengan tingkat keberhasilan 100% dan batik sintetis sebesar 85,71% [5]

Amin Padmo A.M dan Murinto dalam penelitiannya yang berjudul “Segmentasi Citra Batik Berdasarkan Fitur Tekstur Menggunakan Metode Filter Gabor dan *K-Means Clustering*”. Penelitian tersebut memanfaatkan metode Filter Gabor dan *K-Means Clustering* untuk membantu proses awal identifikasi motif batik Pekalongan berdasarkan karakteristik teksturnya. Pengujian dilakukan

menggunakan 4 sampel motif batik Pekalongan, di mana setiap sampel terdiri dari satu jenis citra yang diuji sebanyak 18 kali. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan bahwa hasil segmentasi citra terbaik diperoleh ketika menggunakan parameter $\gamma = 0,5$, $\theta = 90$, dan $\lambda = 15$. Apabila menggunakan parameter selain nilai tersebut, kualitas segmentasi yang dihasilkan menjadi kurang optimal [6].

Agyztia Premana, Otong Saeful Bachri, dan Akhmad Pandhu Wijaya, dalam penelitiannya yang berjudul “Klasifikasi Jenis Mangga Apel Menggunakan Metode *K-Means Clustering*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk menganalisis proses klasifikasi jenis mangga dengan menggunakan metode *K-Means Clustering*. Pada penelitian ini diterapkan jaringan saraf tiruan untuk proses pemodelan serta ekstraksi berbagai fitur citra seperti nilai RGB, matriks RGB standar, keliling, luas, lebar, panjang, bentuk, dan kelangsingan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata waktu komputasi citra mangga untuk setiap data adalah 0,856 detik. Selain itu, penggunaan 1 *hidden layer* memberikan hasil yang lebih efektif dengan tingkat akurasi tertinggi serta waktu proses yang lebih cepat dibandingkan penggunaan 2 *hidden layer* [7].

Imron Rosyadi NR, Erwin Prasetyowati, dan Badar Said dalam penelitiannya yang berjudul “Penerapan Citra Berbasis *K-Means Clustering* Untuk Mendeteksi Penyakit Bulai Pada Komoditas Jagung Madura”. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi perbedaan warna antara daun jagung yang sehat dan daun yang mengalami perubahan akibat penyakit bulai, dengan menggunakan pendekatan pengolahan citra *digital* serta metode *K-Means Clustering*. Penelitian tersebut menggunakan 50 citra sebagai data latih dan 25 citra sebagai data uji. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sistem yang dikembangkan mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 85% dalam mendeteksi penyakit bulai [23].

Nabilla Yasmin, Syifa Chairunnisa Deliva Akbar, dan Agung Ramadhanu dalam penelitiannya yang berjudul “Penerapan *K-Means Clustering* Untuk Klasifikasi Citra Cabai Keriting: Studi Ekstraksi Warna dan Tekstur GLCM”. Penelitian tersebut menggunakan ekstraksi fitur warna dengan model RGB, sedangkan fitur tekstur diperoleh menggunakan metode *Gray Level Co-*

occurrence Matrix. Proses pengelompokan citra dilakukan dengan metode *K-Means Clustering* yang membagi data ke dalam dua kategori, yaitu cabai keriting merah dan cabai keriting hijau. Jumlah citra yang digunakan adalah 50 citra untuk setiap jenis cabai, dengan pembagian 60 citra sebagai data latih dan 40 citra sebagai data uji pada masing-masing kelas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara fitur warna dan tekstur mampu memberikan tingkat akurasi yang lebih baik. Nilai akurasi yang diperoleh untuk cabai keriting merah sebesar 93% dan cabai keriting hijau sebesar 91%, dengan rata-rata akurasi keseluruhan mencapai 92% [24].

Kevin, Janson Hendryli, dan Dyah Erny Herwidiанти dalam penelitiannya yang berjudul “Klasifikasi Kain Tenun Berdasarkan Tekstur & Warna Dengan Metode K-NN”. Pada penelitian tersebut, citra kain tenun diklasifikasikan menggunakan beberapa metode ekstraksi fitur, yaitu *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dan *Local binary Pattern* (LBP) yang memanfaatkan karakteristik tekstur dan warna citra. Proses klasifikasi motif kain tenun dilakukan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN). Aplikasi yang dikembangkan pada penelitian tersebut menggunakan bahasa pemrograman *Python*, sedangkan *Java* digunakan sebagai *front-end*. Berdasarkan hasil pengujian, metode LBP memperoleh tingkat akurasi sebesar 57,3% metode *Color Moments* sebesar 33,33%, dan metode GLCM sebesar 29,33%. Nilai *f1-score* tertinggi pada penelitian tersebut diperoleh ketika menggunakan metode LBP [25].

Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada data yang digunakan, yaitu berupa kain tekstil drill, katun, satin, dan wol. Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi fitur tekstur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), dengan orientasi sudut 0°, 45°, 90°, dan 135°, sedangkan proses pengelompokan jenis kain dilakukan menggunakan metode *K-Means Clustering*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektronika, Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan dalam rentang waktu Agustus 2024 hingga November 2025.

3.2 Alat dan Bahan

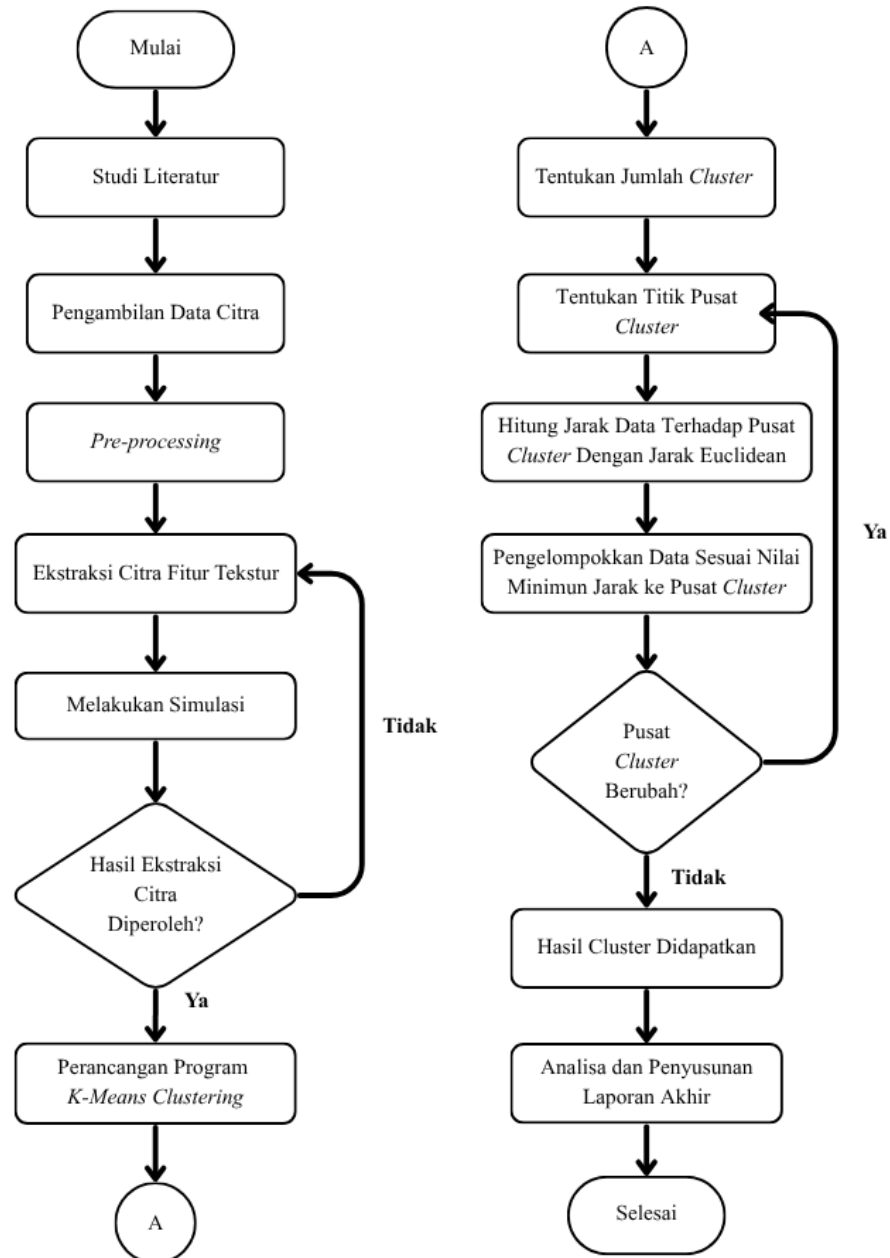
Pada penelitian ini digunakan alat dan bahan ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Alat dan Bahan

