

**EKSTRAKSI LOCAL BINARY PATTERN TERHADAP
KLASIFIKASI KOPI MENGGUNAKAN
MODULAR NEURAL NETWORK
(MNN)**

SKRIPSI

Oleh:

MARTUA ANDRI SIREGAR

198160012



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 6/6/24

Access From (repository.uma.ac.id)6/6/24

**EKSTRAKSI LOCAL BINARY PATTERN TERHADAP
KLASIFIKASI KOPI MENGGUNAKAN
MODULAR NEURAL NETWORK
(MNN)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

MARTUA ANDRI SIREGAR

198160012

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 6/6/24

Access From (repository.uma.ac.id)6/6/24

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Ekstraksi *Local Binary Pattern* terhadap klasifikasi kopi menggunakan *Modular Neural Network* (MNN).

Nama : Martua Andri Siregar

NPM : 198160012

Fakultas : Teknik

Prodi : Teknik Informatika



HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan karya pribadi yang saya susun sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana. Adapun bagian-bagian tertentu yang saya ambil dari karya orang lain telah saya sertakan dengan jelas asal sumbernya, sesuai dengan norma dan etika penulisan ilmiah. Saya siap menerima konsekuensi akademik dan sanksi lainnya sesuai peraturan yang berlaku, jika di masa mendatang terbukti terdapat plagiarisme dalam skripsi ini.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Martua Andri Siregar

NPM : 198160012

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Ekstraksi *Local Binary Pattern* terhadap klasifikasi kopi menggunakan *Modular Neural Network* (MNN).

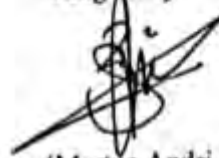
Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih meida/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 21 Desember 2023

Yang menyatakan



(Martua Andri Siregar)

KATA PENGANTAR

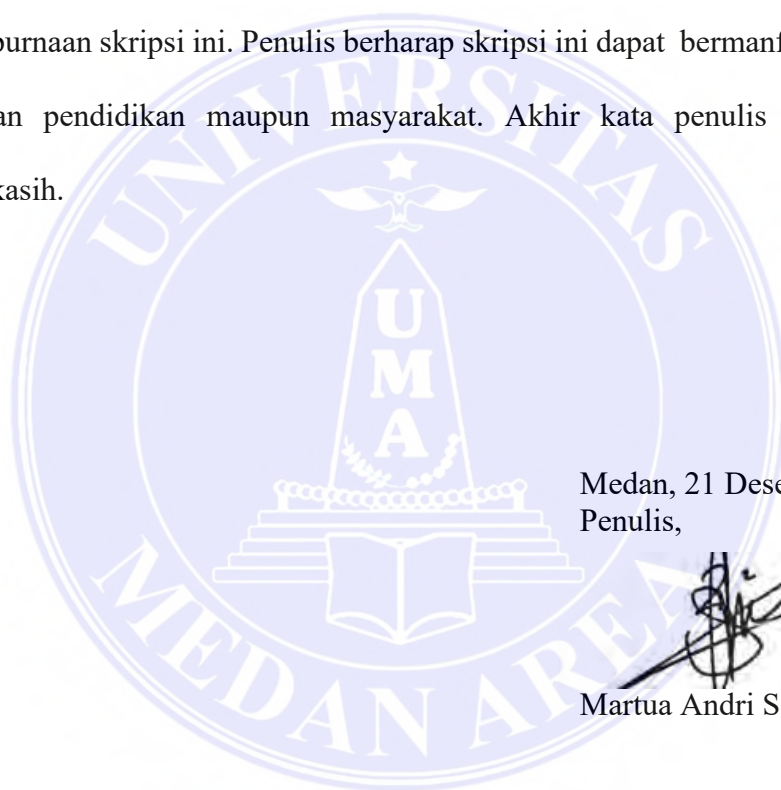
Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan cinta kasih sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Ekstraksi *Local Binary Pattern* terhadap klasifikasi kopi menggunakan *Modular Neural Network* (MNN)”. Tugas Akhir ini adalah salah satu persyaratan yang wajib dipenuhi untuk dapat lulus sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Informatika Universitas Medan Area.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan, baik secara moril dan materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

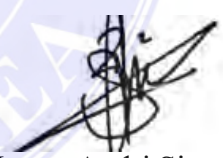
1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kesehatan dan keselamatan selama melakukan studi.
2. Orang tua dan keluarga besar yang telah memberikan doa, semangat, dukungan dan motivasi selama melakukan studi.
3. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr. Eng. Supriatno, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Ibu Susilawati, S.Kom, M.Kom, selaku Wakil Bidang Penjamin Mutu Akademik Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Bapak Rizki Muliono, S.Kom, M.Kom selaku Kepala Program Studi.
7. Bapak Dr. Ir. Rahmad Syah, M.Kom., IPM., Asean Eng., Apec Eng. selaku Dosen Pembimbing saya.

8. Bapak/Ibu Dosen dan Staf Teknik Informatika Universitas Medan Area.
9. Teman-teman Prodi Teknik Informatika Stambuk 2019.
10. Senior yang telah memberi saya banyak ilmu dan pengalaman.
11. JJ Coffie yang telah mengizinkan saya untuk melakukan penelitian tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.



Medan, 21 Desember 2023
Penulis,


Martua Andri Siregar

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan meningkatkan akurasi klasifikasi biji kopi melalui pemanfaatan ekstraksi *Local Binary Pattern* (LBP) dengan menggunakan *Modular Neural Network* (MNN). Kopi, sebagai salah satu komoditas unggulan di Indonesia, memainkan peran vital dalam perekonomian negara. Produksi kopi, terutama jenis arabika dan robusta, mengalami fluktuasi dari tahun 2018 hingga 2020, memotivasi penelitian ini untuk mengeksplorasi teknologi terkini dalam meningkatkan ketepatan klasifikasi jenis kopi. Penelitian ini memfokuskan pada tiga jenis kopi utama di Indonesia, yaitu arabika, robusta, dan liberika. Meskipun arabika dan robusta lebih umum dijumpai, kopi liberika juga mendapat perhatian dalam industri kopi Indonesia. Melalui ekstraksi LBP, sebuah teknik fitur penting dalam pengolahan citra dan pengenalan pola, penelitian ini menggambarkan langkah-langkah menggunakan diagram alur untuk memudahkan proses. Hasil pengujian dengan metode *Confusion Matrix* pada MNN menunjukkan akurasi sebesar 87.25% dalam mengklasifikasikan 2000 citra biji kopi, mengindikasikan efektivitas ekstraksi LBP dalam meningkatkan kualitas klasifikasi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting pada pengembangan teknologi dalam konteks perkebunan kopi di Indonesia. Penggunaan LBP pada MNN tidak hanya meningkatkan akurasi klasifikasi biji kopi tetapi juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut dalam penerapan teknologi di sektor perkebunan dan pengolahan hasil pertanian.

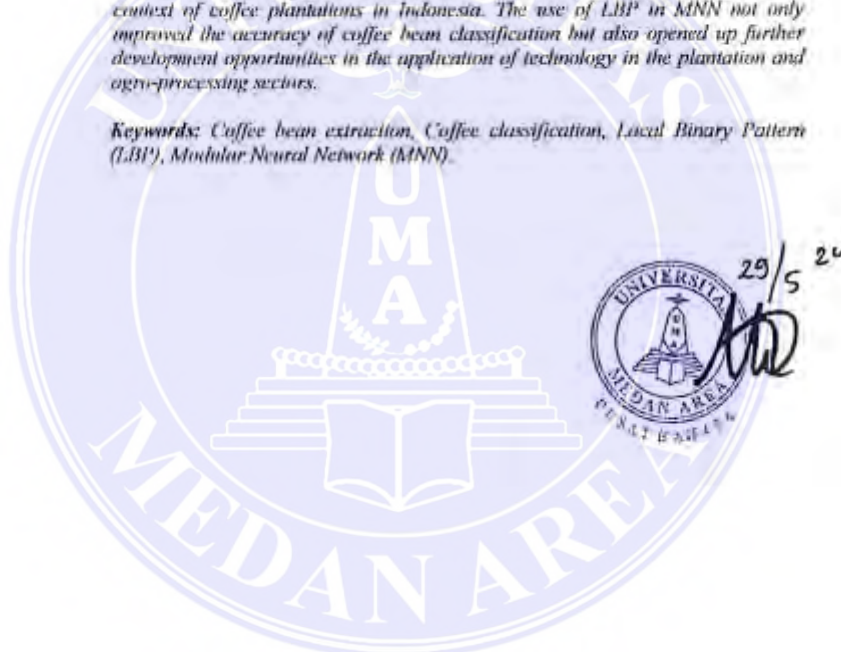
Kata Kunci : Ekstraksi biji kopi, Klasifikasi kopi, *Local Binary Pattern* (LBP), *Modular Neural Network* (MNN).

ABSTRACT

ABSTRACT

This research aimed to improve the accuracy of coffee bean classification through the utilization of Local Binary Pattern (LBP) extraction using Modular Neural Network (MNN). Coffee, as one of the leading commodities in Indonesia, it plays a vital role in the country's economy. Coffee production, especially arabica and robusta types, fluctuated from 2018 to 2020, motivating this research to explore the latest technology in improving the accuracy of coffee type classification. This research focused on the three main coffee types in Indonesia, namely arabica, robusta, and liberica. While arabica and robusta are more common, liberica coffee is also gaining attention in the Indonesian coffee industry. Through LBP extraction, an important feature technique in image processing and pattern recognition, this study illustrated the steps using a flowchart to facilitate the process. Test results using the Confusion Matrix method on MNN showed an accuracy of 87,25% in classifying 2000 coffee bean images, indicating the effectiveness of LBP extraction in improving classification quality. Thus, this research made an important contribution to the development of technology in the context of coffee plantations in Indonesia. The use of LBP in MNN not only improved the accuracy of coffee bean classification but also opened up further development opportunities in the application of technology in the plantation and agri-processing sectors.

Keywords: Coffee bean extraction, Coffee classification, Local Binary Pattern (LBP), Modular Neural Network (MNN).

