

## Sistem Identifikasi Kualitas Biji Kopi Robusta berbasis Image Processing dengan Support Vector Machine

Debi Gusmaliza<sup>1</sup>, Siti Aminah<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Pagar Alam, Indonesia

\* Correspondence: si.aminah701@gmail.com

**Copyright:** © 2024 by the authors

Received: 31 Oktober 2024 | Revised: 21 November 2024 | Accepted: 6 Desember 2024 | Published: 19 Desember 2024

### Abstrak

Pagar Alam termasuk adalah daerah penghasil kopi robusta, varietas kopi unggulan di Indonesia, mempunyai kualitas dengan rasa kuat dan kafein tinggi. Namun, proses seleksi biji kopi robusta di Pagar Alam masih tradisional dan menghasilkan kualitas yang inkonsisten, berdampak pada kualitas produk, menyebabkan kerugian ekonomi, dan merusak reputasi daerah sebagai penghasil kopi robusta berkualitas. Oleh karena itu, diperlukan suatu inovasi dalam proses seleksi biji kopi untuk meningkatkan mutu dan daya saing kopi robusta dari Pagar Alam. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem identifikasi kualitas biji kopi robusta Pagar Alam berbasis *image processing*. Identifikasi dilakukan dengan mengekstraksi fitur visual biji kopi yang meliputi warna, bentuk dan ukuran. Implementasi *Software Life Development Cycle (SDLC)* melalui tahapan analisis, desain, implementasi, pengujian dan pemeliharaan sebagai metode pengembangan sistem dan proses identifikasi menggunakan *Support Vector Machine (SVM)* dengan kernel *radial basis function (RBF)* untuk mengekstraksi fitur visual seperti warna, bentuk, dan ukuran biji kopi. Pada uji kelayakan sistem diperoleh persentase 80%, dataset 170 data dengan rasio pembagian 80:20, akurasi mencapai 91,17%, *precision* 100%, *recall* 91,17%, dan *F1-score* 94,79%. Temuan ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi seleksi biji kopi dan mutu produk biji kopi robusta Pagar Alam dengan memanfaatkan algoritma *support vector machine (SVM)*.

**Kata kunci:** identifikasi; kopi; svm; potensial; produk

### Abstract

*Pagar Alam is a region producing robusta coffee, a superior coffee variety in Indonesia with a strong taste and high caffeine quality. However, the selection process for robusta coffee beans in Pagar Alam is still traditional. It needs to be more consistent, impacting product quality, causing economic losses, and damaging the region's reputation as a producer of quality robusta coffee. Therefore, innovation is needed in the coffee bean selection process to improve the quality and competitiveness of robusta coffee from Pagar Alam. This study aims to build an image processing-based identification system for the quality of Pagar Alam robusta coffee beans. Identification is made by extracting visual features of coffee beans, including colour, shape, and size. Implementation of the Software Life Development Cycle (SDLC) through the stages of analysis, design, implementation, testing, and maintenance as a method of system development and identification process using a Support Vector Machine (SVM) with a kernel radial basis function (RBF) to extract visual features such as colour, shape, and size of coffee beans. In the system feasibility test, a percentage of 80% was obtained, a dataset of 170 data with a division ratio of 80:20, accuracy reached 91.17%, precision 100%, recall 91.17%, and F1-score 94.79%. These findings show great potential in improving the efficiency of coffee bean selection and the quality of Pagar Alam robusta coffee bean products by utilizing the support vector machine (SVM) algorithm.*

**Keywords:** identification; coffee; svm; potential; product



## PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas dunia yang membawa nama Indonesia (Dirga, 2023). Beberapa daerah yang memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi kopi di Indonesia salah satunya Sumatera Selatan (Novita et al., 2023). Pagar Alam merupakan kota di Sumatera Selatan yang berperan sebagai salah satu penghasil kopi unggulan di Indonesia, khususnya kopi robusta, dengan produksi mencapai 72,66% atau 531,56 ribu ton (Ayuningtyas, 2022) dan menjadi andalan kopi ekspor (Rosa & Riyanto, 2022) dengan harga kopi yang semakin meningkat (Dewi, 2024). Dalam lingkup pasar ekspor, peningkatan kualitas menjadi sangat penting agar kopi robusta dari Pagar Alam mampu bersaing di pasar internasional yang semakin ketat, yang harus diimbangi dengan kualitas biji kopi (Irmeilyana et al., 2023), dalam hal standar mutu kopi sangat menentukan harga jual (Fadjeri, 2024), biji dengan kualitas tinggi mendapatkan harga yang lebih kompetitif (Maleachi, 2024).

