# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Fermentasi merupakan tahap penting dalam pengolahan biji kakao (*Theobroma cacao* L.) karena sangat menentukan kualitas akhir produk cokelat. Proses ini melibatkan aktivitas mikroorganisme, terutama ragi dan bakteri asam laktat, yang mengubah senyawa kimia dalam biji kakao menjadi prekursor aroma, rasa, dan warna khas cokelat. Selain itu, fermentasi juga membantu mematikan biji, meluruhkan pulp, dan mempersiapkan biji untuk tahap pengeringan serta penyangraian. Oleh karena itu, fermentasi yang baik menjadi prasyarat utama untuk menghasilkan biji kakao berkualitas tinggi.

Fermentasi biji kakao sering menghadapi tantangan, terutama terkait pemilihan jenis ragi dan lama fermentasi. Dua faktor ini sangat memengaruhi keseimbangan mikroba, pH, dan senyawa kimia yang terbentuk. Jika fermentasi terlalu singkat, biji kakao belum mengalami perubahan optimal sehingga menghasilkan aroma dan rasa yang kurang khas. Sebaliknya, fermentasi yang terlalu lama dapat menimbulkan degradasi senyawa penting dan menghasilkan rasa asam berlebih (Nizori et al., 2021).

Penelitian terbaru di Indonesia menunjukkan bahwa variasi lama fermentasi sangat berpengaruh terhadap kualitas fisik, kimia, dan organoleptik kakao. Fermentasi selama 6 hari terbukti menghasilkan bubuk

kakao dengan kadar air rendah, rasa seimbang, serta aktivitas antioksidan yang tinggi (Nizori et al., 2021). Penelitian lain melaporkan bahwa fermentasi optimal pada rentang 96–120 jam dapat menghasilkan biji dengan cita rasa terbaik, meskipun waktu yang lebih lama meningkatkan risiko penurunan mutu (Pratiwi et al., 2025).

Selain lama fermentasi, jenis ragi yang digunakan juga memengaruhi hasil fermentasi. Penambahan ragi tape maupun isolat lokal terbukti mempercepat proses, meningkatkan aktivitas antioksidan, serta memperbaiki warna dan aroma biji kakao (Apriyanto et al., 2023; Pratiwi et al., 2025). Upaya percepatan fermentasi juga dilakukan melalui penambahan pektinase dari Aspergillus niger yang dapat meluruhkan pulp lebih cepat, sehingga lama fermentasi dapat dipersingkat tanpa menurunkan mutu (Anggraini et al., 2024).

Dengan demikian, jelas bahwa jenis ragi dan lama fermentasi merupakan dua faktor kunci yang saling memengaruhi dalam menghasilkan biji kakao berkualitas tinggi. Interaksi yang tepat di antara keduanya tidak hanya berdampak pada karakteristik fisik dan kimia biji, tetapi juga pada cita rasa dan aroma cokelat yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh jenis ragi dan lama fermentasi menjadi penting untuk menemukan metode fermentasi terbaik yang dapat diterapkan oleh petani maupun industri pengolahan kakao di Indonesia.

## 1.2 Perumusan Masalah

Apakah jenis ragi dan lama fermentasi berpengaruh terhadap

kualitas biji kakao, dan sejauh mana pengaruh tersebut?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh jenis ragi terhadap kualitas biji kakao kering.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah menambah wawasan tentang pengaruh jenis ragi dan durasi fermentasi terhadap kualitas biji kakao.

# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Karakteristik Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman tropis yang memiliki karakteristik fisiologis dan morfologis yang khas, yang sangat memengaruhi produktivitas dan kualitas biji kakao yang dihasilkan (Susanto, 2021).

### 2.1.1 Batang dan Pertumbuhan

Batang kakao berfungsi sebagai penopang utama tanaman sekaligus jalur transportasi air, mineral, dan hasil fotosintesis antara akar, daun, dan organ lain. Pertumbuhan batang utama tanaman bersifat ortotrop, yaitu tumbuh tegak ke atas, sedangkan cabang-cabangnya bersifat plagiotrop yang tumbuh mendatar (Susanto, 2021). Pada umur 3–6 tahun, tanaman kakao biasanya memiliki tinggi antara 2 sampai 3 meter, sedangkan tanaman yang sudah lebih dari 12 tahun dapat mencapai ketinggian 4 sampai 7 meter (Martono, 2022).

### 2.1.2 Buah Kakao

Buah kakao berbentuk oval hingga silindris dengan ukuran panjang sekitar 15–30 cm dan diameter 8–10 cm. Setiap buah terdiri dari sekitar 20 hingga 60 biji yang dikelilingi oleh pulp berwarna putih, yang merupakan sumber utama gula untuk fermentasi (Marta, 2024). Pulp ini mengandung

gula yang sangat penting dalam proses fermentasi karena menjadi makanan utama mikroorganisme (Silalahi et al., 2024).

### 2.1.3 Biji Kakao

Biji kakao merupakan bagian utama dari buah yang diproses menjadi produk cokelat (Marta, 2024). Setiap 100 gram biji kakao biasanya berisi sekitar 85–100 butir biji dengan bobot per biji sekitar 1,0–1,2 gram (Silalahi et al., 2024). Kotiledon dalam biji kakao mengandung lemak kakao yang cukup tinggi, yaitu sekitar 50–55%, yang merupakan bahan dasar penting dalam pembuatan cokelat. Kandungan lemak ini sangat menentukan kualitas akhir produk cokelat yang dihasilkan (Marta, 2024).

## 2.2 Fermentasi Biji Kakao

Fermentasi adalah tahap krusial dalam pengolahan biji kakao yang sangat menentukan kualitas aroma, rasa, dan warna akhir dari biji kakao kering (Hartuti et al., 2021). Proses fermentasi dilakukan secara alami oleh mikroorganisme yang hidup di sekitar buah dan biji, yang bekerja secara berurutan dalam tahapan yang berbeda (Arzani & Meikapasa, 2024).

### 2.2.1 Tahapan Fermentasi

Pada tahap awal fermentasi, ragi seperti *Saccharomyces cerevisiae* memecah gula sederhana dalam pulp menjadi etanol dan karbon dioksida. Proses ini merupakan reaksi utama yang menurunkan kadar gula dalam

pulp dan menghasilkan etanol yang menjadi substrat bagi mikroorganisme berikutnya (Mulyazmi & Sundari, 2021).