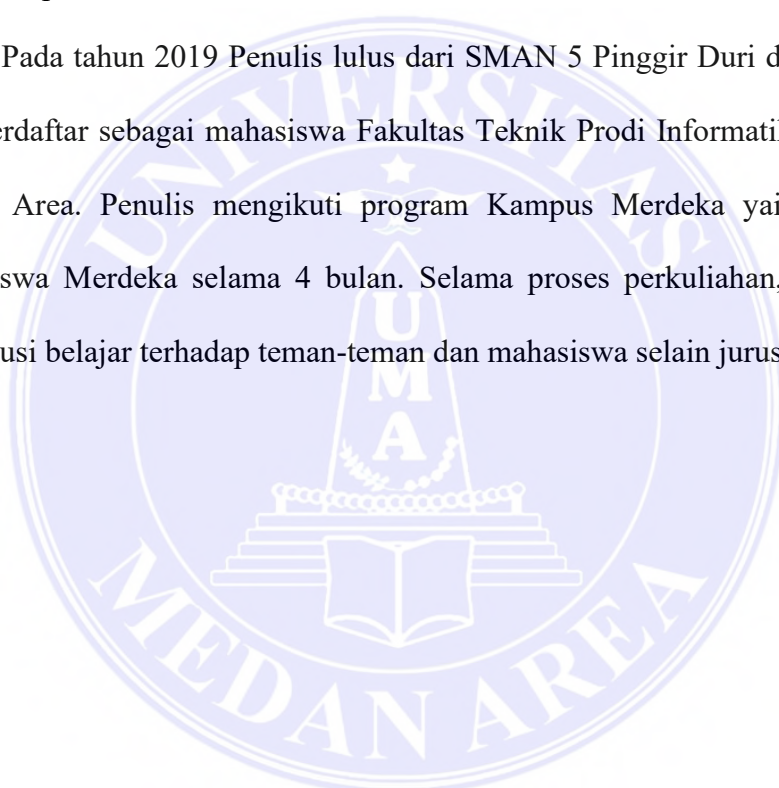


RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Duri Provinsi Riau pada tanggal 19 Agustus 2001, dari Ayah M.B.Tonny Siregar dan Ibu Posmatiur Gultom penulis merupakan anak ke 3 dari 3 bersaudara.

Penulis pertama sekali sekolah di SDS Santo Yosef Duri pada tahun 2007-2013 dan kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 10 Mandau Duri lulus pada tahun 2016.

Pada tahun 2019 Penulis lulus dari SMAN 5 Pinggir Duri dan pada tahun 2019 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Prodi Informatika Universitas Medan Area. Penulis mengikuti program Kampus Merdeka yaitu Pertukaran Mahasiswa Merdeka selama 4 bulan. Selama proses perkuliahan, penulis aktif berdiskusi belajar terhadap teman-teman dan mahasiswa selain jurusan penulis.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah	17
1.3 Batasan Masalah.....	17
1.4 Tujuan Penelitian.....	18
1.5 Manfaat Penelitian.....	18
1.6 Sistematika Penulisan.....	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1 Kopi	20
2.1.1 Jenis-jenis Kopi.....	20
2.2 Klasifikasi.....	22
2.3 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)	23
2.4 <i>Modular Neural Network</i> (MNN)	23
2.5 <i>Local Binary Pattern</i> (LBP)	26
2.6 Penelitian Terkait	27
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Metode Penelitian.....	32
3.2 Teknik Pengumpulan Data	34
3.3 Analisis Kebutuhan Perancangan	37
3.3.1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	37

3.3.2. Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	38
3.4. <i>Preprocessing</i> Data	39
3.4.1. Ekstraksi Fitur LBP	40
3.4.2. Pelatihan MNN	41
3.4.3. Pengujian MNN	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Informasi Data.....	46
4.2. Hasil	46
4.2.1. Klasifikasi Menggunakan Modular Neural Network (MNN).....	46
4.2.2. Hasil Evaluasi Menggunakan Modular Neural Network (MNN)	47
4.3. Pembahasan.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait	27
Tabel 3. 1 Pembagian Dataset.....	36
Tabel 3. 2 Jumlah Jenis Citra Sebagai Data Pelatihan.....	37
Tabel 3. 3 Jumlah Jenis Citra Sebagai Data Pengujian.....	37
Tabel 4. 1 Hasil Evaluasi Modular Neural Network (MNN).....	47
Tabel 4. 2 Hasil Evaluasi Algoritma Modular Neural Network (MNN)	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur JST	23
Gambar 2. 2 Arsitektur JST Modular Neural Network.....	24
Gambar 2. 3 Operasi Dasar 3 x 3 LBP.....	26
Gambar 3. 1 Gambar Umum Penelitian.....	32
Gambar 3. 2 Gambar Umum Alur System.....	34
Gambar 3. 3 Citra Jenis Robusta Sidikalang.....	35
Gambar 3. 4 Citra Jenis Arabika Mandailing.....	36
Gambar 3. 5 Proses RGB menjadi Grayscale	40
Gambar 4. 1 Confusion Matrix MNN	46



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditi hasil perkebunan yang banyak dihasilkan di Indonesia. Kopi juga salah satu komoditas unggulan yang memiliki peran penting dalam bidang perekonomian di Indonesia. Perkembangan produksi kopi dari tahun 2018 hingga tahun 2020 mengalami fluktuasi. Pada tahun 2018 hasil produksi kopi yaitu sebesar 756,05 ribu ton turun menjadi 752,52 ribu ton pada tahun 2019 atau turun sebesar 0,47 persen (BPS, 2020). Kopi di Indonesia terbagi menjadi 3 jenis, yaitu arabika, robusta, dan liberika. Pada umumnya yang paling sering ditemui adalah kopi jenis arabika dan robusta, karena kopi jenis liberika belum ditanam secara menyeluruh oleh petani kopi namun sudah mendapat perhatian dalam pemasaran kopi di Indonesia.

Biji kopi apabila dilihat secara kasat mata, tidak terlalu kelihatan perbedaannya saat menentukan jenis satu dengan jenis yang lainnya. Hal itu merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi. Bentuk, tekstur, warna, serta aroma yang dimiliki oleh setiap jenis kopi berbeda-beda. Misalnya, kopi sidikalang. Kopi Sidikalang, yang berasal dari daerah Bukit Barisan di Sumatera Utara, dikenal akan kenikmatannya yang tak tertandingi. Kopi ini memiliki kadar kafein tinggi, sekitar 70-80%, dengan cita rasa yang khas seperti kacang-kacangan dan sedikit rasa coklat serta pedas. Di sisi lain, Kopi Mandailing juga cukup terkenal dan diminati, berasal dari Sumatera Utara, tepatnya dari kabupaten Mandailing. Kopi Mandailing memiliki rasa yang tidak terlalu pahit, aroma khas, dan tingkat keasaman yang rendah.

Dalam konteks klasifikasi, akurasi adalah salah satu metrik evaluasi yang mengukur sejauh mana suatu model dapat mengklasifikasikan data dengan benar. Akurasi dihitung dengan membagi jumlah prediksi yang benar oleh jumlah total prediksi, kemudian dikalikan dengan 100 untuk mendapatkan persentasenya. Oleh karena itu, selain akurasi, metrik evaluasi tambahan seperti *presisi*, *recall*, *F1 Score*, dan matriks kebingungan (*confusion matrix*) seringkali juga digunakan untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kinerja model klasifikasi.

Dalam rangka mengatasi permasalahan yang disebutkan sebelumnya, diperlukan sebuah penelitian untuk mengekstraksi klasifikasi jenis kopi dengan menggunakan pengolahan citra digital melalui suatu aplikasi yang dirancang khusus, dengan memanfaatkan metode jaringan syaraf tiruan (JST). Jaringan syaraf tiruan, yang juga dikenal sebagai *Artificial Neural Network* (ANN), merupakan salah satu cabang dari kecerdasan buatan (AI) yang bertujuan untuk memproses data dengan cara yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia dalam menerima informasi dan menyelesaikan masalah melalui proses pembelajaran dengan penyesuaian bobot-bobot yang terkait. (Rahmadani, F., & Pardede, 2021). Salah satu metode jaringan syaraf tiruan adalah *Modular Neural Network* yang digunakan untuk mengatasi masalah kompleks dalam pengolahan data, seperti pengenalan wajah, pengenalan ucapan, dan pengenalan citra medis. Keunggulan MNN adalah kemampuannya untuk meminimalkan kompleksitas arsitektur JST dan memungkinkan modular yang tinggi, sehingga mudah untuk diperluas dan diadaptasi untuk aplikasi yang berbeda. Namun sebelum melakukan klasifikasi citra, harus terlebih dahulu dilakukan sebuah ekstraksi dengan memanfaatkan

metode *Local Binary Pattern* dalam melakukan proses ekstraksi *Local Binary Pattern* (LBP) merupakan metode analisis ciri menggunakan model struktur yang dapat digunakan sebagai ekstraksi fitur dalam melakukan klasifikasi (Ezar, M., Rivan, A., & Devella, n.d.).

Penelitian yang akan dilakukan oleh penulis menggunakan *Local Binary Pattern* untuk ekstraksi fitur atau ciri dan *Modular Neural Network* untuk melakukan klasifikasi, dengan tujuan untuk mengetahui citra yang menjadi data uji apakah termasuk ke dalam jenis biji kopi Sidikalang atau biji kopi Mandailing. Karena berdasarkan penelitian terdahulu, kedua metode ini berhasil diterapkan dengan akurasi yang tinggi. Terdapat beberapa penelitian dengan judul “*An Effectivity Deep Learning Optimization Model to Traditional Batak Culture Ulos Classification*” menggunakan metode *Modular Neural Network* (MNN) melalui akuisisi citra dan segmentasi bentuk untuk memperoleh citra biner yang akan digunakan sebagai *feature vector*. Selain itu, penelitian berjudul “*Ekstraksi Ciri Pada Telapak Tangan Dengan Metode Local Binary Pattern (LBP)*” mengidentifikasi ciri dari telapak tangan dengan ekstraksi ciri *Local Binary Pattern* (LBP) melalui tahapan *processing* dimana citra keabuan kemudian dilanjutkan dengan tahapan *regioning*. Dalam pemanfaatan metode *Local Binary Pattern*, didapatkan hasil dengan akurasi yang tinggi, yaitu 92,31% (Retnoningrum, D., Widodo, A. W., & Rahman, 2019).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dirancang sebuah penelitian berjudul “*Ekstraksi Local Binary Pattern terhadap klasifikasi kopi menggunakan Modular Neural Network (MNN)*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Melakukan ekstraksi klasifikasi kopi dengan metode *Local Binary Pattern* sebagai ekstraksi fitur dan algoritma *Modular Neural Network* untuk klasifikasi.
2. Merancang sebuah program untuk mengetahui tingkat akurasi yang didapatkan dalam melakukan klasifikasi.

