

**EVALUASI FISIKOKIMIA BUBUK KOPI ARABIKA, ROBUSTA, DAN
EXCELSA HASIL FERMENTASI MENGGUNAKAN STARTER KULTUR
MIKROBIAL ASAL SALIVA BINTURONG**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana Strata-1
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:
Rahma Febrilian Rahardhini
23.302.0090



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2025

**EVALUASI FISIKOKIMIA BUBUK KOPI ARABIKA, ROBUSTA, DAN
EXCELSA HASIL FERMENTASI MENGGUNAKAN STARTER KULTUR
MIKROBIAL ASAL SALIVA BINTURONG**

Lembar Pengesahan

TUGAS AKHIR

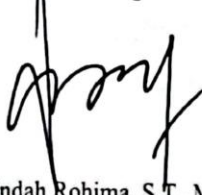
Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana Strata-I
Program Studi Teknologi Pangan

Oleh:

Rahma Febrilian Rahardhini
23.302.0090

Menyetujui:

Pembimbing



(Dr. Ira Endah Rohima, S.T., M.Si.)

**EVALUASI FISIKOKIMIA BUBUK KOPI ARABIKA, ROBUSTA, DAN
EXCELSA HASIL FERMENTASI MENGGUNAKAN STARTER KULTUR
MIKROBIAL ASAL SALIVA BINTURONG**

Lembar Pengesahan

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana Strata-1
Program Studi Teknologi Pangan**

Oleh:

**Rahma Febrilian Rahardhini
23.302.0090**

Menyetujui:

**Koordinator Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Teknik
Universitas Pasundan**

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of a large 'R' followed by a horizontal line and a loop.

(Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T.)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengevaluasi fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong. Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian utama terdiri dari dua variabel, yakni variabel bebas dan tidak bebas. Variabel bebas (X) yakni jenis kopi yaitu: P_1 = Arabika Binturong, P_2 = Robusta Binturong, P_3 = Excelsa Binturong. Variabel tidak bebas (Y) yakni analisis warna, pH, total padatan terlarut, dan kafein. Data disajikan dan diinterpretasikan dalam bentuk grafik. Penyajian data dilengkapi dengan Standar Deviasi (SD) masing-masing variabel. Untuk memperoleh kesimpulan hubungan variabel bebas (X) dengan variabel tidak bebas (Y) dapat ditunjukkan melalui tren pada grafik batang.

Berdasarkan data hasil penelitian menunjukkan bahwa kopi arabika binturong memiliki warna paling gelap dengan kadar kafein paling tinggi (1,49%), robusta binturong memiliki total padatan terlarut relatif paling tinggi (3,07 %Brix) dan warna bubuk paling cerah, sedangkan excelsa binturong memiliki kadar kafein paling rendah (0,85%) sehingga termasuk kategori dekafein dengan pH relatif rendah (4,98). Nilai pH ketiga jenis kopi berada dalam rentang aman untuk dikonsumsi (4,98–5,45). Secara keseluruhan, fermentasi menggunakan starter binturong menghasilkan perbedaan karakteristik fisikokimia antar varietas, dimana arabika cenderung unggul pada kandungan kafein, robusta pada TPT, dan excelsa pada sifat dekafein. Temuan ini memberikan gambaran potensi pemanfaatan fermentasi dengan starter binturong sebagai alternatif proses pengolahan kopi untuk menghasilkan karakteristik yang khas sesuai varietasnya.

Kata kunci: kopi, karakteristik fisikokimia, fermentasi binturong, warna, pH, total padatan terlarut, kafein

ABSTRACT

This study aims to examine and evaluate the physicochemical properties of Arabica, Robusta, and Excelsa coffee grounds fermented using a microbial starter culture derived from Binturong saliva. The study was conducted in two stages: preliminary research and primary research. Primary research consisted of two variables: independent and dependent. The independent variable (X) was the coffee type: P_1 = Arabica Binturong, P_2 = Robusta Binturong, P_3 = Excelsa Binturong. The dependent variable (Y) was color analysis, pH, total dissolved solids, and caffeine. Data were presented and interpreted graphically. The data presentation was accompanied by the Standard Deviation (SD) for each variable. To draw conclusions, the relationship between the independent variables (X) and the dependent variable (Y) can be shown through trends in bar graphs.

Based on the research data, it shows that Arabica binturong coffee has the darkest color with the highest caffeine content (1.49%), Robusta binturong has the highest relative total dissolved solids (3.07 %Brix) and the brightest powder color, while Excelsa binturong has the lowest caffeine content (0.85%) so it is included in the decaffeinated category with a relatively low pH (4.98). The pH value of the three types of coffee is within the safe range for consumption (4.98–5.45). Overall, fermentation using a binturong starter produces differences in physicochemical characteristics between varieties, where Arabica tends to be superior in caffeine content, Robusta in TDS, and Excelsa in decaffeination properties. These findings provide an overview of the potential use of fermentation with a binturong starter as an alternative coffee processing process to produce distinctive characteristics according to the variety.

Keywords: *coffee, physicochemical characteristics, binturong fermentation, color, pH, total dissolved solids, caffeine*

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Rahardhini, R. F., Rohima, I. E. (2025). Evaluasi Fisikokimia Bubuk Kopi Arabika, Robusta, dan Excelsa Hasil Fermentasi Menggunakan Starter Kultur Mikrobial Asal Saliva Binturong. Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Rahardhini, R. F., Rohima, I. E. (2025). *Physicochemical Evaluation of Arabica, Robusta, and Excelsa Coffee Powder Fermented Using Microbial Culture Starter from Binturong Saliva*. Bachelor's Thesis, Universitas Pasundan.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis diberikan kesehatan, kemampuan serta kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Fisikokimia Bubuk Kopi Arabika, Robusta, dan Excelsa Hasil Fermentasi Menggunakan Starter Kultur Mikrobial Asal Saliva Binturong”. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, doa, serta masukan dari berbagai pihak, Laporan Tugas Akhir ini tidak akan selesai pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ira Endah Rohima, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, arahan, dan nasihat kepada penulis yang sangat baik untuk bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, serta membantu penulis dari awal hingga akhir proses penyusunan tugas akhir.
2. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan dosen wali akademik kelas non-regular Teknologi Pangan yang telah memberikan bimbingan, saran, dan pengarahan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Nabila Marthia, S.T., M.Si.P. selaku dosen penguji II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan pengarahan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Ir. Evi Savitri Iriani, M.Si. selaku Kepala Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian di Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi.

5. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir dan Kerja Praktek Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan, Bandung.
6. Kedua Orang Tua tercinta yaitu Bapak Raharjo dan Ibu Siti Wahyuningsih, serta Akbar Wahyu Pradhana selaku kakak, dan Fitri Flaminia Fiora selaku adik penulis atas motivasi, dukungan, dan doa yang diberikan kepada penulis.
7. Seluruh dosen Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat sehingga dapat membantu penulis dalam menyusun Laporan Tugas Akhir.
8. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknologi Pangan kelas non-reguler yang telah memberikan saran, motivasi, dan rasa kekeluargaan yang dapat membuat penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas akhir.
9. Kepada semua pihak yang terlibat dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir. Semoga dukungan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Semoga laporan tugas akhir ini juga dapat bermanfaat bagi penulis khususnya pembaca serta menjadi salah satu bentuk kekayaan dalam ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Kerangka Pemikiran	5
1.6. Hipotesis Penelitian	8
1.7. Waktu dan Tempat Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Tanaman Kopi	9
2.2. Kopi Arabika	12
2.3. Kopi Robusta	14
2.4. Kopi Excelsa	16
2.5. Pengolahan Kopi	16
2.6. Fermentasi Kopi	17
2.7. Starter Kultur Mikrobial Asal Saliva Binturong (<i>Arctictis binturong</i>)	19
III. METODE PENELITIAN	22
3.1. Bahan dan Alat Penelitian	22
3.1.1. Bahan	22
3.1.2. Alat	22
3.2. Metode Penelitian	22
3.2.1. Penelitian Pendahuluan	22
3.2.2. Penelitian Utama	22
3.3 Prosedur Penelitian	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Penelitian Pendahuluan	30
4.1.1. Respon Fisik	30
4.1.2. Respon Kimia	32

4.2. Penelitian Utama.....	33
4.2.1. Respon Fisik (Warna).....	33
4.2.2. Respon Kimia.....	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat mutu umum biji kopi.....	11
2. Syarat mutu kopi sangrai, kopi bubuk, dan kopi dekafein (sangrai dan bubuk)	11
3. Syarat mutu khusus kopi arabika	13
4. Komponen kimia utama pada kopi robusta kopi sangrai (% berat kering).....	15
5. Syarat mutu khusus kopi robusta pengolahan basah.....	15
6. Hasil respon fisik berupa analisis warna berbagai jenis kopi tanpa penambahan starter	30
7. Hasil respon kimia berbagai jenis kopi tanpa penambahan starter	32
8. Tabel hasil pengujian warna berbagai jenis kopi dengan penambahan starter..	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah Kopi	10
2. Potongan Penampang Buah Kopi.....	10
3. Perbedaan Kopi Arabika dan Robusta	13
4. Hewan Binturong	19
5. Kopi Binturong	20
6. Mesin sangrai probat BRZ 2 propan-werke	26
7. Diagram alir pengolahan primer kopi (Penelitian Pendahuluan).....	27
8. Diagram alir pengolahan primer kopi (Penelitian Utama).....	28
9. Diagram alir pengolahan sekunder kopi dan analisis fisiko-kimia	29
10. Diagram hasil pengujian warna nilai <i>lightness</i> (L^*)	35
11. Diagram hasil pengujian warna nilai a^*	36
12. Diagram hasil pengujian warna nilai b^*	37
13. Diagram hasil pengujian pH.....	39
14. Diagram hasil pengujian Total Padatan Terlarut	41
15. Diagram hasil pengujian Kadar Kafein.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur Analisis Warna Bubuk Kopi (Hutchings, 1999).....	54
2. Prosedur Analisis pH (AOAC, 1995).....	54
3. Prosedur Analisis Total Padatan Terlarut	55
4. Prosedur Analisis Kafein Metode Spektrofotometri UV-Vis (Aprilia et al., 2018)	55
5. Total Kebutuhan Bahan Penelitian	56
6. Data Hasil Analisis <i>Lightness</i> (L*) Bubuk Kopi Penelitian Pendahuluan	57
7. Data Hasil Analisis <i>Lightness</i> (L*) Bubuk Kopi Penelitian Utama	57
8. Data Hasil Analisis Nilai a* Bubuk Kopi Penelitian Pendahuluan.....	58
9. Data Hasil Analisis Nilai a* Bubuk Kopi Penelitian Utama.....	58
10. Data Hasil Analisis Nilai b* Bubuk Kopi Penelitian Pendahuluan.....	59
11. Data Hasil Analisis Nilai b* Bubuk Kopi Penelitian Utama.....	59
12. Data Hasil Analisis pH Kopi Penelitian Pendahuluan	60
13. Data Hasil Analisis pH Kopi Penelitian Utama	60
14. Data Hasil Analisis Total Padatan Terlarut Kopi Penelitian Pendahuluan	61
15. Data Hasil Analisis Total Padatan Terlarut Kopi Penelitian Utama	61
16. Nilai Absorbansi Larutan Baku Kafein	62
17. Kurva Regresi Linear Larutan Baku Kafein	62
18. Data Hasil Analisis Kafein Kopi Penelitian Pendahuluan	62
19. Data Hasil Analisis Kafein Kopi Penelitian Utama	63
20. Dokumentasi proses pengolahan kopi metode basah.....	64

I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai: (1) Latar Belakang, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Pemikiran, (6) Hipotesis Penelitian, dan (7) Waktu dan Tempat Penelitian.

1.1 Latar belakang

Kopi merupakan komoditas unggulan dari sektor perkebunan di Indonesia. Sebagai salah satu minuman populer di dunia yang dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat, kopi menjadi komoditas dari subsektor perkebunan penghasil devisa dengan nilai ekonomi tinggi. Berdasarkan data *U.S. Department of Agriculture* (USDA) Indonesia merupakan penghasil kopi terbesar keempat di dunia setelah Brasil, Vietnam, dan Kolombia dengan total produksi pada tahun 2024/2025 mencapai 10,9 juta karung berukuran 60 kg. Pada tahun 2022 produksi kopi mengalami peningkatan sebesar 2,61% dibanding tahun sebelumnya.

Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) adalah salah satu jenis tanaman perkebunan yang tumbuh dan berkembang di Indonesia. Kopi ini memiliki karakteristik dan cita rasa yang lebih superior dibandingkan dengan kopi robusta. Itulah mengapa jika dilihat dari perkembangan selama tahun 2014-2023 dominasi kopi robusta mulai berkurang. Konsumsi kopi dunia mencapai 70% berasal dari spesies kopi arabika dan 26% berasal dari spesies kopi robusta (Sihite et al., 2015). Kopi arabika makin menarik bagi sektor perkebunan sehingga di pasar internasional memiliki harga lebih tinggi dibanding kopi robusta. Pada tahun 2021 harga kopi robusta rata-rata sebesar US\$1,89/kg sedangkan kopi arabika US\$4,25/kg (PUSDATIN, 2023).

Kopi robusta (*Coffea canephora*) adalah salah satu jenis kopi unggulan yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanaman kopi robusta dinilai cukup tahan terhadap serangan penyakit, serta kopi yang dihasilkan memiliki karakteristik rasa yang lebih pahit, sedikit asam, dan memiliki kadar kafein yang lebih tinggi dibandingkan kopi arabika (Hakim dan Septian, 2011). Jenis kopi ini biasanya kurang diminati karena memiliki rasa yang lebih pahit dibanding kopi arabika dan pH yang tinggi. Kurangnya minat akan kopi robusta ini menyebabkan kopi robusta

dipandang sebelah mata. Berdasarkan permasalahan tersebut, penambahan starter pada proses fermentasi dapat menjadi upaya untuk meningkatkan minat konsumen terhadap kopi robusta.

Kopi excelsa (*Coffea liberica var dewevrei*) merupakan salah satu jenis kopi yang dapat dibudidayakan di dataran rendah Indonesia dengan ketinggian 0-750 mdpl. Secara morfologi kopi ini memiliki kemiripan sifat dengan kopi liberika. Kopi excelsa belum banyak diperdagangkan bahkan lebih dari 90% kopi dunia didominasi jenis arabika dan robusta. Tanaman ini masih dibudidayakan secara terbatas di Indonesia karena biasanya tumbuh di tanah gambut yang memiliki keasaman yang tinggi. Produksi kopi ini sangat rendah di Indonesia dan memiliki cita rasa asam yang tinggi sehingga kurang disukai oleh konsumen (Rosadi et al., 2021).

Kualitas kopi salah satunya dipengaruhi oleh proses pengolahan. BRMP TRI melakukan pengolahan pascapanen kopi dengan menggunakan metode pengolahan natural atau disebut juga pengolahan kering (*dry process*), metode basah (*fully wash process*), dan metode semi basah yang meliputi pengolahan secara *honey*. Pada proses pengolahan basah (*fully wash process*) biji kopi biasanya melalui tahapan fermentasi. Proses fermentasi pada biji kopi bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan lendir pada kulit tanduk dan juga proses ini dapat memengaruhi cita rasa dari kopi yang dihasilkan (Towaha dan Rubiyo, 2016). Proses fermentasi sederhana dapat dilakukan secara spontan (tanpa menggunakan starter). Namun guna memperbaiki kualitas dan nilai ekonomisnya, proses fermentasi dapat menggunakan starter yang terukur. Salah satunya menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva hewan binturong.

Secara umum, pada proses fermentasi biji kopi akan terjadi penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada tahap fermentasi, mikroba akan memanfaatkan oksigen dari udara untuk menguraikan senyawa-senyawa yang terdapat pada lendir buah kopi. Selama proses metabolisme tersebut, mikroba menggunakan substrat yang berasal dari lapisan lendir pada biji kopi sebagai sumber karbon dan nitrogen bagi pertumbuhan mikroba sehingga secara bertahap dapat menurunkan kadar kafein (Usman et al., 2015). Selama aktivitas

mikroba berlangsung, dihasilkan berbagai senyawa seperti etanol, asam asetat, dan metabolit lainnya yang berperan dalam menurunkan nilai pH (Pereira et al., 2015). Sejalan dengan terbentuknya asam organik hasil aktivitas mikroba yang secara bersamaan memicu degradasi protein dan karbohidrat sederhana. Akumulasi senyawa terlarut dari hasil degradasi ini berkontribusi pada peningkatan total padatan terlarut terutama dari gula sederhana dan asam organik. Perubahan warna pada biji kopi yang difermentasi berhubungan dengan reaksi pencoklatan baik secara enzimatis selama fermentasi maupun non-enzimatis melalui reaksi Maillard saat penyangraian.

Binturong (*Arctictis binturong*) adalah musang terbesar di dunia dari keluarga musang *Viverridae* (Shabirah et al., 2023). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi, hewan binturong termasuk salah satu satwa yang dilindungi. Binturong yang hidup liar di sekitar perkebunan kopi biasanya memakan kopi yang sudah matang (berwarna merah), kemudian mengalami proses “fermentasi” dalam mulut (percernaan bagian atas) binturong sampai akhirnya dikeluarkan/dimuntahkan kembali bersama air liur dengan kondisi kopi berkulit tanduk masih utuh. Pada proses ini terjadi “fermentasi” dengan bantuan mikroba dan enzim dalam air liur (saliva) binturong. Biji inilah yang kemudian biasa dikonsumsi oleh masyarakat terutama di daerah Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan. Untuk mencegah eksploitasi hewan tersebut maka digunakanlah starter dari konsorsium bakteri terpilih yang diisolasi dari saliva binturong yang merupakan inovasi dari Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Kementerian Pertanian melalui Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar dan telah dipatenkan dengan nomer paten P00201911794. Selain inovasi yang ramah lingkungan, kopi ini juga memiliki keunggulan rasa tak tertandingi dengan nilai *cupping test* > 80 pada skala 100 yang mana dikategorikan sebagai *specialty coffee* yang memiliki keunikan rasa dan aroma yang baik (Wibowo et al., 2021).

