



Analisis Probabilitas Aroma Sugar browning Kopi Robusta pada Proses Roasting Tradisional Menggunakan Naive Bayes

Zuriah Anggun Nur Hikmah*, Muhammad Imanullah

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Email: ¹*zuriahanggun09@email.com, ²Muhammad.iman@umb.ac.id

Email Penulis Korespondensi: zuriahanggun09@email.com

Abstrak—Proses penyangraian merupakan salah satu tahapan utama dalam pengolahan kopi karena sangat menentukan pembentukan aroma serta cita rasa akhir. Di Kecamatan Pasemah Air Keruh, penyangraian kopi Robusta pada umumnya masih dilakukan secara manual, belum terdapat acuan yang jelas mengenai perlakuan roasting yang dapat menghasilkan aroma sugar browning secara optimal, sehingga proses penentuan karakter aroma masih sulit dilakukan secara konsisten. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kemungkinan munculnya aroma sugar browning pada kopi Robusta sekaligus menentukan kelas roasting yang paling dominan dengan penerapan algoritma Naive Bayes. Data penelitian dihimpun dari 150 pelaku usaha pengolah kopi Robusta di Kecamatan Pasemah Air Keruh. Variabel yang diamati meliputi tingkat api, lama penyangraian, proses pengadukan, serta tahap pendinginan. Penilaian kelas aroma dilakukan oleh barista sebagai ground truth dengan kategori Medium Roast, Medium Dark Roast, dan Dark Roast. Selanjutnya, data diproses melalui tahap pembersihan, validasi, konversi numerik, lalu dibagi menjadi 120 data latih dan 30 data uji. Hasil analisis menunjukkan bahwa algoritma Naive Bayes mampu melakukan klasifikasi dengan baik serta mengenali keterkaitan antara variabel roasting dan aroma sugar browning dengan tingkat akurasi sebesar 76.67%. Kelas Medium Dark Roast menunjukkan probabilitas tertinggi dalam menghasilkan aroma sugar browning. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai hubungan antara parameter proses roasting tradisional dengan peluang terbentuknya aroma sugar browning, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan proses penyangraian kopi yang lebih konsisten.

Kata Kunci: Kopi Robusta; Sugar Browning; Penyangraian; Naive Bayes; Klasifikasi Aroma

Abstract—The roasting process is one of the key stages in coffee processing because it greatly influences aroma and final flavor development. In Pasemah Air Keruh District, Robusta coffee is still roasted manually, and no clear guidelines exist for roasting conditions that consistently produce a sugar browning aroma. This study aimed to analyze the probability of sugar browning aroma formation in Robusta coffee and identify the dominant roasting category using the Naive Bayes algorithm. Data were collected from 150 Robusta coffee processors in Pasemah Air Keruh District. The observed variables included heat intensity, roasting duration, stirring, and cooling. Aroma classes were determined by baristas as the ground truth and categorized into Medium Roast, Medium Dark Roast, and Dark Roast. The data were cleaned, validated, converted into numerical form, and divided into 120 training and 30 testing samples. The results showed that the Naive Bayes algorithm achieved an accuracy of 76.67% and identified the relationship between roasting variables and sugar browning aroma. The Medium Dark Roast category had the highest probability of producing sugar browning aroma. This study provides an overview of the relationship between traditional roasting parameters and the probability of sugar browning aroma formation, which may serve as a reference for developing a more consistent coffee roasting process.

Keywords: Robusta Coffee; Sugar Browning; Roasting; Naive Bayes; Aroma Classification

1. PENDAHULUAN

Kopi adalah komoditas pertanian yang diperdagangkan secara luas. Harga dan kualitasnya sangat bergantung pada aroma yang diperoleh setelah disangrai dan diseduh (Caporaso et al., 2022). Di Indonesia, kopi Robusta termasuk jenis kopi yang banyak dikembangkan di berbagai daerah serta menjadi salah satu komoditas perkebunan yang bernilai unggul (Romdhoningsih et al., 2022). Tanaman kopi tidak hanya menjadi sumber penghasilan utama bagi para petani, tetapi juga berkontribusi terhadap perolehan devisa negara melalui kegiatan ekspor ke negara lain (Zahara et al., 2020). Untuk menghasilkan kopi dengan cita rasa yang baik, diperlukan beberapa tahapan pengolahan, salah satu tahap yang penting adalah proses penyangraian (Arabica et al., 2021).

Proses sangrai merupakan tahapan pemanasan biji kopi dengan tingkat api tinggi, sedang, atau rendah, di mana biji kopi dimasukkan ke dalam wajan yang telah dipanaskan terlebih dahulu (Ariyanto et al., 2024). Mayoritas proses penyangraian kopi di Kecamatan Pasemah Air Keruh hingga kini masih dilakukan secara manual oleh masyarakat setempat untuk menghasilkan aroma serta cita rasa khas pada kopi (On et al., 2020). Dapat dikatakan bahwa tahap ini memiliki peranan paling penting dibandingkan tahapan lainnya dalam proses pengolahan kopi (Pangestu, 2025).

Meskipun proses penyangraian kopi sudah banyak dilakukan oleh petani maupun penikmat kopi, tetapi masih menjadi permasalahan untuk mengetahui komposisi dan kelas aroma yang mampu menghasilkan aroma *sugar browning* (Suud et al., 2021). Aroma *sugar browning* adalah salah satu karakter aroma kopi yang disukai sebagian penikmat kopi. Namun, untuk menentukan kelas mana yang paling tepat untuk aroma tersebut tidaklah mudah, seperti pada kelas *medium roast*, *medium dark roast*, atau *dark roast* (Talitha, Agna et al., 2026).

Aroma *sugar browning* pada kopi Robusta dapat dianalisis melalui pendekatan klasifikasi probabilitas, proses pengelompokan tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan algoritma *Naive Bayes* (Baharianto, 2026). Algoritma *Naive Bayes* adalah metode klasifikasi probabilitas yang sederhana untuk memprediksi tingkat aroma *sugar browning* yang dihasilkan dari berbagai perlakuan pengolahan kopi, seperti dari tingkat api, dan durasi penyangraian, yang paling mungkin menghasilkan tingkat aroma *sugar browning* (Azhar et al., 2021).