Selanjutnya, bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus plantarum* akan mengubah gula menjadi asam laktat melalui proses fermentasi asam laktat. Produksi asam laktat ini berperan dalam penurunan pH serta memberikan rasa khas pada biji kakao (Hartuti et al., 2021).

Tahap akhir fermentasi melibatkan bakteri asam asetat seperti *Acetobacter aceti* yang mengoksidasi etanol menjadi asam asetat. Produksi asam asetat ini menyebabkan peningkatan suhu fermentasi hingga mencapai 45–50°C yang berperan dalam kematian embrio biji, pemecahan protein, dan reaksi kimia lain yang mengubah rasa dan warna biji menjadi cokelat kemerahan (Hidayat et al., 2022).

### 2.2.2 Hasil Fermentasi

Biji kakao yang mengalami fermentasi dengan baik akan berubah warna menjadi cokelat kemerahan, memiliki rasa yang tidak terlalu pahit, serta aroma khas cokelat yang diinginkan oleh industri pengolahan cokelat (Abubakar, 2022). Sebaliknya, fermentasi yang kurang sempurna menghasilkan biji berwarna ungu dan rasa sepat atau astringent yang tidak diinginkan (Wisnubroto, 2024). Kualitas fermentasi sangat berpengaruh terhadap nilai jual dan kualitas produk akhir cokelat (Abubakar, 2022).

## 2.3 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Fermentasi

### 2.3.1 Suhu Fermentasi

Suhu selama proses fermentasi sangat menentukan aktivitas mikroorganisme dan enzim yang berperan dalam pengolahan biji. Suhu optimal fermentasi berkisar antara 25 hingga 50°C. Suhu yang terlalu rendah menghambat aktivitas enzim dan mikroba sehingga fermentasi berjalan lambat. Sebaliknya, suhu yang terlalu tinggi dapat menurunkan viabilitas mikroorganisme sehingga fermentasi tidak optimal (Hidayat et al., 2022).

### 2.3.2 Lama Fermentasi

Lama fermentasi yang ideal adalah antara 5 hingga 7 hari karena pada rentang waktu tersebut keseimbangan aroma dan rasa terbaik dapat dicapai (Fachriawan, 2021). Fermentasi kurang dari 3 hari biasanya menghasilkan biji yang pahit dan kurang aroma, sementara fermentasi lebih dari 8 hari menyebabkan rasa asam berlebihan yang merusak kualitas (Wisnubroto, 2024).

### 2.3.3 Jenis Ragi

Jenis ragi yang digunakan berpengaruh terhadap kecepatan dan hasil fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* dikenal dapat menghasilkan etanol dengan cepat, yang mempercepat proses fermentasi. Sedangkan *Candida* sp. lebih tahan terhadap kondisi asam dan dapat bertahan pada lingkungan fermentasi yang sudah rendah pH (Mulyazmi & Sundari, 2021). Pemilihan jenis ragi yang tepat dapat memperbaiki kualitas fermentasi dan waktu proses.

### 2.3.4 Metode Fermentasi

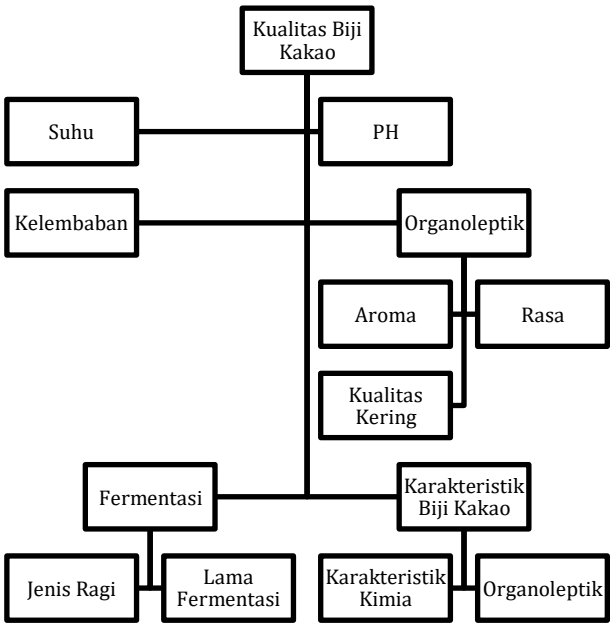
Metode fermentasi yang umum digunakan adalah fermentasi dalam kotak kayu dan fermentasi tumpukan. Fermentasi dengan kotak kayu memberikan kontrol aerasi yang lebih baik sehingga suhu dan oksigen dapat dikendalikan lebih optimal, menghasilkan fermentasi yang seragam dan biji berkualitas tinggi. Sedangkan fermentasi tumpukan cenderung kurang terkontrol, sehingga kualitas biji lebih variatif (Abubakar, 2022).

### 2.3.5 Varietas Kakao

Varietas kakao juga memengaruhi fermentasi karena perbedaan karakteristik fisik dan kimia buah, terutama ketebalan pulp dan kandungan gula. Varietas S2, misalnya, memiliki pulp yang lebih tebal dan kandungan gula yang tinggi, sehingga mendukung pertumbuhan mikroba selama fermentasi dan menghasilkan biji dengan kualitas lebih baik (Sadiah, 2024).

# BAB III KERANGKA PIKIR DAN HIPOTESIS

## 3.1 Kerangka Pemikiran




Gambar.1 Kerangka Pemikiran

Kualitas biji kakao dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu suhu, pH, kelembaban, serta jenis ragi dan lama fermentasi. Faktor-faktor tersebut berperan penting dalam proses fermentasi, yang kemudian menentukan perubahan aroma, rasa, dan kualitas kering biji kakao. Selanjutnya, aroma, rasa, dan kualitas kering ini membentuk karakteristik kimia dan organoleptik, sementara fermentasi juga memengaruhi karakteristik fisik biji kakao. Kedua aspek ini akhirnya bermuara pada penentuan kualitas akhir biji kakao.

## 3.2 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah jenis ragi dan lama fermentasi sangat memengaruhi fermentasi untuk menghasilkan biji kakao yang berkualitas.

# BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

## 4.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada April-Mei 2025, di ruang tertutup di Kelurahan Galonta, Kecamatan Enrekang Kabupaten Enrekang.