Nama Alat dan Bahan	Penggunaan
Laptop Lenovo Ideapad S410p	Sebagai sarana untuk mengerjakan algoritma dan simulasi.
Kain Tekstil	Objek utama yang akan diteliti guna mendapat data hasil penelitian.
<i>Digital Microscope</i>	Alat yang digunakan untuk mengambil gambar bahan penelitian.
<i>Software HiView</i>	Aplikasi yang menghubungkan <i>digital microscope</i> dengan laptop guna merepresentasikan gambar yang diambil.
<i>Software Visual Studio Code</i>	Aplikasi yang digunakan sebagai kode editor.
<i>Software Python</i>	Bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

Pada Gambar 3.1 Prosedur Penelitian, penelitian diawali dengan studi literatur, yaitu mengumpulkan referensi dari artikel, jurnal, maupun buku ilmiah yang

berkaitan dengan penelitian sebelumnya sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Selanjutnya dilakukan pengambilan data citra yang akan digunakan sebagai objek penelitian. Tahap berikutnya adalah *preprocessing*, yaitu melakukan *resize* untuk memperkecil ukuran citra. Setelah itu citra RGB diubah menjadi citra *grayscale*. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi fitur tekstur menggunakan GLCM, kemudian dilakukan perancangan program untuk mengekstraksi citra dan menjalankan simulasi menggunakan *Visual Studio Code*. Apabila proses ekstraksi citra berhasil, maka akan diperoleh data hasil ekstraksi. Tahap selanjutnya adalah melakukan klasifikasi menggunakan metode *K-Means Clustering*. Proses ini dimulai dengan menentukan jumlah *cluster*, kemudian menentukan titik pusat *cluster* (*centroid*) secara acak. Setelah itu, dilakukan perhitungan jarak data terhadap pusat *cluster* menggunakan rumus jarak *euclidean*, kemudian data dikelompokkan berdasarkan jarak minimum terhadap pusat *cluster*. Jika titik pusat *cluster* masih berubah, maka proses perhitungan jarak dan pengelompokan akan diulangi hingga pusat *cluster* tidak mengalami perubahan lagi. Setelah proses tersebut selesai, maka akan diperoleh hasil *cluster*, kemudian dilakukan analisis dan penyusunan laporan akhir.

3.3.1 Studi Literatur

Tahap pertama dalam penelitian ini, adalah melakukan studi literatur untuk memperoleh referensi dari berbagai sumber seperti artikel, buku, serta jurnal ilmiah yang berkaitan dengan penelitian sebelumnya.

3.3.2 Pengambilan Data Citra

Pada penelitian ini, data citra diperoleh menggunakan mikroskop *digital* (*digital microscope*) dengan kemampuan jarak fokus sekitar 15mm sampai 40mm. Proses pengambilan citra dilakukan dengan menempatkan kain secara tegak lurus di atas lensa mikroskop, kemudian pencahayaan diatur menggunakan fitur LED yang tersedia pada kamera mikroskop.

3.3.3 Preprocessing

Pada tahap *preprocessing*, dilakukan proses *resize* pada citra untuk memperkecil ukuran citra yang digunakan. Citra yang diperoleh memiliki ukuran 1095 x 615 piksel, yang tergolong cukup besar sehingga perlu dilakukan proses *resize* agar ukuran citra menjadi lebih kecil dan mempermudah proses pengolahan data selanjutnya.

3.3.4 Ekstraksi Citra

Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi fitur *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)*. Sebelum proses ekstraksi, citra yang diperoleh terlebih dahulu dikonversi dari citra RGB menjadi citra *grayscale*. Proses konversi citra RGB ke *grayscale* secara matematis ditunjukkan pada Persamaan 3.1.

$$\text{Grayscale} = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan keterangan:

R = nilai intensitas piksel pada kanal merah

G = nilai intensitas piksel pada kanal hijau

B = nilai intensitas piksel pada kanal biru

Setelah proses konversi selesai, citra kemudian diekstraksi menggunakan metode GLCM dengan beberapa fitur, yaitu energi, korelasi, kontras, homogenitas, *maximum probability*, entropi, *variance*, dan disimilaritas. Proses ekstraksi ini menghasilkan data berupa nilai numerik yang selanjutnya digunakan sebagai data masukan pada tahap pengolahan berikutnya.

