

EVALUASI TEKNOLOGI FERMENTASI KAKAO DAN POTENSI PENERAPAN PADA SKALA KOMUNAL DI PEDESAAN

Yudhi Ria Chandra*, Iffana Dani Maulida

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka

*Penulis korespondensi: 042080027@ecampus.ut.ac.id

ABSTRAK

Fermentasi merupakan tahapan krusial pada tahapan pascapanen untuk menghasilkan biji kakao (*Theobroma Cacao L.*) yang berkualitas unggul. Tahapan ini mutlak diperlukan untuk meningkatkan komposisi kekuatan rasa, aroma, dan warna cokelat yang dihasilkan. Namun, secara nasional diperkirakan hanya sekitar 5% biji kakao yang melewati tahapan fermentasi akibat dari berbagai kendala di lapangan seperti faktor kelayakan produksi, kurangnya pengetahuan dan kurangnya keterampilan teknis dalam hal fermentasi. Artikel ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi penerapan teknologi fermentasi yang tepat guna, ekonomis, dan aplikatif di pedesaan. Kajian disusun melalui telaah literatur ilmiah 5 tahun terakhir yang diseleksi melalui peramban Google Scholar dan sumber terpercaya lainnya. Fokus kajian meliputi (1) ragam teknologi fermentasi; (2) jenis kultur starter dan aplikasi penggunaannya; (3) durasi fermentasi; serta (4) potensi penerapan teknis, sosial, dan ekonomi di skala komunal di pedesaan. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan kotak kayu bertingkat berukuran besar dan aerasi yang memadai efektif menjaga suhu fermentasi. Penggunaan kultur starter ragi tape lokal pada kadar 2% efektif mempersingkat durasi fermentasi menjadi empat hari sehingga meminimalkan risiko kontaminasi dan meningkatkan efisiensi dengan hasil yang optimal. Penguatan lembaga tani atau koperasi secara intensif merupakan prasyarat penting dalam mendukung pengelolaan fasilitas teknologi fermentasi secara kolektif dan berbiaya rendah.

Kata Kunci: Fermentasi biji kakao, pascapanen, kultur *starter*, pedesaan

1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kakao (*Theobroma cacao L.*) utama dunia, dengan mayoritas produksi dihasilkan dari perkebunan rakyat yang tersebar di wilayah pedesaan dan telah menjadi sumber pendapatan penting bagi sekitar jutaan petani di Indonesia. Hal ini ditunjukkan dengan luas area perkebunan rakyat yang mencapai 1,39 juta hektar atau 99.64% dari keseluruhan perkebunan kakao nasional (BPS, 2024).

Sejak dekade tahun 1980-an produksi kakao Indonesia menunjukkan tren positif, yaitu produksi dianggap stabil dan terus mengalami peningkatan (Ikawati Karim, 2021). Namun, terjadi penurunan produksi dalam beberapa tahun terakhir, seperti yang tercatat di tahun 2019 jumlah produksi dari perkebunan rakyat sebesar 729.685 ton menjadi 631.350 ditahun 2023 (BPS, 2024). Meskipun demikian, subsektor perkebunan kakao tetap berkontribusi besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) sektor pertanian, yakni sebesar 30,99% dari PDB sektor dan 3,88% dari total PDB nasional. Oleh karena itu, optimalisasi pengelolaan pascapanen, termasuk fermentasi, menjadi strategi penting dalam upaya peningkatan kesejahteraan petani dan daya saing nasional.

Fermentasi merupakan faktor kunci dalam menghasilkan biji kakao yang bermutu baik, berdaya saing, dan memiliki harga jual yang tinggi (Ariningsih dkk., 2021; Hadinata & Marianti, 2020). Mengacu pada hasil penelitian, ekstrak biji kakao yang difermentasi memiliki nilai aktivitas antioksidan yang sangat kuat, di antaranya katekin, leukosianidin, proantosianidin dan antosianin (Pratiwi dkk., 2025). Peranan penting proses fermentasi terletak

dalam meningkatkan kekuatan rasa, aroma, dan warna coklat yang dihasilkan (Sabahannur, 2025). Namun demikian, secara umum biji kakao dijual dalam keadaan basah atau dijual dalam keadaan kering tanpa disertai penyortiran, bahkan masih bercampur dengan kotoran (Ariningsih dkk., 2021; Hadinata & Marianti, 2020). Diperkirakan hanya sekitar 5% biji kakao yang difermentasi secara nasional. Informasi tersebut diperkuat dengan temuan Dinas Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan Provinsi Bali yang menyebutkan bahwa produksi biji kakao yang telah melewati proses fermentasi hanya berkisar 300 ton atau 6,5% di tahun 2018 (Ariningsih dkk., 2021).

Menurut data dari Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) Dinas Perdagangan Provinsi Sulawesi Selatan, sekitar 86,09% produksi biji kakao Indonesia masih berkualitas rendah dan berdampak pada rendahnya harga jual 10% hingga 15% dibandingkan harga pasaran (Octaviany dkk., 2024). Berbagai kendala menghambat praktik fermentasi di tingkat petani, salah satu yang utama adalah faktor kelayakan produksi terkait standar minimal volume per-proses, sedangkan pada setiap musim panen, petani kecil (*small holder*) hanya menghasilkan biji kakao basah yang kurang dari kebutuhan proses yang optimal, yaitu setara 40 kg. Kondisi ini diperparah dengan kurangnya pengetahuan dan keterampilan teknis petani dalam hal fermentasi (Sabahannur, 2025).

Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan penerapan teknologi fermentasi yang tepat guna, ekonomis, dan aplikatif di tingkat pedesaan. Pendekatan skala komunal diharapkan dapat mempermudah transfer teknologi, meningkatkan efisiensi, serta memperkuat peran kelembagaan petani dalam rantai pasok industri nasional.

2 METODE

Metodologi dalam penulisan artikel ini bersifat tinjauan pustaka. Sumber utama meliputi referensi yang diseleksi dari peramban *Google Scholar* serta literatur ilmiah terbaru dalam lima tahun terakhir dari jurnal bereputasi, yang disajikan dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Fokus kajian meliputi (1) ragam teknologi fermentasi; (2) jenis kultur *starter* dan aplikasi penggunaannya; (3) durasi fermentasi yang optimal; (4) dampak fermentasi terhadap mutu fisik, kimia, dan sensori biji kakao; serta (5) potensi penerapan teknis, sosial, dan ekonomi pada skala komunal. Beragam artikel terpilih ditinjau dan dipelajari sehingga diperoleh informasi yang relevan dan dapat digunakan untuk menghasilkan usulan yang dapat diterapkan.

3 PEMBAHASAN

Buah kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan bahan dasar pembuatan produk olahan coklat. Namun, biji kakao mentah rasanya pahit dan sepat bila dikonsumsi secara langsung tanpa fermentasi (Parapouli dkk., 2020). Fermentasi merupakan tahapan penting yang diperlukan untuk menghasilkan biji kakao berkualitas tinggi karena pengaruhnya terhadap rasa, warna dan aroma (Sigalingging dkk., 2020). Biji kakao yang tidak melewati tahapan fermentasi yang optimal, bukan hanya memiliki rasa pahit dan sepat, melainkan juga gagal membentuk *flavor* khas coklat saat proses penyangraian (Mulyawanti dkk., 2019).

Fermentasi dapat berlangsung dengan melibatkan khamir, bakteri asam laktat, dan bakteri asam asetat melalui dua pendekatan, yaitu secara spontan dan terkendali (Mulyawanti dkk., 2019). Fermentasi spontan merupakan proses alami yang terjadi tanpa penambahan mikroorganisme secara sengaja, dimana mikroba yang berperan berasal dari lingkungan sekitar dan permukaan bahan. Sementara, pada fermentasi terkendali kultur spesifik ditambahkan secara sengaja diiringi pengaturan suhu dan kondisi lain yang diperlukan untuk mencapai hasil yang diharapkan. Keunggulan fermentasi terkendali adalah kemampuannya dalam menghasilkan produk dengan kualitas yang stabil serta menekan risiko kontaminasi oleh mikroorganisme patogen (Maicas, 2023).