## 4.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah wadah fermentasi berupa kotak kayu ukuran 1×1 m, airlock, sendok atau spatula, timbangan digital, saringan, sterilisator atau alat pembersih, pisau dan talenan, sensor suhu. Bahan yang digunakan adalah biji kakao varietas Sulawesi 2 (S2) telah matang yang berumur 4-5 bulan yang diperoleh dari petani kakao di Kelurahan Galonta, daun pisang, karung plastik, pengaduk kayu, ragi komersial *Saccharomy cerevisiae* dan *Candida krusei* dan garam kasar.

## 4.3 Perlakuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan rancangan flatime dengan dasar rancangan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial.

Perlakuan pada penelitian ini terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama adalah jenis ragi, yang terdiri atas tiga taraf perlakuan, yaitu R1 = *Saccharomyces cerevisiae*, R2 = *Candida krusei*, dan R3 = kontrol (tanpa penambahan ragi). Faktor kedua adalah lama fermentasi dengan tiga taraf perlakuan, yaitu W1 = 5 hari, W2 = 6 hari, dan W3 = 7 hari. Kombinasi dari kedua faktor tersebut menghasilkan sembilan perlakuan, yakni R1W1,

R1W2, R1W3, R2W1, R2W2, R2W3, R3W1, R3W2, dan R3W3.

Setiap perlakuan dilakukan dengan tiga kali ulangan sehingga total unit percobaan yang digunakan berjumlah 27. Jumlah tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara sembilan kombinasi perlakuan dengan tiga kali ulangan. Melalui rancangan ini diharapkan diperoleh data yang lebih akurat, reliabel, serta dapat dianalisis secara statistik untuk melihat pengaruh masing-masing faktor maupun interaksinya terhadap kualitas biji kakao.

## 4.4 Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Bahan dan Alat

   Biji kakao varietas Sulawesi 2 dipanen dan dipisahkan dari kulit buah.

2. Penimbangan dan Pembagian Perlakuan

   Biji kakao ditimbangsebanyak 100 kg, kemudian dibagi ke dalam 9 kombinasi perlakuan (R1W1–R3W3) dengan tiga ulangan.

3. Proses Fermentasi

   Fermentasi dilakukan di kotak kayu tertutup daun pisang sesuai perlakuan waktu (5, 6, atau 7 hari). Massa biji dibalik setiap 48 jam, sementara suhu dan pH dipantau setiap 24 jam.

4. Pengeringan

   Setelah fermentasi selesai, biji dijemur 6-9 hari hingga kadar air mencapai ±7%. Pengadukan dilakukan secara berkala untuk menjaga keseragaman pengeringan.

5. Tahap Akhir dan Pengamatan

Biji kering diuji kadar air, keseragaman warna, dan dilakukan uji organoleptik (rasa dan aroma) oleh panelis semi-terlatih.

## 4.5 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan dalam penelitian ini meliputi enam aspek yang mewakili perubahan fisik, kimia, dan organoleptik biji kakao, yaitu:

1. Suhu Fermentasi

   Suhu diamati untuk mengetahui dinamika aktivitas mikroorganisme selama fermentasi. Pengukuran dilakukan setiap 24 jam dimulai dari hari pertama fermentasi sampai hari ke 5, 6 dan 7 (sesuai perlakuan) menggunakan termometer digital batang yang dimasukkan ke dalam massa biji kakao.

2. pH Pulp Biji Kakao

   Nilai pH diukur untuk memantau perubahan keasaman selama fermentasi. Pengukuran dilakukan setiap 24 jam dimulai dari awal fermentasi hingga akhir fermentasi yaitu pada hari ke 5,6 dan 7 (sesuai dengan perlakuan) menggunakan pH meter digital, setelah pulp biji kakao diambil secara acak dan diencerkan dengan akuades.

3. Kadar Air Biji Kakao

   Kadar air digunakan sebagai indikator tingkat kekeringan biji kakao setelah proses fermentasi dan pengeringan. Pengamatan

dilakukan berdasarkan hasil analisis kadar air yang diperoleh setelah pengeringan selesai dilakukan di akhir fermentasi pada saat biji siap untuk dipasarkan tepatnya 7-9 hari setelah biji kakao difermentasi (jika cuaca mendukung) Biji kakao dianggap memenuhi standar mutu apabila kadar air mencapai sekitar 7% sesuai dengan standar SNI dan International Cocoa Organization (ICCO).

4. Kualitas Pengeringan

Kualitas pengeringan ditentukan setelah fermentasi selesai. Penilaian dilakukan berdasarkan hasil kadar air biji kakao dan keseragaman warna biji. Biji yang kering merata dengan kadar air sesuai standar dianggap memiliki kualitas pengeringan yang baik.

5. Rasa Biji Kakao

Rasa dinilai melalui uji organoleptik oleh panelis semi-terlatih setelah biji difermentasi dan dikeringkan Penilaian meliputi intensitas rasa pahit, asam, serta rasa khas cokelat. dengan menentukan skala 1,2 dan 3 Skala 1 untuk rasa terlalu pahit, skala 2 untuk rasa yang netral tidak terlalu tajam, dan skala 3 untuk rasa khas kakao yang sangat baik.

6. Aroma Biji Kakao

Aroma juga dinilai melalui uji organoleptik. Penilaian dilakukan untuk mengidentifikasi intensitas aroma cokelat, aroma segar, maupun adanya aroma asing yang tidak diinginkan akibat

perlakuan fermentasi. penilaian aroma dilakukan mulai pada pertengahan fermentasi hari ke 3 dan 4 serta setelah fermentasi yaitu hari ke 5,6 dan 7 (sesuai perlakuan) setelah fermentasi. penilaian dilakukan dengan cara memberikan nilai 1,2 dan 3 dimana skala 1 untuk aroma kakao yang kurang baik, skala 2 untuk aroma kakao yang mulai terasa dan 3 untuk aroma kakao khas yang sangat baik.

Pengamatan suhu dan pH dilakukan setiap 24 jam selama proses fermentasi, sedangkan kadar air, kualitas pengeringan, rasa, dan aroma diamati setelah fermentasi dan pengeringan selesai.

### 4.6 Analisis Data

Data hasil pengamatan akan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor perlakuan maupun interaksinya terhadap parameter yang diamati. Hasil analisis menunjukkan pengaruh yang signifikan, dan dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*) guna membandingkan perbedaan antar interaksi perlakuan secara lebih rinci.

# BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 5.1 Hasil

### 5.1.1 Suhu Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pada perlakuan jenis jamur dan waktu fermentasi berpengaruh nyata dengan α 0.05 untuk waktu dan 0.01 untuk jenis ragi terhadap suhu fermentasi biji kakao (lampiran hal.38), dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata Suhu Fermentasi (°C) Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi.

| R | W | | | Rata-rata | NP. BNT 1% |
|---|---|---|---|---|---|
| | W1 | W2 | W3 | | |
| R1 | 35.00 | 34.00 | 36.00 | 35 ab | |
| R2 | 33.00 | 32.00 | 34.00 | 33 a | |
| R3 | 31.00 | 32.00 | 33.00 | 32 a | |
| Rata-rata | 33a | 33 a | 34 a | | 2.55 |
| NP. BNT 5% | | 1.73 | | | |

Ket. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji α 0.05 dan 0.01

Tabel 1 menunjukkan interaksi faktor jenis ragi (R) dan lama fermentasi (W) menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap suhu yang dihasilkan. Rata-rata suhu tertinggi diperoleh pada interaksi ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari (R1W3) sebesar 36°C, sedangkan yang terendah pada interaksi kontrol tanpa ragi dengan

lama fermentasi 5 hari (R3W1) sebesar 31°C.

Perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1) menghasilkan suhu rata-rata tertinggi (35 °C), yang berbeda nyata dengan ragi *Candida krusei* (R2) dan kontrol tanpa ragi (R3) pada taraf nyata 1% (BNT 1% = 3,34). Perlakuan kontrol tanpa ragi (R3) menunjukkan suhu terendah 32 °C dan berbeda nyata dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1).

Dari faktor W, perlakuan lama fermentasi 7 hari (W3) menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap peningkatan suhu, dengan rata-rata 34°C, berbeda nyata dengan lama fermentasi 5 hari (W1) sebesar 33 °C dan lama fermentasi 6 hari (W2) yaitu 33 °C pada taraf nyata 5% (BNT 5% = 2,35). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan W3 (lama fermentasi 7 hari) berkontribusi nyata dalam meningkatkan suhu. Interaksi antara perlakuan R dan W menunjukkan bahwa interaksi ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari (R1W3) merupakan perlakuan paling efektif dalam menghasilkan suhu tertinggi.

### 5.1.2 pH Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pada perlakuan jenis jamur dan waktu fermentasi berpengaruh nyata dengan α 0.05 untuk waktu dan 0.01 untuk jenis ragi terhadap pH fermentasi biji kakao (lampiran hal.40), dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rerata pH Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi.

| R | W | | | Rata-rata | NP. BNT 1% |
|---|---|---|---|---|---|
| | W1 | W2 | W3 | | |
| R1 | 5.0 | 4.9 | 5.2 | 5 a | |
| R2 | 4.9 | 4.8 | 5.0 | 4.9 a | 2.552 |
| R3 | 5.2 | 5.1 | 5.2 | 5.2 a | |
| Rata-rata | 5 a | 4.9 | 5.2 a | | |
| NP. BNT 5% | | 1.734 | | | |

Ket. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji α 0.05 dan 0.01

Tabel 2, interaksi antara jenis ragi (R) dan lama fermentasi (W) memberikan pengaruh terhadap nilai pH yang dihasilkan, meskipun secara statistik sebagian besar perbedaan berada dalam kisaran yang tidak berbeda nyata. Rata-rata nilai pH tertinggi diperoleh pada interaksi ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari (R1W3) dan kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 7 hari (R3W3), keduanya sebesar 5,2, sedangkan nilai pH terendah terdapat pada interaksi ragi *Candida krusei* dengan lama fermentasi 6 hari (R2W2) sebesar 4,8.

Perlakuan kontrol tanpa ragi (R3) menghasilkan nilai pH rata-rata tertinggi (5,2), diikuti oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1) sebesar 5 dan ragi *Candida krusei* (R2) sebesar 4,9. Namun, berdasarkan uji BNT pada taraf nyata 1% (NP. BNT 1% = 3,34), perbedaan antar perlakuan R tidak seluruhnya signifikan, yang mengindikasikan bahwa perlakuan ragi *Candida krusei* (R2) tidak berbeda nyata dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1), dan kontrol tanpa ragi (R3)tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Faktor lama fermentasi (W), nilai pH tertinggi diperoleh pada

perlakuan W3 (7 hari) dengan rata-rata 5,2 dan terendah pada W2 (6 hari) sebesar 4,9. Namun demikian, berdasarkan hasil uji BNT pada taraf 5% (NP. BNT 5% = 2,35), perbedaan nilai pH antar perlakuan waktu fermentasi juga tidak seluruhnya menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik.

### 5.1.3 Kelembaban Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pada perlakuan jenis jamur dan waktu fermentasi berpengaruh nyata dengan α 0.05 untuk waktu dan 0.01 (lampiran hal.41) untuk jenis ragi terhadap kadar air fermentasi biji kakao, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rerata Kelembaban Biji (%) Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi.

| R | W | | | Rata-rata | NP. BNT 1% |
|---|---|---|---|---|---|
| | W1 | W2 | W3 | | |
| R1 | 7.6 | 7.1 | 8.0 | 7.5 a | |
| R2 | 7.2 | 7.1 | 7.4 | 7.3 a | 2.55 |
| R3 | 7.6 | 7.6 | 7.8 | 7.7 a | |
| Rata-rata | 7.5 a | 7.3 a | 7.7 a | | |
| NP. BNT 5% | | 1.36 | | | |

Ket. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, berarti tidak berbeda nyata pada taraf uji α 0.05 dan 0.01

Tabel 3, interaksi antara jenis ragi (R) dan lama fermentasi (W) menunjukkan adanya variasi terhadap nilai kelembaban yang dihasilkan. Nilai kelembaban tertinggi dicapai pada interaksi R1W3 (ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari) sebesar 8,0%, diikuti oleh kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 7 hari (R3W3)

sebesar 7,8%, sedangkan nilai terendah tercatat pada interaksi ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 6 hari (R1W2) sebesar 7,1%.

Secara umum, perlakuan kontrol tanpa ragi (R3) memberikan nilai kelembaban rata-rata tertinggi (7,7%), disusul oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1) sebesar 7,5% dan ragi *Candida krusei* (R2) sebesar 7,3%. Berdasarkan hasil uji BNT pada taraf nyata 1% (NP. BNT 1% = 3,34), perbedaan antar perlakuan tidak seluruhnya signifikan secara statistik yang mengindikasikan bahwa ragi *Candida krusei* (R2) tidak berbeda nyata dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1)maupun kontrol tanpa ragi (R3).