Penambahan starter terukur berupa starter kultur mikrobial asal saliva binturong diharapkan dapat menjaga mutu dan cita rasa kopi yang dihasilkan agar tetap stabil dengan meningkatkan konsistensi dan mengurangi variabilitas hasil

fermentasi. Starter terukur ini juga akan menekan pertumbuhan mikroba liar yang merugikan. Mikroba, terutama jenis *Bacillus* dapat menghasilkan enzim pektinase dan selulase yang dapat memecah lendir lebih cepat sehingga mempercepat peluruhan lendir.

Penambahan starter pada proses fermentasi berbagai jenis kopi akan berpotensi mengubah karakteristik fisikokimia bubuk kopi yang dihasilkan. Mengenai hal tersebut, perlu dilakukan studi mengenai evaluasi fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat pada latar belakang di atas, maka masalah yang akan diidentifikasi yaitu; Bagaimana karakteristik fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dan mengevaluasi fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diantaranya yaitu:

- a. Menambah pengetahuan dan wawasan ilmiah mengenai pengaruh fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong terhadap karakteristik fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa.
- b. Menjadi referensi atau bahan pustaka tambahan bagi penelitian sejenis di bidang teknologi pangan, khususnya pada topik fermentasi kopi dan pengembangan starter mikrobial alternatif.

- c. Memberikan rekomendasi kepada petani kopi maupun pelaku industri kopi terkait praktik fermentasi yang berpotensi meningkatkan mutu dan nilai jual kopi.
- d. Menjadi dasar pertimbangan dalam pengembangan metode pengolahan kopi yang inovatif dengan memanfaatkan sumber mikrobial alami.

1.5. Kerangka Pemikiran

Kopi terdiri dari beberapa jenis antara lain yang sering dijumpai di Indonesia yaitu jenis robusta, arabika, dan sebagian kecil adalah jenis liberika. Kopi excelsa secara taksonomi tergolong dalam sub-seksi *Pachycoffea*, satu kelompok dengan kopi liberika (Rosadi et al., 2021). Adapun perbedaan yang menonjol antara kopi liberika dengan excelsa terletak pada ketebalan daging buah. Kopi liberika memiliki daging buah yang lebih tebal dibandingkan kopi excelsa yang memiliki daging buah yang lebih tipis mirip kopi arabika (Hulupi, 2014). Pada penelitian ini digunakan tiga jenis kopi yaitu Arabika, Robusta, dan Excelsa.

Kopi arabika mengalami peningkatan permintaan karena memiliki cita rasa dan aroma yang khas (Cahyadi et al., 2021). Namun di Indonesia sendiri produksi kopi arabika lebih sedikit jika dibandingkan dengan kopi robusta. Kopi jenis arabika tumbuh optimal pada ketinggian di atas 1.000 mdpl (Maryuna et al., 2022). Kopi robusta memiliki kemampuan untuk tumbuh optimal pada ketinggian 400-900 mdpl (Silalahi dan Rosyadi, 2024). Karakteristik kopi robusta jika dibandingkan dengan kopi arabika yaitu kopi robusta beraroma lebih kuat, tekstur lebih kasar, kadar kafein yang lebih tinggi, namun tidak lebih asam dari kopi arabika (Herlinawati, 2020). Jika dibandingkan dengan kopi jenis robusta, kopi excelsa memiliki kadar kafein yang lebih rendah yaitu berkisar antara 0,26-0,28, nilai pH yang lebih rendah berkisar 5,50-5,60, namun memiliki nilai total asam yang lebih tinggi berkisar antar 1,34-1,38% (Ningrum dan Prayitno, 2023).

Karakteristik kopi dipengaruhi oleh proses budidaya tanaman kopi hingga tahap pascapanen. Permasalahan yang sering terjadi pada proses pascapanen kopi yang menentukan kuantitas dan kualitas hasil produksi kopi antara lain pemetikan buah yang belum matang, fermentasi yang tidak sempurna atau terlalu lama, proses pengeringan yang kurang tepat, proses penyangraian yang kurang tepat dan lain

sebagainya (Saragih, 2010). Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 52/Permentan/OT.140/9/2012 tentang Pedoman Penanganan Pascapanen Kopi, proses penanganan pascapanen kopi secara basah (*fully washed*) terdiri dari proses pemanenan, sortasi buah, pengupasan kulit buah merah (*pulping*), fermentasi, pencucian (*washing*), pengeringan (*drying*), pengupasan kulit kopi *hard skin* (*hulling*), sortasi biji kopi beras, penyangraian (*roasting*), pembubukan (*grinding*), dan pengemasan.

Fermentasi pada kopi bertujuan untuk menguraikan lapisan lendir yang ada pada permukaan kulit tanduk biji kopi. Fermentasi biji kopi dapat terjadi secara alami dengan bantuan aktivitas mikroorganisme pada lingkungan (Frank et al., 1965). Kulit tanduk kopi dengan lapisan lendir kaya akan pektin dan gula sehingga dijadikan sumber nutrisi bagi mikroorganisme. Menurut Siregar et al., (2020). Kopi yang difermentasi menggunakan bakteri asam laktat menunjukkan penurunan nilai derajat keasaman dan kadar kafein seiring dengan semakin banyaknya bakteri asam laktat yang ditambahkan. Berdasarkan penelitian Usman et al., (2015), kafein memiliki sifat mudah larut di dalam air. Pengurangan lapisan lendir pada biji kopi yang mengandung gula menyebabkan air lebih mudah masuk melalui pori-pori pada kulit tanduk biji kopi.

Berdasarkan penelitian Wilujeng dan Wikandari, (2014) selama proses fermentasi juga terjadi reaksi pencoklatan yang terjadi secara enzimatis akibat aktivitas enzim polifenol oksidase. Enzim ini memicu oksidasi senyawa polifenol yang menghasilkan pigmen berwarna coklat. Sehingga berpengaruh terhadap warna setelah penyangraian. Selain itu, menurut Marcone, (2004), proses fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat juga berperan dalam perubahan warna, karena bakteri ini menghasilkan senyawa asam dan enzim proteolitik.

Berdasarkan penelitian Hakim et al. (2024), selama fermentasi berlangsung, kandungan total padatan terlarut cenderung menurun. Hal ini terjadi karena gula sebagai komponen terlarut dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Proses ini dipicu oleh aktivitas bakteri yang tumbuh dan bermetabolisme, sehingga glukosa maupun senyawa terlarut lainnya terdegradasi menjadi bentuk yang lebih sederhana untuk mendukung metabolisme mikroba tersebut. Proses fermentasi dilakukan

secara basah dengan merendam biji kopi dalam bak air. Guna meningkatkan kualitas kopi yang dihasilkan, digunakan starter kultur mikrobial asal saliva hewan binturong.

Berdasarkan penelitian Wibowo et al. (2021), dalam proses fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva hewan binturong digunakan buah kopi hasil pemanenan dengan kualitas superior (masak/berwarna merah, seragam, dan bebas dari cacat), lalu ditambahkan kultur mikroba konsorsium bakteri. Kultur ini terdiri dari bakteri *Lysinibacillus fusiformis strain Ma-Su CECRI 2*, *Bacillus cereus strain L77*, *Bacillus subtilis strain GL2*, dan *Bacillus cereus strain F4a* yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang saat ini menjadi Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar. Konsorsium bakteri ini diisolasi dari saliva *Arctictis binturong* Raffles, 1821. Bakteri dikultur secara kolektif dalam 1 L *nutrient broth media* (Neogen, NCM0110A) dengan penambahan 10% dari setiap stok bakteri. Diinkubasi selama 2-4 x 24 jam pada suhu 30 °C menggunakan *shaker* pada kecepatan 150 rpm untuk mencapai kepadatan populasi minimal 10^{10} CFU/mL. Kopi Liberika Meranti (LiM) yang difermentasi menggunakan konsorsium bakteri tersebut menghasilkan interaksi unik berupa perubahan profil sensori, kimia, dan mikrobiologi. Nilai pH cenderung menurun akibat produksi asam oleh pertumbuhan populasi bakteri. Biji kopi hijau liberika fermentasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar protein, lemak, dan kafein.

Berdasarkan penelitian Hatiningsih et al., (2018) terkait perubahan mikrobiologis serta karakteristik fisikokimia kopi hijau selama fermentasi 16 jam, ditemukan bahwa bakteri asam laktat dan khamir mencapai populasi maksimum dan merupakan mikroorganisme dominan sepanjang fermentasi. Selama fermentasi 16 jam, kadar kafein menurun dari $3,70 \pm 0,017$ menjadi $1,66 \pm 0,003\%$. Sementara itu, kapasitas antioksidan kopi hijau relatif stabil, dan meningkat pada hasil seduhan. Secara keseluruhan, fermentasi selama 16 jam memberikan dampak positif terhadap dinamika mikrobiologi dan mutu fisikokimia biji kopi hijau. Fermentasi berlebih dapat menghasilkan aroma dan cita rasa yang tidak diinginkan pada kopi sehingga berdampak langsung pada penurunan mutu seduhan kopi.

Kualitas secangkir kopi umumnya ditentukan oleh kandungan kafein dan tingkat keasamannya. Fermentasi >16 jam berdampak pada penurunan tingkat keasaman yang terlalu tinggi yang berdampak negatif bagi kesehatan, terutama bagi individu yang memiliki sensitivitas pada lambung, karena konsumsi kopi dengan kadar asam tinggi dapat memicu peningkatan produksi asam lambung. Fermentasi selama 16 jam dinilai efektif karena menurunkan kadar kafein namun penurunan tingkat keasaman tidak terlalu tinggi dan manfaat dari antioksidan hasil seduhan meningkat.

Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya (Wibowo et al., 2021). Penelitian yang akan dilakukan ini adalah membandingkan karakteristik fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong.

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, maka diperoleh hipotesis yaitu; Fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong diduga memberikan pengaruh terhadap parameter fisikokimia pada bubuk kopi Arabika, Robusta, dan Excelsa.

1.7. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juli 2025 yang bertempat di Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar (BRMP TRI), Sukabumi, Jawa Barat. Buah kopi diperoleh dari Kebun Percobaan (KP) BRMP TRI. Proses pengolahan dan penyangraian dilakukan di Unit Pengolahan Kopi dan Kakao, BRMP TRI. Selanjutnya analisis dilakukan di Laboratorium Terpadu BRMP TRI.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (1) Tanaman Kopi, (2) Kopi Arabika, (3) Kopi Robusta, (4) Kopi Excelsa, (5) Pengolahan Kopi, (6) Fermentasi Kopi, (7) Starter Kultur Mikrobial Asal Saliva Binturong (*Arctictis binturong*).

2.1. Tanaman Kopi

Tanaman kopi (*Coffea spp.*) merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan dengan nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya. Sebagai salah satu produk industri terbesar dan minuman paling populer di dunia, kopi menjadi komoditas dari subsektoral perkebunan penghasil devisa dengan nilai ekonomi tinggi. Kondisi lingkungan seperti iklim, tanah, terutama ketinggian memengaruhi kualitas dan karakteristik kopi yang dihasilkan. Indonesia dengan kondisi iklim tropis menjadi daerah yang ideal dan potensial untuk budidaya tanaman kopi. Tanaman kopi termasuk dalam Famili *Rubiaceae* dan Genus *Coffea*, dapat tumbuh di ketinggian 400 sampai 1.400 mdpl. Tanaman kopi memiliki klasifikasi sebagai berikut (Randriani dan Dani, 2018):

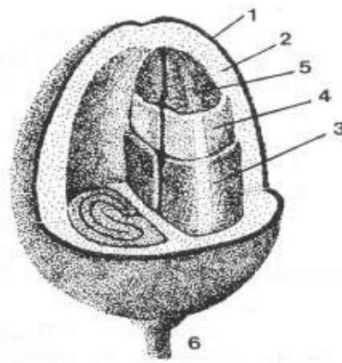
Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Divisio	: Spermatophyta (menghasilkan biji)
Sub-divisio	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae (berkeping dua/magnoliopsida)
Ordo	: Rubiales
Famili	: Rubiaceae (suku kopi-kopian)
Marga	: <i>Coffea</i>
Spesies	: <i>Coffea sp.</i>



Gambar 1. Buah Kopi

(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Kematangan buah kopi ditandai dengan perubahan warna pada kulit buah. Kulit buah berwarna hijau tua ketika masih muda, warna kuning saat setengah masak, berwarna merah saat masak penuh, dan menjadi kehitam-hitaman setelah terlampaui masak penuh (*over ripe*). Selain berwarna merah, buah kopi yang masak mempunyai daging buah yang lunak, berlendir, dan memiliki rasa manis karena mengandung gula yang relatif tinggi. Buah kopi terdiri atas beberapa lapisan, yaitu (1) kulit buah (*eksocarp*), (2) Daging buah (*mesocarp*), (3) Kulit tanduk (*endocarp*), (4) Kulit ari, (5) Biji, dan (6) Tangkai.



Gambar 2. Potongan Penampang Buah Kopi

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2018)

Berdasarkan SNI 01-2907-2008 tentang Biji kopi terdapat syarat mutu umum biji kopi, sebagai berikut:

Tabel 1. Syarat mutu umum biji kopi

No	Kriteria	Satuan	Persyaratan
1.	Serangga hidup		Tidak ada
2.	Biji berbau busuk dan atau berbau kapang		Tidak ada
3.	Kadar air	% fraksi massa	Maks. 12,5
4.	Kadar kotoran	% fraksi massa	Maks. 0,5

Sumber: (BSN, 2008)

Berdasarkan SNI 8964:2021 tentang Kopi sangrai dan kopi bubuk terdapat Syarat mutu kopi sangrai, kopi bubuk, dan kopi dekafein (sangrai dan bubuk), sebagai berikut:

Tabel 2. Syarat mutu kopi sangrai, kopi bubuk, dan kopi dekafein (sangrai dan bubuk)

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan		
			Kopi sangrai	Kopi bubuk	Kopi dekafein (sangrai dan bubuk)
1	Keadaan				
1.1	Warna	-	Normal		
1.2	Bau	-	Normal		
1.3	Rasa	-	Normal		
2	Benda asing	-	tidak boleh ada		
3	Air	fraksi massa, %	maks. 5		
4	Abu	fraksi massa, %	maks. 6		
5	Alkalinitas abu larut air	$\frac{\text{ml x N HCl}}{100 \text{ g}}$	30,0-50,0		
6	Padatan terlarut dalam air (sari kopi)	fraksi massa, %	25,0-35,0		

7	Kafein (adbk)	fraksi massa, %	0,9-2,5	maks. 0,1
8	Cemaran logam berat			
8.1	Timbal (Pb)	mg/kg		maks. 2,0
8.2	Merkuri (Hg)	mg/kg		maks. 0,03
8.3	Kadmium (Cd)	mg/kg		maks. 0,20
8.4	Timah (Sn)	mg/kg		maks. 40 ¹⁾ atau 250 ²⁾
8.5	Arsen (As)	mg/kg		maks. 1,0
9	Cemaran kimia (okratoksin A) ³⁾	µg/kg		maks. 5
10	Cemaran mikroba			Lihat tabel 2
CATATAN adbk adalah atas dasar berat kering 1) untuk produk kopi yang tidak dikemas dalam kaleng 2) untuk produk kopi yang dikemas dalam kaleng 3) diuji hanya pada saat sertifikasi dan sertifikasi ulang				

Sumber: (BSN, 2021)

2.2. Kopi Arabika

Kopi Arabika (*Coffea arabica* L) merupakan jenis kopi yang memiliki ketinggian penanaman 1000-2000 mdpl dengan suhu lingkungan 15-25 °C (Supriadi dan Pranowo, 2015). Jika dibandingkan dengan kopi robusta, karakteristik kopi arabika memiliki ukuran biji yang lebih besar, tekstur yang lebih lembut, rasanya lebih asam, dan memiliki kadar kafein yang lebih rendah sehingga cukup aman dikonsumsi untuk konsumen yang rentan terhadap efek kafein (Herlinawati, 2020). Biji kopi arabika memiliki bentuk yang sedikit memanjang, biji lonjong, bidang cembung, tidak terlalu tinggi, celah tengah (*center cut*) tidak lurus memanjang kebawah, melainkan berlekuk (Tyas, 2022).



Gambar 3. Perbedaan Kopi Arabika dan Robusta

(Sumber: www.google.com)

Kandungan kopi arabika antara lain yaitu kafein, polifenol, flavonoid, asam klorogenat, dan trigonelin (Madi et al., 2018). Kafein termasuk senyawa non volatil yang berpengaruh terhadap cita rasa kopi dan akan menstimulasi kerja saraf. Flavonoid adalah antioksidan yang dapat menghambat oksidasi dalam tubuh dari radikal bebas. Golongan asam pada kopi memengaruhi mutu dan cita rasa yang khas. Asam yang dominan pada biji kopi arabika adalah asam klorogenat.

Kualitas bubuk kopi dapat dilihat dari karakteristik fisik dan kimiannya. Karakteristik fisik diantaranya adalah warna, tekstur, aroma, dan rasa. Sedangkan karakteristik kimia yang menjadi ciri khas bubuk kopi adalah keasaman (pH), kadar air, dan kandungan kimia dalam bubuk kopi seperti antioksidan dan kafein. Pengolahan kopi sangat berperan dalam menentukan kualitas dan cita rasa bubuk kopi yang dihasilkan. Agar dapat diterima oleh konsumen, bubuk kopi harus sesuai dengan standar mutu (SNI).