Saat ini kopi robusta menguasai varian kopi, mencakup sampai 77 persen dari total area tanam (Apriani et al., 2022), di kota Pagar Alam yang memiliki ciri khas berbeda dari jenis kopi lainnya. Bentuk biji kopi robusta biasanya bulat dan lebih kecil serta mempunyai garis tengah yang lurus dan halus, memiliki rasa asam dan pahit, sedangkan ukurannya sendiri lebih kecil kurang lebih 1cm dibandingkan dengan kopi arabika yang berukuran lebih besar dan lebih lonjong (As'ad & Mulyo Aji, 2020), serta pertumbuhannya tergantung dari kondisi tanah (Baqueta et al., 2021).

Proses seleksi biji kopi di Pagar Alam masih dilakukan secara manual, berdasarkan bentuk fisiknya yaitu dengan memilih satu persatu dan memerlukan keahlian khusus (Hikmah et al., 2024), sehingga kerap menimbulkan terjadinya kesalahan dan memakan waktu yang lama untuk menentukan biji kopi kualitas baik dan buruk. Penentuan kualitas biji kopi merupakan salah satu aspek yang berpengaruh pada harga dan cita rasa kopi, sedangkan proses identifikasinya membutuhkan waktu yang lama karena proses pengolahan dapat mempengaruhi kualitas kopi (Widyasari et al., 2023). Saat ini di Pagar Alam belum ada sistem optimasi identifikasi biji kopi yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi pemilihan biji kopi. Pemilihan dilakukan karena banyaknya jenis kopi yang memiliki perbedaan bentuk, warna dan ukuran (Hafifah et al., 2022). Maka dari itu, dibutuhkan sebuah sistem yang dapat membantu petani dalam mengoptimalkan proses pemilihan biji kopi. Identifikasi kopi dapat dilakukan dengan memanfaatkan pengolahan citra digital atau *image processing* yang dapat menjadi pilihan untuk membantu mengatasi kelemahan petani dalam seleksi biji kopi secara visual (Putri et al., 2022).

Sebuah metode yang memiliki potensi besar namun belum banyak diterapkan di sektor pertanian yaitu dengan penggunaan *image processing*, ini memungkinkan pengolahan dan analisis gambar secara otomatis untuk memperoleh informasi visual (Swarga et al., 2024). Dalam industri kopi, pemrosesan citra menjadi alat yang menjanjikan untuk menganalisis karakteristik visual biji kopi. Citra merupakan gambaran berkelanjutan dari intensitas cahaya dalam dua sudut pandang. Untuk dapat diproses oleh komputer, citra perlu direpresentasikan secara numerik menggunakan nilai yang terdistribusi (Rohman & Bhakti, 2024). Citra dapat dianalisis dan memberikan informasi bagi penggunaannya (Chandra & Sembiring, 2024). Untuk mendapatkan model pembelajaran citra pada *image processing* dapat menggunakan metode *Support Vector Machine (SVM)*, metode ini membutuhkan data latih dan data uji sesuai dengan kriteria yang dimiliki (Anggraeni et al., 2024; Hidayat et al., 2021; Rusman et al., 2023; Setiawan & Suryono, 2024).

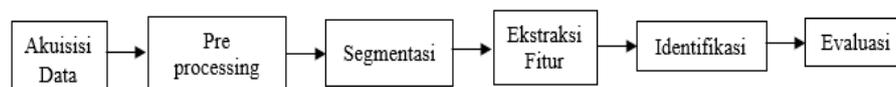
Berdasarkan penelitian (Sihombing & Bualolo, 2021), proses pengenalan buah kopi berdasarkan warna menggunakan algoritma *backpropagation* dan algoritma SVM yang dilakukan dengan melakukan ekstraksi fitur, yaitu dengan mengenali ciri-ciri pada gambar untuk mendapatkan nilai fitur suatu objek berdasarkan hubungan nilai intensitas pixel suatu citra. Pada penelitian ini didapatkan nilai akurasi sebesar 86% dari kinerja algoritma SVM yang

membuktikan bahwa buah dan biji kopi baik digunakan sebagai objek dalam pengenalan buah kopi berdasarkan warna dengan menggunakan *machine learning*. Adanya kesenjangan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan, yaitu bahwa pengenalan biji kopi dengan algoritma seperti SVM dan *backpropagation* berhasil mencapai akurasi sebesar 86%, namun fokusnya hanya pada ekstraksi fitur warna saja tanpa mempertimbangkan fitur lain. Penelitian ini melakukan ekstraksi fitur visual warna, bentuk, dan ukuran dengan tujuan berusaha untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi seleksi biji kopi.