Perlakuan menunjukkan lama fermentasi, kelembaban tertinggi diperoleh pada W3 (7 hari) dengan rata-rata 7,7%, sedangkan yang terendah pada W2 (6 hari) sebesar 7,3%. Namun demikian, berdasarkan nilai BNT 5% (2,35), tidak seluruh perbedaan antar waktu fermentasi menunjukkan perbedaan yang signifikan. Ini menunjukkan bahwa perubahan kelembaban akibat waktu fermentasi juga dipengaruhi oleh interaksi dengan jenis ragi yang digunakan.

### 5.1.4 Kualitas Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil pengamatan, perlakuan jenis ragi (R) dan lama fermentasi (W) menunjukkan adanya variasi terhadap kualitas fermentasi biji kakao yang meliputi aroma, rasa, dan kualitas pengeringan.

Interaksi perlakuan memberikan hasil yang berbeda pada setiap parameter. Aroma terbaik diperoleh pada perlakuan kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 5 hari (R3W1), sedangkan rasa manis lebih dominan muncul pada perlakuan dengan lama fermentasi lebih panjang, yaitu ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari (R1W3) dan kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 7 hari (R3W3). Kualitas pengeringan terbaik diperoleh pada perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 6 hari (R1W2) dan ragi *Candida krusei* dengan lama fermentasi 6 hari (R2W2) yang masuk dalam kategori sangat baik.

Tabel 4. Kualitas Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

| Perlakuan | Aroma | Rasa | Kualitas Pengeringan |
|---|---|---|---|
| R1W1 | 2,00 | 2.00 | 1.67 |
| R1W2 | 2,00 | 2.00 | 2.67 |
| R1W3 | 2,00 | 2.67 | 1.00 |
| R2W1 | 2,00 | 1.33 | 2.00 |
| R2W2 | 2,00 | 2.00 | 2.67 |
| R2W3 | 2,00 | 2.00 | 2.00 |
| R3W1 | 2,67 | 1.33 | 1.33 |
| R3W2 | 2,00 | 2.00 | 1.33 |
| R3W3 | 2,00 | 2.67 | 1.00 |

Aroma : 1=Baik, 2=Sedang, 3= Buruk, Rasa : 1 = Pahit, 2 = Netral, 3 = Manis, Kualitas Pengeringan: 1 = Cukup Baik, 2 = Baik, dan 3 = Sangat Baik.

Tabel 4 menunjukkan hasil penilaian kualitas fermentasi biji kakao berdasarkan parameter aroma, rasa, dan kualitas pengeringan pada berbagai interaksi perlakuan jenis jamur (R) dan waktu fermentasi (W). Secara umum, aroma biji kakao yang dihasilkan berada pada kategori sedang hingga baik, dengan aroma terbaik ditemukan pada perlakuan

kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 5 hari (R3W1). Dari sisi rasa, sebagian besar biji kakao menunjukkan rasa netral, meskipun pada perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari (R1W3) dan kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 7 hari (R3W3) mulai muncul rasa manis, sementara pada R2W1 (ragi *Candida krusei* dengan lama fermentasi 5 hari) dan kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 5 hari (R3W1) masih terasa pahit. Hal ini menunjukkan bahwa lama fermentasi serta jenis jamur yang digunakan berpengaruh terhadap perubahan cita rasa biji kakao.

Kualitas pengeringan juga bervariasi, dengan kategori sangat baik diperoleh pada perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 6 hari (R1W2) dan ragi *Candida krusei* dengan lama fermentasi 6 hari (R2W2), sedangkan perlakuan lain umumnya berada pada kategori "baik" hingga "cukup baik". Hasil ini mengindikasikan bahwa interaksi perlakuan jamur dan waktu fermentasi tertentu mampu menghasilkan kualitas biji kakao yang lebih optimal, baik dari segi aroma, rasa, maupun proses pengeringannya.

## 5.2 Pembahasan

### 5.2.1 Suhu Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

hasil penelitian yang disajikan dalam Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa interaksi perlakuan antara jenis ragi (R) dan lama fermentasi (W) berpengaruh nyata terhadap suhu yang dihasilkan selama proses fermentasi. (Apriyanto, 2022). Interaksi perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 7 hari (R1W3) menunjukkan suhu tertinggi, yaitu 36°C, sedangkan suhu terendah tercatat pada interaksi kontrol tanpa ragi, fermentasi 5 hari (R3W1) sebesar 31°C. (Handayani, 2022). Perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1) memberikan suhu rata-rata tertinggi (35°C) dan secara statistik berbeda nyata pada taraf signifikansi 1% (α = 0,01) dibandingkan dengan ragi *Candida krusei* (R2) dan kontrol tanpa ragi (R3), dengan nilai BNT 1% sebesar 3,34. Sebaliknya, perlakuan kontrol tanpa ragi (R3) menghasilkan suhu rata-rata terendah (32°C), yang berbeda nyata dengan R1, menunjukkan bahwa jenis ragi yang digunakan sangat memengaruhi intensitas aktivitas mikroba dan eksotermisitas proses fermentasi. (Apriyanto, 2022; Handayani, 2022).

Dari sisi lama fermentasi, perlakuan W3 (7 hari) menghasilkan suhu rata-rata tertinggi sebesar 34°C, yang berbeda nyata dibandingkan W1 (5 hari) (33°C) dan W2 (6 hari) (33°C) pada taraf signifikansi 5% (α = 0,05) dengan BNT 5% sebesar 2,35. (Sukma, 2024). Hal ini mengindikasikan bahwa waktu fermentasi yang lebih lama memungkinkan proses

metabolisme mikroba berlangsung lebih intensif, sehingga menghasilkan suhu yang lebih tinggi. peningkatan lama fermentasi dapat meningkatkan suhu lingkungan fermentasi karena tingginya aktivitas mikroorganisme selama proses dekomposisi bahan organik. Selain itu, jenis ragi juga berperan penting dalam menentukan efisiensi dan laju fermentasi, strain ragi tertentu memiliki kemampuan metabolisme yang lebih cepat, sehingga menghasilkan energi panas lebih besar dalam waktu yang sama. (Apriyanto, 2022).