Meskipun berbagai penelitian mengenai proses *roasting* kopi telah banyak dilakukan, hingga saat ini masih belum banyak yang secara khusus membahas pembentukan aroma *sugar browning*. Penelitian oleh H. Dwi dkk mengembangkan model untuk menghitung kompleksitas proses pemanggangan kopi berdasarkan karakteristik fisik biji kopi. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa warna sangrai, massa, dan dimensi biji kopi merupakan faktor utama yang memengaruhi kompleksitas proses *roasting* (Dwi et al., 2023). Sementara itu, V. H. Juli meneliti pengaruh temperatur dan lama penyangraian terhadap kopi robusta asal Banjarsengon Jember, dengan hasil bahwa kombinasi suhu dan durasi *roasting* berpengaruh terhadap kadar kafein, kadar air, serta sifat fisik biji kopi (Juli, 2022). Di sisi lain, beberapa penelitian telah memanfaatkan metode *machine learning* untuk membantu proses klasifikasi kopi. M. Hidayat dkk menerapkan metode *Naive Bayes* untuk mengklasifikasikan tingkat *roasting* berdasarkan pengolahan citra digital dan memperoleh akurasi sebesar 81% (Hidayat et al., 2023). I. G. Pramana, A. Saputra, P dkk juga menggunakan algoritma *Naive Bayes* dengan ekstraksi fitur warna HSV untuk menentukan tingkat kematangan sangraian biji kopi, dengan akurasi pelatihan dan pengujian mencapai 100% (Pramana et al., 2022). Selain itu, M. Irsyad dkk menerapkan metode *Naive Bayes* dalam klasifikasi kualitas biji kopi robusta dan menunjukkan bahwa metode tersebut cukup efektif dengan akurasi data pelatihan sebesar 91% dan data pengujian sebesar 86% (Irsyad et al., 2024). Penelitian lain lebih menitikberatkan pada pengaruh parameter *roasting* terhadap mutu kopi. M. A. Fikri dkk melaporkan bahwa peningkatan suhu dan lama *roasting* menyebabkan penurunan massa jenis biji kopi robusta, dengan kondisi terbaik diperoleh pada suhu 200°C selama 15–20 menit (Fikri, Kanzul et al., 2022). Selanjutnya, F. Khuluq dkk juga menunjukkan bahwa suhu penyangraian berpengaruh nyata terhadap kualitas sensoris kopi robusta, terutama pada aroma dan rasa, sedangkan metode pengeringan memberikan pengaruh yang lebih kecil dibandingkan suhu *roasting* (Khuluq & Wiraguna, 2025).

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, sebagian besar penelitian masih berfokus pada karakteristik fisik biji kopi, kualitas sensoris, kandungan kimia, tingkat kematangan *roasting*, maupun klasifikasi kualitas biji kopi menggunakan citra digital. Walaupun beberapa penelitian telah menerapkan metode *Naive Bayes*, penerapannya masih ditujukan untuk klasifikasi tingkat *roasting* atau kualitas biji kopi. Sementara itu, penelitian yang mengkaji pembentukan aroma *sugar browning* sebagai hasil dari proses *roasting* tradisional masih sangat terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat kesenjangan penelitian dalam pemanfaatan pendekatan *machine learning* untuk menganalisis probabilitas terbentuknya aroma *sugar browning* berdasarkan parameter proses *roasting* tradisional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis probabilitas aroma *sugar browning* pada kopi robusta yang dihasilkan melalui proses *roasting* tradisional menggunakan algoritma *Naive Bayes*. Analisis dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari pengolah kopi tradisional di Kecamatan Pasemah Air Keruh dengan memanfaatkan beberapa parameter proses, yaitu tingkat api, durasi *roasting*, pengadukan, dan pendinginan. Penentuan label kelas dilakukan berdasarkan penilaian *barista* sebagai *ground truth*, sehingga model yang dibangun memiliki dasar penilaian sensoris yang lebih relevan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa pendekatan klasifikasi probabilitas aroma *sugar browning* pada proses *roasting* tradisional menggunakan algoritma *Naive Bayes* dengan penilaian *barista* sebagai *ground truth*, sehingga dapat menjadi salah satu referensi dalam mendukung evaluasi karakter aroma kopi secara lebih objektif dan konsisten serta serta memperluas penerapan *machine learning* pada bidang mutu kopi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

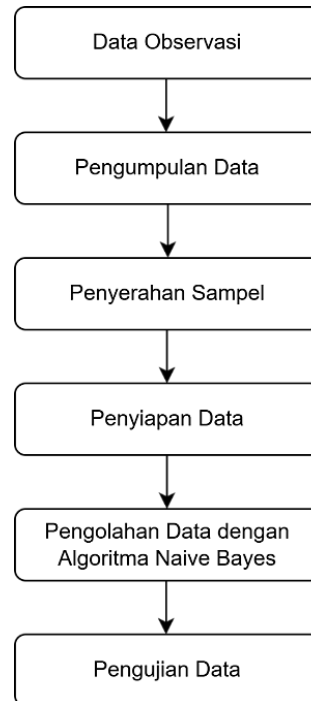
Dalam penelitian ini, pengumpulan data dan pengujian dilakukan di dua lokasi berbeda, yakni Kecamatan Pasemah Air Keruh serta sebuah kedai kopi yang digunakan untuk pengujian aroma. Kecamatan Pasemah Air Keruh dipilih karena dikenal sebagai salah satu wilayah dengan aktivitas pengolahan kopi Robusta yang cukup tinggi, sehingga wilayah tersebut menyediakan data dan sampel yang relevan dengan kebutuhan penelitian. Adapun kedai kopi dipilih sebagai lokasi kedua karena *barista* yang terlibat memiliki pengalaman dan kemampuan yang baik dalam menganalisis aroma, khususnya untuk menilai tingkat intensitas aroma *sugar browning* dari sampel yang telah diperoleh.

Subjek penelitian ini mencakup tiga kelompok, yaitu pengolah kopi, sampel kopi yang dihasilkan, serta *barista* sebagai penilai aroma. Sebanyak 150 pengolah kopi di Kecamatan Pasemah Air Keruh dipilih sebagai responden untuk memberikan informasi terkait proses pengolahan yang mereka terapkan, seperti pengaturan api, durasi penyangraian, pengadukan, dan proses pendinginan. Dari setiap responden kemudian diambil sampel kopi Robusta yang sesuai dengan variabel tersebut. Selanjutnya, sampel dibawa ke kedai kopi untuk dievaluasi oleh *barista* yang memiliki pemahaman terhadap karakter aroma, khususnya aroma *sugar browning* yang menjadi fokus utama penelitian.