## METODE

Penelitian ini secara khusus berfokus pada pengembangan sistem yang berbasis MATLAB, yang dirancang untuk melakukan analisis dan pemrosesan citra biji kopi dengan tujuan utama mengidentifikasi kualitas biji kopi robusta. Dalam upaya mencapai tujuan tersebut, sistem yang dikembangkan tidak hanya mengandalkan teknik pemrosesan citra, tetapi juga mengikuti model pengembangan perangkat lunak yang dikenal sebagai *Software Development Life Cycle* (SDLC). Model SDLC ini mencakup serangkaian tahapan yang terstruktur dan sistematis, mulai dari analisis kebutuhan hingga pemeliharaan sistem, sehingga memastikan bahwa setiap langkah dalam proses pengembangan dilakukan dengan cermat dan terencana, pendekatan ini diharapkan sistem yang dihasilkan tidak hanya efektif dalam mengidentifikasi kualitas biji kopi, tetapi juga dapat diandalkan dan mudah untuk diperbarui di masa mendatang

Penelitian ini mengumpulkan 170 citra biji kopi robusta dari perkebunan di Kecamatan Dempo Utara, Kota Pagar Alam, dengan resolusi 128x128 piksel, latar belakang putih, dan pencahayaan lampu studio untuk memastikan akurasi warna dan bentuk. Proses implementasi meliputi akuisisi gambar, pemrosesan citra, segmentasi berbasis wilayah dengan tekstur dan warna, serta pengukuran ukuran biji kopi menggunakan metode Sobel. Tahapan berikutnya adalah ekstraksi ciri, yang mencakup bentuk, warna, dan ukuran untuk mewakili karakteristik biji kopi. Tahap *pre-processing* dengan melakukan *resizing*, *grayscale* dan segmentasi citra. Pada *resizing* dilakukan agar citra dapat dibaca oleh matlab, perubahan RGB ke citra abu-abu dan segmentasi yang mengubah citra abu-abu ke citra biner. Ekstraksi fitur adalah langkah yang digunakan sebelum melakukan identifikasi kualitas biji kopi robusta. Tahapan identifikasi kualitas biji kopi terlihat di gambar 1.



**Gambar 1.** Tahapan identifikasi kualitas biji kopi robusta

Pada tahap implementasi, proses identifikasi menggunakan SVM untuk memilah kualitas biji kopi yang baik dan buruk. SVM merupakan metode untuk melakukan identifikasi berdasarkan fitur yang telah dipelajari dari data citra buah kopi menjadi 2 kelas. Untuk memisahkan kedua kelas tersebut, dibentuk sebuah *hyperplane* atau garis pemisah yang memaksimalkan jarak antar titik-titik data dari identifikasi kualitas biji kopi kedua kelas.

Evaluasi model svm dilakukan dengan *confusion matrix*, yaitu menghitung *accuracy*, *precision*, *recall* dan *f1-score*. Nilai akurasi adalah rasio antar data yang diklasifikasi tepat dengan total data. Akurasi menunjukkan besarnya presisi model pada klasifikasi yang benar. Precision menjelaskan kesesuaian antar data yang diminta dan hasil prediksi yang dihasilkan dari model. *Recall* atau *sensitivity* menunjukkan bagaimana model berhasil mencari dan mengidentifikasi informasi. *f1-score* menjelaskan nilai komparasi rata-rata antara *precision* dan *recall* yang telah dibobot. Keakuratan yang tepat dapat digunakan sebagai tolok ukur kinerja algoritma Ketika jumlah FN dan FP seimbang. Tahap terakhir adalah *testing* dan

*maintenance*. Pengujian sistem identifikasi dengan menggunakan *black box testing* yang berfokus pada spesifikasi fungsional dari aplikasi pemrosesan citra, dimana penguji dapat mendefinisikan serangkaian kondisi input dan melakukan pengujian untuk memastikan bahwa luaran yang dihasilkan sesuai dengan dengan ekspektasi pengguna.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Penerapan SDLC dalam sistem identifikasi dapat membantu memastikan bahwa optimasi identifikasi kualitas biji kopi dapat berjalan efektif dan efisien yaitu dengan mengikuti tahapan secara sistematis. Pada tahapan analisa didapatkan data biji kopi sebanyak 170 data kopi dibagi menjadi 136 data latih dan 34 data uji. Penelitian ini menerapkan model training yang terkait dengan proses pengenalan kualitas biji kopi.