Secara gradual, proses fermentasi akan menghasilkan biji kakao yang tidak dilapisi *pulp*, yaitu lapisan putih berlendir yang melingkupi biji kakao (Palupi & Laily Susanti, 2024), dan berlangsung melalui dua fase respirasi. Fase pertama dimulai secara anaerob seiring dengan meningkatnya keasaman lingkungan *pulp* yang disebabkan oleh adanya asam sitrat dan memicu pertumbuhan ragi. Fase berikutnya, aktivitas bakteri asam laktat (BAL) dan bakteri asam asetat (BAA) yang dominan menandai terjadinya fase aerob. Pada tahap akhir, hasil fermentasi berupa etanol, asam laktat, dan asam asetat meresap ke dalam biji sehingga menghambat proses perkecambahan (Adi dkk., 2019).

Fermentasi memicu transformasi kimia dan fisika secara signifikan. Warna biji yang sebelumnya ungu tua menjadi coklat kemerahan, dan semakin menurun intensitas kemerahannya selama 7 hari fermentasi yang diiringi dengan degradasi senyawa polifenol seperti antosianin (Fang dkk., 2020). Perubahan warna ini terjadi akibat meningkatnya suhu internal biji dan penetrasi asam organik ke dalam jaringan biji (Sigalingging dkk., 2020). Selain itu, perubahan kompleks ditunjukkan oleh turunnya jumlah asam amino esensial dari 3,68 g/100g pada hari ke-0 menjadi 2,64 g/100 g pada hari ke-7 akibat degradasi protein oleh enzim dan reaksi *Strecker*. Sebanyak 88 senyawa volatil terbentuk selama proses fermentasi, dengan komposisi dominan berupa senyawa asam (56,04%), alkohol (22,95%), dan keton (9,40%) yang membentuk aroma. Bersamaan dengan itu, kandungan *procyanidin* dan aktivitas antioksidan menurun seiring oksidasi senyawa polifenol (Fang dkk., 2020). Penurunan kandungan polifenol dan alkaloid (senyawa penyebab rasa pahit dan sepat) menyebabkan terbentuknya karakteristik organoleptis yang khas pada coklat (Parapouli dkk., 2020). Transformasi tersebut diindikasikan dengan penurunan pH dari 5,6 di hari pertama menjadi 3,5 di hari keempat, lalu naik ke 4,9 pada hari kelima. Total asam mencapai puncak 44,5% di hari keempat sebelum turun menjadi 31,0% di hari kelima (Sigalingging dkk., 2020).

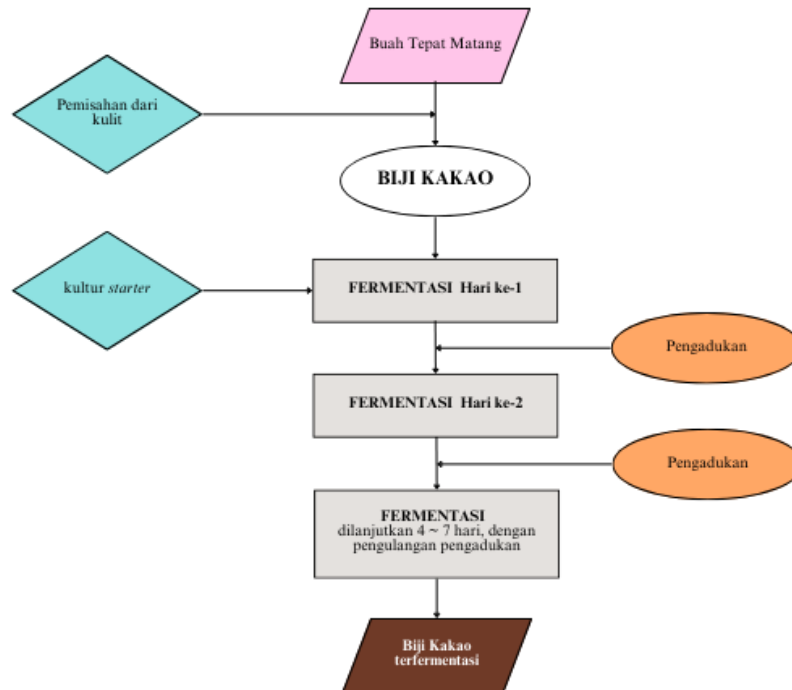
Kadar air biji meningkat dari 2,13% pada hari pertama menjadi 5,00% di hari kedua, kemudian turun hingga 4,00% pada hari kelima. Hal ini disebabkan oleh adanya degradasi *pulp* oleh mikroba dan meningkatnya permeabilitas biji (Sigalingging dkk., 2020).

Pada praktiknya, proses fermentasi memiliki keragaman teknik yang unik dan spesifik. Namun demikian, fermentasi yang menghasilkan produk berkualitas memiliki prinsip tahapan yang sama yaitu (1) sortasi buah kakao (2) penggunaan wadah (3) keterlibatan mikroorganisme (baik secara alami atau dengan penambahan kultur *starter*), (4) Pengadukan dengan interval tertentu, dan (5) durasi fermentasi selama 4 sampai 7 hari (tergantung metode yang digunakan) (Suwasono dkk., 2023). Proses fermentasi secara umum dapat diilustrasikan pada Gambar 1.

Tingkat keberhasilan proses fermentasi dapat diuji dengan beberapa metode. Salah satunya adalah uji belah atau *cut test*. Uji ini merupakan metode sederhana untuk memantau perubahan warna biji kakao selama fermentasi. Pengujian dikerjakan dengan prosedur membelah secara memanjang terhadap seratus biji kakao menggunakan pisau tajam untuk memperlihatkan seluruh permukaan kotiledon. Pengamatan warna dilakukan secara visual di bawah cahaya alami. *Slaty* (warna abu-abu) pada biji kakao menunjukkan bahwa proses fermentasi belum terjadi, sedangkan warna ungu menandakan fermentasi yang masih belum sempurna. Sedangkan fermentasi yang optimal ditandai dengan biji yang berwarna coklat. Namun demikian, metode ini bersifat subjektif dan tidak memberikan hasil kuantitatif yang dapat dipastikan.

Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) dapat diterapkan untuk menguji secara kuantitatif terhadap kandungan asam organik, asam amino, dan gula dalam biji kakao. Proses fermentasi yang berjalan baik ditandai oleh peningkatan kadar asam amino serta penurunan kadar asam organik jika dibandingkan dengan biji yang tidak difermentasi (Fahrurrozi dkk., 2020). Selain itu, keberhasilan proses fermentasi juga dapat dievaluasi melalui pengukuran indeks fermentasi, yaitu derajat perubahan warna biji kakao selama fermentasi. Penilaian ini diukur secara spektrofotometri dengan membandingkan nilai

absorbansi pada panjang gelombang 460 nm dan 530 nm. Proses fermentasi yang telah berlangsung sempurna ditunjukkan dengan nilai indeks fermentasi yang mencapai angka 1,0 (Mulyawanti dkk., 2019; Sigalingging dkk., 2020). Indeks fermentasi yang dinilai baik sudah dapat dicapai pada hari ketiga, yang menunjukkan kematangan fermentasi (Sigalingging dkk., 2020).



Gambar 1. Proses Fermentasi Secara Umum

Keberhasilan proses fermentasi merupakan himpunan dari seluruh aspek penting yang menjadi perhatian dalam fermentasi, diantaranya (1) tingkat kematangan buah, (2) pemilihan buah yang tidak terpapar hama dan penyakit, (3) varietas yang digunakan, (4) jumlah massa biji yang diproses, (5) jenis dan konsentrasi mikroba, (6) pengadukan, (7) durasi fermentasi, dan (8) rancangan kotak fermentasi. Untuk mendukung pengambilan kesimpulan, penulis menyoroti pembahasan mengenai keragaman teknik yang mendukung keberhasilan proses fermentasi dan potensi penerapan yang berkorelasi secara sosial dan ekonomi pada skala komunal pedesaan.