Untuk memastikan setiap tahapan dilakukan secara sistematis, alur penelitian disusun mulai dari proses observasi hingga pengujian hasil klasifikasi. Penyusunan alur ini bertujuan untuk menggambarkan keterkaitan antar tahapan sekaligus menunjukkan penerapan algoritma *Naive Bayes* sebagai metode klasifikasi yang digunakan. Algoritma *Naive Bayes* merupakan salah satu metode klasifikasi berbasis probabilitas yang bekerja berdasarkan *Teorema Bayes* dan banyak digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik yang dimiliki (Irsyad et al., 2024). Adapun tahapan yang dilakukan meliputi observasi data, pengumpulan data, penyerahan sampel, penyiapan data, pengolahan data dengan algoritma *Naive Bayes*, dan pengujian data.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menerapkan algoritma *Naive Bayes* sebagai metode klasifikasi. Data yang diperoleh melalui observasi dan wawancara selanjutnya diproses melalui beberapa tahapan,

meliputi *preprocessing*, pembagian *dataset*, pembentukan model, dan pengujian. Rangkaian tahapan tersebut dilakukan secara sistematis untuk mengetahui kemampuan algoritma dalam mengklasifikasikan aroma *sugar browning* pada kopi robusta. Untuk memberikan gambaran mengenai proses yang dilakukan, alur penelitian ditampilkan pada Gambar 1. Alur tersebut menunjukkan urutan kegiatan mulai dari pengumpulan data hingga pengujian model menggunakan algoritma *Naive Bayes*.



Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur pelaksanaan penelitian yang dimulai dari proses observasi dan pengumpulan data, kemudian dilanjutkan dengan penyiapan data, penerapan algoritma *Naive Bayes*, hingga pengujian hasil klasifikasi. Alur tersebut menggambarkan urutan proses yang dilakukan untuk menganalisis probabilitas aroma *sugar browning* pada kopi robusta.

2.1 Data Observasi

Tahap pertama dimulai dengan observasi langsung di lapangan untuk memahami proses pengolahan kopi yang dilakukan oleh masyarakat Kecamatan Pasemah Air Keruh. Pada tahap ini, peneliti mencatat tahapan produksi yang biasa dilakukan oleh para pengolah kopi serta mengenali variabel penting yang berpengaruh terhadap munculnya aroma *sugar browning*. Identifikasi variabel dilakukan melalui pengamatan langsung dan percakapan informal.

2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang lengkap mengenai proses penyangraian kopi Robusta serta karakteristik sampel yang akan dianalisis. Tahap ini menjadi dasar utama karena seluruh variabel yang digunakan dalam pemodelan berasal dari data yang diperoleh langsung di lapangan. Proses pengumpulan data dilaksanakan secara sistematis agar informasi yang didapat benar-benar mencerminkan kondisi nyata di lokasi penelitian. Pengumpulan data terdiri dari dua tahapan utama, yaitu:

1. Interview

Tahap ini dilaksanakan untuk memperoleh informasi secara langsung dari para pengolah kopi, terutama mengenai variabel proses produksi yang mereka terapkan. Melalui wawancara, diperoleh data tentang tingkat api, durasi penyangraian, pengadukan, pendinginan biji kopi sebelum diolah. Informasi tersebut menjadi dasar dalam memahami perbedaan karakteristik pada setiap sampel.

2. Sample

Setelah proses wawancara selesai, peneliti mengumpulkan sampel biji kopi dari setiap responden berdasarkan variabel yang telah didapatkan. Sampel tersebut kemudian disiapkan untuk tahap selanjutnya, yaitu penilaian aroma *sugar browning* oleh *barista* di kedai kopi. Pengambilan sampel dilakukan secara hati-hati agar setiap sampel tetap mewakili kondisi proses pengolahan kopi dari masing-masing responden.

2.3 Penyerahan Sample

Semua sampel yang telah dikumpulkan dari para responden selanjutnya dibawa ke kedai kopi untuk melakukan tahap penilaian aroma. Pada tahap ini, *barista* yang sudah berpengalaman dalam mengenali karakter aroma kopi diminta



menilai tingkat intensitas aroma *sugar browning* pada setiap sampel. Penilaian dilakukan dengan menggunakan indra penciuman langsung untuk mengenali aroma biji kopi yang telah disangrai, tanpa melalui proses penggilingan maupun penyeduhan.

Metode ini dipilih karena aroma *sugar browning* umumnya muncul lebih jelas pada biji kopi yang telah disangrai, terutama setelah melalui proses pendinginan. Pada tahap penilaian, *barista* mengamati apakah setiap sampel memiliki karakter aroma seperti karamel, gula merah, gula yang sedikit terbakar, atau nuansa manis panggang yang menjadi ciri khas *sugar browning*. Hasil penilaian dari *barista* selanjutnya dicatat sebagai kelas aroma yang digunakan pada proses klasifikasi dengan algoritma *Naive Bayes*. Tahap ini sangat penting karena nilai aroma dari *barista* dijadikan sebagai acuan kebenaran (*ground truth*) dalam pembentukan model prediksi.

2.4 Penyiapan Data

Sebelum data diolah dengan algoritma *Naive Bayes*, seluruh data yang telah terkumpul harus disiapkan terlebih dahulu. Tahap penyiapan data mencakup beberapa langkah penting. Pertama, dilakukan pembersihan data untuk menghapus atau memperbaiki data yang tidak lengkap, tidak konsisten, maupun mengalami kesalahan pencatatan. Kedua, dilakukan validasi data guna memastikan setiap variabel telah sesuai dengan definisi serta tujuan penelitian. Ketiga, variabel yang masih berbentuk kategorik diubah ke dalam bentuk numerik agar dapat diproses oleh algoritma. Tahap terakhir adalah pemberian label kelas berdasarkan hasil penilaian *barista*. Data yang telah melewati seluruh tahapan ini kemudian menjadi dataset akhir yang siap digunakan pada proses pemodelan.

2.5 Pengolahan Data

Data yang sudah siap selanjutnya diolah menggunakan algoritma *Naive Bayes*, yaitu metode klasifikasi yang menentukan kemungkinan suatu kelas berdasarkan karakteristik yang terdapat pada data (Irsyad et al., 2024). Sebelum proses pelatihan dilakukan, *dataset* terlebih dahulu dibagi menjadi dua bagian, yaitu data latih dan data uji, sehingga kemampuan model dapat dinilai secara objektif. Pembagian data dilakukan secara proporsional untuk menjaga keterwakilan setiap kelas (Kahlout & Ekler, 2021). Pada tahap pelatihan, algoritma *Naive Bayes* mempelajari hubungan antara variabel teknis pengolahan kopi dengan kategori aroma *sugar browning*. Setelah model terbentuk, model tersebut digunakan untuk memprediksi kelas aroma pada data uji yang sebelumnya belum pernah dilibatkan. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana model mampu mengenali Tingkat dari data yang sebenarnya.