**Tabel 1.** Ekstraksi ciri

Citra	Mu	Deviation	Skewness	Energy	Entropy	Smoothness
BAIK_1	1624069	394665	-18264	0.052318	36204	0.92434
BAIK_2	1774143	326217	-14086	0.065271	3276	0.89301
BAIK_3	1497673	408345	-2156	0.055154	35452	0.92897
BAIK_4	1608328	353294	-14776	0.052126	35359	0.90732
BAIK_5	1616346	363885	-16733	0.060446	34553	0.91217
BAIK_6	1467422	343036	-16171	0.049295	3591	0.90224
BAIK_7	1563473	364258	-15303	0.025473	4.13	0.91233
BAIK_8	1374306	341826	-10474	0.021442	42633	0.90162
BAIK_9	1317857	401242	-15546	0.0192	43575	0.92662
BAIK_10	1438785	408464	-22879	0.034772	38655	0.92901
BAIK_11	1458924	369005	-18098	0.035482	38444	0.91438
AIK_12	1555526	355897	-17601	0.036602	37732	0.90854
BAIK_13	1477847	437035	-26891	0.032394	39082	0.93742
BAIK_14	1429276	376423	-17729	0.025157	40803	0.91745
BAIK_15	1498028	301811	-11322	0.028259	39401	0.87721
BAIK_16	1527822	326601	-15488	0.032215	37802	0.89323
BAIK_17	1528112	36083	-20824	0.039813	36196	0.91081
BURUK_1	1723552	369133	-27076	0.090974	28778	0.91443
BURUK_2	1679573	364695	-22704	0.098273	29538	0.91252
BURUK_3	1680248	378722	-26126	0.10865	27544	0.91836
BURUK_4	1690968	346018	-22689	0.1308	25671	0.90376
BURUK_5	1677228	326832	-19529	0.16325	23575	0.89337
BURUK_6	1661745	36256	-25697	0.16723	23843	0.91158
BURUK_7	1649367	299463	-1689	0.14814	23882	0.87552
BURUK_8	1630899	376255	-23122	0.07133	33206	0.91738
BURUK_9	1665151	326896	-19311	0.131	26154	0.8934
BURUK_10	1664039	317469	-15794	0.12526	27104	0.8877
BURUK_11	1668954	314534	-14955	0.10936	27845	0.88584
BURUK_12	1625656	376484	-20626	0.080936	31896	0.91747
BURUK_13	1642763	29199	-11979	0.082219	32889	0.86991
BURUK_14	1670743	321256	-17776	0.12313	26827	0.89004
BURUK_15	1691123	36887	-27847	0.15131	24982	0.91432
BURUK_16	1689725	403943	-3.02	0.13319	26332	0.92752
BURUK_17	1684533	372467	-27966	0.13235	25546	0.91583

Rasio dalam pembagian data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebesar 80:20, di mana 80% dari total data digunakan untuk pelatihan model dan 20% sisanya digunakan untuk evaluasi kinerja algoritma SVM. Pada tahap desain selanjutnya, sistem dirancang dengan memanfaatkan antarmuka grafis pengguna yang disediakan oleh MATLAB, sehingga memudahkan interaksi pengguna dengan sistem yang dikembangkan.

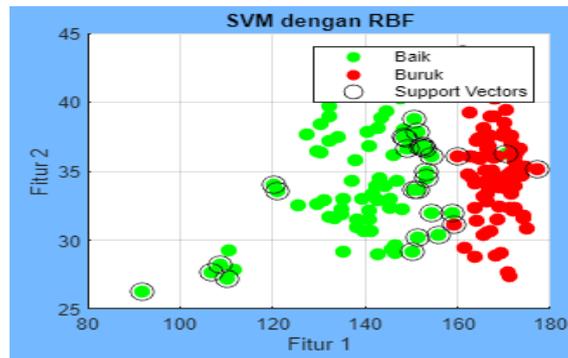
Data biji kopi robusta Pagar Alam yang digunakan terdiri dari 2 varian, yaitu kualitas biji kopi baik dan buruk. Kualitas biji kopi kualitas baik bentuk bulat berwarna hijau muda dan tidak ada kecacatan bentuk, ukuran kurang lebih 1 cm, sedangkan biji kopi kualitas buruk merupakan biji kopi dengan kriteria warna hijau pucat, berjamur, dan ukuran kebanyakan kurang dari 1 cm. yaitu melihat komposisi bentuk biji kopi robusta yang mirip dengan aslinya. Tahap selanjutnya adalah identifikasi kualitas biji kopi robusta untuk mendapatkan kelas keluarannya.

Hasil pada tabel 1 menunjukkan hasil ekstraksi data biji kopi yang digunakan dalam model SVM. Setiap baris berisi hasil pengukuran atau fitur yang diambil dari setiap sampel biji kopi yang dipisahkan menjadi dua kategori BAIK dan BURUK. Setiap kolom berisi informasi statistik terkait dengan karakteristik biji kopi, dengan deskripsi citra atau identifikasi untuk setiap sampel biji kopi. Setiap baris memiliki ID yang unik (misalnya BAIK\_1, BURUK\_1, dll.) yang membedakan antara sampel biji kopi yang baik dan buruk, *mu* (*mean*) yang memiliki nilai 1624069, kolom ini menunjukkan nilai rata-rata dari fitur yang diukur dari setiap biji kopi. Nilai ini mencerminkan seberapa besar rata-rata dari data yang diambil untuk fitur tertentu (misalnya, intensitas warna atau ukuran partikel). *Deviation* (deviasi) yang memiliki nilai 394665 kolom ini mengukur sejauh mana nilai dari fitur tersebut menyimpang dari rata-rata (*mu*). *Skewness* yang memiliki nilai -18264 kolom ini mengukur kemiringan distribusi data dalam sampel biji kopi, *skewness* menunjukkan apakah distribusi data lebih cenderung ke kanan atau kiri dari rata-rata kemudian nilai positif menunjukkan distribusi yang condong ke kanan, sementara nilai negatif menunjukkan distribusi yang condong ke kiri.