1.3 Batasan Masalah

Penulis membuat beberapa batasan masalah yang ada pada penelitian ini sehingga dapat dijadikan fokus utama pada penelitian ini:

1. Data yang digunakan adalah citra biji kopi *green bean* yang belum melalui tahap roasting dengan menggunakan 2 jenis yaitu kopi Sidikalang dan kopi Mandailing
2. Citra kopi diambil dari biji kopi Sidikalang sebanyak 1000 biji dan biji kopi Mandailing sebanyak 1000 biji.
3. Citra biji kopi beresolusi 1280x720 *pixels* dan berbentuk file berekstensi .jpg.
4. Pengambilan citra biji kopi dengan kamera digital *microscope* menggunakan kertas latar belakang warna putih kemudian dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian.
5. Citra warna biji kopi akan diubah dari gambar citra yang memiliki warna menjadi citra berwarna abu-abu atau *grayscale* dan ada pada bagian *processing*.

6. Ekstraksi menggunakan metode *Local Binary Pattern* dan algoritma *Modular Neural Network* untuk tahap klasifikasi.
7. Analisis metode *Local Binary Pattern* dan algoritma *Modular Neural Network* untuk tahap perancangan, *processing*, dan klasifikasi menggunakan aplikasi melalui perancangan pada Visual Studio Code.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada dapat disimpulkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengklasifikasi kopi dengan menggunakan ekstraksi *Local Binary Pattern* dan menggunakan algoritma *Modular Neural Network (MNN)* untuk mendapatkan akurasi tertinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas manfaat yang di dapat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil klasifikasi biji kopi dari ekstraksi *Local Binary Pattern* dengan akurasi tertinggi dengan algoritma *Modular Neural Network (MNN)*.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan skripsi ini penulis menjelaskan tentang Ekstraksi *Local Binary Pattern* terhadap klasifikasi kopi menggunakan *Modular Neural Network (MNN)* yang terbagi menjadi 5 bab di antaranya:

BAB I: PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan di uraikan tentang latar belakang dari rumusan-rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan mengenai landasan teori-teori yang digunakan dalam pembahasan penulisan skripsi ini beserta sumbernya.

BAB III: METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode penelitian yang akan dilakukan beserta langkah-langkah yang digunakan beserta kaitannya dengan penelitian yang dilakukan.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari perancangan program yang meliputi hasil dan implementasi program.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini merupakan akhir dari penulisan skripsi, yang berisikan uraian yang telah dibahas akan dituliskan berupa kesimpulan akhir dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini, terdapat pada akhir penelitian berupa referensi dan sumber yang digunakan selama melakukan penelitian baik dari buku, jurnal, artikel yang disusun sehingga menjadi sebuah daftar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kopi

Kopi, yang berasal dari biji tanaman *Coffea*, memiliki daya tarik yang luas di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Salah satu jenis kopi yang populer adalah kopi arabika karena memiliki aroma buah yang khas. Selain menawarkan karakteristik rasa dan aroma yang unik, kopi juga terkenal karena memiliki potensi mengurangi risiko beberapa penyakit seperti kanker, penyakit batu empedu, diabetes, dan penyakit jantung. Sebelum disajikan, kopi melewati serangkaian proses panjang untuk memastikan kualitasnya yang terbaik. Mulai dari proses pemanenan, pengeringan, penyaringan, hingga proses penggilingan menjadi bubuk sebelum kopi dapat diseduh lalu di minum. Varian kopi yang kini semakin bervariasi menjadi alasan bahwa penikmat kopi di kalangan masyarakat terus meningkat. Upaya budidaya kopi yang baik terus dilakukan agar eksistensinya tetap terjaga. Di Sumatera Utara ada dua jenis biji kopi yang cukup *familiar* dan tingkat pemasarannya tergolong cukup tinggi, yaitu kopi sidikalang dan kopi mandailing.

2.1.1. Jenis-jenis Kopi

Pada umumnya, jenis kopi yang ada di Indonesia yang sering ditemui hanya dua, yaitu arabika dan robusta. Namun, seiring berkembangnya sektor perkebunan kopi maka muncul jenis kopi yang baru yaitu liberika. Ketiga jenis ini memiliki ciri dan karakteristik masing-masing.

1. Kopi Arabika

Kopi arabika (*coffea arabica*), juga dikenal sebagai kopi Arab, kopi semak Arab, dan kopi gunung tergolong dalam spesies *genus coffea*. Jenis

ini merupakan jenis pertama yang masuk dan dibudidayakan juga menjadi salah satu jenis dengan produksi terbesar. Di Indonesia, produksi kopi arabika paling banyak terdapat di daerah Sumatera, Aceh, dan beberapa pulau Jawa. Kopi ini lebih banyak tumbuh di kawasan dataran tinggi dengan suhu yang sejuk karena minim dari serangan hama di daerah-daerah tertentu. Memiliki bentuk yang lebih lonjong. Biasanya, kopi arabika terkenal dengan rasanya yang *fruity* dan sedikit asam. Kopi arabika memiliki kadar kafein yang lebih rendah karena rasanya yang sedikit asam.

2. Kopi Robusta

Selain kopi arabika, jenis kopi lain yang juga dibudidayakan adalah jenis kopi robusta (*coffea canephora*). Kopi robusta termasuk jenis yang kuat terhadap serangan hama dibanding kopi arabika. Dari segi bentuk, kopi ini cenderung lebih bulat dan lebih kecil dari jenis arabika. Tumbuh di daerah dataran rendah dengan suhu yang lebih tinggi dan tahan terhadap serangan hama. Harga kopi robusta tergolong lebih murah dibanding kopi arabika karena perawatannya yang terbilang lebih mudah. Kopi arabika memiliki kadar kafein yang tinggi sehingga memiliki rasa yang lebih pahit.

3. Kopi Liberika

Kopi liberika (*coffea canephora var. liberica*) merupakan variasi dari kopi robusta, disebut juga sebagai kopi Nangka. Jenis kopi ini dibudidayakan sedikit terbatas, lebih sedikit dari jenis kopi arabika dan robusta. Bijinya berbentuk lonjong panjang dengan buah yang lebih besar dibanding jenis kopi lainnya. Ditanam di daerah tropis dengan ketinggian 400 sampai 600 mdpl. Aroma dari kopi ini sangat tajam dan menyengat

dengan rasa pahit yang lebih kental. Dalam hal pemasaran, kopi liberika termasuk jenis yang tidak banyak diperdagangkan. Kebanyakan petani menanam hanya untuk konsumsi pribadi. Namun, jika budidaya kopi ini terus dikembangkan, tidak menutup kemungkinan bahwa peluang pemasarannya akan mengalami peningkatan.

2.2. Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses penilaian data untuk menempatkannya dalam kategori tertentu dari sejumlah kategori yang tersedia. Ini melibatkan pembuatan model berdasarkan data pelatihan yang ada, yang kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan data baru. Klasifikasi dapat dianggap sebagai pelatihan dari berbagai fungsi tujuan yang akan dipetakan oleh atribut yang tersedia untuk tujuan identifikasi. Meskipun diharapkan bahwa sebuah sistem klasifikasi akan memberikan akurasi yang tinggi, namun realitasnya, kinerja sistem tidak selalu mencapai tingkat keberhasilan yang optimal. (Utomo, D. P., & Mesran, 2020).

Dalam melakukan klasifikasi, tentu perlunya penggunaan sebuah metode. Metode yang akan digunakan disesuaikan dengan kebutuhan dalam melakukan klasifikasi. Ada banyak metode yang sering digunakan ketika ingin melakukan suatu klasifikasi. Setiap metode yang digunakan menghasilkan tingkat akurasi yang berbeda-beda. Terdapat beberapa metode klasifikasi yang paling sering digunakan, yaitu :

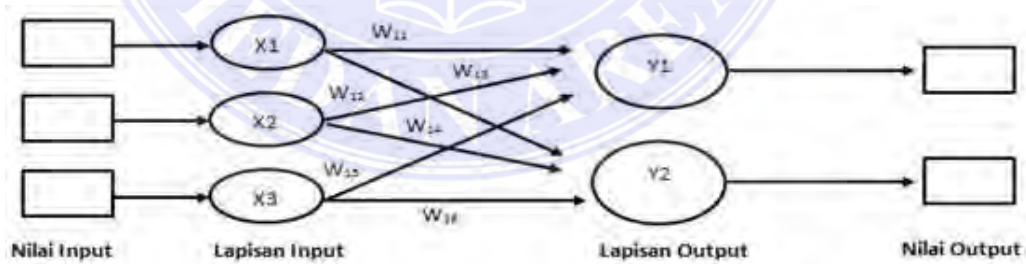
1. *Logistic Regression*
2. *Naive Bayes*
3. *Decision Tree*

4. *Random Forest*
5. *K-Nearst Neighbour*
6. *Artificial Neural Network* (Jaringan Syaraf Tiruan)

2.3. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan adalah sebuah sistem pemrosesan paralel yang memiliki kapasitas besar, yang mampu menyimpan informasi dan siap digunakan, menyerupai cara kerja otak manusia dalam mengoperasikan pengetahuan. Contohnya, JST menyerupai otak manusia dalam beberapa aspek, di mana pengetahuan yang diperoleh dari proses pembelajaran disimpan melalui kekuatan koneksi antara sel-sel saraf, yang disebut sebagai bobot sinaptik, untuk digunakan dalam penyimpanan dan pemrosesan informasi. (Usman, 2019).

Model jaringan saraf tiruan yang diterapkan adalah model dengan satu lapisan, terdiri dari satu lapisan masukan dan satu lapisan keluaran. Setiap neuron di lapisan masukan akan terhubung dengan setiap neuron di lapisan keluaran. Contoh arsitektur lapisan tunggal dapat dilihat pada gambar 2.1.



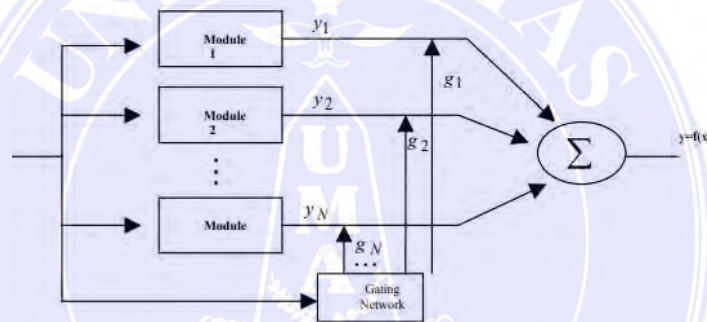
Gambar 2. 1 Arsitektur JST
Sumber : (Usman, 2019)

2.4. Modular Neural Network (MNN)

Modular Neural Network adalah jaringan saraf buatan yang terdiri dari beberapa modul independen yang dapat dipelajari secara terpisah dan dihubungkan melalui koneksi yang fleksibel (Zhou et al, 2019).