3.1 Ragam Teknologi Fermentasi

3.1.1 Wadah Fermentasi

Keragaman teknologi fermentasi kakao pada dasarnya dapat diidentifikasi melalui jenis wadah yang digunakan selama proses berlangsung. Sejauh ini, berbagai bentuk dan bahan wadah fermentasi telah diperkenalkan dan diadopsi oleh petani antara lain kotak kayu berlubang, besek bambu, kulit sapi kering, daun pisang, dan sebagainya. Pemilihan teknologi fermentasi umumnya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya lokal, tingkat pengetahuan dan keterampilan petani, serta kemudahan dalam pelaksanaan di lapangan. Oleh karena itu, faktor biologis bukanlah satu-satunya penentu dalam efektivitas fermentasi, tetapi juga ditentukan oleh aspek teknis dan sosial yang melekat pada masyarakat petani.

3.1.2 Besek Bambu

Suwasono dkk. (2023) melakukan percobaan fermentasi kakao menggunakan 4 buah besek bambu berukuran 45 cm x 45 cm x 25 cm (Gambar 4 Fermentasi dalam besek bambu). Penggunaan bahan bambu memiliki keunggulan karena adanya celah yang cukup untuk aerasi

dan tidak berkarat karena pengaruh asam yang terbentuk saat fermentasi. Pada setiap besek bambu diisi dengan 5 hingga 10 kg biji kakao basah dengan penambahan *starter* sebanyak 1% pada masing-masing tumpukan, kemudian ditutup dengan daun pisang atau daun jati dengan tujuan untuk mempertahankan panas yang terbentuk. Penambahan *starter* dilakukan secara bertahap, dengan menggunakan *S. cerevisiae* pada hari pertama dan *L. casei* pada hari kedua. Fermentasi dilakukan selama 96 jam (4 hari) dengan perlakuan pengadukan berkala pada tiap 24 jam sekali. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fermentasi biji kakao menggunakan besek bambu mampu memperbaiki kualitas biji kakao.

3.1.3 Kotak Fermentasi Kayu

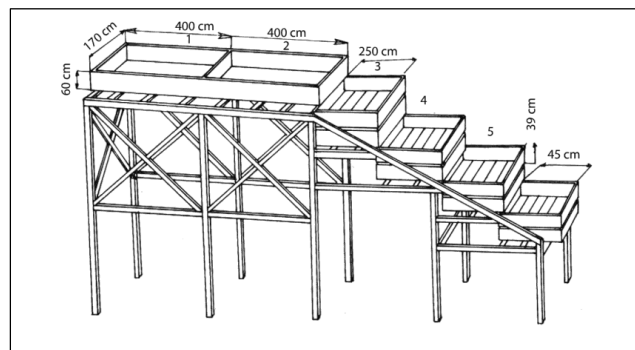
Kotak fermentasi berbahan dasar kayu merupakan wadah paling umum yang dijumpai di pedesaan. Keunggulan kayu adalah mudah diperoleh dan tahan terhadap pengaruh termal. Kotak kayu dilubangi pada dasar dan dinding dengan jarak tertentu. Lubang ini diperlukan sebagai aerasi dan mengalirkan cairan fermentasi (Gambar 2, Gambar 3) (Fahrurrozi dkk., 2020).

Buah kakao hasil panen diperam selama 2 sampai 3 hari kemudian dikupas sehingga didapatkan biji kakao segar. Sebanyak 12 kg biji kakao kemudian dimasukkan ke dalam kotak kayu dan ditutup dengan penutup dari karung goni. Pengadukan diperlukan agar proses fermentasi terjadi secara merata. Fermentasi menggunakan kotak kayu dilakukan selama beberapa hari (bisa sampai 5 hari). Pada hari ketiga, indeks fermentasi telah mencapai nilai ideal (1,0) dan tetap stabil di hari keempat dan kelima. Parameter lainnya ditunjukkan oleh perubahan pH dan kadar air yang menunjukkan pola fermentasi yang sempurna (Sigalingging dkk., 2020).

Ukuran kotak yang digunakan disesuaikan dengan volume bahan hasil panen. Hasil penelitian Desy Rachmatullah dkk. (2021) pada proses fermentasi selama tiga hari untuk kakao jenis Edel (*Criollo*), mereka menyimpulkan bahwa fermentasi dengan kotak kayu berukuran besar menunjukkan hasil fermentasi yang lebih optimal. Hal ini terkait dengan capaian suhu fermentasi yang lebih ideal dibanding pada kotak kecil. Walau demikian penggunaan kotak kayu kecil masih menunjukkan performa yang bisa diterima. Sebagai referensi, kotak kayu yang dibandingkan adalah kotak kayu besar dengan ukuran 70 cm x 90 cm x 100 cm dan kotak kayu kecil dengan ukuran 20 cm x 20 cm x 30 cm.



Gambar 2 Kotak Fermentasi Kayu
Fermentasi (kakao.cokelat.tp.ugm.ac.id, 2019)



Gambar 3 Susunan Bertingkat Kotak
(Fahrurrozi dkk., 2020)

3.1.3.1 Fermentor Kayu Semi-Otomatis

Suwasono dkk. (2023) melakukan fermentasi menggunakan kotak semi-otomatis berbahan kayu ketebalan 3 cm berbentuk tabung dengan ukuran panjang 70 cm dan diameter 43 cm. Wadah *fermentor* terdiri dari dua bilik yang masing-masing bisa menampung 15-20 kg biji kakao basah. *Fermentor* memiliki mekanisme sederhana sehingga mengurangi tenaga saat membalikan bahan. Aerasi diperoleh dengan cara melubangi pada sisi bagian kanan dan kiri kotak dengan diameter sekitar 1 cm, jarak antar lubang sekitar 3 – 4 cm (Gambar

Fermentasi dilakukan dengan penambahan ragi komersial selama 4 hari dan dilakukan pengadukan pada 24 jam sekali agar fermentasi terdistribusi secara merata. Hasil fermentasi menunjukkan kualitas setara mutu ekspor pada golongan B (SNI).



Gambar 4 Fermentasi dalam besek bambu (Suwasono dkk., 2023)



Gambar 5 Fermentasi Semi otomatis (Suwasono dkk., 2023)