*Energy* yang memiliki nilai 0.052318 kolom ini mengukur tingkat energi atau kekuatan yang ada dalam fitur yang diukur, biasanya digunakan untuk menggambarkan tingkat ketajaman atau kontras dalam citra, semakin tinggi nilai *energy* maka semakin besar tingkat ketajaman atau kontrasnya. *Entropy* yang memiliki nilai 42633 kolom ini mengukur ketidakpastian atau kekacauan dalam distribusi data. Entropi yang lebih tinggi menunjukkan distribusi data yang lebih bervariasi atau lebih acak, sementara entropi yang lebih rendah menunjukkan distribusi yang lebih teratur atau seragam. *Smoothness* yang memiliki nilai 0.92434 kolom ini menunjukkan tingkat kelancaran atau ketidakteraturan dalam citra biji kopi. Nilai *smoothness* yang tinggi menunjukkan permukaan yang lebih halus atau lebih teratur, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan permukaan yang lebih kasar atau tidak teratur. Sehingga data citra BAIK\_1 hingga BAIK\_17 cenderung memiliki nilai *mu*, *deviation*, *energy*, *entropy*, dan *smoothness* yang bervariasi, namun banyak dari nilai-nilai ini tetap stabil di kisaran nilai tertentu, mencerminkan biji kopi yang lebih seragam dan baik kualitasnya. Sedangkan BURUK\_1 hingga BURUK\_17 memiliki variasi yang lebih besar dalam nilai-nilai tersebut, dengan beberapa nilai *deviation*, *skewness*, dan *energy* yang lebih ekstrim, menunjukkan ketidakseragaman dan kualitas yang lebih buruk dalam biji kopi yang lebih bervariasi, data ekstraksi ciri citra biji kopi robusta dari data uji kualitas biji kopi baik dan buruk yang memberikan kontribusi dalam penentuan identifikasi adalah kriteria warna.

Pada gambar 2 menunjukkan bahwa citra kualitas biji kopi baik (hijau) terletak di daerah dengan nilai Fitur 1 sedang hingga rendah (sumbu X) dan Fitur 2 bervariasi (sumbu Y). Ini menunjukkan bahwa biji kopi baik cenderung memiliki warna yang tidak terlalu terang (cenderung gelap), dengan variasi tekstur yang moderat. Biji kopi ini tidak terlalu mulus, tetapi juga tidak sangat kasar atau cacat. Citra kualitas biji kopi buruk (merah) terletak di daerah dengan nilai Fitur 1 lebih tinggi (sumbu X) dan Fitur 2 bervariasi (sumbu Y). Biji kopi buruk

lebih sering memiliki intensitas kecerahan yang tinggi (warna lebih cerah atau abnormal), dengan variasi kontras yang cukup besar. Ini dapat terjadi pada biji kopi yang rusak, memiliki warna tidak merata, atau cacat lainnya.



**Gambar 2.** Visualisasi pelatihan svm terhadap data uji

Pada tahap implementasi, sistem identifikasi kualitas biji kopi robusta yang telah dikembangkan divisualisasikan pada gambar 3, yang secara jelas menggambarkan proses identifikasi. Dalam proses ini, citra asli biji kopi diproses melalui tahap segmentasi. Segmentasi ini merupakan langkah krusial karena bertujuan untuk memisahkan objek biji kopi dari latar belakang, sehingga memungkinkan sistem berfokus pada fitur-fitur penting dari biji kopi robusta. Dengan segmentasi yang tepat, sistem dapat memperoleh data ekstraksi ciri yang diperlukan untuk analisis kualitas biji kopi, meliputi informasi tentang warna, tekstur, dan bentuk biji kopi. Data hasil ekstraksi ciri ini memiliki peran penting dalam algoritma klasifikasi, yang bertujuan menentukan kualitas biji kopi secara akurat. Melalui proses ini, sistem diharapkan mampu menghasilkan *output* yang tidak hanya akurat, tetapi juga informatif terkait kualitas biji kopi yang dianalisis. Dengan demikian, hasil analisis ini diharapkan dapat mendukung produsen dan pengolah kopi dalam meningkatkan standar kualitas produk mereka.