2.6 Pengujian Data

Evaluasi model dilakukan pada tahap akhir penelitian dengan menggunakan data *testing* sebagai bahan pengujian. Tujuannya adalah untuk menilai sejauh mana algoritma *Naive Bayes* mampu mengenali dan mengelompokkan aroma *sugar browning* secara tepat. Penilaian kinerja model dilakukan melalui perhitungan akurasi dan analisis *confusion matrix*, sehingga dapat diketahui distribusi prediksi yang benar maupun yang keliru pada masing-masing kelas (Sathyanarayanan, 2024). Hasil evaluasi tersebut selanjutnya menjadi acuan dalam menentukan efektivitas variabel proses terhadap munculnya aroma *sugar browning*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, pengolahan data dan perhitungan algoritma *Naive Bayes* dilakukan menggunakan perangkat lunak *GNU Octave*. Perangkat lunak ini digunakan untuk mempermudah proses analisis data serta menghasilkan perhitungan yang lebih akurat dan konsisten dibandingkan dengan perhitungan secara manual.

3.1 Preprocessing Data

Preprocessing data merupakan tahapan awal yang dilakukan sebelum data diklasifikasikan menggunakan algoritma *Naive Bayes*. Pada tahap ini, data hasil observasi proses penyangraian kopi robusta terlebih dahulu disiapkan agar sesuai dengan kebutuhan analisis. Karena data yang diperoleh masih berupa data mentah dan sebagian besar berbentuk kategorikal, diperlukan beberapa proses penyesuaian, seperti pemeriksaan data, pengubahan nilai kategorikal ke bentuk numerik, serta pemberian label kelas. Setelah seluruh tahapan tersebut selesai dilakukan, data siap digunakan pada proses pelatihan dan pengujian model.

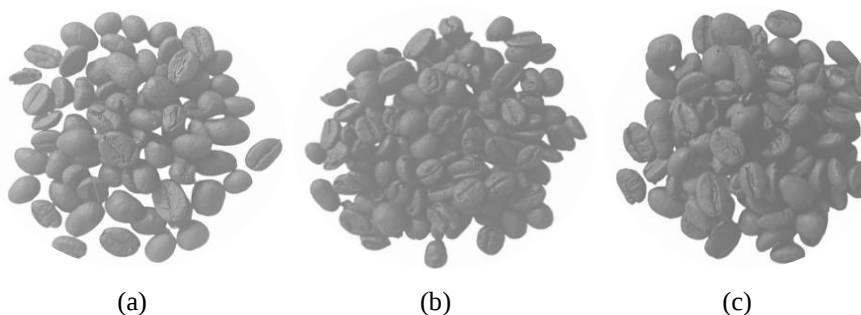
3.1.1 Data Mentah

Data mentah merupakan data awal yang diperoleh dari hasil observasi dan wawancara dengan para pengolah kopi di Kecamatan Pasemah Air Keruh. Data ini berisi informasi mengenai proses penyangraian kopi robusta, mulai dari pengaturan tingkat api, lama *roasting*, proses pengadukan, hingga tahap pendinginan yang berperan dalam pembentukan aroma *sugar browning*. Pada tahap ini, seluruh data masih berbentuk kategorikal sehingga belum dapat langsung digunakan dalam proses klasifikasi menggunakan algoritma *Naive Bayes*. Oleh sebab itu, data terlebih dahulu melalui tahap *preprocessing* agar setiap variabel dapat diolah pada proses pelatihan dan pengujian model. Jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 150 data, sebagai gambaran dari keseluruhan *dataset*, sebagian data mentah ditampilkan pada Tabel 1. Data tersebut menunjukkan kondisi awal sebelum melalui tahap *preprocessing* dan transformasi data.

Tabel 1. Data Mentah

No	Tingkat Api	Durasi <i>Roasting</i>	Pengadukan	Pendinginan	Aroma
1	Tinggi→Rendah	Singkat	Sering	Natural	Medium Dark Roast
2	Tinggi→Rendah	Singkat	Jarang	Natural	Medium Roast
3	Tinggi→Rendah	Lama	Jarang	Kipas	Dark Roast
4	Tinggi→Rendah	Singkat	Jarang	Kipas	Medium Dark Roast
5	Tinggi→Rendah	Sedang	Sedang	Natural	Medium Dark Roast
6	Tinggi→Rendah	Lama	Sering	Natural	Medium Dark Roast
7	Tinggi→Rendah	Lama	Sedang	Natural	Dark Roast
8	Rendah→Tinggi	Lama	Sering	Natural	Dark Roast
9	Rendah→Tinggi	Lama	Jarang	Kipas	Dark Roast
10	Rendah→Tinggi	Singkat	Sering	Kipas	Medium Roast
11	Rendah→Tinggi	Sedang	Jarang	Kipas	Medium Dark Roast
12	Stabil	Singkat	Sedang	Kipas	Medium Roast
13	Stabil	Lama	Jarang	Natural	Dark Roast
14	Stabil	Lama	Sedang	Natural	Medium Dark Roast
15	Stabil	Singkat	Jarang	Natural	Medium Roast

Tabel 1 menunjukkan bahwa setiap data memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan proses penyangraian yang dilakukan oleh masing-masing pengolah kopi. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai hasil penyangraian pada setiap kategori, contoh sampel kopi robusta yang telah disangrai untuk masing-masing label kelas ditampilkan pada gambar berikut.


Gambar 2. (a) Medium Roast, (b) Medium Dark Roast dan (c) Dark Roast

Gambar 2(a), Gambar 2(b), dan Gambar 2(c) memperlihatkan perbedaan tampilan fisik sampel kopi robusta setelah melalui proses penyangraian pada tiga kategori *roasting*. Perbedaan warna biji kopi mencerminkan tingkat penyangraian yang berbeda, mulai dari *Medium Roast* hingga *Dark Roast*. Sampel tersebut digunakan sebagai acuan dalam proses pemberian label kelas berdasarkan hasil penilaian *barista*.