Berdasarkan SNI 01-2907-2008 tentang Biji kopi terdapat syarat mutu khusus kopi arabika, sebagai berikut:

Tabel 3. Syarat mutu khusus kopi arabika

Ukuran	Kriteria	Satuan	Persyaratan
Besar	Tidak lolos ayakan berdiameter 6,5 mm (<i>Sieve</i> No. 16)	% fraksi massa	Maks lolos 5

Sedang	Lolos ayakan diameter 6,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 6 mm (<i>Sieve</i> No. 15)	% fraksi massa	Maks lolos 5
Kecil	Lolos ayakan diameter 6 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 5 mm (<i>Sieve</i> No. 13)	% fraksi massa	Maks lolos 5

Sumber: (BSN, 2008)

2.3. Kopi Robusta

Kopi robusta (*Coffea canephora*) termasuk salah satu spesies dalam genus *Coffea*. Tanaman ini dapat tumbuh optimal pada ketinggian 200-800 mdpl dengan suhu 25-32 °C dan curah hujan 1.500-3.500 mm/tahun. Karena berasal dari hutan dataran rendah di Afrika Tengah, robusta lebih toleran terhadap suhu tinggi sehingga cocok dibudidayakan di daerah panas. Beberapa varietas *C. canephora* kelompok *Congolese* bahkan memiliki ketahanan terhadap penyakit karat daun serta mutu cita rasa yang lebih baik. Selain adaptasi lingkungan, faktor genetik robusta juga berperan penting, baik ketahanan terhadap organisme pengganggu tanaman (OTP) maupun terhadap kandungan bijinya (Syaifurrahman dan Akbar, 2021).

Kopi robusta merupakan salah satu varietas kopi yang cukup terkenal dan banyak diproduksi secara global. Di Indonesia sendiri, jenis kopi ini menjadi salah satu komoditas utama yang dibudidayakan secara luas. Jika dibandingkan dengan kopi arabika, kopi robusta cenderung memiliki cita rasa yang lebih pahit, tingkat keasaman yang rendah, serta kandungan kafein yang relatif lebih tinggi (Budi et al., 2020). Dibanding arabika, kopi robusta mengandung asam klorogenat dan kafein yang lebih tinggi namun memiliki kadar sukrosa yang lebih rendah. Kandungan ini tidak hanya berpengaruh pada cita rasa, tetapi juga dapat memberikan manfaat kesehatan tertentu (Syaifurrahman & Akbar, 2021).

Kandungan kimia dalam biji kopi memiliki komposisi yang rumit serta dapat berbeda-beda, dipengaruhi oleh jenis dan varietas kopi, kondisi lingkungan, serta perlakuan pascapanen yang diterapkan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Komponen kimia utama pada kopi robusta kopi sangrai (% berat kering)

Komponen	Kopi beras	Kopi sangrai
Lipid	11,9 (9-13)	17 (16-20)
Abu	5,0 (4,5)	4,5 (4-5)
Kafein	2,3 (1,8-2,8)	1,2 (1,0-1,6)
Asam klorogenat	10,5 (9-11)	3,5 (1,5-5)
Asam lain	3,0 (2,7-3,3)	3 (2,5-3,5)
Trigonella	1,0 (0,7-1,2)	0,8 (0,5-1,0)
Protein	12 (11-14)	8-10
Sukrosa	4 (2-5)	0,1 (0-0,3)
Mannan	22	22
Arabinogalaktan	17	13
Selulosa	8	8
Komponen lain	-	18

Sumber: (Clarke dan Vitzthum, 2001)

Berdasarkan SNI 01-2907-2008 tentang Biji kopi terdapat syarat mutu khusus kopi robusta pengolahan basah, sebagai berikut:

Tabel 5. Syarat mutu khusus kopi robusta pengolahan basah

Ukuran	Kriteria	Satuan	Persyaratan
Besar	Tidak lolos ayakan berdiameter 7,5 mm (<i>Sieve</i> No. 19)	% fraksi massa	Maks lolos 5
Sedang	Lolos ayakan diameter 7,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 6,5 mm (<i>Sieve</i> No. 16)	% fraksi massa	Maks lolos 5
Kecil	Lolos ayakan diameter 6,5 mm, tidak lolos ayakan berdiameter 5,5 mm (<i>Sieve</i> No. 14)	% fraksi massa	Maks lolos 5

Sumber: (BSN, 2008)

2.4. Kopi Excelsa

Tanaman kopi excelsa pertama kali ditemukan pada tahun 1905 oleh seorang ahli botani asal Prancis, August Chevalier. Awalnya kopi ini dinamakan *Coffea excelsa* atau *Coffea dewevrei*, namun kemudian tidak dianggap sebagai spesies tersendiri, melainkan sebagai bagian dari kopi liberika dengan nama ilmiah *Coffea liberica var. dewevrei*. Hingga kini, status taksonomi dan penamaan kopi excelsa masih menjadi perdebatan, sehingga dikenal dengan berbagai sinonim. Secara taksonomi, *Coffea liberica var. dewevrei* termasuk dalam sub-seksi *Pachycoffea*, satu kelompok dengan *Coffea liberica Bull ex Hiern*, dan digolongkan ke dalam kelompok *Liberoid*. Hal ini membedakannya dari kopi arabika (kelompok *Arabikoid*), dan robusta (kelompok *Robustoid*) (Rosadi et al., 2021).

Kopi excelsa tumbuh baik pada ketinggian 0-750 mdpl, terutama di daerah beriklim tropis dengan curah hujan sedang. Pada curah hujan tinggi, tanaman lebih banyak membentuk batang daripada buah. Tanaman ini membutuhkan waktu satu hingga dua bulan untuk berbunga dan diketahui tahan terhadap penyakit karet daun (*Hemileia vastatrix*). Di Indonesia, budidaya excelsa relatif terbatas, salah satunya karena tanaman ini dapat beradaptasi pada tanah gambut yang bersifat masam (Rosadi et al., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Ningrum dan Prayitno, (2023) menunjukkan perbandingan kandungan fisikokimia dari kopi excelsa dari daerah Ngawi dan Wonosalam menunjukkan kadar kafein masing-masing bernilai 0,27% dan 1,80%, tingkat keasaman bernilai 5,59 dan 6,60, dan total asam pada kopi excelsa Ngawi dan excelsa Wonosalam berturut-turut bernilai 1,36% dan 0,97%.

2.5. Pengolahan Kopi

Proses pengolahan kopi menghasilkan biji kopi yang selanjutnya akan melalui proses penyangraian hingga menjadi kopi bubuk yang siap untuk diseduh. Proses pengolahan kopi dapat digolongkan ke dalam tiga jenis, yaitu metode pengolahan natural atau disebut juga pengolahan kering (*dry process*), metode basah (*fully wash process*), dan metode semi basah yang meliputi pengolahan secara *honey*. Pada proses pengolahan basah (*fully wash process*) biji kopi biasanya melalui tahapan fermentasi, dan Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor

52/Permentan/OT.140/9/2012 tentang Pedoman Penanganan Pascapanen Kopi, proses pengolahan kopi secara natural (*dry process*) secara umum melalui beberapa tahapan yaitu pemanenan, sortasi buah, penjemuran/pengeringan, pengupasan kopi, sortasi biji, pengemasan, dan penyimpanan. Proses kering banyak dilakukan oleh petani karena kapasitas olahannya yang kecil, mudah dilakukan, dan hanya menggunakan peralatan yang sederhana. Proses pengolahan secara basah (*fully washed*) memiliki tahapan yaitu panen pilih, sortasi buah, pengupasan kulit buah merah, fermentasi, pencucian, pengeringan, pengupasan kulit kopi *hard skin*, sortasi biji kering, pengemasan, dan penyimpanan.

Proses pengolahan semi basah (*honey process*) lebih singkat dibandingkan proses basah. Proses ini lebih hemat dalam penggunaan air dan dapat menghasilkan kopi dengan cita rasa yang khas. Kopi arabika yang diolah menggunakan metode ini biasanya memiliki keasamaan yang lebih rendah dibandingkan dengan kopi arabika hasil pengolahan basah. Pengolahan semi basah terdiri dari tahapan pemanenan, sortasi buah, pengupasan kulit buah merah, penjemuran/pengeringan dengan lapisan *mucilage* yang masih menyelimuti biji kopi tersebut sampai kadar air 12,5%, pengupasan kulit cangkang, sortasi dan pengemasan, penyimpanan, dan penggudangan.

2.6. Fermentasi Kopi

Fermentasi kopi umumnya dilakukan pada proses pengolahan basah (*fully washed*). Proses ini bertujuan untuk menguraikan lapisan lendir yang ada di permukaan kulit tanduk biji kopi. Fermentasi pada biji kopi dapat mengurangi rasa pahit sehingga meningkatkan cita rasa seduhan kopi arabika yang dihasilkan. Proses fermentasi dapat dilakukan secara basah dan kering. Fermentasi secara basah dilakukan dengan merendam biji kopi pada bak air. Sedangkan fermentasi kering dilakukan dengan menyimpan biji kopi *hard skin* basah pada karung goni atau kotak kayu atau wadah plastik bersih yang diberi lubang pada bagian bawah dan ditutup dengan karung goni. Waktu fermentasi biasanya berkisar antara 12-36 jam atau lebih tergantung suhu dan ketebalan lendir. Lakukan pembalikan pada biji kopi minimal satu kali sehari agar proses fermentasi berlangsung secara merata (Permentan, 2012).

Proses fermentasi biji kopi sangat dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri asam laktat (BAL) yang memiliki peran dominan. BAL berfungsi menurunkan pH selama fermentasi, sehingga biji kopi memiliki cita rasa yang lebih asam dan lebih tahan terhadap serangan jamur seperti *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. Bersama dengan khamir, BAL membantu menguraikan lapisan lendir pada biji kopi dan menghasilkan senyawa metabolit seperti asam laktat, berbagai asam organik, serta diasetil, yang tidak hanya berfungsi sebagai antijamur tetapi juga berkontribusi dalam pembentukan karakter rasa asam pada kopi hasil seduhan (Septianti, 2019).

Fermentasi pada biji kopi yang biasa dilakukan petani yaitu fermentasi spontan tanpa penggunaan starter dengan merendam biji kopi dalam air. Permukaan buah kopi secara alamiah sudah terdapat mikroorganisme, yang jumlahnya akan meningkat seiring meningkatnya tingkat kematangan buah. Setelah dilakukan pemanenan, mikroorganisme residen ini akan aktif dan proses fermentasi dapat segera terjadi. Sebagian mikroorganisme kopi berasal dari bagian kulit buah, lendir, dan kulit tanduk kopi. Lendir segar memiliki pH sekitar 6,5 dan selama fermentasi akan turun drastis hingga 4,1-4,3. Umumnya mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi ini adalah khamir (*yeast*) dan bakteri (Yusianto dan Widiotomo, 2013). Namun dengan fermentasi yang spontan ini tidak dapat mempertahankan kualitas dan nilai ekonomisnya lebih rendah dibandingkan kopi *specialty* lainnya,

Selama fermentasi berlangsung, ragi akan memproduksi etanol, sedangkan bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat (Kurniawan et al., 2014). Aktivitas khamir dalam memfermentasi gula sederhana menghasilkan etanol dan CO₂ ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$). Aktivitas bakteri asam laktat mengubah sebagian gula dan etanol menjadi asam laktat ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CHOHCOOH$) yang menurunkan pH dan membantu degradasi *mucilage* (lendir). Selain itu, aktivitas bakteri asam asetat dapat mengoksidasi etanol menjadi asam asetat ($C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$) yang dapat memperkuat cita rasa asam kompleks kopi. Fermentasi mendorong pembentukan alkohol, degradasi asam malat, serta memicu reaksi proteolitik. Proses ini juga menghasilkan senyawa volatil dan memungkinkan terjadinya perpindahan senyawa fenolik dari kulit ke bagian dalam buah. Keseluruhan

mekanisme yang kompleks ini berperan penting dalam pembentukan karakteristik unik pada produk hasil fermentasi.

2.7. Starter Kultur Mikrobial Asal Saliva Binturong (*Arctictis binturong*)

Menurut Shabirah et al. (2023) binturong adalah jenis mamalia yang berada di beberapa Negara Asia salah satunya di Indonesia yaitu terletak di Jawa, Kalimantan, dan Sumatra. Binturong adalah musang terbesar di dunia yang terdapat di dalam bekas hutan utuh di Asia Tenggara dan merupakan hewan omnivora dari keluarga musang *Viverridae*. Hewan ini memiliki ciri-ciri berambut hitam pekat atau beruban, terdapat helaian rambut pada telinga, mata kecil berwarna cokelat kemerahan, bertubuh panjang, kaki yang pendek, dan ekor yang panjang dan tebal. Ekor ini dapat digunakan untuk berpegangan pada dahan (*prehensile tail*). Binturong tersebar secara luas di Asia Tenggara, bagian Asia Selatan dan Cina. Makanan utama hewan biturong berupa buah-buahan, serangga, burung, ikan, tikus, kadal, dan pucuk daun, juga berperan sebagai penyebar biji. Binturong adalah hewan nokturnal (aktif di malam hari) dengan waktu puncak antara jam 04:00-06:00 WIB dan jam 20:00-22:00 WIB.

Binturong (*Arctictis binturong*) termasuk hewan yang dilindungi Undang-Undang Negara Republik Indonesia karena termasuk hewan yang terancam kelestariannya. Saat ini diperkirakan hanya kurang dari 5.000 ekor yang masih bertahan hidup. Sehingga perlu adanya upaya pencegahan melalui penangkaran, pengembangbiakan, dan pelepasliaran untuk mencegah kepunahan terhadap hewan binturong.



Gambar 4. Hewan Binturong
(Sumber: www.google.com)

Kopi binturong ini pada mulanya dikenal karena masyarakat di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan biasa mengonsumsi kopi yang berasal dari biji kopi yang dimakan dan dimuntahkan oleh Binturong. Buah kopi yang sudah matang dan berwarna merah dimakan oleh hewan biturong, kemudian mengalami proses “fermentasi” dalam mulut (percernaan bagian atas) biturong sampai akhirnya dikeluarkan/dimuntahkan kembali bersama air liur dengan kondisi kopi berkulit tanduk masih utuh. Pada proses ini terjadi “fermentasi” dengan bantuan mikroba dan enzim dalam air liur (saliva) binturong. Penggunaan starter kultur mikroorganisme dapat memperbaiki mutu fisik dan cita rasa kopi yang dihasilkan. Penambahan starter ini akan mengubah keseimbangan populasi mikroorganisme yang berperan pada proses fermentasi, sehingga akan merubah proses dan hasil fermentasi.



Gambar 5. Kopi Binturong

(Sumber: www.google.com)

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Wibowo et al., (2021), starter kultur mikrobial asal saliva hewan Binturong yang digunakan mengandung konsorsium bakteri dari air liur *Arctictis binturong* Raffles, 1821. Konsorsium bakteri ini terdiri dari *Lysinibacillus fusiformis* strain Ma-Su CECRI 2, *Bacillus cereus* strain L77, *Bacillus subtilis* strain GL2, dan *Bacillus cereus* strain F4a. Selama proses fermentasi berlangsung akan tumbuh konsorsium mikroba yang menandakan fermentasi sedang berlangsung. Sebuah studi oleh Havare et al., (2019) menunjukkan bahwa kultur starter yang mengandung konsorsium *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Bacillus sphaericus* (1:1:1) pada konsentrasi inokulum 10% ditemukan signifikan dalam *demucilage* biji kopi Arabika. Bakteri yang berperan dalam proses fermentasi seperti *Bacillus cereus*, *Bacillus lichoniformis*, *Bacillus brevis*, dan *Enterobacteriaceae* berperan

dalam meningkatkan kualitas aroma kopi (Lee et al., 2015). Fermentasi ini dapat meningkatkan kualitas kopi melalui perubahan fisik dan komposisi kimia. Formulasi dan optimalisasi konsorsium starter berdampak pada profil kopi yang dihasilkan. Fermentasi yang dimediasi oleh kultur starter akan mengalami *demucilage* dengan adanya reaksi mikroba sehingga meningkatkan profil fisik, kimia, dan sensori kopi (Havare et al., 2019).

III. METODE PENELITIAN

Bab ini akan menguraikan mengenai: (1) Bahan dan Alat Penelitian, (2) Metode Penelitian, (3) Prosedur Penelitian.

3.1. Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopi arabika, kopi robusta, kopi excelsa dan starter kultur mikrobial asal saliva binturong. Adapun bahan-bahan untuk pengujian adalah aquades, larutan buffer pH 4 dan 7, standar kafein, kloroform, dan kalsium karbonat (CaCO_3).

3.1.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin sangrai (Probat BRZ 2 propan-werke, Jerman), *grinder* (Latina 206N, Tingkok), timbangan analitik, *chromameter* (Hunterlab miniscan EZ, Amerika Serikat), pH meter (Consort C861, Belgia), *refractometer* (Milwaukee MA871, Amerika Serikat), corong pisah, *rotary evaporator* (Buchi, Switzerland), *spectrophotometer thermo scientific* (Genesis 10S UV-VIS, Amerika Serikat), dan berbagai peralatan gelas lainnya.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan sebagai tahap awal untuk mengetahui karakteristik fisik (warna) dan kimia (pH, total padatan terlarut, kadar kafein) dari kopi arabika, robusta, dan excelsa yang diolah dengan metode *fully washed* (pengolahan basah) melalui fermentasi spontan tanpa penambahan starter dengan merendam biji kopi dalam air untuk selanjutnya dibandingkan dengan hasil karakteristik fisikokimia pada penelitian utama. Diagram alir prosedur penelitian pendahuluan dapat dilihat pada gambar 7 dan 9.

