



Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Menggunakan *MultilayerPerceptron* Berbasis Fitur Warna LCH

Ilhamsyah¹, Aviv Yuniar Rahman², Istiadi³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

¹ilhamsyahmandala98@gmail.com, ²aviv@widyagama.ac.id*, ³istiadi@widyagama.ac.id

Abstract

Coffee is one of Indonesia's foreign exchange earners and plays an important role in the development of the plantation industry. In previous studies, coffee bean quality research has been carried out using the ANN method using color features. RGB and GLCM. However, the results carried out in the study only had an accuracy value of up to 47%. Therefore, this study aims to improve the performance of coffee bean quality classification using four machine learning methods and 7 color features. From the results obtained, it shows that *MultilayerPerceptron* is better starting with RGB color with an accuracy of 38% split ratio 90:10. HSV has an accuracy of 57% split ratio 90:10. CMYK has an accuracy of 63% split ratio 90:10. LAB has a 58% curation split ratio of 90:10. The YUV type has an accuracy of 58% split ratio 90:10. Furthermore, the HSI color type has an accuracy of 42% split ratio 90:10. The HCL color type has an accuracy of 65% split ratio 90:10 and LCH has an accuracy of 78% split ratio 90:10. In testing, it can be concluded that the *MultilayerPerceptron* method is better than other methods for the coffee bean classification process.

Keywords: Coffee, *MultilayerPerceptron*, Color Feature, Accuracy.

Abstrak

Kopi merupakan salah satu penghasil devisa indonesia dan pemegang peranan penting dalam perkembangan industri perkebunan. Dalam proses bisnis sebuah produk harus memiliki keunggulan yaitu berupa kualitas supaya dapat bertahan dalam dunia persaingan. Penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan metode JST dengan menggunakan fitur warna RGB dan GLCM. Hasil yang didapatkan dalam penelitian hanya memiliki nilai akurasi mencapai 47% saja. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan empat metode *machine learning* yaitu *Naïve bayes*, *Decision Tree*, *SVM*, *Multilayer Perceptron* dan 7 fitur warna. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa metode *MultilayerPerceptron* lebih baik dalam proses pengujiannya. Pengujian ini membuktikan bahwa proses klasifikasi yang diawali dengan fitur warna RGB memiliki nilai akurasi mencapai 38% pada split ratio 90:10. HSV memiliki nilai akurasi mencapai 57% pada split ratio 90:10. CMYK memiliki nilai akurasi mencapai 63% pada split ratio 90:10. LAB memiliki nilai akurasi mencapai 58% pada split ratio 90:10. YUV memiliki nilai akurasi mencapai 58% pada split ratio 90:10. HSI memiliki nilai akurasi mencapai 42% pada split ratio 90:10. HCL memiliki nilai akurasi mencapai 65% pada split ratio 90:10 dan LCH memiliki nilai akurasi mencapai 78% pada split ratio 90:10. Pengujian membuktikan bahwa klasifikasi menggunakan metode *MultilayerPerceptron* lebih baik dibandingkan metode yang lain untuk proses klasifikasi kualitas biji kopi.

Kata kunci: Kopi, *MultilayerPerceptron*, Fitur Warna, Akurasi.

1. Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu penghasil devisa indonesia dan pemegang peranan penting dalam perkembangan industri perkebunan[1]. Perkembangan bisnis saat ini sangat berkembang pesat salah satu bentuk usaha yang sedang naik di indonesia yaitu *coffee shop* [2]. Dalam proses bisnis sebuah produk harus memiliki keunggulan yaitu berupa kualitas supaya dapat bertahan dalam dunia

persaingan [3] oleh karna itu sebuah perusahaan harus tetap fokus pada kualitas produk [4] kualitas produk adalah salah satu faktor yang mempengaruhi harga serta keunggulan kopi. Hasil survei pada salah satu desa penghasil kopi di sumbawa NTB mengatakan bahwa Pentingnya sebuah kualitas biji kopi mempengaruhi produktifitas kopi rumahan dikarenakan setiap konsumen memiliki permintaan yang berbeda – beda ini

merupakan salah satu alasan kenapa penting dilakukan klasifikasi. Proses [5] klasifikasi terhadap biji kopi membutuhkan waktu yang tidak sedikit dalam menentukannya [6] semakin baik kualitas kopi yang di hasilkan maka semakin tinggi harga jual yang diberikan dan semakin tinggi pula jumlah permintaan pasar [7] [8]. Banyak diantara masyarakat yang membangun UMKM (Usaha Mikro Kecil dan Menengah) [9] kesulitan dalam membedakan kualitas biji kopi [10]. Masyarakat cenderung melihat fisik biji kopi sesuai dengan yang ada pada umumnya. Dikerenakan proses panen dari pemetikan sampai dengan sortasi dilakukan secara manual. Oleh karna itu, klasifikasi sangat penting dilakukan untuk mengetahui kualitas mutu dari biji kopi tersebut.

Penelitian tentang ekstraksi fitur *circularity* untuk pengenalan varietas kopi arabika menggunakan metode klasifikasi multilayer perceptron oleh [11] yang dimana penelitian diperlukan untuk mengenali varietas kopi arabika secara akurat sehingga dapat digunakan sebagai opini pertama bagi petani dan pemilik *coffee shop* dalam mengenali varietas kopi arabika. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa tingkat akurasi yang diperoleh adalah 70%. Meningkatkan kinerja akurasi dibutuhkan penambahan pada fitur warna dan ruang warna agar hasil klasifikasi lebih maksimal [12].

Penelitian yang dilakukan oleh klasifikasi kualitas biji kopi ekspor menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dengan menggunakan fitur warna RGB. Jumlah data uji 10 gambar biji kopi menghasilkan akurasi 47%. Penggunaan fitur warna RGB disini masih kurang maksimal dikarenakan fitur warna RGB hanya menggambarkan warna yang terlihat saja. RGB tidak menyediakan titik awal yang berguna untuk mewakili warna gambar dan juga ruang warna [13][14].

Dalam penelitian klasifikasi kualitas biji kopi oleh [15] dengan menggunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* dengan data latih 60 citra dan data uji 15 citra menggunakan fitur bentuk dan fitur warna RGB dan HSV menghasilkan akurasi 60%. Didapatkan hasil yang kurang maksimal akibat dari fitur yang digunakan masih belum bisa memisahkan ciri dari setiap biji kopi. Penelitian Rahman dan Nugraha dilakukan sebuah penelitian yang serupa tetapi menggunakan metode *principal component analysis* dengan penambahan fitur warna RGB dan HSI tetapi hanya mengalami sedikit peningkatan saja yaitu 61% [16].