3.1.3.2 Kotak Kulit Sapi Kering

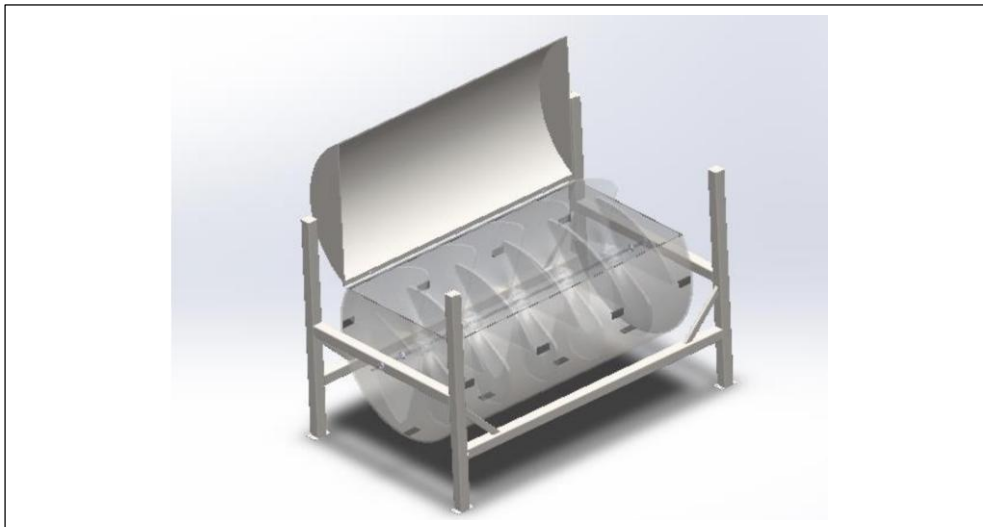
Pemanfaatan kulit sapi sebagai wadah fermentasi biji kakao didasari pada karakteristik alami kulit hewan yang tahan terhadap perubahan suhu ekstrem. Selain ketahanannya, kulit sapi juga memiliki sifat alami yang mendukung proses fermentasi secara alami tanpa resiko terpapar zat asing seperti tanin yang biasanya terdapat pada kayu, atau senyawa kimia seperti benzena maupun stirena yang ditemukan pada wadah styrofoam. Kotak kulit sapi terbuat dari kulit yang dibersihkan, kemudian dibentangkan dan dikeringkan dengan cara dibalik-balik selama kurang lebih empat hari hingga kadar airnya mencapai sekitar 20%. Kulit yang telah kering kemudian dipotong dan dibentuk menjadi kotak persegi berukuran 30 cm x 40 cm x 50 cm. Proses fermentasi dilakukan menggunakan bahan 10 kg biji kakao, kemudian ditutup dengan rapat. Fermentasi berlangsung selama 5 hari, dengan perlakuan pembalikan bahan pada hari kedua.

Studi tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa kotak berbahan kulit sapi dapat mengakselerasi kenaikan suhu fermentasi dengan lebih cepat dan lebih stabil (suhu puncak

sampai dengan 45 °C) dibanding kotak berbahan kayu. Hasilnya, indeks fermentasi yang didapatkan sedikit lebih tinggi (0,96 dibanding 0,94) dan rendemen biji meningkat (35% dibanding 32%) pada kotak kulit sapi. Namun demikian, perbedaan tersebut tidak menunjukkan signifikansi secara statistik (Harun Rustam Effendi, 2021).

3.1.3.3 Drum Fermentasi Putar (Rotary Drum)

Salah satu jenis *fermentor* yang dievaluasi adalah *Fermentor Rotary Drum* berbentuk silinder horizontal berbahan aluminium yang dapat berputar. Pemilihan material aluminium karena bahan ini tidak berpengaruh pada organoleptis kakao. Drum dilengkapi dengan *propeller* dan memiliki satu titik sumber panas bersuhu 50 °C. Mekanisme rotasi diharapkan dapat berguna untuk mempercepat penyebaran panas ke seluruh massa kakao. Dalam waktu 600 detik (10 menit) sistem telah mencapai suhu yang merata pada seluruh bahan, sehingga mampu memperluas zona aktif fermentasi. Mekanisme tersebut terbukti mengaktivasi mikroorganisme secara lebih homogen, sehingga menghasilkan proses fermentasi yang lebih konsisten dan efisien (Gambar) (Sales dkk., 2024).



Gambar 6 Aluminium Rotary Drum (Sales dkk., 2024)

Penelitian yang dilakukan oleh Mulyawanti dkk. (2019) mengevaluasi pengaruh penggunaan *fermentor* kotak kayu dibandingkan *fermentor rotary drum* kayu terhadap perbaikan mutu biji kakao kering non-fermentasi dengan prosedur fermentasi ulang menggunakan *starter* mikroba kering dan tambahan nutrisi eksternal (fruktosa, glukosa, sukrosa, asam sitrat). *Fermentor Rotary drum* berbentuk silinder dari kayu berukuran 80 cm x 65 cm, memiliki beberapa lubang, dan dilengkapi sistem pemanas untuk mengendalikan suhu dan penggerak untuk memutar silinder secara otomatis. Sementara itu, kotak kayu yang digunakan berukuran 25 cm x 25 cm x 24 cm dan berlubang pada bagian dindingnya. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa fermentasi menggunakan kotak kayu menghasilkan mutu yang lebih baik dibandingkan *rotary drum* kayu, berdasarkan kriteria kenaikan suhu, pH, pembentukan alkohol dan asam asetat serta indeks fermentasi. Selain itu, fermentasi dalam kotak kayu menghasilkan *flavor* yang lebih baik dibanding *rotary drum* kayu (Mulyawanti dkk., 2019).

3.1.3.4 Wadah Lainnya

Secara sporadis, petani juga diketahui menggunakan daun pisang sebagai alas dan penutup, disebut dengan *heap fermentation* sebagaimana dipraktikkan oleh petani di Afrika Barat (Siregar dkk., 2021). Fermentasi berlangsung secara spontan tanpa penambahan

inokulum, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama dan kurang berhasil dalam merangsang pembentukan aroma.

3.1.4 Jenis Kultur Starter dan Aplikasi Penggunaannya

Fermentasi biji kakao umumnya masih dilakukan secara tradisional oleh petani di pedesaan, yaitu melalui fermentasi spontan yang melibatkan mikrobiota lokal yang secara alami terdapat pada permukaan biji dan lingkungan sekitar, tanpa inokulasi mikroorganisme tertentu. Fermentasi spontan melibatkan berbagai jenis mikroorganisme, seperti bakteri asam laktat (BAL), bakteri asam asetat (BAA), dan dapat pula mencakup spesies *Bacillus* serta jamur benang (*Filamentous fungi*) (García Gonzalez dkk., 2022). Tahap awal fermentasi didominasi oleh ragi yang memanfaatkan kandungan gula dari lendir (*pulp*) untuk menghasilkan etanol dalam kondisi anaerob. Selanjutnya, etanol yang terbentuk dimanfaatkan oleh BAL dan BAA untuk menghasilkan senyawa-senyawa fermentatif utama. BAL berperan dalam mengonversi etanol dan asam sitrat menjadi asam laktat dan metabolit lainnya, sementara BAA mengoksidasi etanol menjadi asam asetat, yang turut memicu kenaikan suhu fermentasi secara signifikan (García Gonzalez dkk., 2022).

Teknik fermentasi tradisional sering kali menghasilkan mutu yang kurang memuaskan terkait dengan beberapa permasalahan, diantaranya rendahnya replikasi mutu antar *batch*, risiko kontaminasi mikroba asing, serta munculnya rasa dan aroma yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, penggunaan kultur *starter* dapat dipertimbangkan sebagai strategi untuk meningkatkan kendali proses dan kualitas hasil fermentasi dengan mutu sensoris yang lebih baik dan konsisten (García Gonzalez dkk., 2022).

3.1.4.1 Kultur Lokal BAL (*Lactobacillus* sp.) dan BAA (*Acetobacter* sp.)

Bakteri Asam Laktat (BAL) merupakan kelompok mikroorganisme penghasil asam laktat pada fermentasi karbohidrat. Berdasarkan tipe metabolitnya, BAL diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu homofermentatif dan heterofermentatif. BAL umumnya memiliki ciri yang serupa, yaitu Gram positif, tidak membentuk spora, tidak bergerak, serta negatif terhadap katalase dan oksidase. Spesies yang paling dominan adalah *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus fermentum*. Mereka dapat hidup dalam kondisi anaerob, mikroaerofilik, maupun aerob. Selama fermentasi kakao, sejumlah spesies BAL tahan panas seperti *Lactobacillus curieae*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus casei*, *Fructobacillus pseudoficulneus*, *Weissella paramesenteroides* dan *Weissella cibaria* dapat terdeteksi meskipun dalam jumlah yang tidak signifikan. Mikroorganisme ini aktif terutama dalam 72 jam pertama fermentasi, dengan puncak pertumbuhan sekitar 36 jam, dan masa pertumbuhan maksimal antara 16–48 jam. Selain menghasilkan asam laktat, BAL juga dapat memproduksi sejumlah kecil alkohol dan asam asetat dari fruktosa dan glukosa. Dengan BAL, maka metabolisme asam sitrat menjadi senyawa seperti asetaldehida, diasetil, manitol, dan asam-asam organik lainnya dapat berlangsung. Keberadaan BAL dapat terdeteksi sejak tahap awal fermentasi, dan aktivitasnya meningkat signifikan setelah gula dalam *pulp* kakao terurai melalui proses hidrolisis.