3.2.2. Penelitian Utama

Penelitian utama ini meliputi: rancangan perlakuan, rancangan percobaan, rancangan analisis, dan rancangan respon untuk mengetahui pengaruh jenis kopi terhadap karakteristik fisikokimia bubuk kopi hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong. Jenis kopi yang digunakan adalah arabika,

robusta, dan excelsa. Selanjutnya dilakukan analisis warna, pH, total padatan terlarut, dan kafein.

3.2.2.1 Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua variabel, yakni variabel bebas dan tidak bebas. Variabel bebas (X) yakni jenis kopi yaitu:

P_1 = Arabika Binturong

P_2 = Robusta Binturong

P_3 = Excelsa Binturong

Variabel tidak bebas (Y) yakni analisis warna, pH, total padatan terlarut, dan kafein.

3.2.2.2 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan deskriptif sederhana dengan menggunakan grafik. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 9 satuan percobaan.

3.2.2.3 Rancangan Analisis

Data disajikan dan diinterpretasikan dalam bentuk grafik dengan jenis data numerik kontinu. Penyajian data dilengkapi dengan Standar Deviasi (SD) masing-masing variabel untuk menggambarkan sebaran data antar ulangan. Berikut adalah rumus Standar Deviasi (SD):

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Keterangan:

x_i = Nilai pengamatan ke-i

$\bar{x}$ = Rata-rata (mean) dari seluruh data

n = Jumlah data (banyaknya ulangan)

$\sum$ = Jumlah seluruh selisih kuadrat

Untuk memperoleh kesimpulan hubungan variabel bebas (X) dengan variabel tidak bebas (Y) dapat ditunjukkan melalui tren pada grafik batang.

3.2.2.4 Rancangan Respon

Rancangan respon yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah:

- a. Analisis warna bubuk kopi menggunakan *chromameter*
- b. Analisis pH dengan pH meter
- c. Analisis total padatan terlarut dengan *refractometer*
- d. Analisis kafein metode spektrofotometri UV-Vis

3.3 Prosedur Penelitian

- a. Pemanenan

Pemanenan buah kopi dilakukan di lahan kebun BRMP TRI. Pemanenan dilakukan secara manual dengan cara memetik buah yang telah masak dan berwarna merah. Pemanenan tersebut hanya menggunakan ember dan dikumpulkan di titik tertentu kemudian dibawa ke tempat produksi untuk ditimbang dan diolah menjadi kopi bubuk.

- b. Sortasi buah

Biji kopi masak hasil panen disortasi secara teliti untuk memisahkan buah yang superior (berwarna merah, masak, dan seragam) dari buah inferior (cacat, pecah, berlubang, dan terserang hama/penyakit), kotoran seperti daun, ranting, tanah, dan kerikil harus dibuang karena benda-benda tersebut dapat merusak mesin pengupas. Buah sehat dan masak dapat digunakan sebagai bahan baku. Sortasi buah juga dilakukan dengan merendam buah kopi dalam air atau biasa disebut perambangan yang bertujuan untuk memisahkan buah kopi kosong atau buah kopi yang terserang hama penyakit dengan cara memisahkan buah kopi yang mengambang dalam air.

- c. Pengupasan kulit buah (*Pulping*)

Pengupasan menggunakan mesin pengupas (*pulper*) tipe silinder. Mesin *pulper* yang ada di BRMP TRI memiliki kapasitas 5 kg serta dalam penggunaannya buah kopi harus dialiri dengan air yang mengalir agar mempermudah proses pengupasan kulit buah.

- d. Fermentasi

Tahapan fermentasi dilakukan pada proses pengolahan basah (*fully washed*). Proses fermentasi kopi bertujuan untuk meluruhkan lapisan lendir di permukaan kulit cangkang kopi, mengurangi rasa pahit, dan membentuk prekursor cita rasa. Pada penelitian ini proses fermentasi dilakukan menggunakan starter yang terukur (starter kultur mikrobial asal saliva hewan binturong). Proses fermentasi

menggunakan starter yang terukur dilakukan secara basah dengan merendam biji kopi dalam air dengan penambahan starter kultur mikrobial asal saliva binturong.

Kultur ini terdiri dari bakteri *Lysinibacillus fusiformis strain Ma-Su CECRI 2*, *Bacillus cereus strain L77*, *Bacillus subtilis strain GL2*, dan *Bacillus cereus strain F4a* yang dikultur secara kolektif dalam 1 L *nutrient broth media* dan diperbanyak di laboratorium Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar. Starter cair ini identik dengan mikroorganisme pada saliva binturong. Penambahan starter mengikuti standar yaitu 1L starter/50 kg *green bean* kopi dan dilakukan fermentasi selama ± 16 jam. Fermentasi ini dilakukan secara anaerob fakultatif dimana biji kopi dalam kondisi terendam air namun masih terdapat difusi oksigen dari udara karena wadah tidak ditutup rapat.

e. Proses pencucian biji kopi

Pada proses pencucian, kopi yang telah mengalami proses fermentasi dicuci untuk menghilangkan sisa-sisa lendir hasil fermentasi yang masih menempel pada kulit tanduk. Pencucian dilakukan secara sederhana di dalam bak atau ember dengan cara digosok-gosokan menggunakan air bersih untuk menghilangkan lendir yang tersisa.

f. Proses pengeringan

Pengeringan dilakukan melalui penjemuran dengan memanfaatkan sinar matahari. Penjemuran ini dilakukan dalam ruangan dengan akses sinar matahari untuk mengurangi kontaminasi debu dan kebergantungan pada kondisi cuaca.

g. Pengupasan kulit kopi *Hard Skin*

Pengupasan kulit kopi *Hard Skin* bertujuan untuk memisahkan biji kopi dari kulit ari untuk menghasilkan biji kopi beras. Biji kopi kering digiling dengan mesin *huller*. Mesin penggiling yang digunakan oleh Balai perakitan dan Pengujian Tanaman Industri dan Penyegar ini memiliki kapasitas sebesar 2 kg. Tujuan dari proses *hulling* adalah untuk memisahkan biji kopi dari kulit buah kering, kulit cangkang, dan kulit ari.

h. Sortasi biji kopi beras

Sortasi dilakukan kembali setelah menjadi *Green bean coffee*. Biji kopi yang sudah berbentuk seperti beras harus disortasi secara fisik atas dasar ukuran dan cacat biji.

i. Penyangraian (*Roasting*)

Penyangraian kopi dilakukan dengan menggunakan mesin sangrai probat BRZ 2 propan-werke untuk kapasitas 200 gram. Penyangraian dilakukan pada derajat penyangraian medium (suhu awal 200 °C, selama 6 menit).



Gambar 6. Mesin sangrai probat BRZ 2 propan-werke

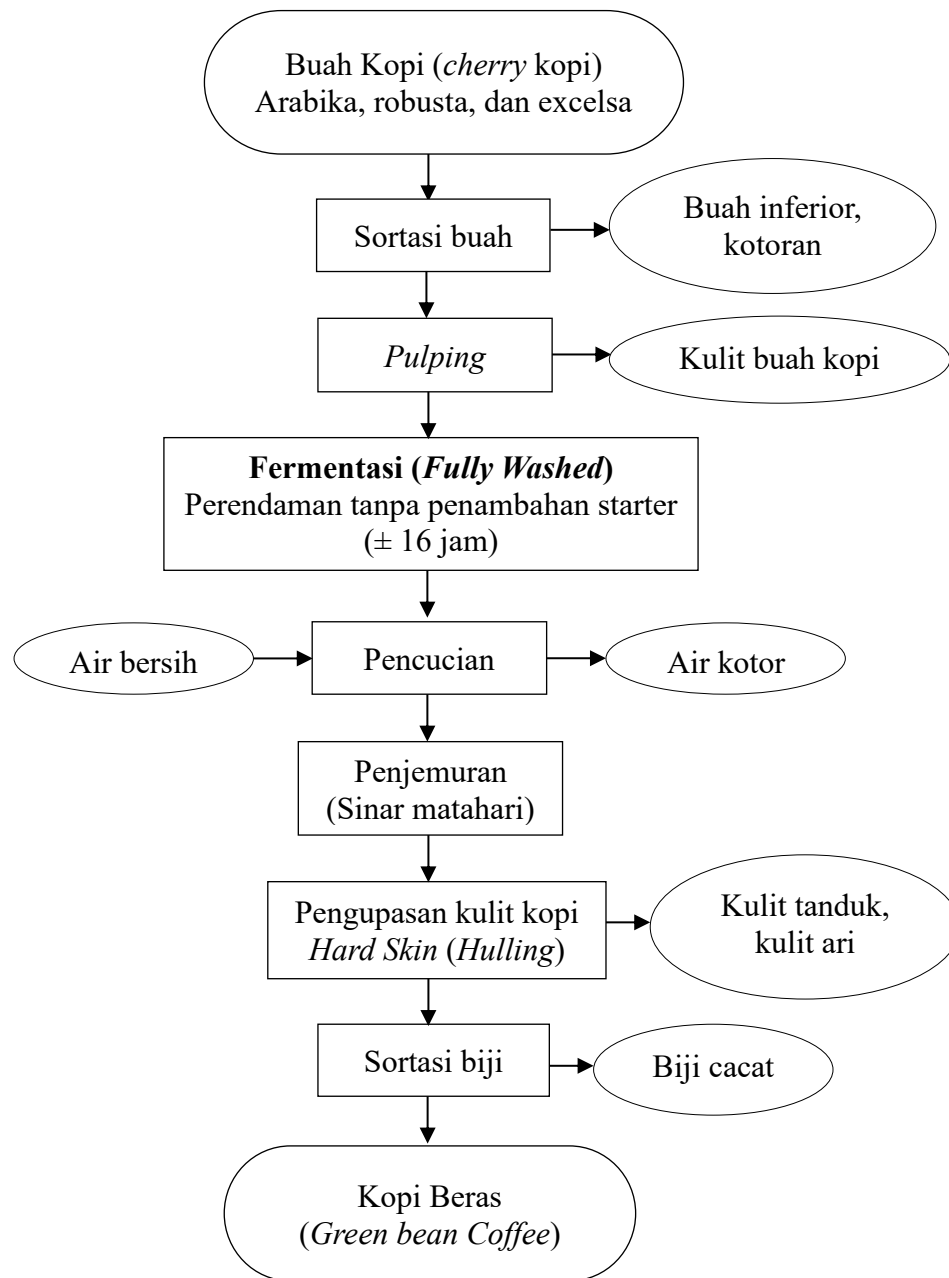
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

j. Pembubukan (*Grinding*)

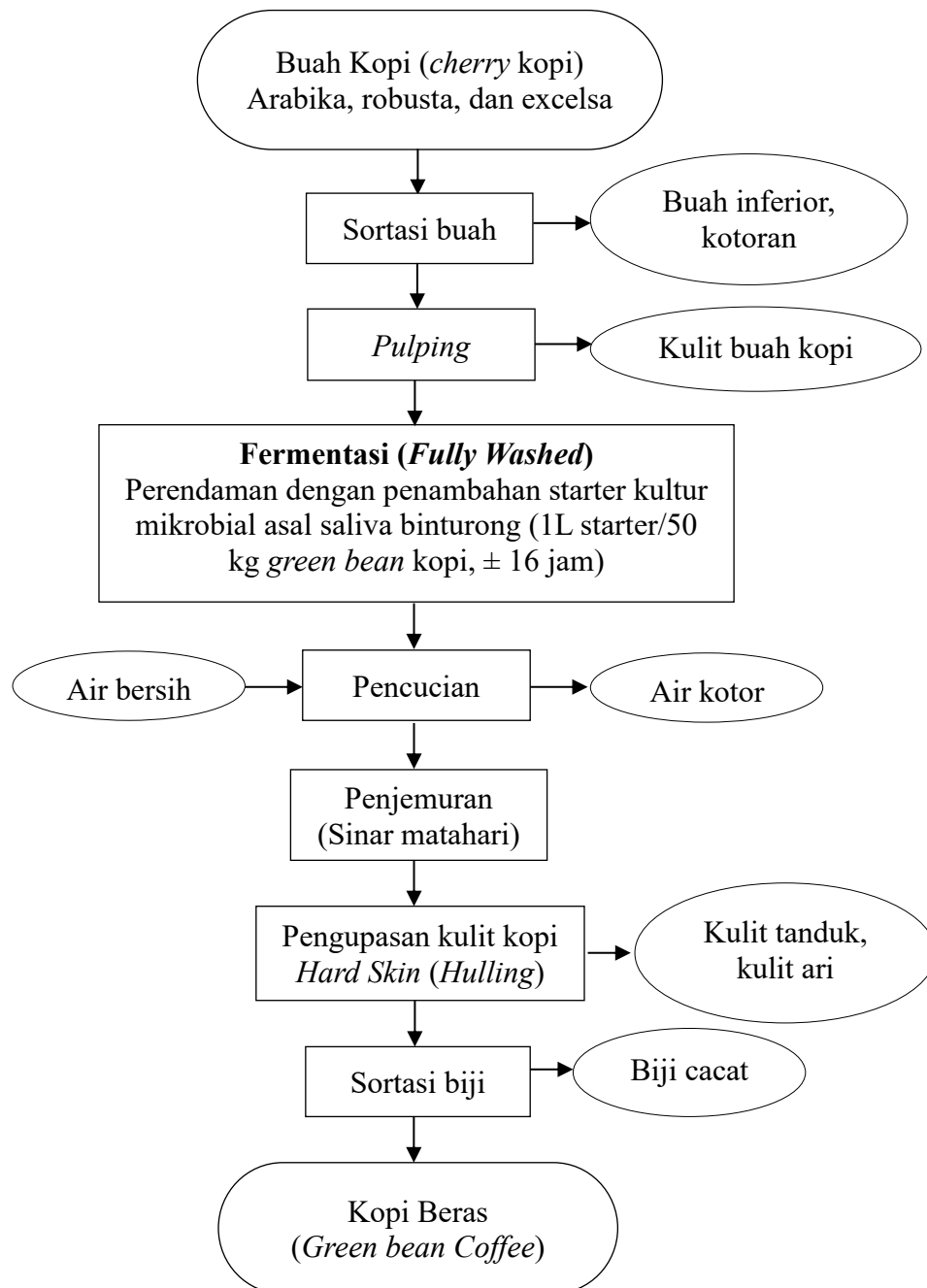
Biji kopi sangrai dihaluskan dengan alat penghalus (*grinder*) yang sudah dilengkapi dengan pengatur ukuran partikel kopi sehingga secara otomatis bubuk kopi yang dihasilkan berukuran seragam.

k. Analisa

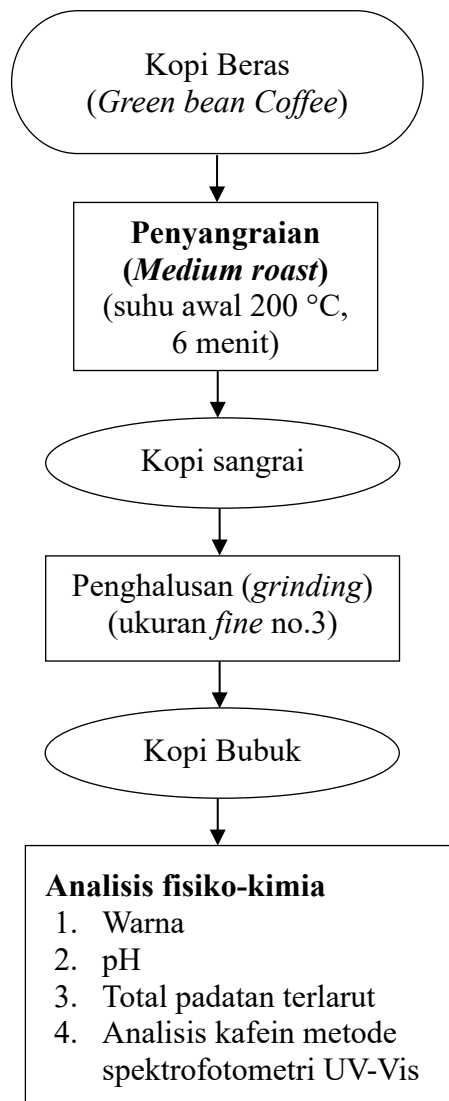
Pada analisa yang akan dilakukan yaitu analisis warna, pH, total padatan terlarut, dan kafein. Diagram alir prosedur penelitian utama dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.



Gambar 7. Diagram alir pengolahan primer kopi (Penelitian Pendahuluan)



Gambar 8. Diagram alir pengolahan primer kopi (Penelitian Utama)



Gambar 9. Diagram alir pengolahan sekunder kopi dan analisis fisiko-kimia (Penelitian Pendahuluan dan Penelitian Utama)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini meliputi analisis karakteristik fisikokimia terhadap bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa tanpa penambahan starter kultur mikrobial asal saliva binturong. Analisis fisikokimia yang dilakukan yaitu warna, pH, total padatan terlarut, dan kafein.

4.1.1. Respon Fisik

Pada pengujian warna bubuk kopi nilai L^* menunjukkan tingkat kecerahan (*Lightness*) dengan nilai dari kisaran 0 untuk warna hitam sampai 100 untuk warna putih. Nilai a^* (*Redness*) menunjukkan warna kromatik campuran antara merah sampai hijau dengan nilai a^+ dari 0 sampai +100 untuk warna merah dan nilai a^- dari 0 sampai -80 untuk warna hijau. Nilai b^* (*Yellowness*) menunjukkan warna kromatik campuran antara warna biru sampai kuning dengan nilai b^+ dari 0 sampai +70 untuk warna kuning, sedangkan nilai b^- dari 0 sampai -70 untuk warna biru.