**Gambar 3.** Sistem identifikasi biji kopi kualitas baik dan buruk pada matlab

Tahapan *testing*, proses identifikasi dilakukan pada matlab yang menerapkan model SVM pada 34 data citra dari 2 jenis kualitas biji kopi baik dan buruk, ditunjukkan pada tabel 2. Pengujian data uji yang dilakukan untuk mengevaluasi proses identifikasi *support vector machine*. Dari pengujian kinerja algoritma berdasarkan rumus perhitungan *confusion matrix* diatas menggunakan data uji menghasilkan 31 data yang berhasil diidentifikasi dengan baik, dan 3 data tidak berhasil. Optimasi identifikasi kualitas biji kopi menunjukkan hasil yang

baik dengan metode SVM yang digunakan pada penelitian ini mendapatkan akurasi sebesar 91,17%, *precision* 91,17%, *recall* 100% dan *f-1 score* sebesar 94,79%.

**Tabel 2.** Pengujian data uji

No	Citra Asli	Hasil Identifikasi	Status	No	Citra Asli	Hasil Identifikasi	Status
1	BAIK_1	Biji Kopi Baik	Benar	18	BURUK_1	Biji Kopi Buruk	Benar
2	BAIK_2	Biji Kopi Baik	Benar	18	BURUK_2	Biji Kopi Buruk	Benar
3	BAIK_3	Biji Kopi Baik	Benar	20	BURUK_3	Biji Kopi Buruk	Benar
4	BAIK_4	Biji Kopi Baik	Benar	21	BURUK_4	Biji Kopi Buruk	Benar
5	BAIK_5	Biji Kopi Baik	Benar	22	BURUK_5	Biji Kopi Buruk	Benar
6	BAIK_6	Biji Kopi Baik	Benar	23	BURUK_6	Biji Kopi Buruk	Benar
7	BAIK_7	Biji Kopi Baik	Benar	24	BURUK_7	Biji Kopi Baik	Salah
8	BAIK_8	Biji Kopi Buruk	Salah	25	BURUK_8	Biji Kopi Buruk	Benar
9	BAIK_9	Biji Kopi Baik	Benar	26	BURUK_9	Biji Kopi Baik	Salah
10	BAIK_10	Biji Kopi Baik	Benar	27	BURUK_10	Biji Kopi Buruk	Benar
11	BAIK_11	Biji Kopi Baik	Benar	28	BURUK_11	Biji Kopi Buruk	Benar
12	BAIK_12	Biji Kopi Baik	Benar	29	BURUK_12	Biji Kopi Buruk	Benar
13	BAIK_13	Biji Kopi Baik	Benar	30	BURUK_13	Biji Kopi Buruk	Benar
14	BAIK_14	Biji Kopi Baik	Benar	31	BURUK_14	Biji Kopi Buruk	Benar
15	BAIK_15	Biji Kopi Baik	Benar	32	BURUK_15	Biji Kopi Buruk	Benar
16	BAIK_16	Biji Kopi Baik	Benar	33	BURUK_16	Biji Kopi Buruk	Benar
17	BAIK_17	Biji Kopi Baik	Benar	34	BURUK_17	Biji Kopi Buruk	Benar

Hal ini menunjukkan bahwa untuk mengevaluasi kinerja algoritma SVM, model ini menunjukkan performa yang sangat baik dari aspek akurasi, *precision*, *recall*, dan F1-score. Untuk menilai kinerja model secara lebih komprehensif, diperlukan juga untuk melihat hasil dari analisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC) atau *Area Under the Curve* (AUC). ROC menunjukkan hubungan antara *True Positive Rate* (TPR) dan *False Positive Rate* (FPR). AUC, yang merupakan area di bawah kurva ROC, mengukur kemampuan model untuk membedakan antara kelas positif dan negatif. AUC memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1, dimana nilai AUC yang lebih tinggi menunjukkan model yang lebih baik dalam memisahkan kedua kelas. Hasil pengujian SVM menunjukkan bahwa nilai AUC yang mendekati 1,00 mencerminkan kemampuan klasifikasi yang sangat baik, sejalan dengan metrik kinerja lainnya, seperti akurasi 91,17%, *precision* 91,17%, *recall* 100%, dan F1-score 94,79%.

Model SVM ini terbukti efektif dalam memisahkan data kualitas biji kopi yang baik dan buruk dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah. Secara keseluruhan, selain memberikan hasil optimal pada metrik klasik, model ini juga menunjukkan performa unggul dari perspektif AUC dan ROC, yang mengindikasikan kemampuan klasifikasi yang akurat dan andal. Penelitian ini melakukan *black box testing* pada sistem, yaitu dengan pengujian fungsionalitas, yang menghasilkan persentase kelayakan sebesar 80%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem identifikasi biji kopi, dengan kriteria warna, bentuk, dan ukuran, dianggap layak untuk diterapkan. Tahap *maintenance*, sebagai tahap akhir dalam SDLC, mencakup perbaikan *bug*, peningkatan fitur, dan monitoring kinerja sistem identifikasi. Langkah ini dilakukan untuk memastikan keberlanjutan dan optimalisasi kinerja sistem dalam menilai kualitas biji kopi robusta.