Penelitian yang dilakukan oleh [17] tentang uji kinerja sistem kualifikasi biji kopi menggunakan pengolahan citra dengan metode *Local Binary Pattern* dan algoritma *Learning Vector Quantization*. Proses pengambilan data dilakukan dengan membagi masing – masing *sample* mutu biji kopi menjadi 6 kelas [18]. Hasil pembagian

tersebut didapatkan data latih sebanyak 10 citra kopi dan 5 data uji setelah dilakukan proses kualifikasi hasil akurasi yang di dapatkan pada metode LBP + LVQ adalah 52,86% dan 40% secara berturut – turut [19]. Tentunya hal ini menunjukkan bahwa metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation* memiliki keunggulan dalam hal klasifikasi dan kualifikasi.

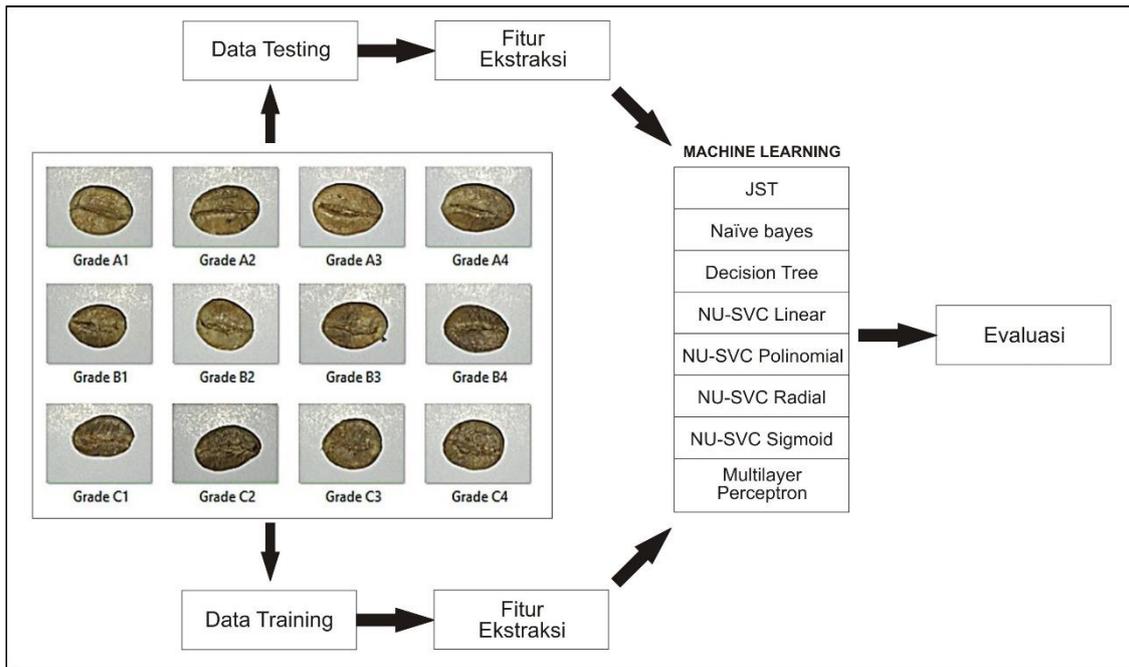
Meningkatkan kinerja klasifikasi kualitas biji kopi pada penelitian pertama dibutuhkan peningkatan. Hasil *literatur review* klasifikasi citra menggunakan Multilayer Perceptron dapat terlihat nilai akurasi diatas 70%. Algoritma *Multilayer Peceptron* dapat diterapkan untuk proses klasifikasi jenis kayu jati, sengon, mahoni dan mindi. Parameter nilai pada ekstraksi fitur GLCM adalah *correlation*, *contrast*, *energy* dan *homogeneity*. Hasil penelitian diperoleh tingkat akurasi terbaik pada data validasi sebesar 87,77% [20].

Algoritma *Multilayer Perceptron* memiliki keunggulan yaitu digunakan untuk mengetahui ciri ikan yang mengandung formalin. Proses identifikasi berawal dari banyaknya ikan yang ditangkap nelayan perharinya membuat pedagang harus membuat ikan yang mereka jual awet dalam beberapa hari, salah satu caranya yaitu dengan mengawetkan ikan dengan formalin. Zat yang berbahaya jika digunakan untuk makanan sehingga dapat mengakibatkan kematian. Hasil akurasi yang didapatkan pada penelitian ini adalah 62% untuk akurasi dengan tingkat kesalahan 50%, recall 85% dan presisi 58% [21].

Keunggulan algoritma *Multilayer Perceptron* ketiga yang dimana pada penelitian ini untuk mengetahui tingkat keamanan aplikasi yang dibagi menjadi tiga kelas yaitu aplikasi tidak berbahaya, aplikasi mengandung malware tidak berbahaya dan aplikasi menganung malware berbahaya. Dataset terdiri dari Androsec dan Koodous dengan total data 37289 aplikasi. Dataset mengandung aplikasi undetected dan detected malware. Tingkat akurasi terbaik yang didapatkan pada penelitian ini adalah 92,23% [22].

Keunggulan pada algoritma Naïve Bayes keempat yang dimana penelitian ini dilakukan untuk mengklasifikasikan masyarakat miskin yang diperoleh dari Kecamatan Tibawa Kabupaten Gorontalo dengan menggunakan Teknik data mining. Penggunaan atribut penelitian ini menggunakan data umur, pendidikan, pekerjaan, penghasilan, tanggungan dan status. Hasil yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian *confussion matrix* dengan teknik *split ratio* yang menghasilkan *accuracy* sebesar 73%, *precision* 92% dan *recall* 86% [23].

Keunggulan metode SVM ada pada penelitian tentang analisis sentimen terhadap layanan indihome berdasarkan twitter dengan penggunaan metode SVM.



Gambar 1. Sistem Evaluasi Klasifikasi Kualitas Biji Kopi

Berdasarkan lonjakan informasi yang dipublikasikan melalui twitter maka memungkinkan bahwa informasi yang di hasilkan dapat berupa produk atau layanan. Hal ini yang membuat perusahaan menggunakan twitter sebagai media untuk menyebarkan informasi. Dari hasil pengujian didapatkan *accuracy* 87%, *precision* 86%, *recall* 95%, *error rate* 13% dan *fi-score* 90% [24].