Tabel 6. Hasil respon fisik berupa analisis warna berbagai jenis kopi tanpa penambahan starter

Sampel	<i>Lightness</i> (L^*)	a^*	b^*	Gambar
Arabika	$34,77 \pm 0,42$	$3,83 \pm 0,37$	$16,35 \pm 0,36$	

Sampel	<i>Lightness</i> (L*)	a*	b*	Gambar
Robusta	36,31±0,14	6,01±0,28	18,36±0,15	
Excelsa	35,53±0,45	5,64±0,40	17,63±0,39	

Berdasarkan tabel hasil analisis pengujian warna di atas, dapat dihitung nilai ΔE atau perbedaan warna total. Parameter ΔE dipakai untuk menilai tingkat perubahan pada komponen warna L*, a*, dan b*. Nilai ΔE yang tinggi menunjukkan perbedaan warna yang besar, sedangkan nilai ΔE yang rendah mengindikasikan perubahan warna yang lebih kecil. Dengan demikian, ΔE berperan penting sebagai indikator dalam menilai keseluruhan pergeseran warna (Thamrin et al., 2022).

Berdasarkan perhitungan ΔE antar sampel didapatkan hasil perbedaan warna antara kopi arabika dan robusta yaitu sebesar 3,34, hal ini menunjukkan bahwa perbedaan warna jelas terlihat karena memiliki nilai $\Delta E > 3$ (Sharma et al., 2005). ΔE dari bubuk kopi arabika dan excelsa yaitu sebesar 2,34, hal ini menunjukkan bahwa perbedaan warna terlihat oleh sebagian orang karena memiliki nilai $2 \leq \Delta E < 3$ (Sharma et al., 2005). Pada warna bubuk kopi robusta dan excelsa

didapatkan hasil perhitungan ΔE yaitu sebesar 1,13, hal ini menunjukkan bahwa perbedaan warna kecil, nyaris tak terlihat karena nilai $1 \leq \Delta E < 2$ (Sharma et al., 2005). Perbedaan warna pada berbagai jenis kopi dapat disebabkan karena adanya proses oksidasi polifenol pada biji kopi yang kulitnya sudah terlepas sehingga menyebabkan perubahan warna. Warna hitam pada bubuk kopi terbentuk melalui reaksi Maillard. Pada tahap penyangraian, reaksi Maillard memicu terjadinya pencoklatan non-enzimatis, yaitu interaksi antara senyawa karbohidrat (gula pereduksi) dengan gugus amin bebas serta asam amino atau protein (Hartati et al., 2022).

4.1.2. Respon Kimia

Tabel 7. Hasil respon kimia berbagai jenis kopi tanpa penambahan starter

Sampel	pH	Total Padatan Terlarut (%Brix)	Kadar Kafein (%b/b)
Arabika	4,91±0,02	2,73±0,15	1,34±0,08
Robusta	5,48±0,00	2,63±0,15	2,02±0,05
Excelsa	5,01±0,01	3,07±0,06	0,95±0,06

Pada tabel di atas diketahui sampel kopi arabika, robusta, dan excelsa memiliki rata-rata pH berturut-turut sebesar 4,91, 5,48, dan 5,01. Hal ini sesuai dengan penelitian Budi et al., (2020) dimana batas standar keasaman kopi ditetapkan tidak boleh kurang dari 4. Berbagai jenis asam yang terkandung tersebut dalam kadar yang sesuai berperan penting dalam membentuk cita rasa khas kopi. Sampel kopi arabika, robusta, dan excelsa memiliki rata-rata total padatan terlarut sebesar 2,73%, 2,63%, dan 3,07 %Brix. Hal ini sesuai dengan penelitian Priyanto et al., (2022) yaitu kopi arabika memiliki total padatan terlarut yang lebih tinggi dibandingkan dengan kopi robusta karena memiliki kandungan gula yang lebih besar. Rata-rata kadar kafein pada kopi arabika, robusta, dan excelsa yang didapatkan berturut-turut sebesar 1,34%, 2,02%, dan 0,95%, hal ini sesuai dengan syarat mutu kopi bubuk pada SNI 8964:2021 yaitu sebesar 0,9-2,5%.

4.2. Penelitian Utama

Penelitian utama merupakan lanjutan dari penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisikokimia bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong. Pada penelitian utama dilakukan uji fisik (warna), dan uji kimia (pH, total padatan terlarut, kafein).

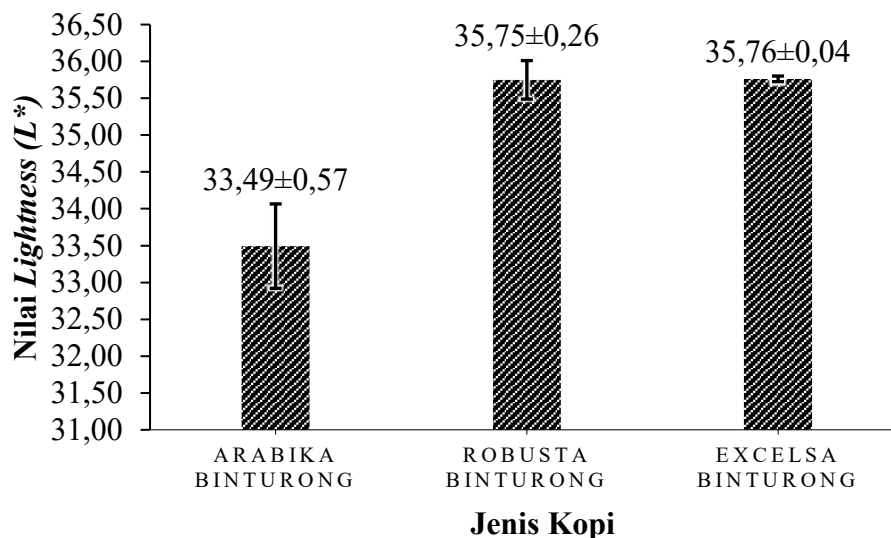
4.2.1. Respon Fisik (Warna)

Warna merupakan salah satu karakteristik fisik penting pada kopi karena berfungsi sebagai daya tarik, identitas, sekaligus atribut sensori. Faktor ini menjadi indikator mutu yang paling cepat terlihat dan memengaruhi persepsi konsumen. Proses fermentasi dapat menentukan warna bubuk kopi, dimana pada proses fermentasi berlangsung reaksi pencoklatan secara enzimatis, yang kemudian memengaruhi warna kopi setelah dilakukan penyangraian (Wilujeng dan Wikandari, 2013). Pengukuran warna dengan notasi L^* , a^* , b^* bertujuan untuk memprediksi perubahan warna bubuk kopi arabika, robusta, dan excelsa yang diberi perlakuan penambahan starter kultur mikrobial asal saliva binturong pada tahap fermentasinya.

Sistem notasi warna digambarkan melalui tiga parameter, yaitu warna kromatik (hue) dengan simbol a^* , intensitas warna dengan simbol b^* , serta warna akromatik berupa kecerahan dengan simbol L^* . Parameter a^* dan b^* mewakili warna kromatik yang terdiri atas merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu, sedangkan warna akromatik yang meliputi putih, hitam, dan abu-abu ditunjukkan dengan notasi L^* sebagai tingkat kecerahan.

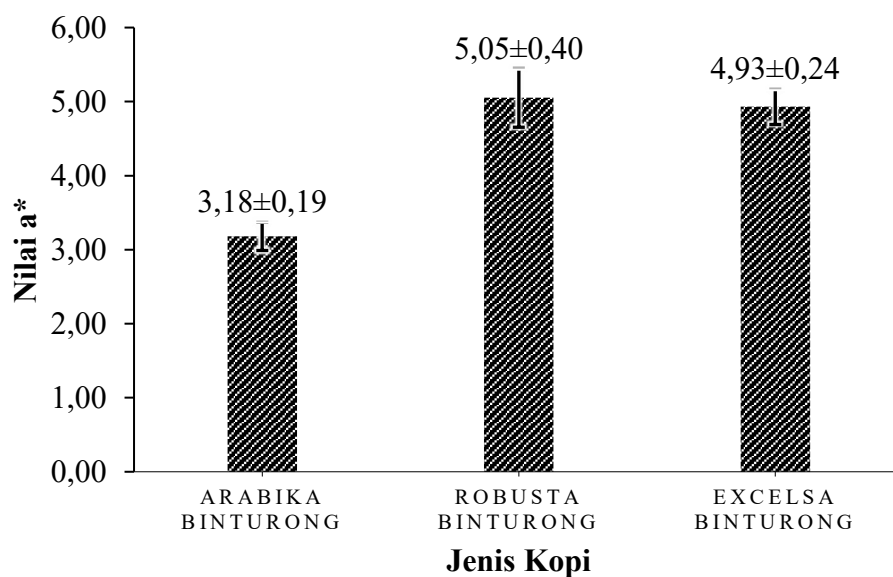
Tabel 8. Tabel hasil pengujian warna berbagai jenis kopi dengan penambahan starter

Sampel	<i>Lightness</i> (L*)	a*	b*	Gambar
Arabika Binturong	33,49±0,57	3,18±0,19	15,25±0,20	
Robusta Binturong	35,75±0,26	5,05±0,40	17,43±0,32	
Excelsa Binturong	35,76±0,04	4,93±0,24	17,24±0,17	



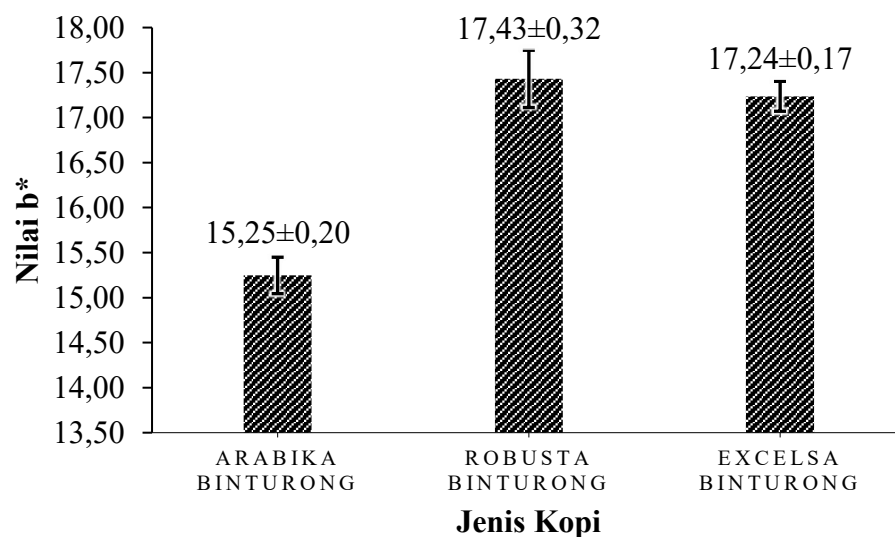
Gambar 10. Diagram hasil pengujian warna nilai *lightness* (L^*)

Notasi L^* menunjukkan tingkat kecerahan (*Lightness*) dengan nilai dari kisaran 0 untuk warna hitam sampai 100 untuk warna putih. Nilai *Lightness* yang dihasilkan pada penelitian ini berdasarkan jenis kopi arabika binturong, berkisar antara 33,05-34,14 dengan nilai rata-rata 33,49. Nilai *Lightness* untuk jenis kopi robusta binturong berkisar 35,45-35,93 dengan nilai rata-rata 35,75, sedangkan jenis kopi excelsa binturong berkisar 35,72-35,79 dengan nilai rata-rata 35,76 (Lampiran 7). Berdasarkan diagram pada gambar 10, terlihat bahwa nilai L^* terendah diperoleh oleh kopi arabika binturong yaitu 33,49 sedangkan nilai L^* tertinggi diperoleh oleh kopi hasil fermentasi menggunakan kultur mikrobial asal saliva binturong yang menggunakan kopi jenis robusta yaitu 35,75.



Gambar 11. Diagram hasil pengujian warna nilai a*

Nilai a* menunjukkan warna kromatik campuran antara merah sampai hijau dengan nilai a+ dari 0 sampai +100 untuk warna merah dan nilai a- dari 0 sampai -80 untuk warna hijau. Nilai a* yang dihasilkan pada penelitian ini berdasarkan jenis kopi arabika binturong, berkisar antara 3,06-3,40 dengan nilai rata-rata 3,18. Nilai a* untuk jenis kopi robusta binturong berkisar 4,73-5,50 dengan nilai rata-rata 5,05, sedangkan jenis kopi excelsa binturong berkisar 4,67-5,14 dengan nilai rata-rata 4,93 (Lampiran 9). Berdasarkan diagram pada gambar 11, menunjukkan bahwa nilai a* tertinggi terdapat pada jenis kopi robusta binturong yaitu sebesar 5,05. Nilai a* terendah terdapat pada jenis kopi arabika binturong yaitu sebesar 3,18.



Gambar 12. Diagram hasil pengujian warna nilai b*

Nilai b* menunjukkan warna kromatik campuran antara warna biru sampai kuning dengan nilai b+ dari 0 sampai +70 untuk warna kuning, sedangkan nilai b- dari 0 sampai -70 untuk warna biru. Nilai b* yang dihasilkan pada penelitian ini berdasarkan jenis kopi arabika binturong, berkisar antara 15,12-15,48 dengan nilai rata-rata 15,25. Nilai b* untuk jenis kopi robusta binturong berkisar 17,14-17,77 dengan nilai rata-rata 17,43, sedangkan jenis kopi excelsa binturong berkisar 17,06-17,39 dengan nilai rata-rata 17,24 (Lampiran 11). Berdasarkan diagram pada gambar 12, nilai b* tertinggi terdapat pada jenis kopi robusta binturong sebesar 17,43. Nilai b* terendah terdapat pada jenis kopi arabika binturong sebesar 15,25.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan nilai *lightness* (L*) disebabkan oleh perubahan warna biji kopi yang semakin gelap, cenderung coklat kehitaman. Kondisi ini berkaitan dengan terjadinya reaksi Maillard, yaitu reaksi pencoklatan non-enzimatis antara senyawa bergugus karbonil (gula pereduksi) dan gugus amino yang menghasilkan senyawa kompleks dengan berat molekul tinggi. Menurut Murthy dan Naidu, (2011) salah satu perubahan paling signifikan yang terjadi selama proses fermentasi kopi adalah degradasi lapisan lendir (*mucilage*) yang menyelimuti permukaan biji kopi. Lapisan *mucilage* ini tersusun atas pektin, gula pereduksi, gula non-pereduksi, selulosa, dan mineral. Sejalan dengan pernyataan Avallone et al., (2002) yang menjelaskan bahwa *mucilage* mengandung

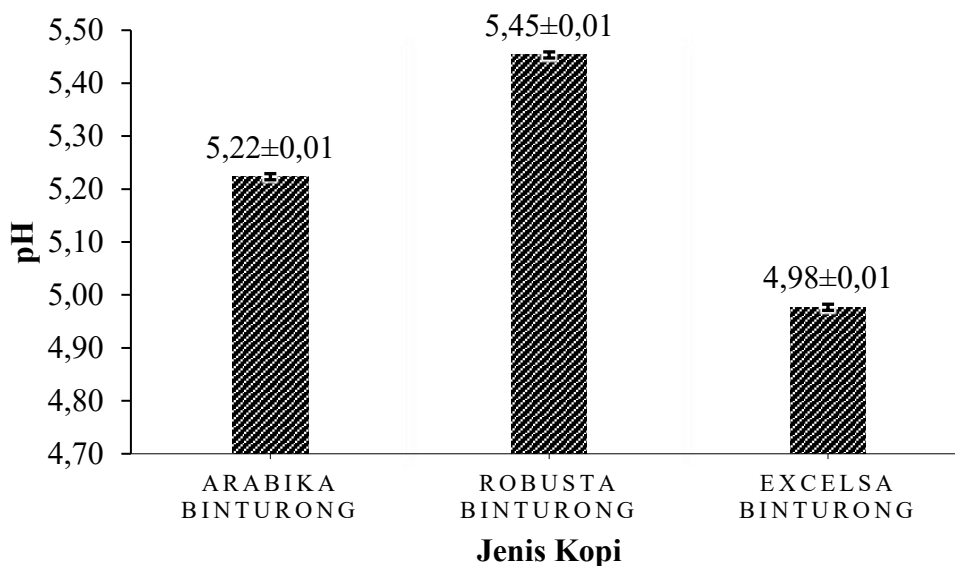
sekitar 30% gula pereduksi, terutama glukosa dan fruktosa. Keberadaan gula pereduksi inilah yang memicu reaksi Maillard saat penyangraian.

Robusta binturong cenderung memiliki warna yang lebih terang dibandingkan kedua jenis kopi lainnya. Hal ini dapat terjadi karena densitas kopi robusta lebih tinggi, menjadikan biji kopinya lebih padat dan struktur sel yang lebih rapat sehingga penyerapan panas lebih lambat. Akibatnya, pada suhu dan waktu sangrai yang sama, bagian luar biji robusta belum mengalami reaksi Maillard dan karamelisasi secara optimal, sehingga menghasilkan warna yang lebih terang. Selaras dengan penelitian Yusibani et al., (2023) yang menunjukkan bahwa robusta memiliki *true density* yang lebih tinggi (0,950–1,156 g/cm³) dibanding arabika (0,905–1,085 g/cm³).