3.3.5 *K-Means Clustering*

Citra yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya kemudian dikelompokkan menggunakan metode *K-Means Clustering*. *K-Means* merupakan teknik pengelompokan data ke dalam beberapa *cluster*, sehingga data yang berada dalam satu *cluster* memiliki karakteristik yang serupa, sedangkan data pada *cluster* yang berbeda memiliki karakteristik yang tidak sama satu sama lain [13]. Tahapan dalam metode *K-Means Clustering* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyaknya *cluster* (k) yang akan digunakan.
2. Menentukan titik pusat awal (*centroid*) secara acak.
3. Menghitung jarak data dengan menggunakan perhitungan jarak *euclidean* terhadap masing-masing *centroid*.
4. Menghitung kembali nilai rata-rata data pada setiap *cluster* untuk memperoleh *centroid* yang baru.
5. Mengulangi langkah 3 dan 4 hingga perubahan fungsi objektif berada di bawah batas yang ditentukan.

Nilai K yang telah dipilih sebagai pusat awal kemudian digunakan untuk menghitung jarak *euclidean* sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2.5), yaitu dengan menentukan jarak minimum antara titik pusat *cluster* dan data. Data yang berjarak paling dekat dengan pusat *cluster* tersebut akan dikelompokkan ke dalam *cluster* yang sama.

3.3.6 *Davies-Bouldin Index*

Davies-Bouldin Index (DBI) digunakan untuk mengevaluasi kualitas hasil *cluster* yang terbentuk. Metode ini bertujuan untuk mengoptimalkan kedekatan antar data dalam satu *cluster* (*intra-cluster*) serta memaksimalkan jarak antar *cluster* yang berbeda (*inter-cluster*). Nilai rata-rata kemiripan antar *cluster* digunakan sebagai dasar perhitungan DBI. Semakin kecil nilai DBI atau semakin mendekati nol, maka kualitas *cluster* yang dihasilkan semakin baik [20]. Perhitungan DBI secara matematis ditunjukkan pada Persamaan 3.2.

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{j \neq i} \frac{(S_i + S_j)}{M_{i,j}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan keterangan:

k = jumlah *cluster*

S_i = rata-rata jarak anggota *cluster i* (*mean intra-cluster*)

S_j = rata-rata jarak anggota *cluster j* (*mean intra-cluster*)

$D_{i,j}$ = jarak antara *centroid cluster i* dan *cluster j*

Berikut merupakan tahapan untuk menghitung nilai DBI.

1. Menghitung *centroid* dari setiap cluster (μ_i), dengan menggunakan rata-rata dari setiap fitur data.
2. Menghitung sebaran data dalam *cluster*, yaitu tingkat kedekatan anggota *cluster* terhadap *centroid*. Perhitungan ini ditunjukkan pada Persamaan 3.3.

$$S_i = \frac{1}{|C_i|} \sum_{x \in C_i} x - \mu_i \dots\dots\dots(3.3)$$

Dengan Keterangan

x = titik data pada *cluster*

μ_i = *centroid cluster i*

$x - \mu_i$ = jarak *euclidean* antara titik data dan *centroid*.

3. Menghitung jarak antar *centroid* ($M_{i,j}$), yaitu jarak *euclidean* antara *centroid cluster i* dan *cluster j*. Perhitungan ini ditunjukkan pada Persamaan 3.4.

$$D_{i,j} = \mu_i - \mu_j \dots\dots\dots(3.4)$$

4. Menghitung rasio antar *cluster* (R_{ij}). Sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 3.5.

$$R_{ij} = \frac{S_i + S_j}{M_{ij}} \dots\dots\dots (3.5)$$

5. Menentukan nilai maksimum pada setiap *cluster* (R_{imax}), dengan memilih nilai R_{ij} terbesar pada masing-masing *cluster* i .
6. Menghitung rata-rata dari seluruh nilai R_i . Sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 3.6.

$$DBI = \frac{1}{k} \sum R_i \dots\dots\dots (3.6)$$

Setelah nilai DBI diperoleh, maka dapat dilakukan evaluasi terhadap hasil *clustering*. Semakin kecil nilai DBI yang dihasilkan, maka kualitas *cluster* yang terbentuk semakin baik. Secara umum, nilai $DBI < 1$ menunjukkan hasil *clustering* yang cukup baik dan stabil.

3.3.7 Purity

Purity adalah ukuran evaluasi eksternal dalam *clustering* yang digunakan untuk mengukur nilai kesesuaian hasil pengelompokan dengan label data asli. Karena *clustering* bersifat *unsupervised*, label asli tidak digunakan dalam proses pengelompokan. *Purity* digunakan setelah proses pengelompokan selesai, untuk melihat seberapa baik *cluster* merepresentasikan label sebenarnya. Langkah perhitungan *purity* adalah sebagai berikut:

1. Analisa hasil setiap *cluster*.
2. Tentukan label yang paling banyak muncul.
3. Hitung jumlah seluruh data mayoritas dari setiap *cluster*.
4. Bagi dengan total data.