Bakteri asam asetat (BAA) tergolong bakteri Gram-negatif dan termasuk dalam keluarga *Acetobacteraceae*. Mereka bersifat aerob obligat, tidak membentuk spora, dan memiliki bentuk sel berupa elips atau batang. Biasanya, bakteri ini ditemukan dalam bentuk berpasangan atau dalam rantai. Bakteri ini dikenal memiliki kemampuan untuk mengoksidasi beragam jenis karbohidrat dan menghasilkan senyawa metabolit seperti aldehyd, keton, dan berbagai asam organik dalam berbagai medium. Sejak lama, mereka telah dimanfaatkan dalam reaksi oksidasi spesifik yang dikenal sebagai “fermentasi oksidatif”. Proses pembentukan asam asetat dimulai dengan konversi karbohidrat menjadi etanol oleh ragi, yang selanjutnya diubah menjadi menjadi asam asetat melalui proses oksidasi oleh bakteri asam asetat. Selama fermentasi berlangsung, penurunan populasi ragi dan bakteri asam laktat menciptakan kondisi

aerob yang mendukung pertumbuhan bakteri asam asetat pada suhu sekitar 37 °C. Bakteri dalam kelompok ini, seperti *Acetobacter aceti*, *A. pasteurianus*, dan *Gluconobacter oxydans*, berperan penting dalam oksidasi etanol menjadi asam asetat, karbon dioksida, dan air, yang turut memicu hidrolisis protein dan pengasaman biji. Pertumbuhan maksimum bakteri terjadi sekitar 88 jam fermentasi dan mulai menghilang saat suhu mencapai 50 °C. Sebagian asam menguap, sementara sisanya meresap ke dalam biji dan membantu menghentikan perkecambahan biji kakao (Ordoñez-Araque dkk., 2020).

Hasil penelitian Abubakar dkk. (2022) pada penggunaan isolat *indigenous* Aceh *Lactobacillus coryniformis* (BAL) dan *Gluconobacter sp.* (BAA) sebagai *starter* kering melaporkan bahwa *starter indigenous* terbukti mempercepat kenaikan suhu hingga 44 °C dan penurunan awal pH, serta peningkatan total mikroba fermentatif dengan lebih cepat. Fermentasi dengan *starter* BAL dapat mencapai optimasi 86,5% pada hari keempat yang setara dengan fermentasi 5 hari tanpa *starter*. Dengan kata lain, penggunaan *starter* kering mikroba lokal BAL mampu meningkatkan efisiensi fermentasi.

Pada penelitian lain terungkap bahwa penambahan *starter* kering BAL berupa *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus fermentum* dapat menekan pertumbuhan jamur pada kondisi fermentasi yang tidak terkendali. Pertumbuhan jamur menyebabkan kontaminasi mikotoksin dan menurunkan mutu biji kakao (Marwati dkk., 2021).

3.1.4.2 Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*)

Ragi roti atau ragi komersial (*Saccharomyces cerevisiae*) umum digunakan karena murah dan mudah ditemukan (Barus dkk., 2021). *S. cerevisiae* bekerja dengan cara mempercepat konsumsi gula *pulp* dan produksi etanol, sehingga mempercepat proses fermentasi. Sifat khas dari *S. cerevisiae* di antaranya terkait aktivitas pektinolitik, pertumbuhan cepat pada derajat keasaman yang sedikit meningkat, serta kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan tinggi etanol dan suhu yang meningkat. Aktivitas pektinolitik dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi pengeringan *pulp* hingga 127% (Parapouli dkk., 2020).

Apriyanto (2020) mengemukakan bahwa produk cokelat yang dibuat dengan fermentasi menggunakan *starter* campuran yang mengandung *S. cerevisiae*, BAL, dan BAA, memiliki memiliki rasa asam, pahit, dan sepat yang lebih sedikit serta lebih diterima dan disukai panelis dibandingkan dengan coklat batang dari hasil fermentasi spontan (tanpa penambahan biakan murni) (Apriyanto, 2020). Lebih lanjut, *S. cerevisiae* juga diketahui menghasilkan senyawa *flavor* penting seperti etil oktanoat, 2-feniletil asetat, etil asetat, 2-metil-butanol, 3-metil-butanol, 2-feniletanol, dan 2-heptanol. Namun demikian, penggunaan strain *S. cerevisiae* tidak selalu menghasilkan profil sensori yang sama pada varietas kakao yang berbeda. Ini menunjukkan bahwa suatu strain mungkin cocok untuk satu varietas kakao tetapi tidak untuk yang lain (Parapouli dkk., 2020).

3.1.4.3 Ragi Tape / Tempe

Ragi Tape dan Ragi Tempe merupakan *starter* yang mudah ditemukan di pasar tradisional. Pada umumnya ragi tempe yang ada dipasaran didominasi oleh merek Raprima® yang mengandung *Rhizopus microsporus* (Sjamsuridzal dkk., 2021). Sedangkan Ragi tape mengandung *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan bakteri *Lactobacillus*. *A. oryzae* merupakan jamur yang dapat menghasilkan enzim amilase, protease, dan selulase (Hermanto dkk., 2021).

Pada percobaan yang dilakukan oleh Fitriani dkk. (2024) untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan ragi tape, disimpulkan bahwa fermentasi selama 4 hari dengan ragi tape sebanyak 10% mampu memberikan hasil biji kakao dengan mutu kimia terbaik, walaupun tidak memberikan diferensiasi sensori yang signifikan. Barus dkk. (2021) juga menguji penggunaan beberapa jenis ragi, di antaranya ragi tempe, ragi tape, dan ragi roti. Mereka menyimpulkan

bahwa penggunaan ragi roti menghasilkan hasil akhir yang paling baik. Penelitian ini sekaligus membuktikan bahwa jenis ragi berpengaruh kuat pada pembentukan karakter pH, kadar air, kadar lemak dan sifat organoleptik pada produk akhir (Barus dkk., 2021; Fitriani dkk., 2024).

Sedikit berbeda, penelitian Sabahannur (2025) menggunakan ragi dalam variasi konsentrasi yang lebih rendah, yaitu 1% dan 2%. Hasilnya, pada penggunaan ragi tape (TY) dengan konsentrasi 1% dan 2% menunjukkan hasil fermentasi yang lebih baik dibandingkan fermentasi dengan ragi roti (BY), maupun fermentasi tanpa ragi (kontrol). Kedua konsentrasi TY tersebut mampu meningkatkan suhu fermentasi hingga suhu optimal sekitar 44 °C yang dibutuhkan untuk fermentasi efektif, sedangkan BY tidak mampu mencapai suhu tersebut. Sebagaimana diketahui bahwa, suhu fermentasi yang tinggi erat kaitannya dengan keberhasilan proses dekomposisi *pulp* dan perkembangan mikroba pembentuk *flavor*. Variasi konsentrasi ragi TY, 1% dan 2% tidak menunjukkan perbedaan signifikan pada hampir semua parameter fisikokimia, kecuali pH, di mana pH biji fermentasi dengan TY 1% sedikit lebih tinggi dibanding TY 2%. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut, efektivitas TY cukup stabil dan tidak meningkat secara linier pada penambahan dosis yang lebih tinggi. Namun demikian, konsentrasi 2% TY lebih unggul dalam mempercepat proses fermentasi dan menurunkan jumlah biji *slaty* (Sabahannur, 2025).