Keunggulan metode terakhir pada penelitian Klasifikasi Hasil Seleksi Kompetensi Dasar Pada CPNS 2019 Di Arsip Nasional Republik Indonesia yang dimana SKD merupakan tahapan yang diuji berdasarkan parameter penilaian Tes Wawasan Kewarganeraam (TKW), Tes Intelegensi Umum (TIU) dan Tes Karakter Kepribadian (TKP). Klasifikasi ini menggunakan metode Data Mining dan *Decision Tree*. Hasil yang didapatkan dari 344 peserta SKD diarsip Nasional Republic Indonesia adalah *accuracy* 92% [25].

Berdasarkan penjelasan diatas bahwa penelitian ini bertujuan memperbaiki kinerja klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan empat metode *machine learning* yaitu *Naïve bayes*, *Decision Tree*, *SVM*, *Multilayer Perceptron* dan 7 fitur warna RGB, HSV (*hue saturation value*), CMYK (*chain, magenta dan yellow*), YUV, LAB (ruang warna *red + green dan yellow + blue*) HSI (*hue saturation intensity*), HCL (*hue chroma lightness*), dan LCH (*local color history*). Penelitian ini juga menggunakan tingkat *accuracy* sebagai parameter evaluasi yang dilakukan. Hasil penelitian ini didapatkan keluaran berupa kualitas biji kopi yang dimana dapat meningkatkan produksi kopi rumahan yang ada di salah satu wilayah di kabupaten sumbawa NTB

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini merupakan proses dalam klasifikasi kualitas biji kopi ditujukan pada Gambar 1. Klasifikasi kualitas biji kopi awali dengan beberapa tahapan mulai dari *pre-processing* yaitu data *training*, data *testing* dan fitur ekstraksi. Tahap kedua yaitu proses klasifikasi kualitas biji kopi dengan menggunakan beberapa *machine learning* yang dalam proses pengujiannya. Tahap terakhir yaitu proses evaluasi menggunakan *accuracy*, *precision* dan *recall*.

Data training dan testing digunakan untuk pengambilan data citra biji kopi agar hasil yang akan di uji dapat dilakukan proses ekstraksi dengan baik dan terarah. Pengumpulan data menggunakan kamera *smartphone* Realme 5i untuk proses pengambilan gambar dari biji kopi yang digunakan. Proses pengambilan citra biji kopi arabika yang diambil langsung dari petani kopi didaerah sumbawa NTB. Proses klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan 2107 data biji kopi. perbandingan *training* dan *testing* menggunakan *split ratio*. *Split ratio* ini merupakan perbandingan antara 10% data *training* dibanding dengan 90% data *testing*, serta 90% data *training* dibanding dengan 10% data *testing*.

Proses fitur ekstraksi merupakan pengambilan ciri dari masing – masing fitur yang ada pada citra biji kopi. Fitur tersebut diantaranya adalah fitur tekstur dan fitur warna yang dimana cara klasifikasinya dengan mengidentifikasi tekstur dan warna dari biji kopi. Fitur tekstur dan warna ini dibutuhkan untuk mendapatkan hasil klasifikasi dari metode jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Pengujian akan dilakukan dengan menguji penggabungan fitur tekstur dan fitur warna.

Tabel 1. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna RGB

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10 90	45%	43%	51%	44%	46%	40%	58%	45%
20 80	47%	49%	56%	48%	46%	37%	57%	47%
30 70	46%	50%	54%	39%	44%	43%	59%	46%
40 60	47%	52%	54%	37%	46%	43%	61%	47%
50 50	46%	51%	51%	43%	49%	49%	61%	46%
60 40	47%	51%	39%	36%	38%	46%	60%	47%
70 30	45%	50%	44%	37%	48%	40%	58%	45%
80 20	43%	53%	51%	38%	47%	46%	57%	43%
90 10	38%	45%	38%	41%	42%	22%	56%	38%

Tabel 2. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna HSV

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10 90	42%	45%	44%	46%	44%	46%	45%	55%
20 80	40%	47%	49%	52%	42%	46%	39%	57%
30 70	44%	46%	50%	51%	39%	38%	45%	59%
40 60	44%	47%	52%	56%	50%	39%	41%	61%
50 50	47%	46%	52%	53%	29%	47%	40%	61%
60 40	49%	47%	52%	49%	29%	38%	47%	60%
70 30	67%	45%	51%	49%	36%	41%	43%	58%
80 20	68%	43%	49%	42%	36%	49%	44%	57%
90 10	68%	38%	49%	42%	42%	42%	40%	57%

2.1. Fitur Tekstur

Fitur tekstur merupakan proses identifikasi dari biji kopi yang nantinya akan mengambil ciri tekstur biji kopi. Hasil yang didapatkan berupa informasi susunan struktur permukaan data ciri biji kopi diperlukan nilai keabuan dari gambar digunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengambilan tekstur. Citra warna dirubah menjadi citra grayscale lalu kemudian masing – masing nilai RGB citra dirubah menjadi abu – abu dengan menggunakan rumus 1:

$$\text{Keabuan} = 0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B \quad (1)$$

Rumus 1 parameter R melambangkan warna merah, G melambangkan warna hijau dan B melambangkan warna biru kemudian rumus 2 untuk mengukur kekuatan perbedaan intensitas dalam citra, rumus 3 mengukur keterkaitan linear pada derajat citra *grayscale*, *energy*. Rumus 4 untuk mengukur konsentrasi pasangan intensitas matrix *co-occurrence*. *Homogeneity* yang terdapat pada rumus 5 yaitu untuk mengukur nilai keasaman variasi dari intensitas citra dan *entropy* pada rumus 6 yaitu untuk mengukur keteracakan dari distribusi intensitas.

$$\sum_k k^2 [\sum_i \sum_j p(i,j)] \quad (2)$$

$$\sum_{i,j} \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)p(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (3)$$

$$\sum_{i,j} p(i,j)^2 \quad (4)$$

$$\sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{1+|i-j|} \quad (5)$$

$$-\sum_{i,j} P(i,j) \log P(i,j) \quad (6)$$

Rumus 2 sampai dengan rumus 6 parameter p adalah merupakan nilai kemungkinan yang bernilai nol hingga satu. Lambang σ merupakan komponen dalam matriks *co-occurrence*. Lambang i dan j menandakan bagian dari intensitas yang berdekatan, dengan masing – masing nomor baris dan nomor kolom yang merupakan gambaran dalam matriks.