Proses fermentasi menjadi salah satu penyebab terbentuknya warna pada kopi yang berlangsung akibat aktivitas mikroorganisme serta reaksi enzimatik yang menyebabkan variasi tingkat kehitaman pada jenis kopi yang berbeda. Fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong yang mengandung konsorsium bakteri *Lysinibacillus fusiformis strain Ma-Su CECRI 2*, *Bacillus cereus strain L77*, *Bacillus subtilis strain GL2*, dan *Bacillus cereus strain F4a* ini menyebabkan adanya aktivitas bakteri proteolitik, seperti *Bacillus* sp. yang menghasilkan enzim proteolitik dalam jumlah tinggi (Wibowo et al., 2021). Warna pada bubuk kopi juga terbentuk akibat reaksi Maillard selama proses penyangraian. Menurut Wilujeng dan Wikandari, (2013) reaksi Maillard mengubah protein menjadi senyawa melanoidin, yaitu turunan protein yang berperan dalam menentukan warna kopi.

4.2.2. Respon Kimia

4.2.2.1. pH



Gambar 13. Diagram hasil pengujian pH

pH merupakan indikator yang menggambarkan konsentrasi ion hidrogen terlarut dalam suatu bahan dan dinyatakan dalam bentuk logaritma. Secara umum, pH dapat menunjukkan sifat asam, basa, atau alkali. Analisis pH bubuk kopi dari berbagai jenis kopi hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong menunjukkan kisaran nilai 4,98-5,45. Data tersebut memperlihatkan nilai tertinggi pada kopi robusta binturong dan terendah yaitu kopi excelsa binturong. Sejalan dengan penelitian Suwarmini et al., (2017) yang menyebutkan bahwa pH kopi arabika lebih rendah dibandingkan pH kopi robusta. Perbedaan pH ini diduga berkaitan dengan akumulasi asam organik dan meningkatnya jumlah proton (H^+) akibat proses pengolahan (Fitriani dan Yuliani, 2023)

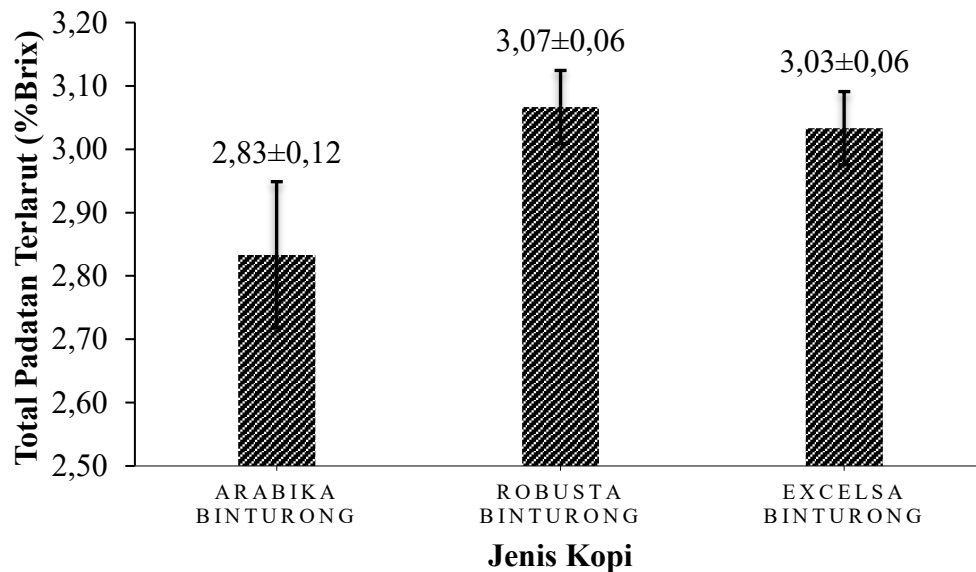
pH atau derajat keasaman merupakan salah satu parameter penting dalam menilai mutu bubuk kopi hasil fermentasi. Biji kopi secara alami mengandung berbagai jenis asam, terutama golongan asam karboksilat seperti asam format, asetat, oksalat, sitrat, laktat, malat, dan quinat yang turut memengaruhi pH kopi. Kehadiran asam-asam ini berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa khas kopi.

Hasil penelitian Budi et al., (2020), menunjukkan bahwa fermentasi menyebabkan penurunan nilai pH atau meningkatkan derajat keasaman, meskipun laju penurunan tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi ragi yang digunakan. Keasaman yang muncul berasal dari hasil pemecahan gula selama fermentasi. Menurut Afifah, (2010) selama proses fermentasi ragi menguraikan gula menjadi etanol, yang selanjutnya diubah oleh bakteri asam asetat menjadi berbagai jenis asam organik. Asam yang dihasilkan kemudian dilepaskan ke lingkungan sehingga memengaruhi perubahan derajat keasaman. Ridwansyah (2003) menambahkan bahwa kopi hasil fermentasi masih dapat dikonsumsi apabila memiliki pH di atas 4.

Menurut Wibowo et al., (2021), kopi yang difermentasi starter binturong memiliki nilai pH yang cenderung menurun karena produksi asam oleh pertumbuhan populasi bakteri. Dengan demikian, pH kopi tidak hanya ditentukan oleh kandungan asam alaminya tetapi juga dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti lokasi tumbuh, metode pengolahan, serta tingkat *roasting* (Khairani, 2021).

4.2.2.2. Total Padatan Terlarut

Karakteristik kimia kopi yang juga perlu diperhatikan yaitu %Brix yang diukur menggunakan *refractometer*. %Brix menunjukkan total padatan yang terlarut. Total padatan terlarut dalam suatu larutan menggambarkan jumlah sukrosa yang terkandung dalam setiap 100 mL larutan. Antika dan Ingesti, (2020) menyebutkan bahwa nilai 1 %Brix menunjukkan adanya 1 gram sukrosa terlarut dalam 100 mL larutan. Umumnya peningkatan %Brix dipresepsikan sebagai rasa manis atau gula berkaramel (Henrietta, 2020).



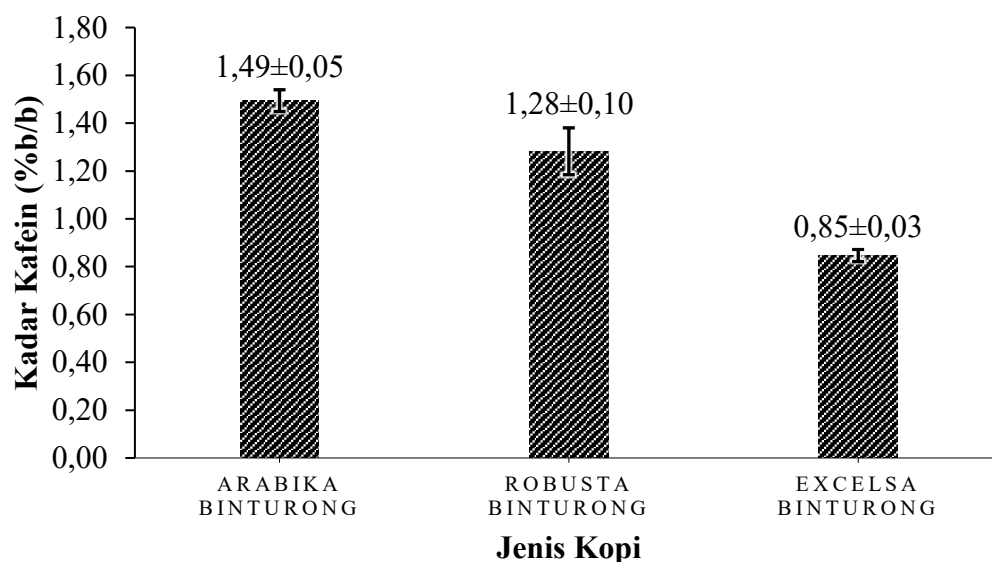
Gambar 14. Diagram hasil pengujian Total Padatan Terlarut

Berdasarkan gambar 14 di atas, kopi arabika binturong memiliki total padatan terlarut yang rendah (2,83 %Brix) jika dibandingkan dengan excelsa binturong (3,03 %Brix) dan robusta binturong (3,07 %Brix). Tarigan et al., (2015) menyatakan bahwa kadar total padatan terlarut (TPT) pada kopi robusta lebih tinggi dibandingkan kopi arabika dan excelsa. Hal ini dapat terjadi karena jumlah padatan yang terekstrak dari kopi robusta binturong lebih tinggi dibandingkan dengan padatan yang dihasilkan dari ekstrak kopi excelsa dan arabika binturong. Hal ini disebabkan sukrosa mengalami degradasi melalui reaksi hidrolisis yang dipicu oleh kondisi asam, panas, dan keberadaan mineral tertentu. Komponen padatan terlarut seperti asam organik, asam amino, dan karbohidrat sederhana berperan penting dalam membentuk cita rasa serta aroma kopi setelah proses penyangraian (Borem et al., 2016).

Kenaikan total padatan terlarut dapat disebabkan karena selama proses fermentasi karbohidrat pada *mucilage* akan dirombak oleh mikroorganisme membentuk karbohidrat rantai pendek dan gula yang dapat diserap oleh biji kopi (Bastian et al., 2024). Fermentasi turut mendorong terjadinya reaksi kimia yang menghasilkan prekursor cita rasa, antara lain asam organik, asam amino, dan gula reduksi.

Kopi yang difermentasi menggunakan starter binturong cenderung mengalami kenaikan total padatan terlarut. Dalam penelitian Wibowo et al., (2021), kopi yang difermentasi menggunakan starter binturong memiliki skor kemanisan yang tinggi. Proses pemecahan karbohidrat selama fermentasi menghasilkan glukosa yang memberikan karakteristik manis pada biji kopi (Redgwell dan Fischer, 2006). Tingginya tingkat kemanisan berkaitan dengan rendahnya intensitas rasa pahit, karena protein terdegradasi menjadi asam amino. Semakin sedikit protein, maka rasa pahit pada kopi juga akan berkurang (Marcone, 2004).

4.2.2.3. Kadar Kafein



Gambar 15. Diagram hasil pengujian Kadar Kafein

Berdasarkan data pada gambar 15, dapat diketahui bahwa kadar kafein dari 3 jenis kopi binturong yang berbeda memiliki nilai kafein antara 0,85%-1,49%. Kadar kafein tertinggi terdapat pada kopi arabika binturong (1,49%) diikuti oleh kopi robusta binturong (1,28%) dan excelsa binturong (0,85%). Perbedaan kadar kafein pada penelitian ini serupa oleh hasil yang telah dilaporkan oleh Heriyanto dan Yuniati, (2022), dimana konsentrasi kafein dari kopi excelsa lebih rendah dibandingkan dengan kopi arabika dan robusta. Kadar kafein dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis alat sangrai yang digunakan, asal geografis biji kopi, karakteristik fisik biji, varietas biji kopi, dan metode pengolahan. Kafein yang merupakan metabolit sekunder golongan alkaloid dalam biji kopi, berperan dalam

memberikan rasa pahit. Semakin rendah kadar kafein, maka tingkat kepahitan pada seduhan kopi juga semakin berkurang.

Penelitian Ridwansyah (2003), menunjukkan bahwa kafein menurun secara signifikan seiring bertambahnya lama fermentasi. Penurunan ini terjadi karena lapisan lendir (*mucilage*) yang terlepas selama fermentasi mempermudah penetrasi enzim proteolitik. Aktivitas enzim tersebut menyebabkan hidrolisis protein pada vakuola biji kopi, sehingga kafein keluar dan ikut tercuci pada tahap pencucian pasca fermentasi.

Wibowo et al., (2021) menyatakan bahwa proses fermentasi pada kopi menggunakan starter binturong menyebabkan penurunan kadar kafein pada biji kopi. Hal ini disebabkan oleh keberadaan bakteri proteolitik yang menghasilkan enzim proteolitik yang cukup tinggi. Enzim protease akan memecah protein menjadi peptida dan asam amino bebas. Pemecahan protein pada vakuola ini menyebabkan kafein akan keluar dari biji dan tercuci saat pencucian pasca fermentasi sehingga terjadi penurunan kadar kafein dalam kopi dan peningkatan asam amino bebas (Marcone, 2004).

Sedikit kenaikan pada kadar kafein kopi arabika binturong jika dibandingkan dengan kopi arabika yang difermentasi tanpa penambahan starter dapat terjadi akibat tidak seimbangnya kinerja mikroba penyusun starter binturong. Ketidakseimbangan kinerja mikroba ini dapat diakibatkan oleh faktor lingkungan dan keaktifan starter sehingga berpengaruh terhadap mikroba. Peremajaan starter menjadi salah satu upaya untuk menjaga viabilitas bakteri agar tetap berada dalam fase stasioner yang maksimum. Sehingga sel bakteri hidup konstan dan memastikan starter aktif saat digunakan.

Kadar kafein kopi arabika binturong yang tinggi juga dapat disebabkan oleh proses ekstraksi kafein pada vakuola biji kopi. Robusta memiliki tekstur biji yang lebih keras dan lebih padat dibanding arabika. Sejalan dengan penelitian Sruthi dan Suganthi, (2019) yang menyebutkan kopi robusta memiliki bobot biji yang lebih besar dibandingkan kopi arabika. Tekstur dan kepadatan biji kopi robusta ini berkaitan dengan kandungan serat dan lignin yang lebih tinggi dibandingkan kopi arabika (Singh et al., 2023) sehingga menyebabkan kafein lebih sulit terekstrak

pada biji kopi robusta. Kopi rentan terhadap hama penyakit tanaman salah satunya yaitu hama penggerek buah kopi (PBKo). Perkembangan hama penggerek buah kopi dipengaruhi oleh kondisi ketinggian wilayah tumbuhnya. Pada daerah dengan ketinggian sekitar 500-1000 mdpl, tingkat serangan hama cenderung lebih parah, sedangkan pada ketinggian sekitar 1.500 mdpl, intensitas serangan relatif ringan (Jaramillo et al., 2006) sehingga robusta lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Untuk bertahan, tanaman robusta secara alami menghasilkan senyawa pertahanan, terutama kafein dan klorogenat. Semakin tinggi tekanan hama, biasanya semakin tinggi kadar kafein yang diproduksi tanaman. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Spinale dan James, (1990) yang menyebutkan kandungan kafein biji mentah arabika dilaporkan lebih rendah dibandingkan robusta, yakni sekitar 1,2% untuk arabika dan 2,2% untuk robusta. Penelitian Lindsay et al., (2012) juga menyebutkan biji kopi hijau robusta memiliki kandungan asam klorogenat yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis kopi lainnya. Kandungan asam klorogenat pada biji kopi robusta berkisar antara 5,1 hingga 11,3 mg per gram biji kopi.

Kadar kafein arabika binturong dan robusta binturong telah memenuhi ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8964:2021 mengenai kadar kafein kopi bubuk berkisar antara 0,9-2,5%. Namun untuk kopi excelsa binturong termasuk kedalam kopi dekafein karena memiliki kadar kafein dibawah standar. Dekafeinisasi yaitu berkurang atau hilangnya kandungan kafein dari suatu bahan pangan baik melalui mekanisme alami maupun dengan bantuan bahan kimia.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai *lightness* (L^*), a^* , dan b^* jenis kopi arabika binturong memberikan warna paling gelap dibandingkan dengan bubuk kopi excelsa binturong maupun robusta binturong. Nilai pH dari ketiga jenis kopi binturong berkisar antara 4,98-5,45 dan tergolong aman apabila dikonsumsi oleh manusia. Total padatan terlarut dari ketiga jenis kopi binturong berkisar antara 2,83-3,07 %Brix. Kadar kafein pada kopi arabika binturong dan robusta binturong memenuhi ketentuan SNI 8964:2021 dimana memiliki kadar kafein berturut-turut 1,49% dan 1,28%. Namun untuk kopi excelsa binturong termasuk ke dalam kopi dekafein karena memiliki kadar kafein dibawah standar yaitu sebesar 0,85%.
2. Secara keseluruhan, terdapat perbedaan karakteristik fisikokimia antara varietas arabika, robusta, dan excelsa hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong. Arabika binturong memiliki kadar kafein paling tinggi, robusta binturong cenderung memiliki total padatan terlarut paling tinggi dengan warna yang paling cerah, sementara excelsa binturong memiliki pH paling rendah.