## Pembahasan

Penelitian ini menggunakan algoritma SVM untuk mengoptimalkan identifikasi kualitas biji kopi robusta dari Pagar Alam berdasarkan karakteristik visual, meliputi warna, bentuk, dan ukuran, yang diekstraksi melalui teknik pemrosesan citra. Proses ini didukung oleh teknik

augmentasi data, seperti *resizing* dan konversi ke *grayscale*, yang berkontribusi pada peningkatan akurasi model. Dengan pembagian data latih dan uji dalam rasio 80:20, sistem berhasil mencapai akurasi 91,17%, *precision* 91,17%, *recall* 100%, dan *F1-score* 94,79%. Konsistensi hasil dengan perhitungan manual menunjukkan keandalan dan efektivitas model SVM dalam mengidentifikasi kualitas biji kopi.

Pemilihan algoritma SVM dengan kernel *radial basis function* (RBF) didasarkan pada kemampuannya menangani data non-linear dengan memetakan data ke dimensi yang lebih tinggi, sehingga memungkinkan pemisahan yang lebih akurat antar kelas kualitas biji kopi berdasarkan fitur seperti bentuk, warna, dan ukuran. SVM juga unggul dalam klasifikasi data berdimensi tinggi dengan memaksimalkan margin pemisah antara kelas "Baik" dan "Buruk". Selain itu, algoritma ini efektif dalam mencegah *overfitting*, memastikan model dapat menggeneralisasi dengan baik pada data uji. Keandalan algoritma ini diperkuat oleh hasil analisis *confusion matrix*, yang menunjukkan kemampuan optimal dalam menangani data kompleks dan menghasilkan klasifikasi yang akurat.

Jika dibandingkan dengan penelitian oleh Sihombing & Buulolo (2021), yang menggunakan algoritma *backpropagation* dan SVM untuk pengenalan biji kopi, penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma SVM memberikan kinerja yang lebih unggul. Dengan menggunakan tiga kriteria utama (warna, bentuk, dan ukuran), akurasi SVM dalam penelitian ini mencapai 91,17%, lebih tinggi dibandingkan dengan akurasi 86% yang diperoleh SVM dalam penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan satu kriteria (warna).

Sistem identifikasi kualitas biji kopi berbasis *image processing* ini mampu menjalankan proses secara komprehensif, mulai dari input citra, segmentasi, ekstraksi ciri, hingga identifikasi kualitas. Hasil uji alpha terhadap antarmuka, fungsionalitas, dan algoritma menunjukkan persentase kelayakan sebesar 80%, mengindikasikan bahwa sistem ini layak diterapkan dengan potensi memberikan nilai tambah yang signifikan setelah dilakukan perbaikan lebih lanjut

## SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma SVM memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengidentifikasi kualitas biji kopi robusta, dengan akurasi uji sebesar 91,17% pada dataset yang terdiri dari 170 data. Pembagian data yang seimbang antara data pelatihan dan pengujian memastikan evaluasi model yang akurat dan representatif. Dengan memanfaatkan tiga kriteria utama, yaitu warna, bentuk, dan ukuran, sistem ini mencatat tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hasil uji alpha dan evaluasi model lebih lanjut mengindikasikan bahwa sistem ini tidak hanya andal tetapi juga efektif untuk diterapkan dalam praktik. Dengan akurasi yang tinggi dan proses yang terotomatisasi, sistem ini memiliki potensi untuk membantu petani dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi proses seleksi biji kopi, sehingga dapat mendukung peningkatan kualitas produk secara keseluruhan.

## REFERENSI

- Anggraeni, A. W., Fitriani, A. S., & Eviyanti, A. (2024). Penerapan Algoritma Support Vector Machine untuk Memprediksi Tingkat Partisipasi Pemilu terhadap Kualitas Pendidikan. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8(1), 21-27. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v8i1.24838>
- Apriani, H., Jaman, J. H., & Adam, R. I. (2022). Optimasi SVM menggunakan algoritme grid search untuk identifikasi citra biji kopi robusta berdasarkan circularity dan eccentricity. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 10(1), 12-19. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2021.13807>
- As' Ad, M. H., & Aji, J. M. M. (2020). Faktor yang mempengaruhi preferensi konsumen kedai kopi modern di Bondowoso. *JSEP (Journal of Social and Agricultural*