2.2. Fitur Warna

Fitur warna ini merupakan proses identifikasi biji kopi berdasarkan fitur warna yang digunakan. Fitur warna digunakan untuk menguji gambar pada citra biji kopi. Proses pengolahan citra berdasarkan fitur warna ini menggunakan gabungan antara fitur tekstur dan fitur warna untuk mengetahui kualitas biji kopi yang digunakan. Tahap awal yang akan dilakukan adalah mengubah warna RGB menjadi *grayscale*. Proses *grayscale* diubah kembali menjadi warna RGB untuk mengetahui nilai dan didapatkan hasil akhir. Rumus ditulis secara jelas menggunakan *equation* dengan indeks seperti rumus 7.

Tabel 3. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna CMYK

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10 90	46%	52%	52%	53%	52%	43%	31%	60%
20 80	40%	54%	53%	51%	47%	39%	50%	60%
30 70	41%	54%	56%	54%	47%	44%	41%	63%
40 60	43%	55%	55%	56%	42%	45%	45%	65%
50 50	45%	53%	56%	56%	36%	47%	47%	62%
60 40	69%	63%	63%	67%	59%	68%	67%	65%
70 30	59%	52%	57%	53%	51%	51%	50%	65%
80 20	51%	62%	57%	56%	63%	63%	63%	64%
90 10	66%	69%	67%	66%	68%	63%	65%	63%

Tabel 4. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna LAB

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10 90	44%	45%	44%	43%	31%	31%	31%	56%
20 80	44%	47%	49%	48%	42%	44%	34%	59%
30 70	46%	46%	50%	47%	32%	40%	32%	58%
40 60	61%	47%	52%	47%	32%	42%	33%	60%
50 50	47%	46%	52%	46%	32%	43%	32%	59%
60 40	48%	47%	52%	48%	38%	45%	32%	62%
70 30	48%	45%	51%	48%	31%	46%	36%	58%
80 20	51%	43%	49%	46%	29%	46%	38%	61%
90 10	49%	38%	49%	39%	23%	37%	32%	58%

$$\Delta F = -2,3 \times 10^6 \times F^2 \frac{\Delta M}{A} \quad (7)$$

Rumus 7 dijelaskan bahwa F adalah frekuensi dasar dalam resonansi berskala (MHz). $Neuron \Delta M$ merupakan total massa molekul yang akan diserap pada klasifikasi warna. Parameter A merupakan area elektroda dari sebagian keseluruhan untuk di klasifikasi.

2.3. Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* digunakan pada penelitian sebelumnya untuk klasifikasi kualitas biji kopi ekspor dan hanya menggunakan nilai *accuracy* dan menggunakan fitur warna RGB saja sehingga masih terdapat kekurangan dari segi akurasi. Penelitian kali ini menggunakan 3 hasil evaluasi yaitu *accuracy*, *Precision* dan *recall* menggunakan beberapa fitur warna yang dimana nanti harapannya menghasilkan akurasi yang maksimal. Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* bertujuan untuk melakukan latihan dan training jaringan untuk memperoleh hasil yang seimbang. Jaringan syaraf tiruannya sendiri terdiri dari *input layer* untuk fitur, *hidden layer* untuk kelas dan *output layer* untuk menghitung kalkulasi kombinasi linear digunakan rumus 7.

$$net_j^{(h)} = \sum_{i=1}^1 w_{ij}^{(h)} x_i^{(h-1)} + b_j^{(h)} \quad (8)$$

Rumus 8 $x_i^{(h-1)}$ merupakan input pada neuron ke $-i$ pada layer ke $-h - 1$. Lambang $w_{ij}^{(h)}$ merupakan *weight* yang menghubungkan neuron ke $-i$ pada layer ke $-h - 1$ dengan neuron ke $-j$ pada layer ke $-h$. Variabel untuk $b_j^{(h)}$ melambangkan output pada neuron ke $-j$ pada layer ke $-h$.

2.4. Naive Bayes

Klasifikasi kualitas biji kopi juga menggunakan algoritma *machine learning* Naïve Bayes. Metode ini dipilih untuk membandingkan *accuracy* yang terbaik pada *machine learning* satu dengan yang lainnya. Metode *Naivebayes* ini merupakan pendekatan sebuah ketidaktentuan yang dapat diukur berdasarkan jumlah satuan ditujukan pada rumus 9.

$$P(A|B) = (P(B|A) * P(A))/P(B) \quad (9)$$

Parameter P merupakan pasangan antara hasil dasar pada klasifikasi. Parameter A merupakan nilai teratas dari yang dihasilkan. Parameter B adalah nilai rata-rata berdasarkan keseluruhan perhitungan yang dihasilkan. Hasil kemudian akan di jumlah keseluruhan untuk mencari yang terbaik dari keseluruhan objek dalam klasifikasi.

Tabel 5. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna YUV

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10	90	46%	45%	44%	43%	31%	31%	66%
20	80	44%	47%	49%	48%	42%	44%	69%
30	70	47%	46%	50%	47%	32%	40%	68%
40	60	48%	47%	52%	47%	32%	42%	60%
50	50	49%	46%	52%	46%	32%	43%	69%
60	40	48%	47%	52%	48%	38%	45%	62%
70	30	49%	45%	51%	48%	31%	46%	58%
80	20	51%	43%	49%	46%	29%	46%	61%
90	10	69%	38%	49%	39%	23%	37%	58%

2.5. Decision Tree

Decision Tree J48 digunakan untuk klasifikasi kualitas biji kopi citra dalam proses pengujiannya. Metode *Decision Tree* ini terdapat pohon keputusan yang didalamnya merupakan graf tak-berarah yang saling terhubung dan tidak memuat sirkuit. Nilai *gain* teratas dari ciri atau karakter yang ada. Rumus 10 merupakan perhitungan dari *gain*.

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum^n Entropy(S_i) \quad (10)$$

Rumus 10 *S* melambangkan himpunan kasus yang dihasilkan. Variabel *A* melambangkan atribut, dan *n* melambangkan jumlah partisi atribut *A* secara keseluruhan. Variabel *S_i* melambangkan jumlah kasus pada partisi ke-*i*, dan *S* melambangkan jumlah kasus dalam parameter *S*.