Jumlah modul dan koneksi antara modul dapat berbeda-beda tergantung pada tugas yang diberikan. Selain itu, masing-masing modul dapat dirancang untuk melakukan tugas pemrosesan data yang berbeda-beda. Oleh karena itu, sistem MNN digunakan dalam membentuk klasifikasi multi-kelas, seperti halnya klasifikasi kopi yang akan dilakukan.

Arsitektur *Modular Neural Network* terdiri atas lapisan *input layer*, *modul layer*, *connection layer*, *output layer*. Lapisan *input* akan dihubungkan dengan *modul layer* oleh bobot. Contoh arsitektur jaringan MNN dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Arsitektur JST *Modular Neural Network*

Dibawah ini merupakan tahapan perhitungan maupun algoritma dari metode *Modular Neural Network* (MNN) yaitu :

1. Inisialisasi dan Konfigurasi

Langkah pertama adalah menganalisis dan melakukan konfigurasi jaringan sistem saraf buatan dengan memilih jumlah modul dan jumlah layer di setiap modul.

2. *Feedforward*

Pada tahap ini, data input dimasukkan ke dalam jaringan saraf buatan melalui input layer.

3. *Backpropagation*

Setelah tahap *feedforward* selesai dilakukan *backpropagation* untuk memperbarui bobot dan bias pada setiap koneksi antar modul.

4. Evaluasi

Setelah bobot dan bias diperbarui, jaringan saraf buatan dievaluasi menggunakan data validasi atau data pengujian untuk mengukur kinerja dan akurasi dari model yang dihasilkan.

5. Prediksi

Setelah jaringan saraf buatan terlatih cukup baik, model tersebut dapat digunakan untuk melakukan prediksi pada data baru yang masuk ke dalam sistem.

Beberapa kelebihan dari metode *Modular Neural Network* yang menjadi alasan digunakannya metode ini dalam kegiatan penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Fleksibilitas

MNN memungkinkan pengguna untuk membangun model jaringan saraf buatan yang lebih kompleks dan lebih fleksibel karena model dapat dibangun dengan cara menggabungkan beberapa modul yang mandiri.

2. Modularitas

MNN memungkinkan pemodelan modular yang jauh lebih mudah dibandingkan dengan jaringan saraf buatan yang terintegrasi.

3. Skalabilitas

MNN dapat dikembangkan dengan mudah untuk menangani masalah yang lebih besar dan lebih kompleks dengan menambahkan lebih banyak modul pada jaringan.

4. Pemelajaran tanpa pengawasan (*unsupervised learning*)

MNN juga dapat digunakan untuk pemelajaran tanpa pengawasan, dimana model dapat mengekstraksi pola dari data input tanpa memerlukan label yang ditentukan sebelumnya.

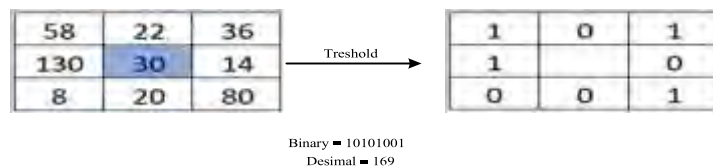
5. Pemrosesan data paralel

MNN memungkinkan pemrosesan data paralel secara efektif, dimana beberapa modul dapat bekerja secara bersamaan pada bagian data yang berbeda.

Dalam rangkaian kelebihan ini, Modular Neural Network adalah metode yang sangat fleksibel dan dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari berbagai aplikasi di berbagai bidang.

2.5. Local Binary Pattern (LBP)

Local Binary Pattern (LBP) adalah sebuah teknik ekstraksi fitur yang menggunakan model statistik dan struktur tertentu untuk mengklasifikasikan citra berdasarkan karakteristiknya. (Ezar, M., Rivani, A., & Devella, n.d.). Bentuk paling dasar atau operator asli LBP berukuran 3×3 *pixel* tetangga menggunakan nilai dari *pixel* pusat sebagai *threshold*. Operasi dari *threshold* tersebut yang akan membuat pola yang merepresentasikan karakter citra tersebut. Dilakukan sebuah perbandingan dengan cara membandingkan nilai pusat *pixel* terhadap nilai dari *pixel* sekelilingnya. Operasi dasar LBP ada pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Operasi Dasar 3×3 LBP

Sumber : (Ezar, 2020)

Adapun rumus dasar dalam menghitung ciri dari metode LBP adalah sebagai berikut :

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{n=0}^7 2^n g(I_p - l_c) \dots \dots \dots (1)$$

dimana fungsi $g(x)$ didefinisikan sebagai berikut,

$$g(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$LBP(x_c, y_c)$: nilai LBP pada *pixel* pusat

I_p : nilai dari *pixel* tetangga

I_c : nilai dari *pixel* pusat

n : jumlah *pixel* tetangga

2.6. Penelitian Terkait

Untuk melakukan penelitian harus adanya sebuah acuan dari penelitian sebelumnya agar bisa di ketahui kontribusi apa saja yang dari penelitian tersebut.

Berikut penelitian penelitian terdahulu yang terkait pada penelitian penulis.

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

No.	Nama Penulis	Judul Penelitian	Deskripsi
1.	(Raysyah, 2021)	Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Deteksi Warna Menggunakan	Studi ini mengulas tantangan dalam menentukan tingkat kematangan buah kopi, yang masih umumnya dilakukan secara manual.

		Metode KNN dan PCA	Metode yang digunakan adalah KNN dengan nilai $K=3$ untuk menghitung jarak dengan tetangga terdekat, serta tahapan preprocessing yang meliputi konversi ruang warna dari RGB ke HSV dan ekstraksi fitur menggunakan metode PCA. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 97,77%, di mana 44 dari data uji berhasil diklasifikasikan dengan benar, sementara hanya 1 data yang mendapat klasifikasi yang tidak akurat.
2.	(Putri, 2022)	Klasifikasi Mutu Fisik Biji Kopi Beras Robusta Menggunakan	Penulisan ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas biji kopi robusta dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra

		<p>Pengolahan Citra Digital</p>	<p>digital serta metode Support Vector Machine (SVM), dengan fokus pada mencapai tingkat akurasi yang optimal. Langkah awal melibatkan segmentasi melalui proses thresholding, diikuti dengan ekstraksi fitur menggunakan metode LDA. Hasil dari penerapan teknologi pengolahan citra digital menunjukkan kemampuannya dalam melakukan klasifikasi kualitas biji kopi robusta dengan menggunakan metode Support Vector Machine (SVM).</p>
3.	(Murni, 2022)	<p>Klasifikasi Citra Penyakit Daun Kopi Arabika Menggunakan <i>Modular Neural</i></p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menyederhanakan proses identifikasi penyakit pada tanaman kopi arabika sejak dini,</p>

		<p><i>Network</i> (MNN) dengan Seleksi Fitur <i>Information Gain</i></p>	<p>dengan menerapkan teknologi pengolahan citra digital menggunakan metode Modular Neural Network (MNN) dan ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode GLCM. Dari hasil ekstraksi fitur GLCM dan Color Moment sebanyak 29 fitur, ditemukan bahwa penggunaan 18 fitur pada algoritma Modular Neural Network (MNN) menghasilkan akurasi tertinggi dalam mengklasifikasikan citra penyakit pada daun kopi arabika, meskipun data tidak seimbang.</p>
4.	(Nugroho & Sebatubun, 2020)	<p>Klasifikasi Varietas Kopi Berdasarkan <i>Green Bean Coffee</i></p>	<p>Penelitian ini membahas tentang penanganan kesalahan dalam mengenali varietas kopi</p>

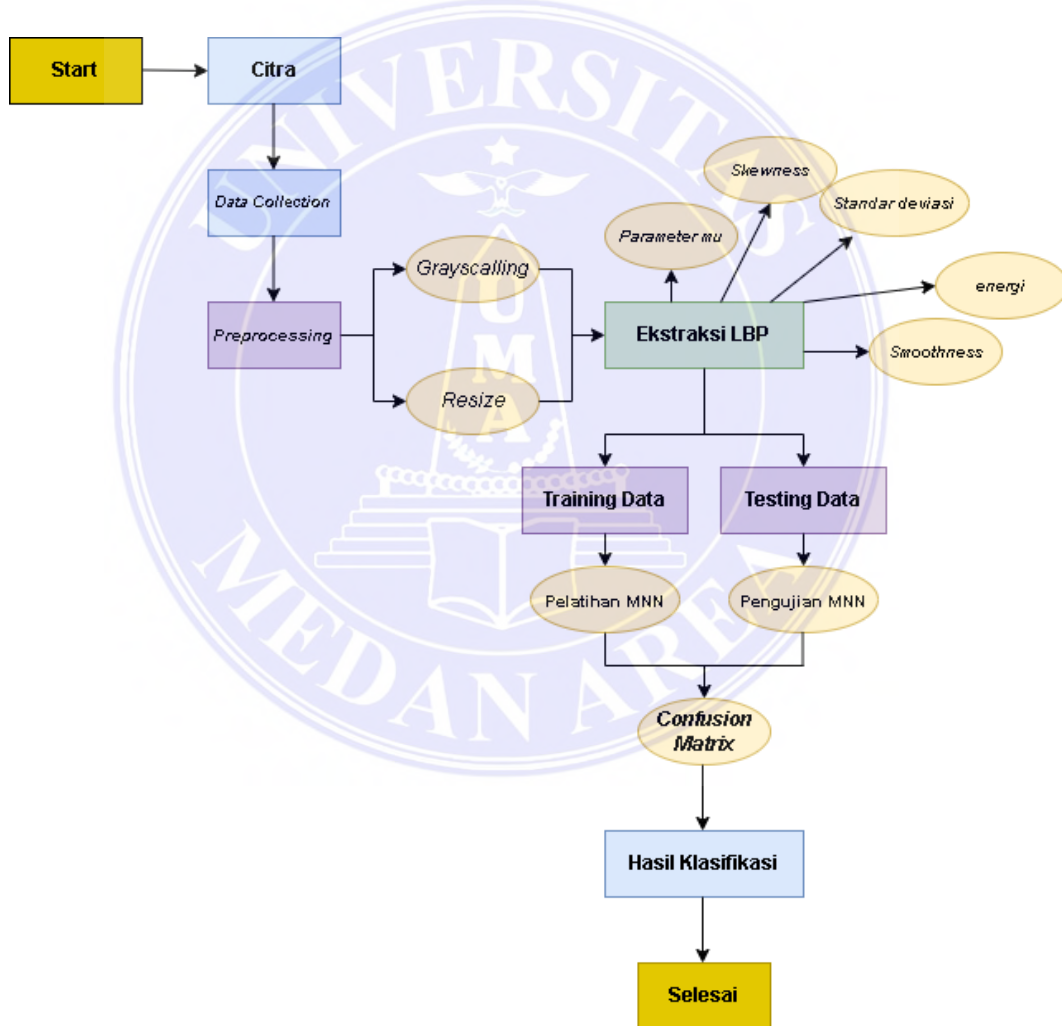
		<p>Menggunakan Metode <i>Machine Learning</i></p>	<p>jika pemilik coffee shop tidak mengetahui pengetahuan tentang kopi dengan metode CNN dan melakukan segmentasi dalam hal ini contours algorithm serta penerapan ekstraksi fitur GLCM. Hal ini bisa disolusikan dengan pemodelan yang dapat mengidentifikasi varietas kopi arabika agar dapat digunakan sebagai second opinion untuk mengidentifikasi varietas kopi arabika. Salah satu metode yang digunakan adalah metode pencitraan.</p>
--	--	---	--