3.1.2 Pembersihan Data

Pembersihan data dilakukan untuk memastikan bahwa data yang digunakan benar-benar sesuai dengan tujuan penelitian. Pada tahap ini, setiap variabel diperiksa terlebih dahulu untuk menentukan apakah variabel tersebut diperlukan dalam proses klasifikasi aroma *sugar browning*. Proses ini tidak mengurangi jumlah data, tetapi hanya memilih variabel yang digunakan dalam penelitian. Variabel seperti data penjemuran, lokasi kopi, nama responden, serta beberapa informasi lain yang tidak berkaitan dengan proses penyangraian tidak disertakan dalam tahap pengolahan data. Setelah proses pembersihan selesai, variabel yang digunakan meliputi tingkat api, durasi *roasting*, pengadukan, pendinginan, dan aroma sebagai label kelas. Seluruh data yang telah diseleksi kemudian digunakan pada tahap berikutnya, yaitu transformasi data. Jumlah data tetap sebanyak 150 data karena pada tahap ini tidak ada data yang dihapus, melainkan hanya dilakukan pemilihan variabel yang digunakan dalam proses klasifikasi. Proses seleksi variabel yang dilakukan pada tahap pembersihan data menghasilkan beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian. Rincian hasil seleksi tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Seleksi Variabel

No	Variabel	Keterangan	Status
1	Nama Responden	Identitas Narasumber	Dihapus
2	Lokasi mdpl Kopi	Tempat Kebun Kopi	Dihapus
3	Lama Penjemuran	Proses Sebelum Roasting	Dihapus
4	Jumlah Kopi	Kuantitas Kopi	Dihapus
5	Kondisi Kulit	Persentase Jumlah Kulit	Dihapus
6	Tingkat Api	Proses Roasting	Digunakan

No	Variabel	Keterangan	Status
7	Durasi Roasting	Lama Penyangraian	Digunakan
8	Pengadukan	Proses selama Roasting	Digunakan
9	Pendinginan	Setelah Roasting	Digunakan
10	Aroma	Label Klasifikasi	Digunakan

Berdasarkan Tabel 2, variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri atas tingkat api, durasi *roasting*, pengadukan, pendinginan, dan aroma sebagai label kelas. Variabel tersebut dipilih karena berkaitan langsung dengan proses pembentukan aroma *sugar browning*. Sementara itu, variabel lain tidak digunakan dalam proses klasifikasi karena tidak mendukung tujuan penelitian.

3.1.3 Transformasi Data

Transformasi data dilakukan setelah proses pembersihan selesai. Tahap ini bertujuan untuk mengubah data yang masih berbentuk kategorikal menjadi data numerik agar dapat diproses menggunakan algoritma *Naive Bayes*. Perubahan ini diperlukan karena algoritma tidak dapat mengolah data dalam bentuk teks secara langsung. Pada proses transformasi, setiap kategori pada masing-masing variabel diberikan kode numerik sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Variabel yang ditransformasikan meliputi tingkat api, durasi *roasting*, pengadukan, pendinginan, serta aroma sebagai label kelas. Proses ini hanya mengubah bentuk penyajian data tanpa mengubah makna maupun informasi yang terkandung di dalamnya. Setelah seluruh data berhasil ditransformasikan, *dataset* siap digunakan pada tahap pembagian data sebelum dianalisis menggunakan metode *Naive Bayes*. Skema transformasi data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Skema Transformasi Data

Variabel	Kategori	Nilai
Tingkat Api	Rendah	1
	Sedang	2
	Tinggi	3
	Singkat	1
Durasi <i>Roasting</i>	Sedang	2
	Lama	3
	Jarang	1
Pengadukan	Sedang	2
	Sering	3
Pendinginan	Natural	1
	Kipas	2
	Rendah	1
Aroma	Sedang	2
	Tinggi	3

Berdasarkan Tabel 3, proses transformasi menghasilkan perubahan setiap kategori variabel ke dalam bentuk numerik tanpa mengubah informasi yang terkandung di dalamnya. Data yang telah ditransformasikan kemudian disusun menjadi *dataset* baru sebagai dasar untuk proses pelatihan dan pengujian model. *Dataset* hasil transformasi tersebut ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Transformasi

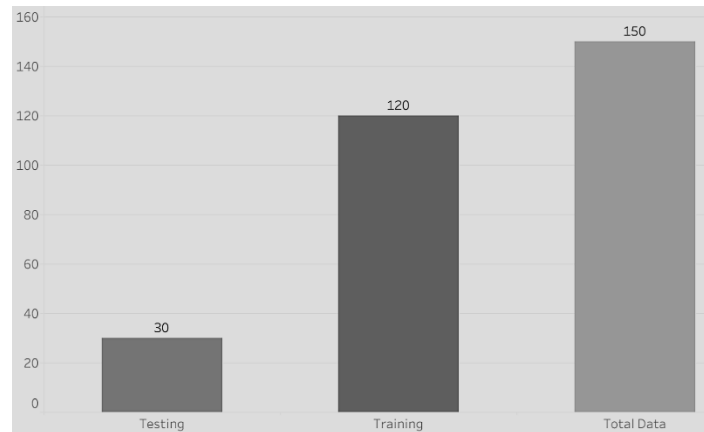
No	TingkatApi	Durasi Roasting	Pengadukan	Pendinginan	Label Aroma
1	1	1	3	1	2
2	1	1	1	1	1
3	1	3	1	2	3
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
13	2	3	1	1	3
14	2	3	2	1	2
15	2	1	1	1	1

Setiap data yang terdapat pada Tabel 4 telah melalui proses perubahan dari kategori menjadi nilai numerik. Hasil perubahan tersebut membuat data lebih mudah diolah pada tahapan klasifikasi menggunakan metode *Naive Bayes*.

3.2 Pembagian Data

Setelah seluruh data selesai melalui tahap *preprocessing*, langkah berikutnya adalah membagi data menjadi data latih (*training data*) dan data uji (*testing data*). Pembagian tersebut bertujuan supaya algoritma *Naive Bayes* mampu mempelajari pola dari data latih, kemudian kemampuan model dievaluasi melalui data uji yang belum pernah digunakan

selama proses pelatihan. Pada penelitian ini, pembagian data dilakukan dengan perbandingan 80:20. Dari total 150 data yang digunakan, sebanyak 120 data dijadikan sebagai data latih, sedangkan 30 data sisanya digunakan sebagai data uji. Pembagian dilakukan secara proporsional sehingga setiap kategori aroma *sugar browning* tetap terwakili pada kedua kelompok data. Data latih digunakan untuk membentuk model klasifikasi dengan mempelajari hubungan antara variabel tingkat api, durasi *roasting*, pengadukan, dan pendinginan terhadap kategori aroma. Selanjutnya, data uji digunakan untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasikan data baru yang belum pernah dipelajari sebelumnya, sehingga hasil pengujian dapat memberikan gambaran mengenai kinerja model yang telah dibentuk. Komposisi data latih dan data uji pada penelitian ini dapat dilihat melalui Gambar 3.