2.6. SVM (Support Vector Machine)

SVM merupakan sistem yang menggunakan ruangan hipotesis yang terdiri dari fungsi-fungsi linier. Metode SVM ini memiliki fitur yang berdimensi tinggi dan dilatih menggunakan algoritma berdasarkan pada teori optimasi. Rumus 11 merupakan perhitungan dalam SVM yang digunakan untuk menghitung sebuah nilai dalam proses klasifikasi kualitas biji kopi

$$y(x_1 w) = \sum_{j=0}^{m-1} w_j \phi_j(x) = w^T \phi(x) \quad (11)$$

Rumus 11 dijelaskan parameter W^T dipilih untuk mengontrol *trade off* antara margin dan ϕ error klasifikasi atau nilai kesalahan pada klasifikasi. Parameter *j* ditentukan dengan mencoba beberapa nilai dan dievaluasi efeknya terhadap akurasi yang dicapai. Nilai *m* yang besar berarti akan memberikan penalti yang lebih besar terhadap error klasifikasi tersebut.

$$\kappa(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = (\bar{x}_i, \bar{x}_j + 1)^p \quad (12)$$

$$\kappa(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \exp\left(-\frac{\|\bar{x}_i - \bar{x}_j\|}{2\sigma}\right) \quad (13)$$

$$\kappa(\bar{x}_i, \bar{x}_j) = \tanh(\alpha \bar{x}_i, \bar{x}_j + \beta) \quad (14)$$

Rumus 12 sampai rumus 14 menyatakan bahwa \bar{x}_i , dan \bar{x}_j adalah pasangan dua data training dan testing. Parameter *p* merupakan konstanta. Fungsi kernel yang harus digunakan untuk substitusi β , dimana *feature space* sangat tergantung pada data. Parameter α akan menentukan fitur baru yang akan dicari berdasarkan dengan fungsi yang bernilai tinggi.

2.7. MultilayerPerceptron

Metode *MultilayerPerceptron* ini merupakan sebuah *machine learning* yang mampu mengklasifikasi sebuah objek berdasarkan beberapa sudut pandang. Metode *MultilayerPerceptron* menggunakan beberapa fungsi yang harus digunakan dalam proses klasifikasi kualitas biji kopi. Pengambilan dalam metode *Multilayer Perceptron* menggunakan rumus 15 dalam menentukan perhitungan.

$$\Delta x = [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (15)$$

Rumus 15 diawali dengan J^T adalah target value yang telah dihasilkan pada klasifikasi biji kopi. Parameter Δx adalah *function output* yang nantinya merupakan keluaran akhir dalam mengklasifikasikan data. Perhitungan *gradien* ada pada *neuron - e* yang berguna untuk menentukan sebuah aktivasi *function* dalam keseluruhan.

2.8. Evaluasi

Evaluasi merupakan bagian dari proses klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan jenis evaluasi *accuracy*. *Accuracy* diperlukan untuk mengidentifikasi keakurasian dalam proses klasifikasi kualitas biji kopi. Evaluasi *accuracy* ini untuk mengukur kinerja yang di hasilkan sistem. Rumus 16 merupakan pengukuran yang dilakukan pada *confusion matrix*. *TP* merupakan prediksi positif yang dijumlahkan semua dan benar positif. *TN* atau benar negatif merupakan jumlah yang di prediksi salah. *FP* atau *false negative* ketika diprediksi ternyata bernilai positif.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (16)$$

Tabel 6. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna HSI

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10 90	42%	42%	45%	52%	53%	31%	52%	46%
20 80	40%	40%	47%	53%	51%	50%	53%	46%
30 70	44%	43%	46%	56%	54%	41%	56%	38%
40 60	44%	42%	47%	55%	56%	45%	55%	39%
50 50	47%	46%	46%	56%	56%	47%	56%	47%
60 40	49%	49%	47%	53%	47%	27%	53%	38%
70 30	67%	67%	45%	57%	53%	40%	57%	41%
80 20	68%	69%	43%	57%	56%	43%	57%	49%
90 10	68%	68%	38%	57%	56%	45%	57%	42%

3. Hasil dan Pembahasan

Proses evaluasi menggunakan parameter *accuracy* sebagai hasil dari klasifikasi biji kopi. Data uji terdapat 2107 data yang kemudian dilakukan proses split hingga data dibagi menjadi 9 kelas *split* 10:90 sampai dengan 90:10 ditiap – tiap fiturnya. Proses klasifikasi biji kopi ini menggunakan 8 metode yang berbeda pada proses pengujianya. Metode yang digunakan yaitu *JST*, *NaiveBayes*, *Decision Tree*, *NU-SVC Linear*, *NU-SVC Polinomial*, *NU-SVC Radial*, *NU-SVC Sigmoid* dan *MultilayerPerceptron*. Proses pengujian ini juga menggunakan 8 fitur warna yang berbeda yaitu RGB, HSV, CMYK LAB, YUV, HIS, HCL, LCH.

Metode ini memiliki hasil pengujian yang berbeda, dengan diawali Tabel 1. Hasil pengujian menggunakan fitur warna RGB. Akurasi yang didapatkan dimulai dari metode *JST* dengan nilai akurasi maksimal mencapai 52% dengan *split ratio* 80:20 antara data *training* dan *testing*. Metode *Naïvebayes* dalam proses pengujian klasifikasi biji kopi juga memiliki nilai maksimal mencapai 53% pada perbandingan 80:20. Metode *Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 53% pada *split ratio* 80:20 data *training* dan *testing*. *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi mencapai 56% pada *split ratio* 20:80. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 48% dengan *split ratio* yang sama yaitu 20:80 antara data *training* dan data *testing*. Metode *NU-SVC Radial* dan metode *NU-SVC Sigmoid* yang memiliki kesamaan nilai akurasi mencapai 49% pada *split ratio* 50:50. Metode yang terakhir pada proses kualitas klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 61% pada *split ratio* 40:60 dan 50:50 antara data *training* dan *testing*.