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Dalam melakukan ekstraksi *local binary pattern* terhadap klasifikasi kopi menggunakan *modular neural network* akan dibuat beberapa tahapan dalam bentuk diagram alur, guna mempermudah penyusunan dan menyelesaikan penelitian ini ada pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Gambar Umum Penelitian

Keterangan tahapan pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan dengan demikian:

1. Perolehan Citra/Data

Melalui tahapan pengambilan citra, citra atau data akan dikumpulkan sebanyak 1000 data dari setiap jenis sehingga totalnya adalah 2000 data. Kemudian dijadikan sebagai *dataset* yang nantinya akan dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Dimana data pelatihan diambil sebesar 80% dari total keseluruhan data menjadi 1600 data. Sedangkan, data pengujian diambil sebesar 20% dari total keseluruhan data menjadi 400 data. Lalu masuk pada *data collection* atau pengumpulan data.

2. Tahapan *Preprocessing*

Setelah dilakukan pengumpulan data, pada tahap ini citra akan melalui perubahan menjadi citra abu-abu (*grayscale*) dan ukuran citra tersebut akan diubah (*resize*).

3. Proses Ekstraksi Fitur

Setelah melalui tahap *preprocessing*, citra akan diekstraksi menggunakan metode LBP.

4. *Training* dan *Testing* MNN

Kemudian data akan dilatih dan diuji bersamaan dengan penggunaan metode atau algoritma MNN. Data pelatihan akan menggunakan 1600 citra, sedangkan data pengujian menggunakan 400 citra.

5. Validasi

Setelah melalui tahap *training* dan *testing* data, akan dilakukan validasi menggunakan *convolution matrix*. *Convolution Matrix* digunakan untuk menghitung pola biner lokal di sekitar setiap pixel citra.

6. Implementasi Klasifikasi

Tahapan terakhir yaitu mengimplementasikan sistem klasifikasi terhadap citra biji kopi.

Secara garis besar, gambaran kerangka penelitian ini juga dapat dilihat dibawah ini pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Gambar Umum Alur System

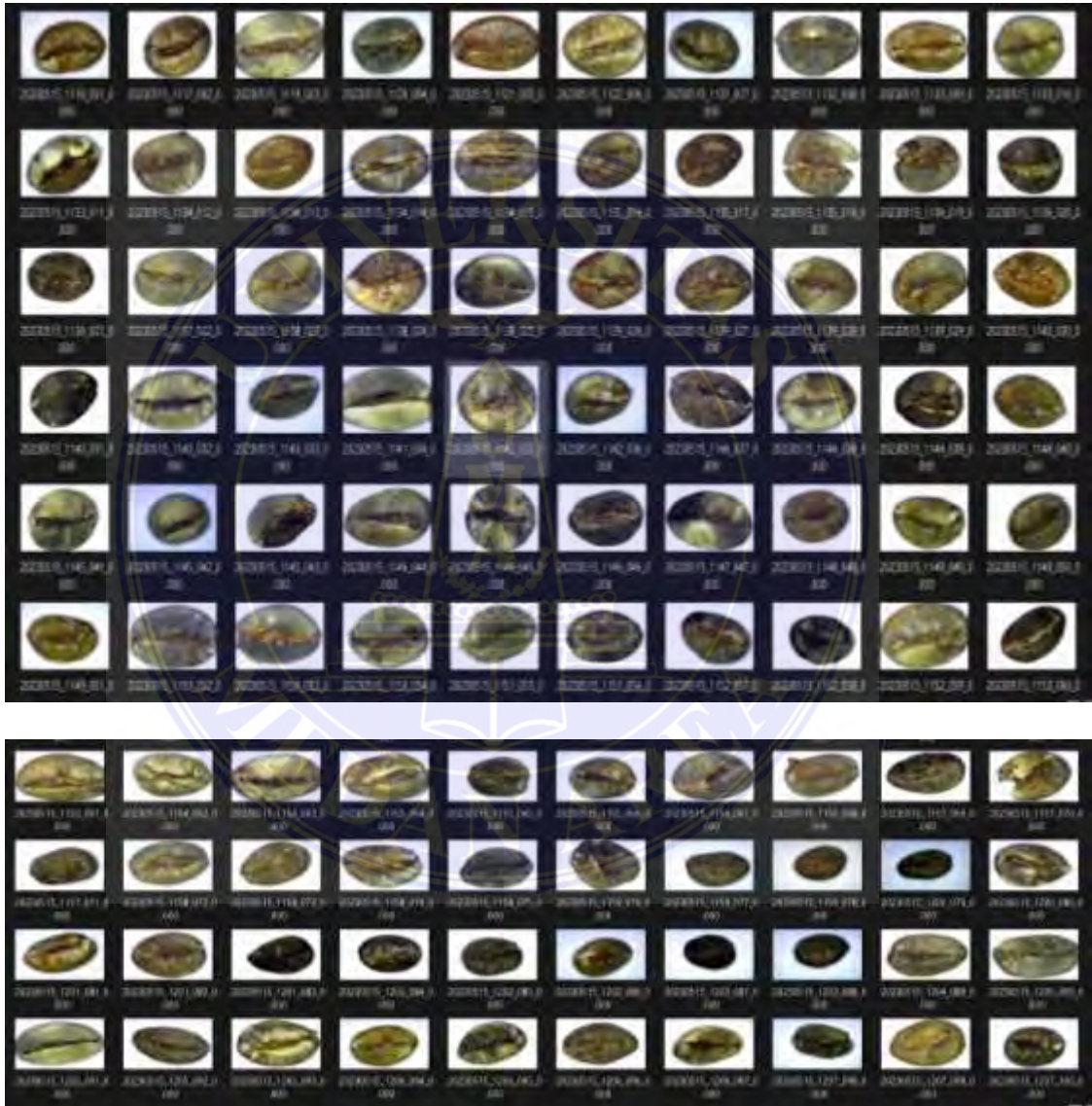
3.2. Teknik Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data merujuk pada tahap di mana data atau citra yang akan digunakan dalam penelitian diklarifikasi. Dalam penelitian ini, sejumlah 1000 data dari masing-masing jenis dikumpulkan, sehingga totalnya mencapai 2000 data. Data latih dan uji kemudian diambil dari kumpulan data tersebut. Data pelatihan diambil 80% dari data keseluruhan, sedangkan data pengujian diambil 20% dari keseluruhan data. Kemudian data tersebut akan melalui tahap pengambilan citra atau gambar. Dimana proses pengambilan citra dilakukan secara manual menggunakan alat usb *digital microscope*. Proses atau tahap pengambilan citra yaitu:

1. Biji kopi diletakkan pada sebuah kertas polos dengan latar belakang warna putih, dalam hal ini pemanfaatan kertas hvs.
2. Penyelarasan tinggi usb *digital microscope* dengan besar biji kopi karena ukurannya yang berbeda.
3. Penggunaan bantuan pencahayaan dengan 4 kali tingkat penerangan usb *digital microscope*.

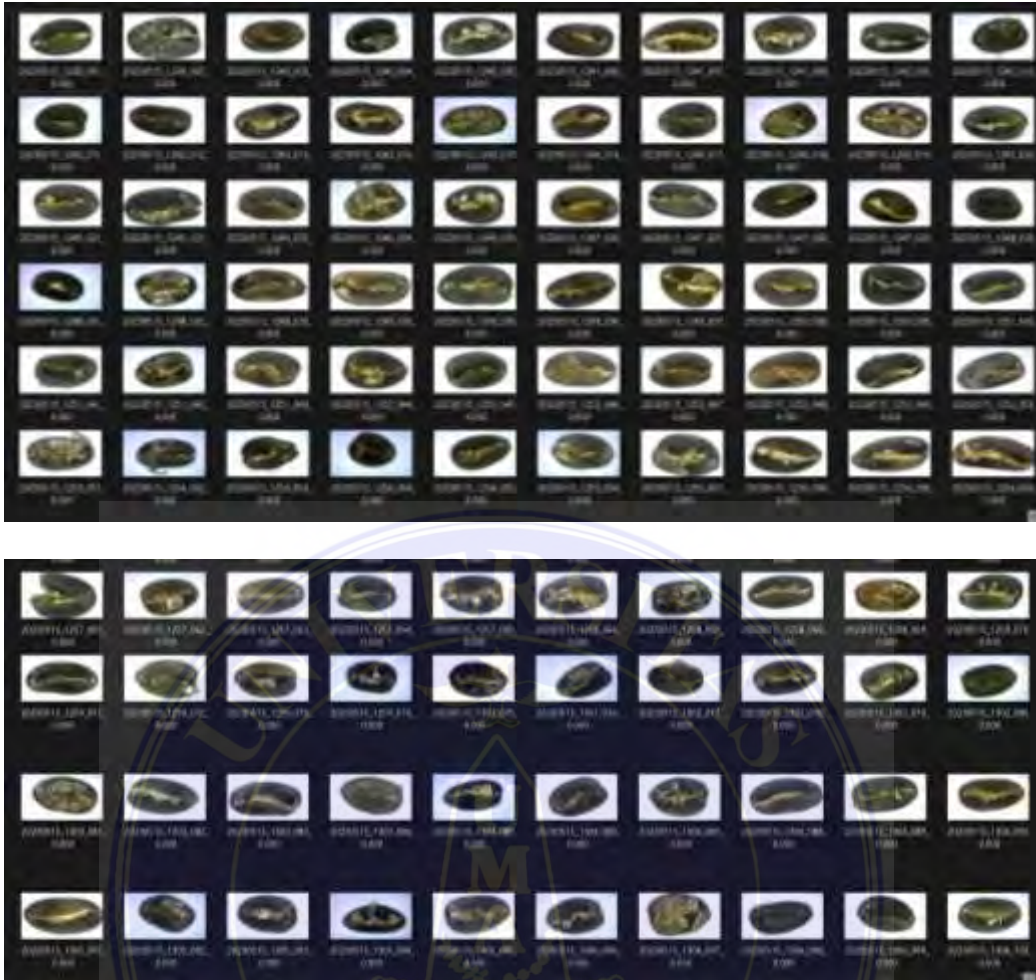
Berdasarkan tahapan diatas, maka diperoleh sebanyak 2000 citra yang terdiri dari 1000 citra jenis kopi robusta sidikalang, 1000 citra jenis kopi arabika mandailing.