5.2. Saran

1. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan starter kultur mikrobial asal saliva binturong agar dapat diaplikasikan pada industri pangan, disarankan untuk dilakukan pengujian sensori lebih lanjut untuk melihat penerimaan konsumen terhadap hasil seduhan berbagai jenis kopi hasil fermentasi menggunakan starter kultur mikrobial asal saliva binturong sehingga dapat dihasilkan kopi dengan sifat fisiko-kimia, dan citarasa yang baik dan diterima oleh konsumen.
2. Penelitian dapat diperluas pada variasi lama fermentasi, konsentrasi starter, dan metode pascapanen lainnya untuk mengetahui pengaruh yang lebih komprehensif

3. Bagi petani atau pelaku industri kopi, hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam mengembangkan teknik fermentasi inovatif untuk meningkatkan mutu dan nilai jual kopi, namun perlu dikaji lebih lanjut sebelum diterapkan secara komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N. (2010). *Analisis Kondisi dan Potensi Lama Fermentasi Minuman Kombucha (teh, kopi, rosela) Dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri Patogen (Vibrio cholerae dan Bacillus cereus)*. Malang.
- Antika, L., & Ingesti, P. S. V. R. (2020). Analisis Lama Waktu Pangkal Batang Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Tertinggal di Lahan Terhadap Nilai Rendemen. *Vigor: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika Dan Subtropika*, 5(1), 19–23. <https://doi.org/10.31002/vigor.v5i1.2414>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist) (AChemist). (1995). *Official Methods of Analysis*. Maryland: Association of Official Analytical Chemist.
- Aprilia, F. R., Ayuliansari, Y., Putri, T., Azis, M. Y., Camelina, W. D., & Putra, M. R. (2018). Analisis Kandungan Kafein dalam Kopi Tradisional Gayo dan Kopi Lombok Menggunakan HPLC dan Spektrofotometri UV/Vis. *Biotika*, 16(2), 37–41.
- Avallone, S., Brillouet, J. M., Guyot, B., Olguin, E., & Guiraud, J. P. (2002). Involvement of Pectolytic Micro-Organisms in Coffee Fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), 191–198. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00556.x>
- Bastian, F., Sinaga, H. L., Syarifuddin, A., & Hambali, A. (2024). Peningkatan Cita Rasa Kopi Robusta Terdekafeinasi Melalui Fermentasi Ulang Menggunakan Mucilage Tiruan. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 18(3), 593–604. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i3.18556>
- Borem, F. M., Figueiredo, L. P., Ribeiro, F. C., Taveira, J. H. S., Giomo, G. S., & Salva, T. J. G. (2016). The Relationship Between Organic Acids, Sucrose and The Quality of Specialty Coffees. *African Journal of Agricultural Research*, 11(8), 709–717. <https://doi.org/10.5897/ajar2015.10569>
- BSN. (2008). *SNI 01-2907-2008 tentang Biji kopi*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BSN. (2021). *SNI 8964:2021 tentang Kopi sangrai dan kopi bubuk*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Budi, D., Mushollaeni, W., Yusianto, & Rahmawati, A. (2020). Karakterisasi Kopi Bubuk Robusta (*Coffea Canephora*) Tulungrejo Terfermentasi dengan Ragi *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Agroindustri*, 10(2), 129–138. <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.10.2.129-138>
- Cahyadi, M. D. P. A., Tarjoko, & Purwanto. (2021). Pengaruh Ketinggian Tempat

- Terhadap Sifat Fisiologi dan Hasil Kopi Arabika di Dataran Tinggi Desa Sarwodadi Kecamatan Pejawaran Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Ilmiah Media Agrosains*, 7(1), 1–7.
- Clarke, R., & Vitzthum, O. (2001). *Coffee: Recent Developments. Coffee: Recent Developments Chapt 2-4*. London: Blackwell Science.
- Fitriani, & Yuliani, H. (2023). Karakteristik Kimia Kopi Bubuk dan Mutu Sensori Seduhan Kopi Arabika Jantan (Peaberry) Dengan Variasi Suhu Penyangraian di Koperasi Baitul Qiradh Baburarrayan. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(1), 212–221.
- Frank, H. A., Lum, N. A., & Cruz, A. S. Dela. (1965). Bacteria Responsible for Mucilage-Layer Decomposition in Kona Coffee Cherries. *Applied microbiology*, 13(2), 201–207. <https://doi.org/10.1128/aem.13.2.201-207.1965>
- Hakim, L., & Septian, A. (2011). Prospek Ekspor Kopi Arabika Organik Bersertifikat di Kabupaten Aceh Tengah. *Agrisep*, 12(1), 1–8.
- Hakim, S., Irwnsyah, Widayat, R., & Baihaqi. (2024). Analisis Kimia Kopi Cherry Arabika (*Coffea arabica*) dengan Kajian Kadar Alkohol, Kadar Kafein, Total Padatan Terlarut dan Total Asam Pada Limbah Hasil Fermentasi Anaerobik. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 9(2), 172–179. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v9i2.868>
- Hartati, H., Azmin, N., & Irwansyah, M. (2022). Karakteristik Fisik dan Mutu Organoleptik Kopi Bumi Pajo Pada Berbagai Metode Fermentasi. *JUSTER : Jurnal Sains dan Terapan*, 1(2), 13–20. <https://doi.org/10.55784/juster.v1i2.72>
- Hatiningsih, S., Antara, N. S., & Gunam, I. B. W. (2018). Microbiological and Physicochemical Changes of Green Coffee (*Coffea Arabica*) Fermentation in Kintamani, Bangli, Bali. *Scientific Journal of Food Technology*, 5(2), 123–138.
- Havare, D., B, S. G., K, B., & Murthy, P. S. (2019). Coffee Starter Microbiome and In-Silico Approach To Improve Arabica Coffee. *LWT-Food Science and Technology*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108382>
- Henrietta, C. (2020). *Analisis Pengaruh Suhu Penyangraian Kopi Terhadap Karakteristik Beberapa Jenis Kopi*. Bogor.
- Heriyanto, & Yuniati, Y. (2022). Peningkatan Mutu Produk Kopi Warining Dampit Berdasarkan Kajian Kandungan Senyawa Aktifnya. *JAPI (Jurnal Akses Pengabdian Indonesia)*, 7(3), 131–140. <https://doi.org/10.33366/japi.v7i3.3927>

- Herlinawati, L. (2020). Mempelajari Pengaruh Konsentrasi Maltodekstrin dan Polivinil Piroolidon (PVP) terhadap Karakteristik Sifat Fisik Tablet Effervescent Kopi Robusta (*Coffea robusta* Lindl). *Jurnal Agribisnis dan Teknologi Pangan*, 1(1), 1–25.
- Hulupi, R. (2014). Libtukom: Varietas Kopi Liberika Anjuran untuk Lahan Gambut. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 26(1), 1–6.
- Hutchings, J. B. (1999). Food Colour and Appearance. *Food Colour and Appearance*, 1–29. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2373-4>
- Jaramillo, J., Borgemeister, C., & Baker, P. (2006). Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): Searching for Sustainable Control Strategies. *Bulletin of Entomological Research*, 96(3), 223–233. <https://doi.org/10.1079/ber2006434>
- Khairani. (2021). *Pengaruh Fermentasi Bakteri Asam Laktat Dari Yoghurt Terhadap Cita Rasa Kopi arabika Sidikalang (Cofea arabica)*. Medan.
- Kurniawan, T. B., Bintari, S. H., & Susanti, R. (2014). Efek Interaksi Ragi Tape dan Ragi Roti terhadap Kadar Bioetanol Ketela Pohon (*Manihot Utilissima*, Pohl) Varietas Mukibat. *Biosaintifika*, 6(2), 152–160. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v6i2.3783>
- Lee, L. W., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., & Liu, S. Q. (2015). Coffee Fermentation and flavor - An Intricate and Delicate Relationship. *Food Chemistry*, 185, 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>
- Lindsay, J., Carmichael, P.-H., Kroger, E., & Laurin, D. (2012). *Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention*. Wiley-Blackwell. USa: Wiley-Blackwell Publisng Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119949893>
- Madi, S. C. Y., Budiastra, I. W., Purwanto, Y. A., & Widyotomo, S. (2018). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Lapisan Biji pada Akurasi Prediksi Kandungan Minor Biji Kopi Arabika Hijau Bondowoso dengan NIR Spectroscopy. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 23(2), 81–87. <https://doi.org/10.18343/jipi.23.2.81>
- Marcone, M. F. (2004). Composition and Properties of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian Civet Coffee. *Food Research International*, 37, 901–912. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.05.008>
- Maryuna, S., Hartuti, S., & Fadhil, R. (2022). Penilaian Sensori Kopi Arabika Gayo Pada Berbagai Ketinggian Menggunakan Seduhan V60. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(4), 787–790. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i4.22005>
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2018). *Permen LHK No. P.106 Tahun*

2018 Tentang jenis Tumbuhan dan Satwa yang dilindungi. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta: Meteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

Murthy, P. S., & Naidu, M. M. (2011). Improvement of Robusta Coffee Fermentation with Microbial Enzymes. *European Journal of Applied Sciences*, 3(4), 130–139.

Ningrum, S., & Prayitno, S. A. (2023). Chemical Characterization of Coffee from Several Region of Indonesia (Cafein value, pH and Total Acid). *Journal of Tropical Food and Agroindustrial Technology*, 4(02), 61–68. <https://doi.org/10.21070/jtfat.v4i02.1625>

Pereira, G. V. de M., Neto, E., Soccol, V. T., Medeiros, A. B. P., Woiciechowski, A. L., & Soccol, C. R. (2015). Conducting Starter Culture-Controlled Fermentations of Coffee Beans During On-Farm Wet Processing: Growth, Metabolic Analyses and Sensorial Effects. *Food Research International*, 75, 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.027>

Permentan. (2012). *Pedoman Penanganan Pascapanen Kopi*. Menteri Pertanian. Jakarta: Menteri Pertanian.

Priyanto, D. A. M., Hintono, A., & Dwiloka, B. (2022). Perbedaan Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Produk Kopi Rempah dari Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Kopi Robusta (*Coffea robusta*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(4), 179–184. <https://doi.org/10.17728/jatp.13827>

PUSDATIN. (2023). *Buku Outlook Komoditas Perkebunan Kopi*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.

Randriani, E., & Dani. (2018). *Pengenalan Varietas Unggul Kopi*. Jakarta: IAARD Press. Diambil dari http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Redgwell, R., & Fischer, M. (2006). Coffee Carbohydrates. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 165–174. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100012>

Ridwansyah. (2003). *Pengolahan Kopi*. Universitas Sumatra Utara, Medan.

Rosadi, M. I., Majid, A., Rizal, A., Ulum, B., Asror, K., Fu'ad, M., ... Dhani, Y. A. (2021). Pengolahan Kopi Excelsa Pasca Panen Terhadap Roasting Kopi di Kelurahan Pecalukan Kecamatan Prigen Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Abdimas Berdaya : Jurnal Pembelajaran, Pemberdayaan dan Pengabdian Masyarakat*,

4(02), 152–158. <https://doi.org/10.30736/jab.v4i02.134>

- Saragih, J. R. (2010). Kinerja Produksi Kopi Arabika dan Prakiraan Sumbangannya dalam Pendapatan Wilayah Kabupaten Simalungun. *Visi*, 18(1), 98–112.
- Septianti, H. P. (2019). *Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Penghasil Senyawa Antikapang Pada Fermentasi Kopi Rakyat Dalam Wadah Karung Plastik Di Kawasan Pegunungan Ijen-Raung Bondowoso*. Jember.
- Shabirah, F., Fauziyah, Z., Nandi, F. J., Pramudita, R., Citra, M. A., & Anggraeni. (2023). Perilaku Binturong (*Arctictis binturong*) di Pusat Penyelamatan Satwa (PPS) Alobi, Provinsi Bangka Belitung. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*, 8(1), 48–61. <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v8i2.4157>
- Sharma, G., Wu, W., & Dalal, E. N. (2005). The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research and Application*, 30(1), 21–30. <https://doi.org/10.1002/col.20070>
- Sihite, L., Marbun, P., & Supriadi. (2015). Hubungan Ketinggian Tempat dan Kemiringan Lereng Terhadap Produksi Kopi Arabika Sigarar Utang Di Kecamatan Lintong Nihuta. *Jurnal Online Agroekoteaknologi*, 3(2), 666–673.
- Silalahi, A. V., & Rosyadi, R. I. (2024). Evaluasi Kesesuaian Lahan Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Desa Pucaksari Kecamatan Busungbiu Kabupaten Buleleng Menggunakan Analisis Sistem Informasi Geografi. *Jurnal Spatial Wahana Komunikasi dan Informasi Geografi*, 24(1), 21–30. <https://doi.org/10.21009/spatial.241.003>
- Singh, T. A., Pal, N., Sharma, P., & Passari, A. K. (2023). Spent Coffee Ground: Transformation from Environmental Burden into Valuable Bioactive Metabolites. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 22(4), 887–898. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09669-w>
- Siregar, Z. A., Suthamihardja, R. T. M., & Susanty, D. (2020). Karakterisasi Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) Hasil Fermentasi Dengan Bakteri Asam Laktat (*Lactobacillus* sp). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 10(2), 87–94.
- Spinale, & James, J. (1990). *Komoditi Kopi dan Peranannya Dalam Perekonomian Indonesia*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sruthi, N., & Suganthi, A. (2019). Cultivation, Harvesting and Processing to Produce Top Quality Coffee in Coffee Robusta L. Linden And Their Value Added Products-A Review. *American Journal of PharmTech Research*, 9(2), 147–158. <https://doi.org/10.46624/ajptr.2019.v9.i2.014>

- Supriadi, H., & Pranowo, D. (2015). Prospek Pengembangan Agroforestri Berbasis Kopi di Indonesia. *Perspektif*, 14(2), 135–150.
- Suwarmini, N. N., Mulyani, S., & Triani, I. G. A. L. (2017). Pengaruh Blending Kopi Robusta dan Arabika Terhadap Kualitas Seduhan Kopi. *Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 85–92.
- Syaifurrahman, M. A., & Akbar, M. R. (2021). Kopi Robusta (*Coffea canephora*) di Garis Terdepan Menghadapi Perubahan Iklim Global. *Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 33(3), 6–9.
- Tarigan, E. B., Pranowo, D., & Iflah, T. (2015). Tingkat Kesukaan Konsumen Terhadap Kopi Campuran Robusta Dengan Arabika. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 7(1), 12–17. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v7i1.2828>
- Thamrin, E. S., Warsiki, E., Bindar, Y. B., & Kartika, I. A. (2022). Karakterisasi Bahan Pewarna Tinta Termokromik Leuco Dye System Pada Produk Pempek Ikan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 11(4), 635–643.
- Towaha, J., & Rubiyo. (2016). Mutu Fisik Biji dan Citarasa Kopi Arabika Hasil Fermentasi Mikrob Probiotik Asal Pencernaan Luwak. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 3(2), 61–70. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v3n2.2016.p61-70>
- Tyas, S. A. (2022). *Pengaruh Suhu dan Waktu Roasting terhadap Kualitas Hasil Roasting Kopi Arabika*. Tangerang.
- U.S. Department of Agriculture. (2025). Top Production Countries (Coffee). Diambil dari <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0711100>
- Usman, D., Supriyadi, A., & Kusdiyantini, E. (2015). Fermentasi Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Menggunakan Isolat Bakteri Asam Laktat Dari Feces Luwak Dengan Perlakuan Lama Waktu Inkubasi. *Jurnal Biologi*, 4(3), 31–40.
- Wibowo, N. A., Mangunwardoyo, W., Santoso, T. J., & Yasman. (2021). Effect of Fermentation on Sensory Quality of Liberica Coffee Beans Inoculated With Bacteria from Saliva *Arctictis binturong* Raffles, 1821. *Biodiversitas*, 22(9), 3922–3928. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220938>
- Wilujeng, A. A. T., & Wikandari, P. R. (2013). Pengaruh Lama Fermentasi Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dengan Bakteri Asam Laktat *Lactobacillus plantarum* B1765 Terhadap Mutu Produk. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3), 1–10.
- Yusianto, & Widyotomo, S. (2013). Mutu dan Citarasa Kopi Arabika Hasil Beberapa Perlakuan Fermentasi: Suhu, Jenis Wadah, dan Penambahan Agens Fermentasi. *Jurnal Pelita Perkebunan*, 29(3), 220–239.

Yusibani, E., Ikramullah, Yufita, E., Jalil, Z., & Suhendi, E. (2023). The Effect of Temperature and Roasting Time on The Physical Properties of Arabica and Robusta Gayo Coffee Bean. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 7(2), 100–108.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis Warna Bubuk Kopi (Hutchings, 1999)

Pengukuran warna terhadap bubuk kopi dilakukan dengan menggunakan *Chromameter* Hunterlab Miniscan EZ. Prinsip pengukuran warna menggunakan alat ini adalah pengukuran perbedaan warna melalui pantulan cahaya oleh permukaan sampel. Sampel diletakkan pada tempat khusus, setelah menekan tombol *start* diperoleh nilai L, a, dan b. Ketiga parameter tersebut merupakan ciri notasi Hunter. Nilai L menunjukkan tingkat kecerahan (*Lightness*) dengan nilai dari kisaran 0 untuk warna hitam sampai 100 untuk warna putih. Nilai a (*Redness*) menunjukkan warna kromatik campuran antara merah sampai hijau dengan nilai a+ dari 0 sampai +100 untuk warna merah dan nilai a- dari 0 sampai -80 untuk warna hijau. Nilai b (*Yellowness*) menunjukkan warna kromatik campuran antara warna biru sampai kuning dengan nilai +b dari 0 sampai +70 untuk warna kuning, sedangkan nilai -b dari 0 sampai -70 untuk warna biru.

Lampiran 2. Prosedur Analisis pH (AOAC, 1995)

Prosedur analisis pH yaitu dengan terlebih dahulu melakukan preparasi sampel. Sebanyak 2 gram bubuk kopi dilarutkan ke dalam 20 mL aquades yang sudah dipanaskan hingga 90 °C, dan kemudian larutan kopi didinginkan dan disaring menggunakan kertas saring. Analisis derajat keasaman menggunakan alat pH meter dengan cara alat pH meter dihidupkan serta dikalibrasi menggunakan buffer pH 4,0 dan pH 7,0, kemudian bilas dengan aquades. Celupkan elektroda ke dalam sampel, tunggu hingga angka muncul di alat pH meter yang menunjukkan kadar pH dari sampel.

Lampiran 3. Prosedur Analisis Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut kopi diamati setelah bubuk kopi diseduh dengan akuades panas (90 °C) dengan perbandingan 1:10 (2 gram bubuk kopi instan dilarutkan dalam 20 mL akuades panas). Selanjutnya sampel yang telah diencerkan disaring menggunakan kertas saring dan filtrat hasil penyaringan diteteskan pada alat *refractometer* yang sebelumnya telah dikalibrasi dengan menggunakan akuades. Total padatan terlarut dinyatakan dalam %Brix.