Gambar 3. Pembagian Data

Gambar 3 menunjukkan bahwa dari total 150 data yang digunakan dalam penelitian ini, 120 data digunakan untuk proses pelatihan model, sedangkan 30 data digunakan untuk proses pengujian. Pembagian dengan perbandingan 80:20 dilakukan agar model dapat mempelajari pola dari data latih, kemudian kemampuannya dievaluasi menggunakan data yang belum pernah diproses sebelumnya.

3.3 Pembentukan Model Naive Bayes

Dalam penelitian ini, sebanyak 120 data digunakan sebagai data latih. Data tersebut digunakan untuk mempelajari hubungan antara tingkat api, durasi *roasting*, pengadukan, dan pendinginan terhadap kategori aroma *sugar browning*. Melalui proses pelatihan ini, algoritma *Naive Bayes* mempelajari pola yang terdapat pada data sehingga model yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data baru pada tahap pengujian.

Naive Bayes merupakan metode klasifikasi yang menggunakan pendekatan probabilitas berdasarkan *Teorema Bayes* untuk menentukan kemungkinan suatu data termasuk ke dalam kelas tertentu. Pada tahap pelatihan, langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung probabilitas awal (*prior probability*) dari setiap kelas berdasarkan jumlah data pada masing-masing kategori aroma. Selanjutnya, dihitung probabilitas setiap variabel terhadap masing-masing kelas (*likelihood*). Nilai-nilai probabilitas tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan *Teorema Bayes* untuk membentuk model klasifikasi yang selanjutnya diterapkan pada proses pengujian data. Persamaan *Teorema Bayes* yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada rumus berikut.

$$P(C|X) = \frac{P(X|C) \cdot P(C)}{P(X)} \quad (1)$$

Persamaan (1) menjadi dasar perhitungan pada algoritma *Naive Bayes* untuk menentukan probabilitas suatu data berada pada kelas tertentu berdasarkan informasi dari variabel penelitian. Dalam penelitian ini, persamaan tersebut digunakan untuk menghitung probabilitas terbentuknya aroma *sugar browning* pada kopi robusta berdasarkan tingkat api, durasi penyangraian, pengadukan, dan pendinginan. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan kategori *roasting* dengan nilai probabilitas tertinggi. Pada Persamaan (1), $P(C|X)$ menunjukkan probabilitas suatu kelas setelah mempertimbangkan data yang diamati. Sementara itu, $P(X|C)$ menyatakan probabilitas kemunculan data pada setiap kelas (*likelihood*), $P(C)$ merupakan probabilitas awal dari masing-masing kelas (*prior probability*), dan $P(X)$ adalah probabilitas keseluruhan data yang berfungsi sebagai faktor normalisasi dalam perhitungan *Teorema Bayes*.

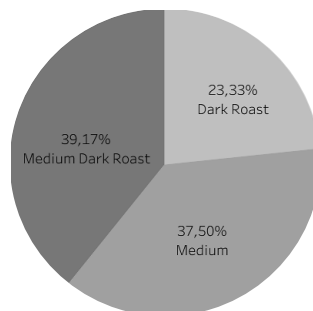
Dalam penerapan algoritma *Naive Bayes*, setiap variabel diasumsikan saling independen sehingga peluang setiap kelas dapat dihitung melalui perkalian probabilitas dari masing-masing variabel. Berdasarkan asumsi tersebut, Persamaan (1) dapat disederhanakan menjadi Persamaan (2).

$$P(C|X) = P(C) \times \prod P(X_i|C) \quad (2)$$

Pada Persamaan (2), $P(C)$ menunjukkan probabilitas awal dari setiap kategori aroma (*prior probability*), sedangkan $\prod P(X_i|C)$ merupakan hasil perkalian probabilitas masing-masing variabel terhadap kategori aroma tertentu (*likelihood*). Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan meliputi tingkat api, durasi penyangraian, pengadukan, dan

pendinginan. Nilai probabilitas dari setiap variabel dikalikan dengan probabilitas awal setiap kategori aroma untuk memperoleh probabilitas akhir. Selanjutnya, kategori dengan nilai probabilitas terbesar dipilih sebagai hasil klasifikasi aroma *sugar browning* menggunakan algoritma *Naive Bayes*.

Berdasarkan Persamaan (2), nilai *prior probability* dan *likelihood* dihitung menggunakan 120 data latih yang telah melalui tahap *preprocessing*. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk membentuk model *Naive Bayes* yang selanjutnya diterapkan pada proses klasifikasi data uji. Nilai *prior probability* pada masing-masing kategori aroma ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Probabilitas Kelas

Gambar 4 memperlihatkan nilai probabilitas untuk setiap kategori aroma yang diperoleh dari 120 data latih. Perbedaan nilai tersebut muncul karena jumlah data pada masing-masing kategori tidak sama. Nilai probabilitas yang telah diperoleh kemudian dimanfaatkan dalam proses pembentukan model *Naive Bayes* sebelum model tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan data uji.