Hasil Pengambilan 100 citra jenis kopi Robusta Sidikalang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 3 Citra Jenis Robusta Sidikalang

Hasil pengambilan 100 citra jenis kopi Arabika Mandailing dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 4 Citra Jenis Arabika Mandailing

Pengambilan data pelatihan dan data pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 1 Pembagian Dataset

No.	<i>Dataset</i>	Jumlah Data
1.	Data Pelatihan	1600
2.	Data Pengujian	400

Setiap jenis citra yang telah dikumpulkan akan digunakan sebagai data pelatihan untuk pengenalan terhadap sistem dan data pengujian untuk proses identifikasi.

Jenis citra biji kopi yang akan digunakan sebagai data pelatihan dan pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 2 Jumlah Jenis Citra Sebagai Data Pelatihan

No.	Jenis Citra Biji Kopi	Jumlah Data Pelatihan
1.	Robusta Sidikalang	800
2.	Arabika Mandailing	800

Tabel 3. 3 Jumlah Jenis Citra Sebagai Data Pengujian

No.	Jenis Citra Biji Kopi	Jumlah Data Pengujian
1.	Robusta Sidikalang	200
2.	Arabika Mandailing	200

3.3. Analisis Kebutuhan Perancangan

Tahapan dalam menyelesaikan perancangan tentu membutuhkan alat maupun sistem pendukung. Berikut merupakan alat atau sistem yang dibutuhkan dalam perancangan.

3.3.1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras merupakan komponen-komponen yang akan digunakan untuk penerapan metode dalam melakukan klasifikasi. Berikut ini dua perangkat keras yang digunakan beserta spesifikasinya, yaitu :

1. Laptop, spesifikasi :

Processor : Intel(R) Core(TM) i5-10500H CPU @ 2.50GHz

Memory : 8,00 GB

SSD : 512 GB

OS : *Windows 11 Home Single Language*

2. USB *Digital microscope*, spesifikasi :

Image Sensor : CMOS Sensor

Focus Range : 15mm – 40mm

Magnification : 1600x

3.3.2. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak adalah serangkaian instruksi yang dieksekusi oleh program untuk mengendalikan fungsi-fungsi komputer. Dalam hal ini, *software* yang akan digunakan untuk merancang program klasifikasi, yaitu :

1. *HiView*

Berguna sebagai media dalam proses pengambilan citra biji kopi menggunakan usb *digital microscope*.

2. *Python 3.11*

Python adalah bahasa pemrograman yang populer dan kuat untuk perancangan program klasifikasi. Dukungan yang luas untuk pembelajaran mesin, manipulasi data, ekosistem yang kaya, kemudahan pemahaman kode, integrasi yang fleksibel.

3. *VSCode*

Visual Studio Code adalah sebuah editor kode sumber yang sangat populer yang dikembangkan oleh microsoft. Ini adalah perangkat lunak sumber terbuka dan gratis yang dirancang khusus untuk pengembangan perangkat lunak dan pemrograman. VSCode sangat populer di kalangan pengembang perangkat lunak dan digunakan dalam berbagai bahasa pemrograman dan proyek pengembangan.

3.4. Preprocessing Data

Tahap *preprocessing* dilakukan untuk mengurangi beban dan membuat data lebih mudah di proses dengan tujuan agar data siap digunakan pada saat pengolahan.

1. Grayscale

Pada tahap *grayscale*, citra asli atau citra RGB dari biji kopi akan diubah menjadi citra keabuan (*grayscale*).

Berikut adalah langkah-langkah umum dalam proses *grayscale* :

- 1) Membaca citra : Citra berwarna dibaca menggunakan pustaka atau fungsi yang sesuai dalam bahasa pemrograman, seperti PIL (*Python Image Library*) atau OpenCV.
- 2) Mengubah ke skala abu-abu: Untuk setiap piksel dalam cira, nilai warna RGB diubah menjadi tingkat keabuan tunggal. Terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam konversi ini:
 - a) Rata-rata (*Average*) : Setiap piksel dihitung rata-ratanya dari komponen warna RGB dan nilai ini diberikan ke setiap komponen warna (misalnya, $R = G = B = (R+G+B) / 3$).
 - b) Rasio Warna (*Luminosity*) : Menggunakan rasio bobot untuk masing-masing komponen warna RGB berdasarkan seberapa terang mereka (misalnya, $R = 0.21*R+0.72*G+0.07*B$).
 - c) Mengambil satu komponen warna : Salah satu komponen warna (R, G, atau B) dipilih dan digunakan sebagai tingkat keabuan. Misalnya, kita dapat memilih nilai merah(R) sebagai tingkat keabuan. Metode yang digunakan tergantung pada preferensi dan kebutuhan aplikasi.

- 3) Penyimpanan hasil : Citra dengan skala abu-abu yang baru dibuat dapat disimpan atau digunakan dalam langkah-langkah berikutnya dalam proses pengolahan citra.

Proses *grayscale* berguna dalam berbagai aplikasi pengolahan citra. Dengan mengubah citra berwarna menjadi skala abu-abu, kita dapat mengurangi kompleksitas data, memfokuskan perhatian pada pola dan tekstur, dan memudahkan analisis citra dalam berbagai algoritma pengolahan citra dan visi komputer. Contoh citra yang akan diubah dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Proses RGB menjadi *Grayscale*

2. *Resize*

Pada tahap ini akan dilakukan perubahan atau pengurangan ukuran citra dari ukuran asli menjadi ukuran 288 x 384 dengan tujuan meringankan tahap pemrosesan.

3.4.1. Ekstraksi Fitur LBP

Proses ekstraksi menggunakan metode *local binary pattern* dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai fitur dari citra. Ciri dari setiap citra berguna untuk membedakan satu citra dengan citra lainnya.

ExtractLBPFeatures merupakan fungsi yang ada pada matlab yang digunakan untuk menghitung nilai dari fitur LBP. Fitur ini dapat menghitung satu atau beberapa gambar dengan efisien. Fungsi ini menerima gambar

sebagai inputan dan mengembalikan nilai hasil dari fitur LBP sebagai output.

Arsitektur ekstraksi fitur LBP memiliki komponen-komponen berikut :

- 1) *Parameter mu*, digunakan sebagai variabel atau parameter dalam algoritma yang spesifik.
- 2) *Standar deviasi*, adalah ukuran statistik yang menggambarkan sejauh mana data tersebar atau merata di sekitar rata-rata. Standar deviasi mengukur tingkat variabilitas atau dispersi data dalam suatu sampel atau populasi.
- 3) *Skewness*, adalah ukuran statistik yang menggambarkan asimetri atau ketidaksimetrisan distribusi data.
- 4) *Energi*, digunakan untuk menggambarkan sejauh mana pola biner lokal berbeda dalam suatu wilayah citra.
- 5) *Smoothness*, merujuk pada ukuran statistik yang menggambarkan tingkat kehalusan atau konsistensi tekstur dalam suatu wilayah citra.

3.4.2. Pelatihan MNN

Pelatihan *modular neural network* adalah metode pelatihan jaringan syaraf tiruan yang melibatkan pembelajaran secara bertahap dan modular. Dalam pelatihan modular, jaringan saraf dibagi beberapa modul yang lebih kecil, dan masing-masing modul dilatih secara terpisah sebelum digabungkan kembali menjadi jaringan yang lengkap.

Metode pelatihan ini dapat membantu mengatasi masalah pelatihan jaringan saraf yang kompleks, seperti *overfitting* atau penghalusan pada data input. Dengan memecahkan jaringan menjadi modul yang lebih kecil, pelatihan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efektif, karena modul

yang lebih kecil cenderung lebih mudah untuk dilatih daripada jaringan yang lebih besar dan kompleks.

Selain itu, pelatihan modular juga memungkinkan jaringan saraf untuk ditingkatkan secara bertahap, dengan menambahkan modul baru atau memperbarui modul yang ada. Hal ini membuat jaringan saraf lebih fleksibel dan mudah untuk diadaptasi ke berbagai tugas dan data.

Namun, pelatihan modular juga memiliki kelemahan, yaitu kompleksitas dalam mengintegritaskan modul-modul yang berbeda menjadi satu jaringan yang utuh. Karena itu, perlu diperhatikan dengan baik dalam merancang modul dan menjalankan integritas antar modul untuk mencapai hasil yang optimal.

Pelatihan MNN tidak memiliki rumus pelatihan khusus yang biasa digunakan. Alasannya adalah MNN adalah pendekatan yang luas dan fleksibel dalam pembangunan jaringan saraf, di mana arsitektur jaringan dibagi menjadi modul yang terpisah dengan fungsionalitas sendiri. Namun, pada umumnya, pelatihan MNN melibatkan langkah-langkah umum seperti yang tercantum di bawah ini :

- 1) Inisialisasi bobot : Setiap modul dalam MNN memiliki bobotnya sendiri. Pada awal pelatihan, bobot-bobot ini diinisialisasi secara acak dengan nilai kecil.
- 2) *Feedforward* : Data latihan diberikan ke modul pertama MNN, dan *feedforward* dilakukan melalui setiap modul secara berurutan. Setiap modul menghasilkan keluaran berdasarkan bobotnya dan fungsi aktivasi yang relevan.