Tabel 2 merupakan hasil klasifikasi biji kopi menggunakan fitur warna HSV. Akurasi yang didapatkan dimulai dari metode *JST* dengan nilai akurasi maksimal mencapai 68% dengan *split ratio* 90:10 antara data *training* dan *testing*. Metode *Naïvebayes* dalam proses pengujian klasifikasi biji kopi juga memiliki nilai

maksimal mencapai 47% pada perbandingan 60:40. Metode *Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 52% pada *split ratio* 50:50 antara data *training* dan *testing*. Metode *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi mencapai 56% pada *split ratio* 40:60. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 50% dengan *split ratio* yang sama yaitu 40:60 antara data *training* dan data *testing*. Metode *NU SVC Radial* memiliki nilai akurasi mencapai 49% pada *split ratio* 80:20 dan metode *NU-SVC Sigmoid* memiliki nilai akurasi mencapai 47% yang terdapat pada *split ratio* 60:40. Metode yang terakhir pada proses klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 61% pada *split ratio* 40:60 dan 50:50 antara data *training* dan *testing*.

Tabel 3 merupakan hasil klasifikasi biji kopi menggunakan fitur warna CMYK. Akurasi yang didapatkan dimulai dari metode *JST* dengan nilai akurasi mencapai 69% dengan *split ratio* 60:40. Metode *Naïvebayes* dalam proses pengujian klasifikasi biji kopi juga memiliki nilai maksimal mencapai 69% pada perbandingan 90:10. Metode *Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 67% pada *split ratio* 90:10 antara data *training* dan *testing*. *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi 67% pada *split ratio* 60:40. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 68% dengan *split ratio* 90:10 antara data *training* dan data *testing*. Metode *NU-SVC Radial* memiliki nilai akurasi mencapai 68% pada *split ratio* 60:40 dan pada metode *NU-SVC Sigmoid* memiliki nilai akurasi mencapai 67% yang ada pada *split ratio* 60:40. Metode yang terakhir pada proses klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 61% pada *split ratio* 90:10 antara data *training* dan *testing*.

Tabel 4 yang merupakan hasil klasifikasi biji kopi menggunakan fitur warna LAB. Akurasi yang didapatkan dimulai dari metode *JST* dengan nilai akurasi maksimal mencapai 51% dengan *split ratio*

Tabel 7. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna HCL

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10 90	42%	43%	31%	52%	52%	46%	44%	55%
20 80	41%	48%	42%	54%	53%	52%	49%	57%
30 70	45%	47%	32%	54%	56%	51%	50%	62%
40 60	60%	47%	32%	55%	55%	56%	52%	65%
50 50	65%	46%	32%	53%	56%	53%	52%	65%
60 40	68%	48%	38%	53%	53%	49%	52%	60%
70 30	52%	48%	31%	52%	57%	49%	51%	59%
80 20	51%	46%	29%	52%	57%	42%	49%	62%
90 10	51%	39%	23%	49%	57%	42%	49%	65%

80:20 antara data *training* dan *testing*. Metode *Naïvebayes* dalam proses pengujian klasifikasi biji kopi juga memiliki nilai maksimal mencapai 47% pada perbandingan 60:40. Metode *Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 52% pada *split ratio* 40:60 sampai dengan 60:40 antara data *training* dan *testing*. *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi mencapai 48% pada *split ratio* 70:30. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 38% dengan *split ratio* yang sama yaitu 60:40 antara data *training* dan data *testing*. Metode *NU-SVC Radial* memiliki nilai akurasi mencapai 46% pada *split ratio* 70:30 dan metode *NU-SVC Sigmoid* memiliki nilai akurasi mencapai 38% *split ratio* 80:20. Metode yang terakhir pada proses klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 62% pada *split ratio* 60:40 antara data *training* dan *testing*.

Tabel 5 merupakan hasil klasifikasi biji kopi menggunakan fitur warna YUV. Akurasi yang didapatkan dimulai dari metode *JST* dengan nilai akurasi maksimal mencapai 69% dengan *split ratio* 90:10 antara data *training* dan *testing*. Metode *Naïvebayes* dalam proses pengujian klasifikasi biji kopi juga memiliki nilai maksimal mencapai 47% pada perbandingan 60:40. Metode-*Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 52% pada *split ratio* 40:60 sampai dengan 60:40 antara data *training* dan *testing*. *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi mencapai 48% pada *split ratio* 70:30. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 38% dengan *split ratio* yang sama yaitu 60:40 antara data *training* dan data *testing*. Metode *NU-SVC Radial* memiliki nilai akurasi mencapai 46% pada *split ratio* 80:20 dan metode *NU-SVC Sigmoid* memiliki nilai akurasi mencapai 44% yang ada pada *split ratio* 20:80. Metode terakhir pada proses klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 69% pada *split ratio* 50:50 antara data *training* dan *testing*.

Proses klasifikasi biji kopi menggunakan fitur warna HSI ditujukan pada Tabel 6. Akurasi yang didapatkan dimulai dari metode *JST* dengan nilai akurasi maksimal mencapai 69% dengan *split ratio* 80:20 antara data *training* dan *testing*. Metode *Naïvebayes* dalam proses pengujian klasifikasi biji kopi juga memiliki nilai maksimal mencapai 47% pada perbandingan 60:40. Metode *Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 57% pada *split ratio* 70:30 sampai dengan 90:10 antara data *training* dan *testing*. *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi mencapai 56% pada *split ratio* 80:20 dan 90:10. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 47% dengan *split ratio* yang sama yaitu 50:50 antara data *training* dan data *testing*. Metode *NU-SVC Radial* memiliki nilai akurasi mencapai 57% pada *split ratio* 70:30 – 90:10. Metode *NU-SVC Sigmoid* memiliki nilai akurasi mencapai 49% yang ada pada *split ratio* 80:20. Metode terakhir pada proses klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 71% pada *split ratio* 80:20 antara data *training* dan *testing*.

Tabel 7. Hasil akurasi pada proses klasifikasi biji kopi berdasarkan fitur warna HCL. Hasil nilai akurasi maksimal mencapai 68% dengan *split ratio* 60:40 antara data *training* dan *testing*. Metode *Naïvebayes* memiliki nilai maksimal mencapai 48% pada perbandingan 60:40. Metode *Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 42% pada *split ratio* 80:20 antara data *training* dan *testing*. Metode *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi mencapai 55% pada *split ratio* 40:60. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 57% dengan *split ratio* yang sama yaitu 70:30 sampai dengan 90:10 antara data *training* dan data *testing*.