Sementara itu, studi yang dilakukan oleh Apriyanto dkk. (2023) menggunakan ragi tape merek NKL dengan penambahan secara interval 0,5% pada awal fermentasi, kemudian 0,5% 24 jam berikutnya, dan 1% pada 48 jam berikutnya menunjukkan hasil terbaik dalam hal populasi mikroorganisme (*S. cerevisiae*, *L. lactis*, *A. aceti*) dan mendapati persentase biji berwarna coklat mencapai 97,01%. Teknik inokulasi dengan interval memungkinkan adaptasi mikroba yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan fermentasi, dan menjaga kestabilan populasi mikroba.

3.1.2.4 Starter Alternatif

Inovasi penggunaan *starter* baru terus dilakukan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Díaz-Muñoz & De Vuyst, 2022), mereka menggunakan teknologi sekuensing generasi berikut (NGS) yang digunakan untuk memantau dinamika mikroba dan mengidentifikasi strain unggul. Penggunaan kultur dari khamir, terutama *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kudriavzevii*, dan *Pichia kluyveri*, telah terbukti meningkatkan efisiensi fermentasi, mempercepat degradasi *pulp* kakao, serta menghasilkan senyawa volatil yang berkontribusi pada pembentukan profil rasa. Secara umum, penggunaan *starter*, khususnya campuran mikroba fermentatif memiliki tujuan yang sama, yaitu mempercepat fermentasi (akselerasi kenaikan suhu dan pH) dan meningkatkan mutu *flavor*, hanya saja efektivitas ragi *starter* sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara strain dan varietas kakao yang digunakan. Oleh karena itu, pemilihan *starter* ragi tidak bisa dilakukan secara generik, melainkan harus melalui seleksi berbasis karakteristik fermentasi dan lingkungan lokal (Díaz-Muñoz & De Vuyst, 2022). Selain itu, aplikasi kultur campuran menunjukkan kinerja yang lebih unggul dibandingkan penggunaan kultur tunggal. Temuan ini diperoleh melalui serangkaian uji coba dengan variasi konsentrasi *starter* sebesar 5%, 10%, dan 15%. Berdasarkan parameter mutu yang diamati, perlakuan dengan konsentrasi 10% menghasilkan kualitas yang paling optimal (Handayani dkk., 2022).

Tabel 1. Pengaruh Kultur *Starter* terhadap Perubahan Fisikokimia dan Mutu Hasil Fermentasi Kakao

No	Sumber Pustaka	Jenis Kultur <i>Starter</i>	Durasi (hari)	Suhu Maks imum (°C)	pH	Cut Test (%)	Kadar Air (%)	Polyphenol		Ethanol	Acetic acid	Flavor / Aroma Dominan
								Cathecin	Epicatechin			
1.	(Dewandari dkk., 2021)	Tanpa Kultur <i>Starter</i>	7	41.33	6.54	N/A	4.58	N/A	N/A	Terdeteksi	Terdeteksi	N/A
2.	(González dkk., 2024)	Tanpa Kultur <i>Starter</i>	7	45.00	4.33	75.67	3.98	185.7	N/A	N/A	0.4	Nutty, spicy, floral, fresh fruit
3.	(Ferreira dkk., 2022)	<i>S. cerevisiae</i>	4	39.47	4.23	86.00	4.44	1.05	3.61	1.86	3.59	Roasted, Floral
4.	(Balcázar-Zumaeta dkk., t.t.)	<i>S. cerevisiae</i>	7	48	4.34	N/A	34.18*	0.27	20.7	N/A	Terdeteksi	Aroma senyawa prekursor
5.	(Tejeda dkk., 2024)	<i>S. cerevisiae</i>	5	45	N/A	N/A	>7	N/A	N/A	3.84	33.71	sweet, fruity, floral, buttery, malty
6.	(Hamawi dkk., 2024)	Ragi Tape 1%	4	43.2	5.93 - 6.14	99.20	5.5 - 8.0	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	N/A	cokelat, aroma senyawa prekursor
7.	(Apriyanto dkk., 2023)	Ragi Tape 2%	5	N/A	N/A	64.52	N/A	N/A	N/A	Terdeteksi lebih kuat	Terdeteksi	Cokelat, alkohol
8.	(Fitriani dkk., 2024)	Ragi Tape 10%	4	37.00	4.62	75.00	5.37	N/A	N/A	Terdeteksi	Terdeteksi	Cokelat, alkohol
9.	(Barus dkk., 2021)	Ragi Tempe	N/A	35.12	5.39	N/A	6.10	N/A	N/A	Terdeteksi	Terdeteksi	N/A
10.	(Ferreira dkk., 2022)	<i>P. manshurica</i>	4	41.73	5.11	72.66	4.44	3.72	4.3	2.18	1.87	Floral, sweet
11.	(Djaafar dkk., 2024)	<i>L. plantarum</i>	6	N/A	6.31	>90%	6.76	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12.	(Van De Voorde dkk., 2023)	<i>H. opuntiae</i>	7	47	4.5	60-70	6.00	N/A	N/A	Rendah	Tinggi	Aroma kurang kompleks
13.	(Van De Voorde dkk., 2023)	<i>P. kudriavzevii</i>	7	47	4.5	80.00	6.00	N/A	N/A	Moderat	Tinggi	Aroma khas, peningkatan ester
14.	(Dewandari dkk., 2021)	<i>S. cerevisiae</i> + <i>L. plantarum</i>)	3	44.67	5.69	N/A	2.97	N/A	N/A	Terdeteksi	Terdeteksi	N/A

Keterangan:

- N/A : Not Applicable (tidak dilaporkan atau tidak termasuk dalam pembahasan)
- Tanda * : Menunjukkan kadar air secara psikokimia, bukan kadar air final setelah pengeringan

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan starter terhadap perubahan sifat fisika-kimia biji kakao dan mutu yang dihasilkan yang dirangkum dalam Tabel 1. Lebih lanjut, Ordoñez-Araque dkk. (2020) mengulas peran penting tiga kelompok utama mikroorganisme: ragi (yeast), bakteri asam laktat (BAL), dan bakteri asam asetat (BAA) dalam membentuk profil kimia dan sensorik biji kakao pasca fermentasi pada beberapa jam selama fermentasi yang berlangsung melalui 3 tahapan penting. Tahapan tersebut secara berurut yaitu (1) Dominasi aktivitas ragi yang mengubah gula menjadi etanol dan menghasilkan enzim pektinolitik untuk degradasi pulp (2) Lanjutan aktivitas BAL yang menghasilkan asam laktat dan menurunkan pH (3) Aktivitas BAA yang mengoksidasi etanol menjadi asam asetat pada kondisi aerob. Perubahan peran mikrobiologis tersebut berkorelasi langsung dengan peningkatan suhu, penurunan pH, dan pembentukan senyawa volatil (ester, alkohol, asam organik) yang membentuk dinamika aroma dan flavor sepanjang durasi fermentasi dan mempengaruhi kualitas akhir biji kakao yang diperoleh. Lihat Tabel 2.

3.1.5 Durasi Fermentasi

Dikutip dari buku Panduan Praktis Budidaya Kakao, fermentasi biji kakao umumnya berlangsung selama 4 hingga 6 hari. Secara praktis, 6 wadah disiapkan secara bertingkat sehingga dapat menampung biji kakao pada tiap tahapan dengan lebih mudah. Biji kakao disimpan selama 12 jam pada wadah pertama, kemudian dilanjutkan pada wadah kedua untuk setiap 24 jam berikutnya (Siregar dkk., 2021).