Lampiran 4. Prosedur Analisis Kafein Metode Spektrofotometri UV-Vis (Aprilia et al., 2018)

Prosedur analisis kafein metode spektrofotometri UV-Vis dilakukan dengan cara menimbang sebanyak 1 gram bubuk kopi kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia dan ditambahkan 150 mL akuades panas (± 70 °C) kedalamnya sambil diaduk. Larutan kopi disaring melalui corong dengan kertas saring ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya 1,5 g kalsium karbonat (CaCO_3) ditambahkan ke dalam larutan sampel. Kemudian larutan sampel dimasukkan ke dalam corong pisah lalu diekstraksi sebanyak 4 kali, masing-masing dengan penambahan 25 mL kloroform. Lapisan kloroform diambil. Fase kloroform yang telah diambil diuapkan dengan *rotary evaporator*. Ekstrak kafein bebas pelarut dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, diencerkan dengan akuades hingga garis tanda batas dan dihomogenkan. Larutan diencerkan kembali sebanyak 50x. Perlakuan yang sama dilakukan untuk tiap-tiap sampel bubuk kopi dengan berat 1 gram. Penentuan panjang gelombang dilakukan dengan mengamati serapan larutan standar pada rentang panjang gelombang 200-700 nm menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Berdasarkan kurva standar dari larutan standar diperoleh panjang gelombang maksimum sebesar

273 nm. Kadar kafein pada masing-masing sampel diukur dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 273 nm.

Lampiran 5. Total Kebutuhan Bahan Penelitian

Kebutuhan kopi arabika = 9000 g diantaranya; 4500 g tanpa penambahan starter, 4500 g dengan penambahan starter kultur mikrobial asal saliva binturong

Kebutuhan kopi robusta = 9000 g diantaranya; 4500 g tanpa penambahan starter, 4500 g dengan penambahan starter kultur mikrobial asal saliva binturong

Kebutuhan kopi excelsa = 9000 g diantaranya; 4500 g tanpa penambahan starter, 4500 g dengan penambahan starter kultur mikrobial asal saliva binturong

Media fermentasi:

Fermentasi media air = Kopi 1,5 kg + 1 liter air

Fermentasi media terpilih = Kopi 1,5 kg + 30 mL starter kultur mikrobial asal saliva binturong + 1 liter air

Lampiran 6. Data Hasil Analisis *Lightness* (L*) Bubuk Kopi Penelitian Pendahuluan

Sampel	Ulangan	L*	Rata-Rata	STDEV
Arabika	1	34,35	34,77	0,42
	2	35,18		
	3	34,78		
Robusta	1	36,2	36,31	0,14
	2	36,47		
	3	36,27		
Excelsa	1	35,44	35,53	0,45
	2	36,02		
	3	35,14		

Lampiran 7. Data Hasil Analisis *Lightness* (L*) Bubuk Kopi Penelitian Utama

Sampel	Ulangan	L*	Rata-Rata	STDEV
Arabika Binturong	1	34,14	33,49	0,57
	2	33,05		
	3	33,29		
Robusta Binturong	1	35,45	35,75	0,26
	2	35,87		
	3	35,93		
Excelsa Bainturong	1	35,79	35,76	0,04
	2	35,72		
	3	35,78		

Lampiran 8. Data Hasil Analisis Nilai a* Bubuk Kopi Penelitian Pendahuluan

Sampel	Ulangan	a*	Rata-Rata	STDEV
Arabika	1	3,45	3,83	0,37
	2	4,18		
	3	3,85		
Robusta	1	6,30	6,01	0,28
	2	5,99		
	3	5,75		
Excelsa	1	5,84	5,64	0,40
	2	5,91		
	3	5,18		

Lampiran 9. Data Hasil Analisis Nilai a* Bubuk Kopi Penelitian Utama

Sampel	Ulangan	a*	Rata-Rata	STDEV
Arabika Binturong	1	3,06	3,18	0,19
	2	3,08		
	3	3,40		
Robusta Binturong	1	4,73	5,05	0,40
	2	4,93		
	3	5,50		
Excelsa Bainturong	1	5,14	4,93	0,24
	2	4,67		
	3	4,98		

Lampiran 10. Data Hasil Analisis Nilai b* Bubuk Kopi Penelitian Pendahuluan

Sampel	Ulangan	b*	Rata-Rata	STDEV
Arabika	1	15,98	16,35	0,36
	2	16,70		
	3	16,36		
Robusta	1	18,48	18,36	0,15
	2	18,40		
	3	18,19		
Excelsa	1	17,65	17,63	0,39
	2	18,01		
	3	17,23		

Lampiran 11. Data Hasil Analisis Nilai b* Bubuk Kopi Penelitian Utama

Sampel	Ulangan	b*	Rata-Rata	STDEV
Arabika Binturong	1	15,48	15,25	0,20
	2	15,14		
	3	15,12		
Robusta Binturong	1	17,14	17,43	0,32
	2	17,38		
	3	17,77		
Excelsa Bainturong	1	17,39	17,24	0,17
	2	17,06		
	3	17,26		

Perhitungan ΔE Warna Kopi Penelitian Pendahuluan

ΔE dari kopi arabika dan robusta =

$$\sqrt{(L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2}$$

$$\sqrt{(36,31 - 34,77)^2 + (6,01 - 3,83)^2 + (18,36 - 16,35)^2} = 3,34$$

ΔE dari kopi arabika dan excelsa =

$$\sqrt{(L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2}$$

$$\sqrt{(35,53 - 34,77)^2 + (5,64 - 3,83)^2 + (17,63 - 16,35)^2} = 2,34$$

ΔE dari kopi robusta dan excelsa =

$$\sqrt{(L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2}$$

$$\sqrt{(36,31 - 35,53)^2 + (6,01 - 5,64)^2 + (18,36 - 17,63)^2} = 1,13$$

Lampiran 12. Data Hasil Analisis pH Kopi Penelitian Pendahuluan

Sampel	Ulangan	pH	Rata-Rata	STDEV
Arabika	1	4,93	4,91	0,02
	2	4,90		
	3	4,90		
Robusta	1	5,48	5,48	0,00
	2	5,48		
	3	5,48		
Excelsa	1	5,01	5,01	0,01
	2	5,02		
	3	5,01		

Lampiran 13. Data Hasil Analisis pH Kopi Penelitian Utama

Sampel	Ulangan	pH	Rata-Rata	STDEV
Arabika Binturong	1	5,22	5,22	0,01
	2	5,22		
	3	5,23		
Robusta Binturong	1	5,46	5,45	0,01
	2	5,45		
	3	5,45		
Excelsa Binturong	1	4,97	4,98	0,01
	2	4,98		
	3	4,98		

Perhitungan Standar Deviasi (Simpangan Baku) Kopi Arabika Penelitian Pendahuluan

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{4,93 + 4,90 + 4,90}{3}$$

$$\bar{x} = 4,91$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = (4,93 - 4,91)^2 + (4,90 - 4,91)^2 + (4,90 - 4,91)^2$$

$$\sum (x_i - \bar{x})^2 = 0,0006$$

$$\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0,0006}{3 - 1}}$$

$$\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0,0173 = 0,02$$

Lampiran 14. Data Hasil Analisis Total Padatan Terlarut Kopi Penelitian Pendahuluan

Sampel	Ulangan	Total Padatan Terlarut (%Brix)	Rata-Rata	STDEV
Arabika	1	2,9	2,73	0,15
	2	2,6		
	3	2,7		
Robusta	1	2,5	2,63	0,15
	2	2,6		
	3	2,8		
Excelsa	1	3,0	3,07	0,06
	2	3,1		
	3	3,1		

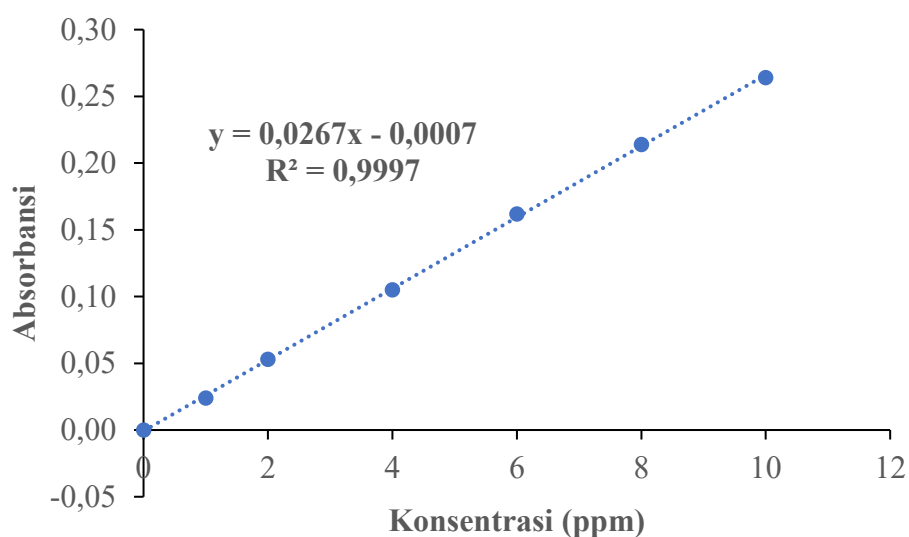
Lampiran 15. Data Hasil Analisis Total Padatan Terlarut Kopi Penelitian Utama

Sampel	Ulangan	Total Padatan Terlarut (%Brix)	Rata-Rata	STDEV
Arabika Binturong	1	2,9	2,83	0,12
	2	2,7		
	3	2,9		
Robusta Binturong	1	3,1	3,07	0,06
	2	3,1		
	3	3,0		
Excelsa Binturong	1	3,1	3,03	0,06
	2	3,0		
	3	3,0		

Lampiran 16. Nilai Absorbansi Larutan Baku Kafein

Kode sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
Blanko	0	0,000
Standar 1	1	0,024
Standar 2	2	0,053
Standar 3	4	0,105
Standar 4	6	0,162
Standar 5	8	0,214
Standar 6	10	0,264

Lampiran 17. Kurva Regresi Linear Larutan Baku Kafein



Lampiran 18. Data Hasil Analisis Kafein Kopi Penelitian Pendahuluan

Perlakuan	U	Bobot sampel (g)	Abs	Fp	Konsentrasi (ppm)	Bobot kafein (mg)	Kadar Kafein (%b/b)	Rata-rata	SD
Arabika	1	1,0004	0,066	50	125,6554	12,5655	1,26	1,34	0,08
	2	1,0004	0,072	50	136,1423	13,6142	1,36		
	3	1,0004	0,075	50	141,7603	14,1760	1,42		
Robusta	1	1,0003	0,105	50	197,9401	19,7940	1,98	2,02	0,05
	2	1,0003	0,110	50	207,3034	20,7303	2,07		
	3	1,0003	0,106	50	199,8127	19,9813	2,00		
Excelsa	1	1,0003	0,051	50	96,8165	9,6816	0,97	0,95	0,06
	2	1,0004	0,053	50	100,5618	10,0562	1,01		
	3	1,0004	0,047	50	88,9513	8,8951	0,89		

Lampiran 19. Data Hasil Analisis Kafein Kopi Penelitian Utama

Perlakuan	U	Bobot sampel (g)	Abs	Fp	Konsentrasi (ppm)	Bobot kafein (mg)	Kadar Kafein (%b/b)	Rata-rata	SD
Arabika binturong	1	1,0005	0,080	50	151,1236	15,1124	1,51	1,49	0,05
	2	1,0002	0,081	50	152,9963	15,2996	1,53		
	3	1,0005	0,076	50	144,3820	14,4382	1,44		
Robusta binturong	1	1,0001	0,067	50	126,7790	12,6779	1,27	1,28	0,10
	2	1,0001	0,063	50	119,2884	11,9288	1,19		
	3	1,0004	0,073	50	138,7640	13,8764	1,39		
Excelsa binturong	1	1,0003	0,045	50	85,5805	8,5581	0,86	0,85	0,03
	2	1,0004	0,043	50	81,8352	8,1835	0,82		
	3	1,0004	0,046	50	86,7041	8,6704	0,87		

Perhitungan konsentrasi kadar kafein (ppm)

$$y = 0,0267x - 0,0007$$

$$0,080 = 0,0267x - 0,0007$$

$$x = \frac{0,080 + 0,0007}{0,0267}$$

$$x = 3,0225 \text{ ppm} \times Fp$$

$$x = 151,1236 \text{ ppm}$$

Perhitungan bobot kafein (mg)

$$151,1236 \text{ ppm} = \frac{151,1236 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}}$$

Sampel dilarutkan dalam labu 100 mL

$$\frac{151,1236 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{x}{100 \text{ mL}}$$

$$X = 15,1124 \text{ mg}$$

Perhitungan kadar kafein (%b/b)

$$\begin{aligned} \text{Kadar kafein (\%b/b)} &= \frac{\text{bobot kafein (mg)}}{\text{bobot sampel (mg)}} \times 100 \\ &= \frac{15,1124 \text{ mg}}{1,0005 \times 10^3} \times 100 \\ &= 1,51 \text{ \%b/b} \end{aligned}$$

Lampiran 20. Dokumentasi proses pengolahan kopi metode basah



Pemanenan buah kopi



Hasil panen buah kopi



Hasil sortasi buah kopi



Pengupasan kulit buah kopi
(*pulping*)



Fermentasi (*fully wash*)



Penjemuran biji kopi



Pengupasan kulit tanduk (*Hulling*)



Kopi Beras (*Green bean Coffee*)



Proses roasting



Proses grinding



Penimbangan sampel



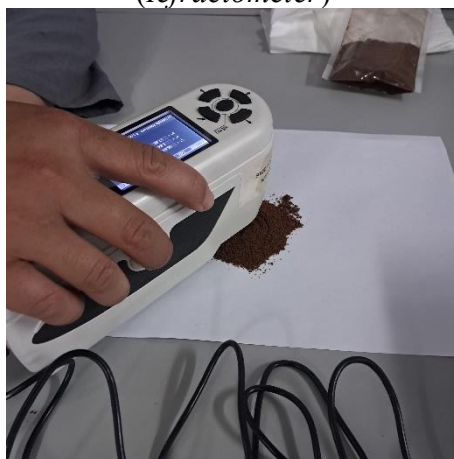
Penyaringan seduhan kopi



Pengukuran total padatan terlarut
(refractometer)



Pengukuran pH (pH meter)



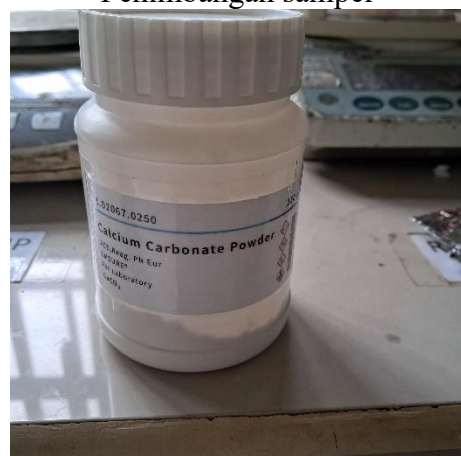
Pengukuran warna



Penimbangan sampel



Penimbangan (CaCO_3)



kalsium karbonat (CaCO_3)



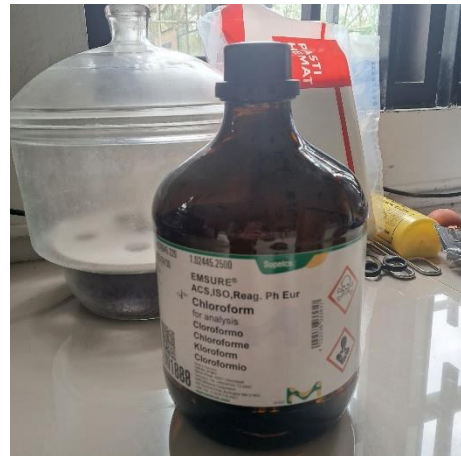
Penyaringan seduhan kopi



Pemisahan kloroform



Penguapan fase kloroform (*rotary evaporator*)



Kloroform



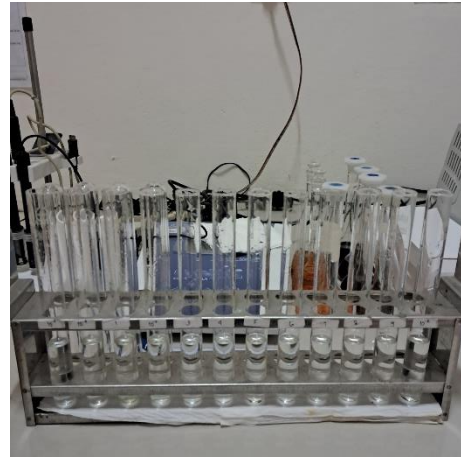
Ekstak kafein bebas pelarut



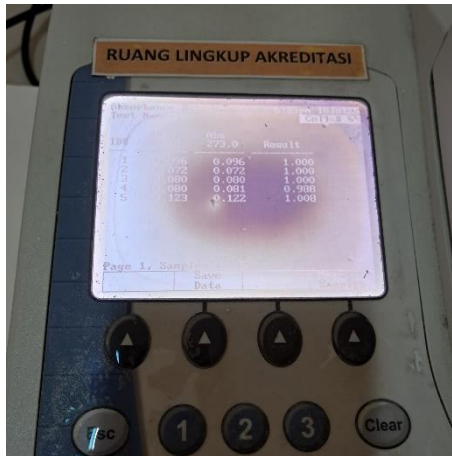
Standar kafein



Deret standar kafein



Pengenceran sampel

Pengukuran nilai absorbansi
(spektrofotometri UV-Vis)