- 3) Perhitungan galat : Galat antara keluaran aktual dengan target dihitung untuk mengevaluasi sejauh mana jaringan memberikan prediksi yang benar. Galat ini kemudian digunakan untuk mengoptimalkan bobot.
 - 4) *Backpropagation* : Galat dikembali ke masing-masing modul secara berurutan, melalui proses yang dikenal sebagai *backpropagation*. Dalam *backpropagation*, galat dikalikan dengan gradien lokal di setiap modul untuk memperbarui bobot dan memperbaiki prediksi jaringan.
 - 5) Pembaruan bobot : Bobot di setiap modul diperbarui menggunakan algoritma optimasi, seperti *Stochastic Gradient Descent* (SGD) atau algoritma lainnya, dengan memperhitungkan galat dan gradien lokal.
- Rumus-rumus yang spesifik untuk pelatihan MNN akan bervariasi tergantung pada arsitektur jaringan yang digunakan, jenis masalah yang diselesaikan, fungsi aktivasi yang diterapkan, dan algoritma optimasi yang dipilih. Oleh karena itu, tidak ada rumus pelatihan khusus yang dapat diberikan secara umum untuk MNN.

3.4.3. Pengujian MNN

Pengujian *modular neural network* adalah proses untuk menguji keefektifan dan kehandalan jaringan saraf modular yang telah dilatih. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa jaringan saraf modular dapat memenuhi tujuan atau tugas yang diberikan dengan akurasi dan keandalan yang tinggi.

Pengujian dilakukan dengan memasukkan data uji ke dalam jaringan saraf modular dan mengamati hasil keluarannya. Hasil yang diharapkan adalah jaringan saraf modular mampu mengenali pola atau tren dalam data

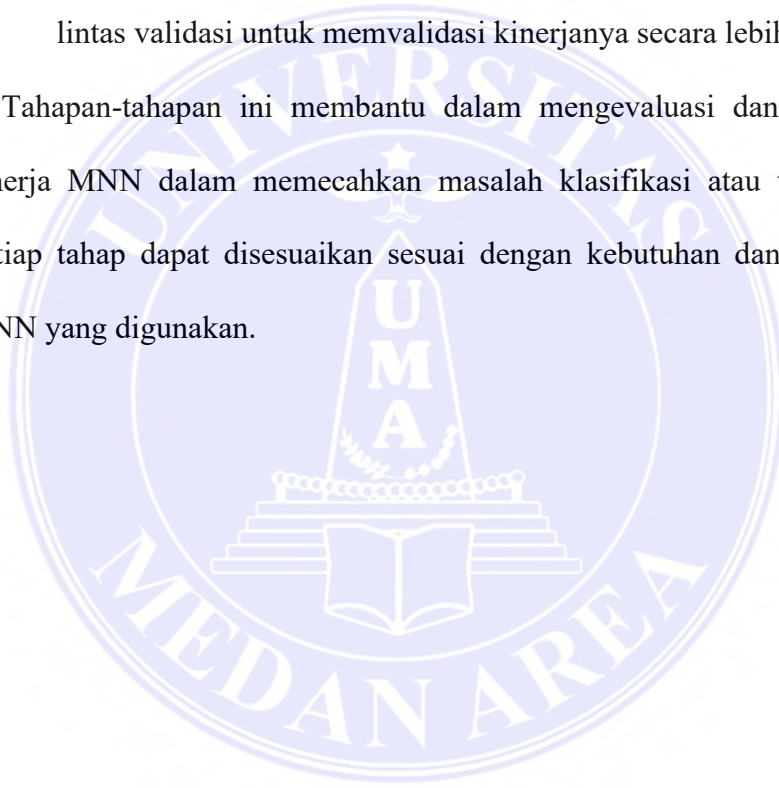
uji dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, pengujian juga mencakup mengukur eksekusi, penggunaan memori, dan performa keseluruhan jaringan saraf. Dalam pengujian *modular neural network*, sangat penting untuk memperhatikan masalah *overfitting* dan *underfitting*, serta memastikan bahwa jaringan saraf modular mampu digunakan secara praktis dengan tingkat akurasi dan keandalan yang cukup.

Tahapan pengujian *Modular Neural Network* (MNN) melibatkan beberapa langkah yang meliputi :

- 1) *Persiapan Data Pengujian* : Data pengujian yang terpisah dari data pelatihan harus disiapkan. Data ini harus mewakili variasi yang memadai dari masalah yang ingin dipecahkan dan harus memiliki label atau solusi yang benar sebagai acuan untuk pengujian.
- 2) *Feedforward* : Data pengujian diberikan ke modul pertama MNN, dan *feedforward* dilakukan melalui setiap modul secara berurutan.
- 3) *Evaluasi Performa* : Keluaran MNN dibandingkan dengan label target atau solusi yang benar untuk mengukur performa MNN. Metrik evaluasi yang umum digunakan termasuk akurasi, presisi, recall, F1-score, atau metrik evaluasi khusus lainnya yang sesuai dengan masalah yang diselesaikan.
- 4) *Analisis Hasil* : Hasil pengujian dianalisis untuk memahami kinerja MNN. Dapat dilakukan analisis visual, seperti memvisualisasikan distribusi hasil klasifikasi atau menggunakan matriks kebingungan (*confusion matrix*), untuk mendapatkan wawasan lebih lanjut tentang kekuatan dan kelemahan MNN dalam memecahkan masalah.

- 5) Fine-Tuning dan Penyesuaian : Jika hasil pengujian tidak memenuhi ekspektasi, MNN dapat diperbaiki atau disesuaikan. Ini dapat melibatkan fine-tuning bobot atau arsitektur modul, menambahkan modul baru, atau mengubah parameter pelatihan. Pengujian dapat diulang setelah penyesuaian untuk mengevaluasi perbaikan
- 6) Pengujian Tambahan : Selain menggunakan data pengujian yang terpisah, MNN juga dapat diuji dengan data validasi atau pengujian lintas validasi untuk memvalidasi kinerjanya secara lebih luas.

Tahapan-tahapan ini membantu dalam mengevaluasi dan menganalisis kinerja MNN dalam memecahkan masalah klasifikasi atau tugas lainnya. Setiap tahap dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan dan kompleksitas MNN yang digunakan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dapat dibuat sebuah kesimpulan dari hasil yang telah ada dan dilakukan dengan menggunakan metode *Modular Neural Network*, sehingga penulis membuat kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Ekstraksi *Local Binary Pattern* terhadap klasifikasi kopi menggunakan *Modular Neural Network* pada 2000 citra biji kopi cukup baik.
2. Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian dengan *k-fold cross validarion* dan evaluasi menggunakan *confusion matrix*, dengan 2000 citra biji kopi menghasilkan akurasi sebesar 87.25%.

5.2 Saran

Peneliti sangat menyadari dan mengakui bahwa penelitian yang sudah dilakukan ini masih belum baik dan optimal sehingga masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, untuk pengembangan yang lebih baik agar mendapatkan hasil yang jauh lebih baik, maka peneliti mengajukan saran untuk melakukan pencarian nilai parameter terbaik terutama pada model jaringan yang akan dipakai dan melakukan penambahan pada data uji yaitu citra biji kopi sehingga mempengaruhi peningkatan akurasi pengujian. Karena semakin banyak data yang digunakan sebagai data uji yang diolah akan memiliki dampak semakin baik pada peningkatan akurasi yang akan dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andani, T., Badruzzaman, F. H., & Harahap, E. (2020). *Operasi Matriks Sebagai Media Pembelajaran Menggunakan MATLAB Matrix Operations as Learning Media Using MATLAB*. 19(2).
- Atina, A. (2019). Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3123>
- Di, S., Kopi, P., Desa, R., Bawah, T. B., Sumber, K., Kabupaten, J., & Barat, L. (n.d.). *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Kopi Robusta Terhadap Peningkatan Pendapatan Ekonomi Dalam Perspektif Ekonomi Islam*.
- Ezar, M., Rivani, A., & Devella, S. (2020a). *Pengenalan Iris Menggunakan Fitur Local Binary Pattern Dan Rbf Classifier*. *Jurnal Simetris*, 11(1).
- Ezar, M., Rivani, A., & Devella, S. (2020b). *Pengenalan Iris Menggunakan Fitur Local Binary Pattern Dan Rbf Classifier*. *Jurnal Simetris*, 11(1).
- Fadjeri, A., Setyanto, A., & Kurniawan, M. P. (2020). *Pengolahan Citra Digital Untuk Menghitung Ekstraksi Ciri Greenbean Kopi Robusta Dan Arabika (Studi Kasus: Kopi Temanggung)*. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIKOMSiN)*, 8(1). <https://doi.org/10.30646/tikomsin.v8i1.462>
- Fakultas, S. R., Informasi, T., Islam, U., Muhammad, K., & Al Banjari, A. (2020). *Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm*. In *Technologia* (Vol. 11, Issue 3).

- Gusti, I., Andika, A., Sari, H., & Sudiartha, G. M. (2019). *Pengendalian Kualitas Proses Produksi Kopi Arabika Pada Ud. Cipta Lestari Di Desa Pujungan*. 8(4), 2302–8912. <https://doi.org/10.24843/EJMUNUD.2019.v8.i4.p22>
- Kurniadi, D., Sugiyono, A., & Alfithna Wardaya, L. (2021). *Pattern Recognition Of Human Face With Photos Using Knn Algorithm*. *Transformtika*, 19(1), 17–25.
- Kurniawan, B. (2020). *Korelasi Motivasi Berprestasi Terhadap Indeks Prestasi Menggunakan Metode Learning Vector Quantization*. *Jurnal Ilmu Komputer*, 9(2), 124–129. <https://doi.org/10.33060/jik/2020/vol9.iss2.176>
- Misdalina, M., Rohana, R., Syahbana, A., Septiati, E., Tanzimah, T., & Sari, E. F. P. (2020). *Pelatihan Penggunaan Program Visio Untuk Pembelajaran Dan Administrasi Sekolah Di Smk Negeri 1 Gelumbang*. *Jurnal Cemerlang: Pengabdian Pada Masyarakat*.
- Murni, S., Widiyanto, D., Nugrahaeni, C., & Dewi, P. (2022). *Klasifikasi Citra Penyakit Daun Kopi Arabika Menggunakan Support Vector Machine (SVM) Dengan Seleksi Fitur Information Gain*.
- Nugroho, M. A., & Sebatubun, M. M. (2020). *Klasifikasi Varietas Kopi Berdasarkan Green Bean Coffee Menggunakan Metode Machine Learning (Vol. 1, Issue 2)*.
- Pengolahan..., A., Zaid Munantri, N., Sofyan, H., & Yanu, M. (2019). *Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Umur Pohon*. In *TELEMATIKA (Vol. 16, Issue 2)*.
- Putri, D. A., Arip Munawar, A., & Nasution, I. S. (2022). *Klasifikasi Mutu Fisik Biji Kopi Beras Robusta Menggunakan Pengolahan Citra Digital (Physical*