Pembentukan aroma khas kakao akan terjadi sekitar 36 jam setelah fermentasi dimulai. Biji kakao yang tergolong terfermentasi sempurna (*fully fermented*) ditandai dengan warna coklat gelap pada setidaknya 80% permukaan kulit biji dan terbentuknya pori-pori kecil pada bagian dalam biji. Pada fermentasi sebagian (*half fermented*), terbentuknya warna coklat

Tabel 2. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Perubahan Kimia dan Kualitas Sensorik Biji Kakao

Durasi Fermentasi (jam)	Parameter yang diamati	Perubahan Kimia	Kualitas Sensorik
0- 24	Kadar TPC, AC, AA, <i>epicatechin</i> , <i>catechin</i> , <i>caffeine</i> , <i>theobromine</i> tinggi	<i>Astringency</i> dan <i>bitterness</i> tinggi; banyak flavan-3-ols dan <i>methylxanthines</i>	Belum berkembang; rasa getir dan pahit dominan
48- 72	Penurunan TPC, AC, AA; terjadinya kematian embrio; leaching senyawa aktif	Perubahan senyawa fenolik; peningkatan asam asetat; pembentukan aroma	Mulai terbentuk aroma khas kakao, <i>astringency</i> menurun
96-168	Nilai TPC, AC, AA menurun signifikan; potensi antioksidan menurun	Terjadi oksidasi senyawa aktif; beberapa senyawa volatil menurun	Aroma stabil tetapi potensi antioksidan lebih rendah

Keterangan:

- TPC : *Total Phenolic Content*
- AC : *Anthocyanin Content*
- AA : *Antioxidant Activity*

Sumber: (Leong dkk., 2024; Ordoñez-Araque dkk., 2020)

3.1.3.1 Durasi Fermentasi Tanpa Starter

Pada fermentasi alami tanpa *starter*, durasi optimal dapat mencapai 5-7 hari. Abubakar dkk. (2022) melaporkan bahwa praktek menyimpan biji kakao dalam karung plastik selama 1 sampai 2 hari (disebut pseudo-fermentasi) masih banyak dilakukan oleh petani Aceh. Proses

ini tidak mampu mengotimalkan mutu dari biji kakao yang dihasilkan ($\text{pH} > 5,8$, kadar air tinggi, dan biji pejal).

Marpaung & Putri (2019) mengevaluasi mutu organoleptik coklat batang yang dihasilkan dari fermentasi biji kakao lindak, pada 0, 2, 4, 6, dan 8 hari. Penelitian menunjukkan kesimpulan bahwa fermentasi selama 6 hari dan 8 hari menghasilkan coklat dengan warna, aroma, dan *flavor* yang disukai panelis. Namun demikian, coklat terbaik didapatkan dari fermentasi selama 6 hari, dicirikan dari warna coklat cerah, aroma khas, rasa yang disukai, dan kadar air yang sesuai. Sebaliknya, fermentasi yang lebih singkat menghasilkan warna dan *flavor* yang kurang optimal, sedangkan fermentasi yang lebih lama tidak meningkatkan skor sensori secara signifikan.

3.1.3.2 Durasi Fermentasi pada Penggunaan Starter BAL dan BAA

Penelitian oleh Abubakar dkk. (2022) mengisolasi mikroba dari *starter* kering, dan mengevaluasi efektivitas mikroba BAL (*Lactobacillus coryniformis*) dan BAA (*Gluconobacter sp.*) atau campuran keduanya sebagai *starter* untuk mengetahui yang paling efisien dalam mempercepat proses fermentasi. Hasilnya adalah, fermentasi selama empat hari dengan *starter* BAL sudah menghasilkan biji kakao terfermentasi terbaik (pH 4,83; 86,5% biji terfermentasi). Hasil ini setara dengan fermentasi lima hari menggunakan campuran BAL-BAA. *Starter* ini meningkatkan aktivitas mikroba, mempercepat degradasi gula, dan menstabilkan suhu hingga 44 °C.

3.1.3.3 Durasi Fermentasi pada Penggunaan Starter Ragi Tape

Fermentasi dilakukan menggunakan *starter* ragi tape sebanyak 10% dan terbukti mempercepat fermentasi menjadi 4 hari (yang umumnya 6 hari), menghasilkan biji dengan pH 4,62, kandungan air 5,37%, dan lemak sebanyak 27,58%. Semua parameter pengukuran telah menunjukkan pemenuhan standar kualitas menurut SNI (Fitriani dkk., 2024). Namun demikian Sabahannur (2025) membuktikan bahwa konsentrasi 1% atau 2 % juga sudah cukup mempercepat durasi fermentasi menjadi 4 hari.

Lebih lanjut, Barus dkk. (2021) mengungkapkan bahwa penggunaan ragi tape terbukti berpengaruh nyata terhadap kualitas organoleptik kakao. Namun, perlu diperhatikan bahwa penambahan ragi bukanlah satu-satunya faktor yang dapat mengubah nilai pH , karena banyak faktor lain seperti aktivitas mikroba dan lama perendaman ikut memengaruhi pH akhir.

3.2 Potensi Penerapan Teknis, Sosial dan Ekonomi pada Skala Komunal Pedesaan

3.2.1 Implementasi Fermentasi dalam Perspektif Sosial dan Ekonomi Komunitas Pedesaan

Proses fermentasi biji kakao memiliki keragaman teknik yang unik dan spesifik, namun penerapannya tak lepas dari kendala non-teknis yang mempengaruhi implementasinya. Studi yang dilakukan di Kabupaten Ponorogo mengungkapkan bahwa tidak semua petani melakukan fermentasi meskipun mereka mengetahui adanya perbedaan yang signifikan pada hasil pendapatan yang diperoleh. Padahal, total biaya implementasi fermentasi tidak jauh berbeda dibandingkan dengan tidak melakukan fermentasi (Swastiko dkk., 2021). Sebagaimana yang ditemukan di Desa Jambewangi, mayoritas petani tidak melakukan fermentasi dan belum pernah mengikuti pelatihan fermentasi, bahkan tidak mengetahui cara penjemuran yang benar walaupun secara umum mampu mengenali kualitas biji kakao yang baik (Hariyati dkk., 2023). Sorotan lainnya adalah tersedianya tenaga kerja dan proses fermentasi yang dianggap menyita waktu (6 hingga 7 hari), sedangkan harga biji kakao terfermentasi dan yang tidak terfermentasi dianggap tidak terlalu signifikan, bagi petani, menjual biji mentah dengan segera pasca pemanenan, merupakan solusi terbaik karena terdesak permasalahan keuangan (Ariningsih dkk., 2019).

Penerapan teknologi fermentasi pada skala pedesaan harus dapat menjawab permasalahan petani yang selama ini enggan melakukan fermentasi. Selain itu faktor biaya

teknis, kemudahan implementasi, dan aksesibilitas bahan penunjang, dan dukungan kelembagaan juga menjadi pertimbangan yang diutamakan.

Kelembagaan ekonomi petani (KEP) merupakan faktor yang sangat penting dalam mendukung transformasi kegiatan usaha tani berbasis komunal dari proses produksi hingga ke bisnis. Model ini sangat cocok diterapkan pada penerapan fermentasi di pedesaan, dimana kegiatan fermentasi dikelola secara bersama sehingga efisiensi biaya, kualitas, dan kapasitas produksi dapat dicapai secara bersamaan (Effendy & Mustofa, 2020).

Kelompok tani, sebagai lembaga kolektif yang menjunjung asas kebersamaan dan kemanfaatan bersama, memiliki peran strategis dalam memfasilitasi penyediaan sarana teknis pascapanen, khususnya dalam proses fermentasi. Selain itu partisipasi aktif petani diharapkan dapat mengakselerasi keterampilan teknis secara individu dan mendorong penerapannya secara konsisten (Swastiko dkk., 2021).