Perhitungan *purity* secara matematis ditunjukkan pada Persamaan 3.7.

$$\text{Purity} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^K \text{Max} (nkj) \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

- N = jumlah keseluruhan data yang digunakan dalam penelitian
- K = banyaknya *cluster* yang terbentuk
- Nkj = jumlah data pada *cluster* ke-k dengan label ke-j
- Max (nkj) = jumlah data label mayoritas pada *cluster* ke-k

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini memiliki tujuan mampu melakukan implementasi metode ekstraksi fitur tekstur GLCM dan *K-Means Clustering*. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan metode GLCM dan algoritma *K-Means Clustering* dalam mengelompokkan 5 jenis kain tekstil, setiap jenis kain drill, katun, polyester, satin dan wol memiliki 150 data citra, sehingga total kain 750. Dari 750 data kain tersebut didapatkan hasil dari 8 fitur tekstur yaitu energi, korelasi, kontras, homogenitas, *maximum probability*, entropi, *variance*, dan disimilaritas, dengan sudut 0°, 45°, 90°, dan 135°. Penelitian ini berhasil mengelompokkan jenis kain dengan *K-Means Clustering*, dan dihasilkan 5 *cluster* yaitu, *cluster* 0 memiliki 152 data kain, *cluster* 1 berjumlah 210 kain, *cluster* 2 berjumlah 146 kain, pada *cluster* 3 terdapat 3 data kain, dan *cluster* 4 memiliki 239 data kain.
2. Penelitian ini, bertujuan untuk menghitung tingkat kesesuaian hasil pengelompokan kain tekstil menggunakan metode *K-Means Clustering*, dan nilai tingkat kesesuaian pengelompokan yang dihasilkan sebesar 79,6%. Nilai kualitas *cluster* sebesar 1,0016768 diperoleh dengan menggunakan perhitungan DBI.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah, klasifikasi jenis kain yang teksturnya berkemungkinan mirip tambahkan fitur *Local Binary Pattern* (LBP), dikarenakan LBP dapat mengekstrak pola tekstur mikro dengan membandingkan setiap piksel antar tetangga dalam skala lingkaran kecil, atau tambahkan metode gabor filter yang dapat membedakan pola arah, sehingga cocok untuk mendeteksi jenis kain, yang setiap kain memiliki arah tenunan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiyono dkk, (2008). Kriya Tekstil Untuk Sekolah Menengah Kejuruan Jilid 1. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. ISBN : 978-602-8320-67-2'
- [2] Sapta Ullly C.S, (2020). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Identifikasi Jenis Kain Dasar Berdasarkan Tekstur Permukaan Kain. Palembang : STMIK Global Informatika MDP.
- [3] Mutia Aini Lutfia, (2023). Identifikasi Jenis Kain Dasar Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Tekstur Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM) dan K-Nearest Neighbor (K-NN) dalam Tugas Akhir Studi Teknik Elektro, Universitas Lampung.
- [4] Muh. Zyahri, ST., (2013). Pengantar Ilmu Tekstil 2. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Kejuruan.
- [5] Citra dkk, (2017). Sistem Identifikasi Batik Alami dan Batik Sintetis Berdasarkan Karakteristik Warna Citra Dengan Metode *K-Means Clustering* dalam Jurnal : Informatika Polinema, Vol. 3 Edisi 2, ISSN : 2407-070X.
- [6] Amin Padmo A.M., dan Murinto, (2016). Segmentasi Citra Batik Berdasarkan Fitur Tekstur Menggunakan Metode Filter Gabor dan *K-Means Clustering* dalam Jurnal : Informatika, Vol.10, No.1.
- [7] Agyztia dkk, (2022). Klasifikasi Jenis Mangga Apel Menggunakan Metode *K-Means Clustering* dalam Jurnal : Teknik Indonesia, Volume. 1, No. 1.