3.4 Hasil Pengujian Model

Sebanyak 30 data uji digunakan untuk mengevaluasi kinerja model *Naive Bayes* yang telah dibentuk pada tahap pelatihan. Seluruh data tersebut merupakan data yang tidak dilibatkan selama proses pembentukan model, sehingga dapat digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam melakukan klasifikasi terhadap data baru. Ringkasan hasil pengujian terhadap 30 data *testing* disusun pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Prediksi Data Testing

No	Tingkat Api	Durasi Roasting	Pengadukan	Pendinginan	Aktual	Prediksi
1	3	1	3	1	1	1
2	3	2	2	2	2	2
3	2	2	3	2	2	2
4	1	1	2	1	2	1
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
27	3	2	3	2	3	2
28	3	1	2	1	1	1
29	2	2	2	2	1	2
30	1	3	2	1	3	3

Berdasarkan Tabel 5, sebagian besar data *testing* dapat diklasifikasikan sesuai dengan kelas aktual. Hasil ini menunjukkan bahwa model *Naive Bayes* mampu mengenali pola hubungan antara tingkat api, durasi *roasting*, pengadukan, dan pendinginan terhadap pembentukan aroma *sugar browning*. Setiap data uji diproses melalui perhitungan probabilitas pada masing-masing kategori aroma, kemudian kategori dengan nilai probabilitas tertinggi dipilih sebagai hasil prediksi. Dari hasil pengujian terlihat bahwa kategori *Medium Dark Roast* lebih sering diprediksi dibandingkan kategori lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses penyangraian pada tingkat menengah menuju gelap cenderung menghasilkan karakter aroma *sugar browning* yang lebih kuat. Kondisi ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa reaksi *Maillard* dan *karamelisasi* berlangsung lebih optimal pada tingkat penyangraian tersebut, sehingga menghasilkan aroma dengan karakter manis, karamel, dan gula panggang yang lebih terasa.

Hasil pengujian juga memperlihatkan bahwa tingkat api dan durasi *roasting* merupakan variabel yang berperan penting dalam proses klasifikasi. Penyangraian yang terlalu singkat umumnya belum mampu membentuk aroma secara maksimal, sedangkan penyangraian yang berlangsung terlalu lama dapat menghasilkan aroma gosong yang memengaruhi karakter kopi. Oleh sebab itu, pengaturan tingkat api, lama penyangraian, pengadukan, dan proses pendinginan perlu diperhatikan agar pembentukan aroma *sugar browning* berlangsung secara optimal. Walaupun sebagian besar data berhasil diprediksi dengan benar, masih terdapat beberapa data yang tidak sesuai dengan kelas aktual. Perbedaan tersebut diduga terjadi karena karakteristik antara kategori *Medium Roast* dan *Medium Dark Roast* memiliki kemiripan, sehingga model mengalami kesulitan dalam membedakan kedua kelas tersebut. Selain itu,



penilaian aroma yang dilakukan oleh panelis juga bersifat subjektif sehingga dapat memengaruhi penentuan label pada beberapa sampel. Berdasarkan hasil yang diperoleh, algoritma *Naive Bayes* mampu memberikan performa klasifikasi yang baik dan dapat dimanfaatkan sebagai metode yang sederhana untuk membantu mengelompokkan aroma *sugar browning* pada proses *roasting* kopi robusta.

3.5 Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 76,67% dalam mengklasifikasikan aroma *sugar browning* pada kopi robusta hasil *roasting* tradisional menggunakan algoritma *Naive Bayes*. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variasi tingkat api, durasi penyangraian, pengadukan, dan pendinginan memiliki hubungan dengan pembentukan aroma selama proses *roasting*. Dari ketiga kategori yang dianalisis, *Medium Dark Roast* menjadi kategori dengan probabilitas tertinggi menghasilkan aroma *sugar browning*. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi perlakuan selama penyangraian berperan dalam membentuk karakter aroma kopi robusta.

Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa proses *roasting* merupakan tahapan penting dalam menentukan mutu kopi (Dwi et al., 2023; Fikri, Kanzul et al., 2022; Juli, 2022; Khuluq & Wiraguna, 2025). Penelitian-penelitian tersebut menjelaskan bahwa perubahan suhu, lama penyangraian, serta karakteristik fisik biji kopi berpengaruh terhadap kualitas kopi, baik dari aspek fisik maupun sensoris. Penelitian ini memperluas temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa kombinasi tingkat api, durasi penyangraian, pengadukan, dan pendinginan juga berkaitan dengan probabilitas terbentuknya aroma *sugar browning*. Dengan demikian, hasil yang diperoleh tidak hanya mendukung penelitian sebelumnya mengenai pentingnya parameter *roasting*, tetapi juga memberikan gambaran bahwa variasi parameter tersebut dapat dimanfaatkan untuk menganalisis karakter aroma kopi. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang sama-sama menerapkan algoritma *Naive Bayes* (Hidayat et al., 2023; Irsyad et al., 2024; Pramana et al., 2022) penelitian ini memiliki pendekatan yang berbeda. Penelitian sebelumnya lebih berfokus pada klasifikasi tingkat *roasting* berdasarkan citra digital, tingkat kematangan sangraian menggunakan fitur warna *HSV*, serta klasifikasi kualitas biji kopi robusta. Sementara itu, penelitian ini memanfaatkan kombinasi parameter proses *roasting* tradisional dan penilaian *barista* sebagai *ground truth* untuk menganalisis probabilitas aroma *sugar browning*. Perbedaan karakteristik data, variabel yang digunakan, dan tujuan klasifikasi memungkinkan diperolehnya hasil yang berbeda pada setiap penelitian. Meskipun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *Naive Bayes* tetap dapat digunakan sebagai pendekatan yang cukup baik dalam menganalisis pembentukan aroma kopi pada proses *roasting* tradisional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh tahapan penelitian yang telah dilakukan, mulai dari pengumpulan data, *preprocessing*, pembagian dataset, pelatihan model, hingga pengujian, menunjukkan bahwa penerapan algoritma *Naive Bayes* dapat dimanfaatkan untuk mengklasifikasikan aroma *sugar browning* pada kopi robusta berdasarkan variabel tingkat api, durasi penyangraian, pengadukan, dan pendinginan. Penelitian ini menggunakan 150 sampel yang terdiri atas 120 data *training* dan 30 data *testing*, sehingga pembentukan model dan proses evaluasi dilakukan menggunakan data yang berbeda. Hasil pengujian menghasilkan tingkat akurasi sebesar 76,67% dalam mengklasifikasikan kategori *Medium Roast*, *Medium Dark Roast*, dan *Dark Roast*. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kombinasi variabel proses penyangraian memiliki keterkaitan dengan pembentukan aroma *sugar browning*. Melalui proses pembelajaran pada data *training*, model mampu mengenali pola dari setiap kombinasi variabel dan menerapkannya untuk memprediksi kategori aroma pada data uji. Secara keseluruhan, algoritma *Naive Bayes* memberikan hasil yang cukup baik dalam membantu klasifikasi aroma kopi robusta. Walaupun masih terdapat beberapa prediksi yang belum sesuai dengan data aktual, metode ini tetap mampu memberikan gambaran hubungan antara proses penyangraian dan karakter aroma yang dihasilkan. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menunjukkan bahwa kombinasi parameter proses *roasting* tradisional dan penilaian *barista* sebagai *ground truth* dapat dimanfaatkan dalam penerapan algoritma *Naive Bayes* untuk menganalisis probabilitas aroma *sugar browning*. Hasil tersebut memperluas penerapan metode *Naive Bayes* yang sebelumnya lebih banyak digunakan untuk klasifikasi tingkat *roasting* atau kualitas biji kopi, sehingga dapat menjadi salah satu referensi dalam pengembangan penerapan *machine learning* pada evaluasi karakter aroma kopi. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah data yang lebih besar, menambahkan variabel seperti kualitas biji, kadar air, warna biji, atau sensor aroma, serta membandingkan kinerja *Naive Bayes* dengan algoritma lain seperti *KNN*, *Decision Tree*, atau *SVM* agar diperoleh hasil klasifikasi yang lebih baik dan optimal.