- Quality Classification Of Robusta Rice Coffee Beans Using Digital Image Processing*). Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 7(2).
- Rahmadani, F., & Pardede, A. M. (2021). *Jaringan Syaraf Tiruan Prediksi Jumlah Pengiriman Barang Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus: Kantor Pos Binjai)*. Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK), 5(1).
- Raysyah, S., Arinal, V., & Mulyana, D. I. (2021). *Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Deteksi Warna Menggunakan Metode Knn Dan Pca*. Sistem Informasi , 8(2), 88–95.
- Retnoningrum, D., Widodo, A. W., & Rahman, M. A. (2019). *Ekstraksi Ciri Pada Telapak Tangan Dengan Metode Local Binary Pattern (LBP)* (Vol. 3, Issue 3). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Setiyani, L., Wahidin, M., Awaludin, D., & Purwani, S. (2020). *Analisis Prediksi Kelulusan Mahasiswa Tepat Waktu Menggunakan Metode Data Mining Naïve Bayes : Systematic Review*. Faktor Exacta, 13(1), 35. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v13i1.5548>
- Sudarsono, B. G., Leo, M. I., Santoso, A., & Hendrawan, F. (2021). *Analisis Data Mining Data Netflix Menggunakan Aplikasi Rapid Miner*. JBASE - Journal of Business and Audit Information Systems, 4(1).
- Teknika, J., *Program Aplikasi Peminjaman Dan Pengembalian Buku Di Ruang Baca Jurusan Manajemen Informatika Politeknik Negeri Sriwijaya*. Henny Madora, P., Wahyuningrum, I., Noval, M., Manajemen Informatika, J., Negeri Sriwijaya, P., & Srijaya Negara Bukit Besar, J. (n.d.). Teknika 13 (2): 113-121.


Utami Putri, N., & Redi Susanto, E. (2020). *Klasifikasi Jenis Kayu Menggunakan Support Vector Machine Berdasarkan Ciri Tekstur Local Binary Pattern*. CYBERNETICS, 4(02), 93–100.

Utomo, D. P., & Mesran, M. (2020). *Analisis Komparasi Metode Klasifikasi Data Mining dan Reduksi Atribut Pada Data Set Penyakit Jantung*. JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA, 4(2), 437.



LAMPIRAN

1. SK Pembimbing



UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK

Kampus I : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBGI Nomor 1 (061) 7366478, 7366166, 7366348, 7366781, Fax (061) 7366978 Medan 20223
Kampus II : Jalan Gulaabuk Nomor 75 / Jalan Sidi Ganyu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225002, Fax. (061) 8226331 Medan 20122
Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 300/FT.6/01.10/IV/2023
Lamp : -
Hal : Pembimbing Tugas Akhir

11 April 2023

Yth. Pembimbing Tugas Akhir
Dr. Rahmadsyah, S.Kom, M. Kom
di
Tempat

Dengan hormat, sehubungan telah dipenuhinya persyaratan untuk memperoleh Tugas Akhir dari mahasiswa atas :

Nama : Martua Andri Siregar
N P M : 198160012
Jurusan : Teknik Informatika

Maka dengan hormat kami mengharapkan kesediaan saudara :



Dr. Rahmadsyah, S.Kom, M. Kom (Sebagai Pembimbing)

Adapun Tugas Akhir Skripsi berjudul :

"Analisis Klasifikasi Kopi dengan Ekstraksi *Local Binary Pattern* menggunakan Algoritma *Learning Vector Quantization*".

SK Pembimbing ini berlaku selama enam bulan terhitung sejak SK ini diterbitkan. Jika proses pembimbing melebihi batas waktu yang telah ditetapkan, SK ini dapat ditinjau ulang.

Demikian kami sampaikan, atas kesediaan saudara diucapkan terima kasih.

Dekan,


Dr. Rahmadsyah, S. Kom, M.Kom

2. SK Pengantar Riset



Nomor :
Lampiran : 1 (Berkas)
Hal : Surat Permohonan Pengantar Riset/ Survey

Medan, 04 Juli 2023

Kepada Yth
Wakil Dekan Bidang Pendidikan, Penelitian dan Pengabdian
Fakultas Teknik Universitas Medan Area
di-
Medan

Dengan hormat,
Bersama ini diberitahukan kepada Ibu, bahwa mahasiswa kami atas :

Nama : Martua Andri Siregar
NPM : 198160012
No. HP : 081268478920
Prodi : Teknik Informatika

Telah disetujui permohonan pengajuan Tugas Akhir, dengan judul Tugas Akhir adalah :
**EKSTRAKSI LOCAL BINARY PATTERN TERHADAP KLASIFIKASI KOPI
MENGUNAKAN MODULAR NEURAL NETWORK (MNN)**

Adapun pengambilan Riset/ Survey ditujukan ke :

- Perusahaan/Instansi : JJ Coffee

- Alamat : Jl. Panglima Denai Simpang Datuk Kabu Pasar III Tembung

Mohon kiranya Ibu dapat menerbitkan surat pengantar riset sesuai dengan yang dimaksud.

Adapun persyaratan turut terlampir :

1. Foto copy Berita Acara Seminar Proposal*
2. Foto copy SK Pembimbing Tugas Akhir
3. Foto copy kwitansi uang kuliah semester berjalan

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

Ka. Prodi Teknik Informatika

(Rizki Muliono, S. Kom, M. Kom)

3. SK Selesai Riset

SURAT KETERANGAN TELAH MELAKUKAN PENELITIAN

Nomor : 143/JJ/07/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ICHA YOLANDA

Jabatan : Pemilik

Alamat : Jl. Panglima Denai Simpang Datuk Kabu Pasar 3

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa yang beridentitas :

Nama : Martua Andri Siregar

NIM : 198160012

Alamat : Jl. Taduan Gg. Sopir No. 18, Medan Tembung.

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Medan Area

Telah selesai melakukan penelitian di JJ Coffe, Jl. Panglima Denai Simpang Datuk Kabu Pasar III Tembung di Deli Serdang selama 30 hari terhitung mulai tanggal 18 Juli 2023 s/d 18 Agustus 2023 untuk memperoleh data dalam rangka penyusunan skripsi yang berjudul : **"EKSTRAKSI LOCAL BINARY PATTERN TERHADAP KLASIFIKASI KOPI MENGGUNAKAN MODULAR NEURAL NETWORK (MNN)"**.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sepenuhnya.

Medan, 18 Agustus 2023



4. Source Code

```
import os
import numpy as np
from skimage import feature
from PIL import Image
import cv2

# Fungsi untuk ekstraksi fitur LBP dari gambar
def extract_lbp_features(image_path):
    img = Image.open(image_path)
    img = img.convert('L') # Konversi gambar ke skala abu-abu
    (grayscale)

# Ekstraksi fitur LBP
radius = 1
n_points = 8 * radius
lbp_image = feature.local_binary_pattern(np.array(img),
n_points, radius, method='uniform')

# Hitung histogram LBP
lbp_hist, _ = np.histogram(lbp_image.ravel(),
bins=np.arange(0, n_points + 3), range=(0, n_points + 2))

# Normalisasi histogram
lbp_hist = lbp_hist.astype("float")
lbp_hist /= (lbp_hist.sum() + 1e-6)

return lbp_image # Mengembalikan gambar LBP (tanpa mengubah
ukurannya)

# Ukuran gambar yang akan diresize
target_width = 100
target_height = 100

# Ekstraksi fitur LBP dari semua gambar dalam folder dan
simpan gambar yang diekstraksi
for image_path in image_paths:
    lbp_image = extract_lbp_features(image_path)
    lbp_image = (lbp_image * 255).astype(np.uint8) # Skala ulang
gambar ke rentang 0-255

# Resize gambar
```

```
lbp_image = cv2.resize(lbp_image, (target_width,
target_height))

print(f"Deskriptor dari {image_path}")

# Simpan hasil gambar yang diekstraksi ke dalam folder baru
image_name = os.path.basename(image_path)
image_name_without_extension = os.path.splitext(image_name)[0]
output_image_path = os.path.join(output_folder,
f"{image_name_without_extension}_extracted.jpg")

# Membuat gambar berwarna dengan pemetaan linear (contoh: biru
untuk nilai rendah, merah untuk nilai tinggi)
color_mapped_image = cv2.applyColorMap(lbp_image,
cv2.COLORMAP_JET)

# Menyimpan gambar berwarna
cv2.imwrite(output_image_path, color_mapped_image) # Simpan
gambar hasil ekstraksi

print(f'Ekstraksi fitur LBP selesai. Hasil gambar tersimpan
dalam folder {output_folder}')
```

```
import pandas as pd
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

# Path ke dua file CSV yang berisi fitur-fitur yang akan
dinormalisasi
input_csv1 = 'Mandailing_features.csv' # Ganti dengan nama
file CSV pertama
input_csv2 = 'Sidikalang_features.csv' # Ganti dengan nama
file CSV kedua

# Baca data dari file CSV pertama
df1 = pd.read_csv(input_csv1)

# Baca data dari file CSV kedua
df2 = pd.read_csv(input_csv2)

# Pisahkan kolom label (jika ada)
labels1 = df1.pop('label')
labels2 = df2.pop('label')

# Inisialisasi Min-Max Scaler
scaler = MinMaxScaler()
```



```
# Normalisasi fitur-fitur dari file CSV pertama
normalized_features1 = scaler.fit_transform(df1)

# Normalisasi fitur-fitur dari file CSV kedua
normalized_features2 = scaler.fit_transform(df2)

# Konversi kembali ke DataFrame
normalized_df1 = pd.DataFrame(data=normalized_features1,
                              columns=df1.columns)
normalized_df2 = pd.DataFrame(data=normalized_features2,
                              columns=df2.columns)

# Gabungkan kedua DataFrame
combined_df = pd.concat([normalized_df1, normalized_df2],
                        axis=0, ignore_index=True)

# Gabungkan kolom label (jika ada)
combined_labels = pd.concat([labels1, labels2], axis=0,
                             ignore_index=True)

# Tambahkan kolom label ke DataFrame hasil gabungan
combined_df['label'] = combined_labels

# Simpan hasil normalisasi gabungan ke file CSV baru
output_csv = 'combined_normalized_features.csv' # Ganti
dengan nama file CSV hasil gabungan
combined_df.to_csv(output_csv, index=False)

print(f'Normalisasi dan penggabungan selesai. Hasil tersimpan
dalam {output_csv}')
```