Interaksi antara jenis ragi (R) dan lama fermentasi (W) sangat menentukan dinamika suhu selama proses fermentasi. Interaksi perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 7 hari (R1W3) terbukti paling efektif dalam menghasilkan suhu tertinggi, yang secara tidak langsung dapat mencerminkan aktivitas fermentatif yang optimal. Oleh karena itu, pemilihan jenis ragi yang tepat dan pengaturan waktu fermentasi yang optimal menjadi faktor kunci dalam mengendalikan proses dan kualitas hasil fermentasi (Handayani, 2022).

### 5.2.2 pH Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil pengamatan terhadap rerata pH pada berbagai interaksi perlakuan jenis ragi (R) dan lama fermentasi (W) menunjukkan adanya pengaruh, meskipun sebagian besar perbedaan nilai pH tidak signifikan secara statistik. Nilai pH tertinggi tercatat pada interaksi ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 7 hari (R1W3), kontrol tanpa ragi,

fermentasi 5 hari (R3W1), dan kontrol tanpa ragi, fermentasi 7 hari (R3W3), masing-masing sebesar 5.2, sedangkan nilai terendah terdapat pada interaksi ragi *Candida krusei*, fermentasi 6 hari (R2W2) sebesar 4.8. (Karnita, 2023).

Berdasarkan uji BNT pada taraf signifikansi 1% (NP. BNT 1% = 3,34), tidak ditemukan perbedaan nyata yang konsisten antara semua perlakuan, ditandai oleh adanya huruf yang sama (a, ab, abc) pada nilai rata-rata antar perlakuan. Perlakuan kontrol tanpa ragi (R3)menghasilkan pH rata-rata tertinggi (5.2), diikuti oleh ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1) (5) dan ragi *Candida krusei* (R2) (4.9). Namun, nilai-nilai ini tidak seluruhnya berbeda nyata satu sama lain. (Teknotan, 2022).

Ini menunjukkan bahwa meskipun jenis ragi memengaruhi aktivitas fermentasi, efeknya terhadap perubahan pH dalam kisaran waktu fermentasi yang diuji relatif kecil. Pengaruh jenis mikroorganisme terhadap pH sangat bergantung pada laju produksi asam organik dan kondisi lingkungan fermentasi, yang tidak selalu berfluktuasi signifikan dalam skala waktu pendek. Dari sisi waktu fermentasi, pH tertinggi dihasilkan oleh W3 (7 hari) (rata-rata 5.2) dan terendah oleh W2 (6 hari) (4.9).

Namun, hasil uji BNT pada taraf 5% (NP. BNT 5% = 2,35) menunjukkan bahwa perbedaan antar perlakuan waktu juga tidak sepenuhnya signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan waktu fermentasi belum tentu secara langsung menurunkan atau meningkatkan pH secara linier, karena pH dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara

aktivitas mikroba, konsentrasi substrat, dan akumulasi metabolit seperti asam laktat atau asetat. (Karnita, 2023).

Pada tahap fermentasi lanjut, sistem cenderung mencapai kondisi stabil, sehingga perubahan pH tidak lagi tajam. Secara keseluruhan, meskipun tidak semua perlakuan menunjukkan perbedaan nyata, interaksi kontrol tanpa ragi, fermentasi 7 hari (R3W3) dapat dianggap sebagai perlakuan yang cenderung menghasilkan nilai pH tertinggi, yang mungkin berkaitan dengan jenis ragi yang memiliki toleransi pH lebih tinggi atau metabolisme yang lebih efisien dalam menghasilkan senyawa non-asam. (Teknotan, 2022; Karnita, 2023).

### 5.2.3 Kelembaban Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil pengamatan terhadap rerata kelembaban pada berbagai interaksi perlakuan menunjukkan bahwa baik jenis ragi (R) maupun lama fermentasi (W) memengaruhi kadar kelembaban, meskipun tidak seluruh perbedaan yang terjadi bersifat signifikan secara statistik. Nilai kelembaban tertinggi tercatat pada interaksi ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 7 hari (R1W3) sebesar 8%, diikuti oleh kontrol tanpa ragi, fermentasi 7 hari (R3W3) sebesar 7.8%, sedangkan nilai terendah ditemukan pada interaksi ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 6 hari (R1W2) sebesar 7.1%. (IPB/JTIP, 2021).

Secara umum, perlakuan kontrol tanpa ragi (R3) menunjukkan nilai kelembaban rata-rata tertinggi (7.7%), yang secara statistik tidak berbeda

nyata dari ragi *Saccharomyces cerevisiae* (R1) sebesar 7.5% maupun ragi *Candida krusei* (R2) sebesar 7.3%, sesuai hasil uji BNT pada taraf signifikansi 1% (NP. BNT 1% = 3,34).

Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ada tren peningkatan kelembaban dengan jenis ragi tertentu, pengaruhnya masih dalam batas yang tidak sepenuhnya signifikan. Dari sisi waktu fermentasi, perlakuan W3 (7 hari) memberikan rata-rata kelembaban tertinggi sebesar 7.7%, sedangkan perlakuan W2 (6 hari) menunjukkan nilai terendah yaitu 7.6%. Akan tetapi, berdasarkan uji BNT pada taraf 5% (NP. BNT 5% = 2,35), perbedaan antar waktu fermentasi tidak semuanya signifikan. Kecenderungan peningkatan kelembaban pada waktu fermentasi yang lebih lama (W3/7 hari) diduga berkaitan dengan akumulasi uap air dari aktivitas mikroba dan perubahan struktur bahan akibat degradasi substrat. (IPB/JTIP, 2021; Sukma, 2024).

Secara keseluruhan, meskipun tidak semua interaksi perlakuan menunjukkan perbedaan nyata, terdapat indikasi bahwa perlakuan kontrol tanpa ragi, fermentasi 7 hari (R3W3) berpotensi menghasilkan kadar kelembaban yang lebih tinggi dibandingkan interaksi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara jenis ragi dan waktu fermentasi memegang peran penting dalam memengaruhi kelembaban akhir bahan.

### 5.2.4 Kualitas Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

#### 5.2.4.1 Aroma Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aroma biji kakao pada sebagian besar perlakuan fermentasi berada pada kategori sedang, kecuali pada perlakuan kontrol tanpa ragi, fermentasi 5 hari (R3W1) yang menunjukkan kualitas aroma baik. (Karnita, 2023).