Metode *NU-SVC Radial* memiliki nilai akurasi mencapai 56% pada *split* 40:60. Metode *NU-SVC Sigmoid* memiliki nilai akurasi mencapai 52% yang ada pada *split ratio* 40:60 sampai dengan 60:40 antara data

Tabel 8. Hasil Pengujian Menggunakan Fitur Warna LCH

Split Ratio	JST	Naïve bayes	Decision Tree	NU-SVC Linear	NU-SVC Polinomial	NU-SVC Radial	NU-SVC Sigmoid	Multilayer Perceptron
10 90	43%	46%	45%	31%	45%	43%	46%	53%
20 80	41%	46%	47%	50%	47%	49%	46%	56%
30 70	61%	38%	46%	41%	46%	50%	44%	57%
40 60	61%	39%	47%	45%	47%	52%	46%	57%
50 50	67%	47%	46%	47%	46%	51%	49%	58%
60 40	52%	38%	47%	27%	47%	51%	38%	65%
70 30	61%	41%	45%	40%	45%	50%	48%	59%
80 20	62%	49%	43%	43%	43%	53%	47%	58%
90 10	50%	42%	38%	45%	38%	45%	42%	78%

training dan data *testing*. Metode terakhir proses klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 65% pada *split ratio* 50:50 antara data *training* dan *testing*.

Tabel 8 merupakan hasil klasifikasi biji kopi menggunakan fitur warna LCH. Akurasi yang didapatkan dimulai dari metode *JST* dengan nilai akurasi maksimal mencapai 67% dengan *split ratio* 50:50 antara data *training* dan *testing*. Metode *Naïvebayes* dalam proses pengujian klasifikasi biji kopi juga memiliki nilai maksimal mencapai 49% pada perbandingan 80:20. Metode *Decision Tree* memiliki nilai akurasi mencapai 48% pada *split ratio* 60:40 antara data *training* dan *testing*. *NU-SVC Linear* memiliki nilai akurasi mencapai 50% pada *split ratio* 20:80. Metode *NU-SVC Polinomial* memiliki nilai akurasi mencapai 47% dengan *split ratio* yang sama yaitu 20:80, 40:60, 60:40 antara data *training* dan data *testing*. Metode *NU-SVC Radial* memiliki nilai akurasi mencapai 53% pada *split ratio* 80:20. Metode *NU-SVC Sigmoid* memiliki nilai akurasi mencapai 49% yang ada pada *split ratio* 50:50 antara data *training* dan data *testing*. Metode terakhir proses klasifikasi biji kopi yaitu *MultilayerPerceptron* dengan nilai akurasi mencapai 78% pada *split ratio* 90:10 antara data *training* dan *testing*. Fitur warna LCH memiliki nilai akurasi yang tertinggi dibandingkan dengan fitur warna lain yang telah digunakan.

4. Kesimpulan

Proses klasifikasi kualitas biji kopi menunjukkan bahwa metode *MultilayerPerceptron* lebih baik dalam proses klasifikasi. Pengujian yang telah dilakukan membuktikan bahwa hasil yang diawali dengan fitur warna RGB dengan nilai akurasi mencapai 38% pada *split ratio* 90:10. Fitur warna HSV memiliki nilai akurasi mencapai 57% pada *split ratio* 90:10. Fitur warna CMYK memiliki nilai akurasi mencapai 63% pada *split ratio* 90:10. Fitur warna LAB memiliki nilai akurasi mencapai 58% pada *split ratio* 90:10. Fitur warna YUV memiliki nilai akurasi mencapai 58% pada *split ratio* 90:10. Fitur warna HSI memiliki nilai akurasi mencapai

42% pada *split ratio* 90:10. Fitur warna HCL memiliki nilai akurasi mencapai 65% pada *split ratio* 90:10 dan Fitur warna LCH memiliki nilai akurasi mencapai 78% pada *split ratio* 90:10

Hasil klasifikasi membuktikan bahwa penggunaan metode *MultilayerPerceptron* menghasilkan akurasi yang terbaik. Hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode *MultilayerPerceptron* lebih baik dibandingkan metode yang lain untuk proses klasifikasi biji kopi. Penelitian ini memiliki kekurangan pada hasil pengujian yang didapatkan masih dibawah 80% dan pada proses klasifikasi biji kopi tidak menggunakan sistem segmentasi dalam menghilangkan *background* pada biji kopi. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan sistem segmentasi yang mampu menghilangkan *background* menggunakan *machine learning*. Hasil kinerja klasifikasi diharapkan mampu diatas 80% dalam proses klasifikasinya.

Daftar Rujukan

- [1] I. Mawardi, H. Hanif, Z. Zaini, and Z. Abidin, "Penerapan Teknologi Tepat Guna Pascapanen Dalam Upaya Peningkatan Produktifitas Petani Kopi di Kabupaten Bener Meriah," *CARADDE J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 205–213, 2019, doi: 10.31960/caradde.v1i2.56.
- [2] A. Mahfud and T. Sasongko, "Pengaruh Kualitas Produk dan Harga Terhadap Loyalitas Pelanggan pada," *Sanger Warung Kopi Aceh Kota Malang. Ref. J. Ilmu Manaj. dan Akutansi*, vol. 7, no. 2, pp. 130–136, 2019, doi: <https://doi.org/10.33366/ref.v7i2.1590>.
- [3] B. Raharjo and F. Agustini, "Metode Forward Chaining pada Sistem Pakar Penilaian Kualitas Biji Kopi Berbasis Web," *Int. J. Nat. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 73–82, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.23887/ijns.v4i2.28578>.
- [4] D. L. Octavyan and S. Sofiani, "Pengaruh Kualitas Produk Kopi Terhadap Keputusan Pembeli Di Point Coffee Pedurenan," *Kepariwisataan J. Ilm.*, vol. 15, no. 01, pp. 22–28, Jan. 2021, doi: 10.47256/kepariwisataan.v15i01.148.
- [5] W. M. Kurniawan and K. Hastuti, "Penentuan Kualitas Biji Kopi Arabika Dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus Pada Perkebunan Kopi Lereng Gunung Kelir Jambu Semarang)," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, p. 519, Nov. 2017, doi: 10.24176/simet.v8i2.1358.
- [6] U. L. Khairat, M. Muammar, and A. Abidin, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Biji Kopi Berkualitas Dengan Metode Analytical Hierarchy Process," *J. Teknol. Inf. Mura*, vol. 13, no.