REFERENCES

- Arabica, C., Kabupaten, L. D., & Aceh, P. (2021). Pengaruh Suhu Dan Lama Penyangraian (Roasting) Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Pada Seduhan Kopi Arabika. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.37631/agrotech.v7i2.2219>
- Ariyanto, S. E., Alpendari, H., Hendro, H., & Sridjono, H. (2024). Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian Terhadap Sifat Fisik Kopi Robusta. *Jurnal Galung Tropika*, 13(April), 107–116. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i1.1165>
- Azhar, N., Adikara, P. P., & Adinugroho, S. (2021). Analisis Sentimen Ulasan Kedai Kopi Menggunakan Metode Naive Bayes Dengan Seleksi Fitur Algoritme Genetika. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JTIK)*,



- 8(3). <https://doi.org/10.25126/jtiik.2026131>
- Baharianto, A. I. (2026). Klasifikasi Kualitas Rasa Kopi Menggunakan Sistem Web Berbasis Naive Bayes. *Journal Binary Digital - Technology*, 8(3). <https://doi.org/10.32877/bt.v8i3.3510>
- Caporaso, N., Whitworth, M. B., & Fisk, I. D. (2022). Prediction of coffee aroma from single roasted coffee beans by hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 371(September 2021), 131159. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131159>
- Dwi, H., Budiono, S., & Muhamad, R. (2023). Model perhitungan kompleksitas proses sangrai kopi menggunakan biji kopi tradisional Indonesia. *Prosiding SNTTM*, 21, 10–20. <https://doi.org/10.71452/tzpdtsy71>
- Fikri, Kanzul, M. A., Nuriman, & Yushardi. (2022). Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Roasting terhadap Massa Jenis Biji Kopi Robusta Menggunakan Mesin Roasting Tipe Hot Air. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 249–254. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.601>
- Hidayat, M. M., Prasetyo, E., Wicaksono, T., Teknik, J., Universitas, I., & Surabaya, B. (2023). Klasifikasi Laju Sangrai Biji Kopi dengan Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier (NBC). *Jurusan Teknik Informatika Universitas Bhayangkara Surabaya*, 27(1), 23–30. <https://doi.org/10.31284/j.ipitek.2023.v27i1.3697>
- Irsyad, M., Fata, I., & Avianto, D. (2024). Penerapan Metode Naive Bayes pada Sistem Klasifikasi Kualitas Biji Kopi Robusta. *Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika Dan Komunikasi*, 5(1), 512–524. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i1.515>
- Juli, V. H. (2022). Pengaruh Temperatur Dan Lama Penyangraian Terhadap Kandungan Kafein Dan Sifat Fisik Kopi Robusta Asal Banjarsengon Jember. *Jurnal Technologica*, 1(2), 86–93. <https://doi.org/10.55043/technologica.v1i2.45>
- Kahlout, K. M., & Ekler, P. (2021). Algorithmic Splitting: A Method for Dataset Preparation. *IEEE Access*, 9, 125229–125237. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3110745>
- Khuluq, F., & Wiraguna, E. (2025). Evaluasi Kualitas Sensoris Kopi Robusta Berdasarkan Variasi Pengeringan dan Suhu Penyangraian. *Jurnal Kajian Ilmu Pertanian Dan Perkebunan*, 2(2), 33–40. <https://doi.org/10.62951/flora.v2i2.404>
- Pangestu, A. (2025). Pengaruh Waktu Roasting Terhadap Kualitas Sensori Kopi Robusta Kecamatan Pulosari Kabupaten Pemalang. *Central Publisher*, 3. <https://doi.org/10.60145/jcp.v3i1.592>
- Pramana, I. G., Saputra, A., Rahayu, P. W., & Ardiada, I. M. D. (2022). Analisis Tingkat Kematangan Sangraian Biji Kopi Menggunakan Ekstraksi Fitur Warna. *Journal of Information and Technology*, 12(204), 123–128. <https://doi.org/10.32664/j-intech.v12i1.1258>
- Romdhoningsih, D., Dewi, Nurmala, I., Mahpudoh, Nuralamsyah, F., Sanjaya, Maylan, C., Sinaga, Sartika, J., & Rahmah, F. (2022). Produksi Pengolahan Kopi Dadaman Secara Tradisional (Cita Rasa Kopi Robusta Dari Desa Citaman Kecamatan Ciomas Kabupaten Serang). *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(September), 106–112. <https://doi.org/10.56742/jpm.v5i2>
- Sathyanarayanan, S. (2024). Confusion Matrix-Based Performance Evaluation Metrics. *African Journal of Biomedical Research*, 27(4), 4023–4031. <https://doi.org/10.53555/ajbr.v27i4s.4345>
- Suud, H. M., Savitri, D. A., & Ismaya, S. R. (2021). Perubahan sifat fisik dan cita rasa kopi arabika asal bondowoso pada berbagai tingkat penyangraian. *Jurnal Agrotek Ummat*, 8(2). <https://doi.org/10.31764>
- Talitha, Agna, Z., Hakim, Amirul, I., & Marvie, I. (2026). Pengaruh Pencampuran Kopi Robusta (Coffea Canephora) Dan Liberika (Coffea Liberica) Lampung Terhadap Tingkat Kesukaan, Karakteristik Kimia Dan Kadar Senyawa Bioaktif. *J. Sains Dan Teknologi Pangan*, 11(1), 186–209. <https://doi.org/10.63071/fe8hsk07>
- Zahara, Dedi, H. B., & A., F. F. (2020). Integrasi Pasar Kopi Robusta Lampung Dengan Pasar Bursa London. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 4, 893–907. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2020.004.04.17>