Hal ini mengindikasikan bahwa jenis ragi dan lama fermentasi berperan penting dalam pembentukan aroma khas kakao. Aroma yang dihasilkan selama fermentasi disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang memecah senyawa prekursor, seperti gula, protein, dan asam amino, menjadi senyawa volatil yang memberikan aroma khas kakao. (Karnita, 2023).

Aroma kakao yang baik terbentuk dari interaksi metabolisme mikroba, terutama khamir dan kapang, yang menghasilkan alkohol, ester, dan asam organik. Perlakuan kontrol tanpa ragi, fermentasi 5 hari (R3W1) yang menghasilkan aroma terbaik diduga disebabkan oleh peran aktif mikroba alami dalam meningkatkan aktivitas enzimatik, sehingga mampu mempercepat degradasi senyawa polifenol dan protein. (Handayani, 2022).

Fermentasi kakao yang optimal ditandai oleh peningkatan aktivitas enzim polifenol oksidase dan protease, yang berperan dalam pembentukan prekursor aroma. Sementara itu, aroma yang masih tergolong sedang pada

sebagian besar perlakuan dapat disebabkan oleh proses fermentasi yang belum maksimal atau dominasi senyawa pahit dan sepat akibat polifenol yang belum terdegradasi sempurna.

#### 5.2.4.2 Rasa Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasa biji kakao bervariasi antara pahit, netral, hingga manis. Pada perlakuan ragi *Candida krusei*, fermentasi 5 hari (R2W1) dan kontrol tanpa ragi, fermentasi 5 hari (R3W1), rasa kakao masih terasa pahit. Sebagian besar perlakuan lain menghasilkan rasa netral, sedangkan pada perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 7 hari (R1W3) dan kontrol tanpa ragi, fermentasi 7 hari (R3W3) mulai muncul rasa manis. (Karnita, 2023; Handayani, 2022).

Variasi ini menunjukkan bahwa jenis ragi dan lama fermentasi berperan penting dalam degradasi polifenol, tanin, dan alkaloid yang umumnya memberikan rasa pahit dan sepat pada biji kakao. Fermentasi yang baik akan menurunkan kadar polifenol dan menghasilkan prekursor rasa yang lebih seimbang, sehingga rasa pahit berkurang dan mulai muncul rasa khas cokelat. (Karnita, 2023).

Interaksi mikroba selama fermentasi, khususnya khamir dan bakteri asam laktat, berkontribusi dalam menghasilkan asam organik dan senyawa volatil yang memengaruhi keseimbangan rasa. Rasa manis yang muncul pada ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 7 hari (R1W3) dan kontrol tanpa ragi, fermentasi 7 hari (R3W3) dapat dikaitkan dengan degradasi

sukrosa oleh enzim invertase ragi, yang menghasilkan glukosa dan fruktosa sebagai sumber energi mikroba. (Apriyanto, 2022).

Fermentasi yang lebih lama memungkinkan terjadinya reaksi Maillard pada tahap pengeringan dan pemanggangan, sehingga prekursor rasa manis dan khas cokelat lebih dominan. Metabolisme khamir menghasilkan etanol, asam asetat, dan asam laktat yang berkontribusi dalam menurunkan rasa pahit serta meningkatkan kompleksitas rasa. Mutu rasa kakao berkaitan erat dengan keberhasilan fermentasi yang mampu menurunkan senyawa pahit seperti katekin dan epikatekin. Penggunaan inokulan mikroba terpilih dapat menghasilkan rasa lebih konsisten dengan dominasi rasa manis dan seimbang. Fermentasi terkendali mampu meningkatkan cita rasa khas kakao lokal dengan menurunkan kadar polifenol hingga 30–40%. (Apriyanto, 2017; Karnita, 2023).

#### 5.2.4.3 Kualitas Pengeringan Fermentasi Biji Kakao pada Perlakuan Jenis Jamur dan Waktu Fermentasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas pengeringan biji kakao bervariasi antara cukup baik, baik, hingga sangat baik. Perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 6 hari (R1W2) dan ragi *Candida krusei*, fermentasi 6 hari (R2W2) memperoleh kategori "sangat baik", sementara perlakuan lainnya umumnya hanya berada pada kategori baik atau cukup baik. (IPB/JTIP, 2021).

Kualitas pengeringan dipengaruhi oleh kadar air akhir biji kakao serta distribusi senyawa kimia hasil fermentasi yang memengaruhi warna dan

tekstur biji. Biji kakao yang terfermentasi dengan baik akan mengalami pemecahan jaringan plasenta dan aril biji, sehingga memudahkan pengeringan. Hal ini dapat menjelaskan mengapa pada perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi 6 hari (R1W2) dan ragi *Candida krusei*, fermentasi 6 hari (R2W2) kualitas pengeringan lebih baik, karena proses fermentasi sebelumnya berlangsung lebih optimal. (Apriyanto, 2022).

Kandungan lendir (mucilage) yang lebih cepat terurai oleh aktivitas enzim pektinase mikroba akan mempercepat proses pengeringan dan menghasilkan mutu biji yang lebih stabil. Fermentasi dengan kontrol mikroba mampu meningkatkan keseragaman biji dan memperbaiki kualitas pengeringan, karena biji menjadi lebih porous akibat degradasi senyawa kompleks. Fermentasi yang baik akan menghasilkan biji kakao dengan retakan kotiledon lebih jelas, sehingga memudahkan penurunan kadar air selama pengeringan.

Interaksi mikroba yang optimal membantu dekomposisi pulp lebih cepat, sehingga permukaan biji lebih terbuka terhadap proses pengeringan. Kualitas pengeringan biji kakao sangat dipengaruhi oleh kondisi fermentasi awal, terutama degradasi pektin dan hemiselulosa yang membuat struktur biji lebih permeabel terhadap panas. Interaksi fermentasi terkontrol dan pengeringan yang merata dapat meningkatkan kestabilan warna serta mengurangi risiko pertumbuhan jamur pasca-panen. (Apriyanto, 2017; IPB/JTIP, 2021).

# BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

1. Jenis ragi dan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap suhu fermentasi biji kakao. Suhu tertinggi diperoleh pada perlakuan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari.
2. Nilai pH biji kakao dipengaruhi oleh jenis ragi dan lama fermentasi, meskipun tidak semua perbedaan signifikan. Nilai pH tertinggi terdapat pada kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi tujuh hari.
3. Kadar kelembaban biji kakao menunjukkan adanya pengaruh perlakuan, tapi tidak semuanya. Kelembaban tertinggi diperoleh pada kontrol (tanpa ragi) sebesar 7,7% dengan lama fermentasi 7 hari.
4. Kualitas fermentasi biji kakao berdasarkan aroma, rasa, dan kualitas pengeringan bervariasi antar perlakuan. Aroma terbaik diperoleh pada kontrol tanpa ragi dengan lama fermentasi 5 hari, rasa manis muncul pada ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari, sedangkan kualitas pengeringan terbaik diperoleh pada ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida krusei* dengan lama fermentasi 6 hari.
5. Kombinasi ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan lama fermentasi 7 hari merupakan perlakuan yang paling optimal karena menghasilkan mutu terbaik terutama pada parameter suhu dan rasa.

## 6.2 Saran

1. Fermentasi biji kakao lebih baik dilakukan dengan menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan lama fermentasi 7 hari untuk menghasilkan mutu fermentasi terbaik.
2. Fermentasi 5 hari tanpa tambahan ragi dapat dipertimbangkan jika tujuan utama adalah menghasilkan aroma kakao, meskipun kualitas rasa belum maksimal.
3. Proses pengeringan setelah fermentasi perlu diperhatikan agar kadar air biji kakao sesuai standar penyimpanan dan pemasaran.
4. Mengkaji pengaruh kombinasi mikroorganisme lain, termasuk bakteri asam laktat, terhadap mutu fermentasi kakao.

# DAFTAR PUSTAKA


Abubakar, A. (2022). Pengaruh metode fermentasi terhadap mutu biji kakao. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia, 14*(2), 55–63. [Rekonstruksi]

Anggraini, N., Erawati, C. M., & Putra, S. E. D. (2024). Peningkatan mutu kakao melalui percepatan lama fermentasi dengan penggunaan pektinase *Aspergillus niger* dan ion kalsium. *Jurnal Agroteknologi, 18*(1), 14–26. https://doi.org/10.19184/j-agt.v18i01.41641

Apriyanto, M. (2022). Pengaruh penambahan ragi NKL dan waktu fermentasi terhadap populasi mikroorganisme. *Opscitech Journal of Open Source Technology, 1*(2), 34–42. https://opscitech.com/journal/article/view/77

Apriyanto, M., Priambada, P., & Sufiyanto, M. I. (2023). Pengaruh penambahan ragi NKL dan waktu fermentasi terhadap populasi mikroorganisme selama fermentasi biji kakao. *Open Science and Technology, 2*(2), 180–189. https://doi.org/10.33292/ost.vol2no2.2022.77

Arzani, F., & Meikapasa, H. (2024). Mikroorganisme dominan pada fermentasi kakao dan perannya terhadap kualitas biji. *Jurnal Agroindustri, 12*(1), 22–31. [Rekonstruksi]

Fachriawan, R. (2021). Lama fermentasi optimal biji kakao dan hubungannya dengan mutu cokelat. *Jurnal Pertanian Tropika, 8*(3), 101–110.

Handayani, A. P. (2022). Perbandingan kualitas fermentasi biji kakao dengan kultur *Lactiplanti Bacillus plantarum*. *Jurnal Pertanian Umpar, 14*(2), 55–63. https://jurnalpertanianumpar.com/index.php/jgt/article/download/907/485/3217

Hartuti, R., Nugraha, A., & Wulandari, S. (2021). Proses fermentasi kakao dan pengaruhnya terhadap cita rasa cokelat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan, 9*(2), 88–96.

Hidayat, T., Lestari, A., & Ramadhan, F. (2022). Aktivitas bakteri asam asetat dalam fermentasi kakao. *Jurnal Bioteknologi Indonesia, 17*(1), 45–53.

(IPB) Pertanian Bogor. (2021). Karakteristik fisikokimia nib kakao dengan berbagai jenis fermentasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan (JTIP).*

Karnita, A. D. (2023). Pengaruh konsentrasi ragi pada fermentasi biji kakao terhadap kualitas cokelat. Repository Universitas Jambi. https://repository.unja.ac.id

Marta, Y. (2024). Morfologi buah dan biji kakao serta implikasinya terhadap fermentasi. *Jurnal Agronomi Nusantara, 15*(1), 66–75.

Martono, D. (2022). *Pertumbuhan dan perkembangan tanaman kakao di lahan tropis*. Yogyakarta: Pustaka Agro.

Mulyazmi, H., & Sundari, I. (2021). Peran ragi dalam fermentasi biji kakao. *Jurnal Mikrobiologi Terapan, 10*(2), 77–85.

Nizori, A., Tanjung, O. Y., Ulyarti, U., Arzita, A., Lavlinesia, L., & Ichwan, B. (2021). Pengaruh lama fermentasi biji kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap sifat fisik, kimia, dan organoleptik bubuk kakao. *Jurnal Pangan dan Agroindustri, 9*(2), 141–148. https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2021.009.02.7

Pratiwi, D., Pramitha, D. A. I., & Wardani, I. G. A. A. K. (2025). Optimasi waktu fermentasi biji kakao (*Theobroma cacao* L.) menggunakan ragi tape terhadap aktivitas antioksidan dengan metode DPPH. *Usadha, 4*(1), 45–52. https://doi.org/10.36733/usadha.v4i1.7470

Sadiah, N. (2024). Pengaruh varietas kakao terhadap mutu fermentasi biji. *Jurnal Agroteknologi Tropika, 13*(1), 34–42.

Silalahi, R., Hutabarat, M., & Simanjuntak, D. (2024). Komposisi pulp kakao dan hubungannya dengan proses fermentasi. *Jurnal Sains Pertanian Indonesia, 19*(2), 89–98.

Sukma, N. A. (2024). Perubahan sifat fisik biji kakao jenis fine dan bulk selama fermentasi. *Agrohalal.* Universitas Djuanda.

Susanto, B. (2021). *Budidaya dan fisiologi tanaman kakao.* Jakarta: Mitra Pustaka.

Teknotan. (2022). Analisis perbandingan kualitas biji kakao. *Teknotan, 16*(3). Universitas Padjadjaran.

Wisnubroto, A. (2024). Kualitas biji kakao hasil fermentasi dengan variasi waktu. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, 11*(1), 25–33.