DOI: <https://doi.org/10.29207/resti.v5i6.3438>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

- 1, pp. 1–13, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.35329/jp.v2i1.1390>.
- [7] A. Y. Rahman and I. Istiadi, "LoveBird Type Classification Using Fuzzy Logic and Artificial Neural Networks With Three Levels Of Features," 2020.
- [8] A. A. Nurfalalah, S. Zahra, and M. B. Tabrani, "Pengaruh Kualitas Produk Dan Harga Terhadap Kepuasan Konsumen: Studi Kasus Kedai Kopi Mustafa85 Di Pandeglang Banten," *J. Bina Bangsa Ekon.*, vol. 13, no. 2, pp. 313–318, 2020, doi: <https://doi.org/10.46306/jbbe.v13i2.59>.
- [9] I. Karyadi, I. Indahwati, and D. Julindrastuti, "Pendampingan Pada Usaha Makro Kecil Menengah (UMKM) Untuk Meningkatkan Daya Saing Melalui Peningkatan Produktivitas," *J. Pengabd. Dharma Laksana*, vol. 4, no. 1, p. 60, Sep. 2021, doi: [10.32493/j.pdl.v4i1.13183](https://doi.org/10.32493/j.pdl.v4i1.13183).
- [10] A. L. Hananto, S. Sulaiman, S. Widiyanto, and A. Y. Rahman, "Evaluation Comparison Of Wave Amount Measurement Results In Brass-Plated Tire Steel Cord Using RMSE And Cosine Similarity," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 22, no. 1, p. 207, 2021, doi: [10.11591/ijeecs.v22.i1.pp207-214](https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i1.pp207-214).
- [11] M. M. Sebatubun and M. A. Nugroho, "Ekstraksi Fitur Circularity untuk Pengenalan Varietas Kopi Arabika," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 4, pp. 283–289, 2017, doi: [10.25126/jtiik.201744505](https://doi.org/10.25126/jtiik.201744505).
- [12] A. Y. Rahman, "Klasifikasi Citra Burung Lovebird Menggunakan Decision Tree dengan Empat Jenis Evaluasi," vol. 1, no. 10, p. 6, 2021, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v5i4.3210>.
- [13] M. Olivia, E. Tungadi, and N. Bua'rante, "Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Ekspor Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *J. INSTEK (Informatika Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 299–308, 2018, doi: <https://doi.org/10.24252/instek.v3i2.6227>.
- [14] A. Y. Rahman, "Classification of Starling Image Using Artificial Neural Networks," in *6th International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology 2021*, Sep. 2021, pp. 309–314, doi: [10.1145/3479645.3479690](https://doi.org/10.1145/3479645.3479690).
- [15] D. Ikhsan, E. Utami, and F. W. Wibowo, "Metode Klasifikasi Mutu Greenbean Kopi Arabika Lanang Dan Biasa Menggunakan K-Nearest Neighbor Berdasarkan Bentuk," *J. Ilm. SINUS*, vol. 18, no. 2, p. 1, Jul. 2020, doi: [10.30646/sinus.v18i2.456](https://doi.org/10.30646/sinus.v18i2.456).
- [16] D. A. Nugraha and A. S. Wiguna, "Seleksi Fitur Warna Citra Digital Biji Kopi Menggunakan Metode Principal Component Analysis," *Res. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 3, no. 1, p. 24, 2020, doi: [10.25273/research.v3i1.5352](https://doi.org/10.25273/research.v3i1.5352).
- [17] P. S. Maria and E. Susianti, "Performance Test Sistem Kualifikasi Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra Metode Local Binary Pattern dan Algoritma Learning Vector Quantization Performance Test Sistem Kualifikasi Biji Kopi Menggunakan Pengolahan Citra Metode Local Binary Pattern dan AI," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 14, no. 2, pp. 234–239, 2017, doi: <https://doi.org/10.24014/sitekin.v14i2.3939>.
- [18] E. R. Arboleda, A. C. Fajardo, and R. P. Medina, "Classification of coffee bean species using image processing, artificial neural network and K nearest neighbors," in *2018 IEEE International Conference on Innovative Research and Development (ICIRD)*, May 2018, pp. 1–5, doi: [10.1109/ICIRD.2018.8376326](https://doi.org/10.1109/ICIRD.2018.8376326).
- [19] W. R. Eustaquio, "Artificial Neural Network for Classification of Immature and Mature Coffee Beans Using RGB Values," *Int. J. Emerg. Trends Eng. Res.*, vol. 8, no. 8, pp. 4301–4305, Aug. 2020, doi: [10.30534/ijeter/2020/41882020](https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/41882020).
- [20] D. W. Wibowo, D. Erwanto, and D. A. W. Kusumastutie, "Klasifikasi Jenis Kayu Menggunakan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Multilayer Perceptron," *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 10, no. 1, p. 1, Mar. 2021, doi: [10.25077/jnte.v10n1.788.2021](https://doi.org/10.25077/jnte.v10n1.788.2021).
- [21] E. P. Wanti and M. Muhathir, "Pengidentifikasian Citra Ikan Berformalin Dengan Menggunakan Metode Multilayer Perceptron," *J-SAKTI (Jurnal Sains Komput. dan Inform.)*, vol. 5, no. 1, pp. 491–502, 2021, doi: [http://dx.doi.org/10.30645/j-sakti.v5i1.342](https://doi.org/10.30645/j-sakti.v5i1.342).
- [22] T. N. Turnip, P. O. Manik, J. H. Tampubolon, and P. A. P. Siahaan, "Klasifikasi Aplikasi Android Menggunakan Algoritme K-Means Dan Convolutional Neural Network Berdasarkan Permission," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 2, 2020, doi: [10.25126/jtiik.202072641](https://doi.org/10.25126/jtiik.202072641).
- [23] H. Annur, "Klasifikasi Masyarakat Miskin Menggunakan Metode," vol. 10, pp. 160–165, 2018.
- [24] R. Tineges, A. Triayudi, and I. D. Sholihati, "Analisis Sentimen Terhadap Layanan Indihome Berdasarkan Twitter Dengan Metode Klasifikasi Support Vector Machine (SVM)," vol. 4, pp. 650–658, 2020, doi: [10.30865/mib.v4i3.2181](https://doi.org/10.30865/mib.v4i3.2181).
- [25] R. D. Syah, "Metode Decision Tree Untuk Klasifikasi Hasil Seleksi Kompetensi Dasar Pada Cpns 2019 Di Arsip Nasional Republik Indonesia," pp. 107–114, 2020, doi: [http://dx.doi.org/10.35760/ik.2020.v25i2.2750](https://doi.org/10.35760/ik.2020.v25i2.2750).