- Economics*), 13(2), 182-199. <https://doi.org/10.19184/jsep.v13i2.16441>
- Ayuningtyas, N. (2022). Analisis Efisiensi Produksi Usahatani Kopi Robusta:(Studi Kasus: Kelurahan Karang Dalo, Kecamatan Dempo Tengah, Kota Pagar Alam). *Bekasi Development Innovation Journal*, 1(2), 75-87.
- Baqueta, M. R., Coqueiro, A., Março, P. H., & Valderrama, P. (2021). Multivariate classification for the direct determination of cup profile in coffee blends via handheld near-infrared spectroscopy. *Talanta*, 222, 121526. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121526>
- Chandra, D., & Sembiring, S. (2024). Meningkatkan Efisiensi Prmosesan Citra Untuk Klasifikasi Kualitas Biji Jagung Berbasis Tekstur. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Komputer*, 1(2), 60–73.
- Dewi, D. C. (2024). The Role of Promotion in Increasing Sales of Red Coffee Cap Lesung SMEs New Hope Built at BDC Pagar Alam City. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(3), 2243-2252. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.905>
- Dirga, D. (2023). Inovasi Produk Kopi Robusta Wine Sebagai Daya Tarik Wisata, Studi Kasus Di Desa Wisata Senaru, Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Media Bina Ilmiah*, 17(7), 1465–1486.
- Fadjeri, A. (2024). Identifikasi Teks dari Citra Menggunakan Optical Character Recognition. *Jurnal Ilmiah SINUS*, 22(2), 13-24. <https://doi.org/10.30646/sinus.v22i2.819>
- Hafifah, Y., Muchtar, K., Ahmadiar, A., & Esabella, S. (2022). Perbandingan Kinerja Deep Learning Dalam Pendeteksian Kerusakan Biji Kopi. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(6), 1928-1932. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i6.5151>
- Hidayat, W., Ardiansyah, M., & Setyanto, A. (2021). Pengaruh Algoritma ADASYN dan SMOTE terhadap Performa Support Vector Machine pada Ketidakseimbangan Dataset Airbnb. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(1), 11-20. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i1.3125>
- Hikmah, A., Rais, M., Sukainah, A., & Putra, R. (2024). Isolasi dan Identifikasi Khamir Indigenus Pada Fermentasi Spontan Biji Kopi Robusta (*Coffea Canephora*) di Kabupaten Bantaeng. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknologi Pertanian*, 1(1), 1–11.
- Irmeilyana, I., Ngudiantoro, N., & Maiyanti, S. I. (2023). Application of Two Groups Analysis and Cluster Analysis on Comparison of Characteristics of Pagaralam Coffee Farmers Categories. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 17(1), 0101–0112. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss1pp0101-0112>
- Maleachi, S. (2024). Analisis Pengelolaan Panen dan Pasca Panen Kopi Sebagai Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Biji Kopi Robusta di Kota Pagar Alam. *Jurnal Global Ilmiah*, 1(7), 482–488. <https://doi.org/10.55324/jgi.v1i7.67>
- Novita, M. N., Hasanuddin, T., & Trully, D. (2023). Persepsi Petani Terhadap Sistem Sambung (Grafting) Dan Produksi Usahatani Kopi Robusta Di Kecamatan Dempo Utara Kota Pagaralam Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 7(3), 940–949. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2023.007.03.3>
- Putri, D. A., Munawar, A. A., & Nasution, I. S. (2022). Klasifikasi Mutu Fisik Biji Kopi Beras Robusta menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 490–498. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.19797>
- Rohman, A. F. R., & Bhakti, H. D. (2024). Perancangan Deteksi Wajah pada Aplikasi Berbasis React Native Menggunakan Metode Haar Cascade. *Jurnal Informatika dan Teknologi Pendidikan*, 4(1), 32-40.
- Rosa, Y., & Riyanto, R. (2022). Potential of Robusta Coffee Bean Extract (*Coffea canephora*) Peaberry Roasted and Green Bean Pagar Alam City against the Growth of *Candida albicans* Fungus. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(4), 1108–1114.

- <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i4.4311>  
Rusman, J., Haryati, B. Z., & Michael, A. (2023). Optimisasi Hiperparameter Tuning pada Metode Support Vector Machine untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi. *Jurnal Komputer Dan Informatika*, 11(2), 195–202. <https://doi.org/10.35508/jicon.v11i2.12571>
- Setiawan, A., & Suryono, R. R. (2024). Analisis Sentimen Ibu Kota Nusantara menggunakan Algoritma Support Vector Machine dan Naïve Bayes. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 8(1), 183-192. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v8i1.25667>
- Sihombing, H. A., & Buulolo, I. C. (2021). Pengenalan Buah Kopi Berdasarkan Parameter Warna Menggunakan Algoritma Backpropagation Dan Algoritma Support Vector Machine (Svm). *Seminastika*, 3(1), 26–32. <https://doi.org/10.47002/seminastika.v3i1.234>
- Swarga, L. A., Setyadjit, K., & Ridhoi, A. (2024). Klasifikasi Jenis Biji Kopi menggunakan Algoritma LDA dan NN. *SinarFe7*, 6(1), 7–11.
- Widyasari, A., Warkoyo., & Mujiyanto. (2023). Pengaruh Ukuran Biji Kopi Robusta pada Kualitas Citarasa Kopi (The Effect of Robusta Coffee Bean Size on Coffee Taste Quality). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.25181/jaip.v11i1.2602>