- [8] Rusydi, U., Imam, R., dan Miladiah., (2018). Sistem Identifikasi Keaslian Uang Kertas Rupiah Menggunakan Metode *K-Means Clustering*, dalam Jurnal : TECHNO.COM, Vol. 17, No.2, Mei 2018 : 179-185.
- [9] Sri Ratna, S., FX Arinto, S., dan Muhammad Komarudin, (2016). Pengolahan Citra Dasar dan Contoh Penerapannya. Penerbit Teknosain. ISBN : 978-602-6324-12-2.
- [10] Rohman Dijaya, (2023). Buku Ajar Pengolahan Citra Digital. Sidoarjo : UMSIDA Press.
- [11] Finki Dona, M., (2021). Pengolahan Citra Digital Menggunakan *Python*. Penerbit CV. Pena Persada. ISBN : 978-623-315-853-4.
- [12] Yuda Permadi dan Murinto, (2015). Aplikasi Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Kematangan Mentimun Berdasarkan Tekstur Kulit Buah Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Statistik dalam Jurnal : Informatika Vol. 9 No. 1 Januari 2015.
- [13] Syifa Fitratul M, (2018). Performa Identifikasi Jerawat Menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)* dan *Support Vector Machine* dalam Tugas Akhir Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [14] Imam Surya Fahrozi, (2021). Klasifikasi Pada Citra Jenis Songket Kabupaten Siak Menggunakan Metode *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)* dalam Tugas Akhir Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Riau.
- [15] Nurhayati, Busman dan Rayi Pradono, I., (2019). Pengembangan Algoritma Unsupervised Learning Technique Pada Big Data Analysis Di Media Sosial Sebagai Media Promosi Online Bagi Masyarakat, dalam Jurnal Teknik Informatika, Vol. 12, No. 1, April 2019.
- [16] Bryan Orleans, Edi Purnomo, P., (2022). *Clustering Algoritma (K-Means)*, <https://sis.binus.ac.id/2022/01/31/clustering-algoritma-k-means/>, diakses pada 17 Juli 2024.
- [17] Ankita Dubey, (2017). A Systematic Review on K-Means Clustering Techniques, International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET), Volume 6, Issue 6, June 2017. ISSN 2278-0882

- [18] Sulistiawan, (2015). Pengelompokan Citra Batik Menggunakan Algoritma K-Means Berdasarkan Fitur Tekstur Dengan Metode GLCM. Skripsi Teknik Informatika UDINUS.
- [19] Lutfia Afifah, (2024). Apa itu *Confusion Matrix* dia *Machine Learning*, <https://ilmudatapy.com/apa-itu-confusion-matrix/>, diakses pada 21 Juli 2024.
- [20] Ibnu Fiki, F., Mochzen Gito, R., dan Teguh Iman, H, (2023). Penentuan Jumlah *Cluster* Optimal Menggunakan *Davies Bouldin Index* Pada Algoritma *K-Means Clustering* Untuk Menentukan Kelompok Penyakit dalam Jurnal : JUMANJI, Vol. 7 No. 2, ISSN (e) : 2598-8069
- [21] Sheng Zhou, Hongjia Xu, dan Jiawei Chen, (2022). A Comprehensive Survey on Deep Clustering: Taxonomy, Challenges, and Future Directions. arXiv:2206.07579v1 [cs.LG] 15 Jun 2022.
- [22] Zengyi Huang, Haotian Zheng, dan Chen Li, (2024). Application of Machine Learning-Based K-Means Clustering for Financial Fraud Detection dalam Academic Journal of Science and Technology. ISSN: 2771-3032 | Vol. 10, No. 1, 2024.
- [23] Imron Rosyadi NR, Erwin Prsetyowati, dan Badar Said, (2023). Penerapan Citra Berbasis K-Means Clustering Untuk Mendeteksi Penyakit Bulai Pada Komoditas Jagung Madura, dalam jurnal Just IT : Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer, Vol. 13, No.3, Mei 2023, pp. 206 – 211, P-ISSN : 2089 -0256, e-ISSN: 2598 – 3016.
- [24] Nabilla Yasmin, Syifa Chairunnisa , D.A., dan Agung Ramadhanu, (2024). Penerapan K-Means Clustering Untuk Klasifikasi Citra Cabai Keriting: Studi Ekstraksi Warna dan Tekstur GLCM, dalam jurnal Indonesia Journal Computer Science, Vol. 3 No. 2 – Tahun 2024, ISSN: 2829-3819.
- [25] Kevin, Janson Hendryli, dan Dyah Erny Herwidiанти, (2019). Klasifikasi Kain Tenun Berdasarkan Tekstur & Warna Dengan Metode K-NN, dalam jurnal Computation: Journal of Computer Science and Information Systems, volume 3, no. 2, November 2019.