Hardjanto dkk. (2024) menyoroti peranan Koperasi Tani Magasena Kabupaten Luwu Utara dalam meningkatkan produksi dan mutu biji kakao. Koperasi tani menginisiasi implementasi pengolahan kolektif yang didukung oleh pengetahuan, keterampilan, dan teknologi. Kegiatan fermentasi yang dilakukan bersama koperasi memberi dampak yang lebih baik dibandingkan fermentasi secara individual. Peranan Koperasi termasuk mengkomunikasikan kriteria produk yang diminta pembeli sekaligus memastikan kriteria tersebut dapat dipenuhi. Selain itu, koperasi berperan dalam menyalurkan pengetahuan kepada para anggota melalui program pelatihan, sosialisasi, dan *workshop* terkait lainnya.

3.2.2 Usulan Penerapan Model Teknologi Fermentasi Skala Komunal Pedesaan

Berdasarkan hasil telaah pustaka dengan mempertimbangkan aspek efektivitas proses, efisiensi sumber daya, serta partisipasi aktif masyarakat desa, Penulis merekomendasikan model fermentasi yang dinilai paling sesuai untuk diterapkan pada skala komunal di pedesaan, sebagai berikut:

3.2.2.1 Pemilihan Wadah Fermentasi

Penggunaan kotak kayu bertingkat direkomendasikan sebagai pilihan utama terkait kemudahan dalam proses konstruksi, ketersediaan bahan baku lokal, dan karakteristik termal yang mendukung kestabilan suhu selama fermentasi. Selain itu, adanya lubang pada dinding dan dasar kotak memungkinkan terjadinya aerasi yang memadai. Ukuran kotak dibuat cukup besar (misalnya 70 cm x 90 cm x 100 cm) untuk memungkinkan suhu fermentasi ideal (44 – 50 °C) dan dapat menampung hasil panen dalam skala komunal.

3.2.2.2 Penggunaan Kultur *Starter* Lokal

Penggunaan Ragi Tape sebagai kultur *starter* disarankan karena terbukti mempercepat fermentasi, yang semula 5 – 7 hari menjadi 4 hari, dan ketersediaan yang luas di pasaran dengan harga yang ekonomis. Penggunaan pada konsentrasi 2% sudah cukup optimal untuk meningkatkan suhu fermentasi dan mengurangi biji gagal (*slaty*). *Starter* ditambahkan melalui 3 tahapan penambahan, yaitu dimulai dengan 0,5%, kemudian secara berurut, 0,5% dan 1% pada jam ke-24 dan jam ke-48.

3.2.2.3 Durasi Fermentasi

Fermentasi biji kakao selama 4 hari menggunakan ragi tape sebagai *starter* telah memberikan dampak mutu yang baik, dimana indeks fermentasi mencapai 1,0 (sempurna) dan memberi aroma dan *flavor* yang disukai. Waktu fermentasi yang singkat dapat mengurangi risiko kontaminasi dan meningkatkan efisiensi.

3.2.2.4 Pengelolaan Komunal

Penguatan Lembaga Kelompok Tani atau Koperasi secara intensif merupakan prasyarat penting dalam mendukung pengelolaan fasilitas teknologi fermentasi secara kolektif dan berbiaya rendah. Secara teknis, koordinasi jadwal panen dan proses fermentasi secara kelompok diperlukan untuk memastikan kelayakan dan kesinambungan produksi. Selain itu, lembaga berperan sebagai koordinator dalam memastikan penerapan teknologi melalui

penyelenggaraan pelatihan teknis, sortasi biji, dan pengawasan mutu, serta menjembatani akses pasar bagi produk biji kakao terfermentasi.

4 KESIMPULAN

Implementasi teknologi fermentasi pada skala komunal di pedesaan harus dapat menjawab permasalahan petani yang selama ini enggan melakukan fermentasi. Faktor teknologi, kemudahan implementasi, aksesibilitas bahan, efisiensi biaya, dan dukungan kelembagaan serta dukungan pemerintah menjadi pertimbangan yang perlu diutamakan sehingga terwujud penerapan teknologi fermentasi secara konsisten, efisien, berkualitas, dan mampu memenuhi kapasitas yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, Y., Muzaifa, M., Widayat, H. P., Martunis, M., & Safitri, R. (2022). Peningkatan Mutu Kakao Melalui Fermentasi Menggunakan Starter Kering Bakteri Asam Laktat Dan Bakteri Asam Asetat Indigenus Kakao Aceh. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(1), 84–95. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i1.10637>
- Adi, H. N., Asyik, N., & Tamrin. (2019). *Pengaruh Perbedaan Teknik dan Lama Fermentasi Biji Kakao Terhadap Mutu dan Aktivitas Antioksidan Biji Kakao*. 4.
- Apriyanto, M. (2020). *Evaluasi Sensori Produk Coklat Batangan Berbahan Baku Biji Kokao Kering pada Berbagai Perlakuan Fermentasi*. 9(2).
- 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>
- Ariningsih, E., Purba, H. J., Sinuraya, J. F., Septanti, K. S., & Suharyono, S. (2021). Permasalahan dan Strategi Peningkatan Produksi dan Mutu Kakao Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 19(1), 89–89. <https://doi.org/10.21082/akp.v19n1.2021.89-108>
- Ariningsih, E., Purba, H. J., Sinuraya, J. F., Suharyono, S., & Septanti, K. S. (2019). *Kinerja industri kakao di Indonesia*. 37(1), 1–23. <http://dx.doi.org/10.21082/fae.v37n1.2019.1-23>
- Balcázar-Zumaeta, C. R., Pajuelo-Muñoz, A. J., Trigos-Rojas, D. F., Iliquin-Chavez, A. F., Fernández-Romero, E., Yoplac, I., Muñoz-Astecker, L. D., Rodríguez-Hamamura, N., Mejía, I. M. M., Cayo-Colca, I. S., Chagas-Junior, G. C. A., Maicelo-Quintana, J. L., & Castro-Alayo, E. M. (2023). Reduction in the Cocoa Spontaneous and Starter Culture Fermentation Time Based on the Antioxidant Profile Characterization. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods12173291>
- Barus, W. B. J., Anwar, A., Nuh, M., Gunawan, I., Ginting, S., & Mahyudanil. (2021). Pengaruh Jenis Ragi dan Lama Perendaman Terhadap Mutu Biji Kakao. *Wahana Inovasi*, 10.
- BPS. (2024). *Statistik Kakao Indonesia 2023*.
- Desy Rachmatullah, Putri, D. N., Fiki Herianto, & Harini, N. (2021). Karakteristik Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Hasil Fermentasi dengan Ukuran Wadah Berbeda. *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 15(1), 32–44. <https://doi.org/10.35457/viabel.v15i1.1409>
- Dewardari, K. T., Rahmawati, R., & Munarso, S. J. (2021). The effect of techniques and fermentation time on cocoa beans quality (*Theobroma cacao L.*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 653(1), 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012046>

- Díaz-Muñoz, C., & De Vuyst, L. (2022). Functional yeast starter cultures for cocoa fermentation. *Journal of Applied Microbiology*, 133(1), 39–66. <https://doi.org/10.1111/jam.15312>
- Djaafar, T. F., Rahayu, E. S., Atika, A., Purwandari, F. A., Utami, T., Marwati, T., & Hatmi, R. U. (2024). Physicochemical, microbiological, and sensory properties of probiotic chocolate bar Dad-13 made from cocoa beans fermented with *Lactiplantibacillus plantarum* HL-15 during storage. *Food Science and Technology*, 44. <https://doi.org/10.5327/fst.0001723>
- Effendy, L., & Mustofa, R. (2020). Model Pengembangan Kelembagaan Petani Menuji Kelembagaan Ekonomi Petani di Kecamatan Sindangkasih Ciamis. *Jurnal Ekonomi Pembangunan STIE Muhammadiyah Palopo*, 6(1). <https://doi.org/10.35906/jep01.v6i1.492>
- Fahrurrozi, P. L., Ratnakomala, S., Fauziyyah, S., & Sari, M. N. (2020). *Teknologi fermentasi dan pengolahan biji kakao*. LIPI Press.
- Fang, Y., Li, R., Chu, Z., Zhu, K., Gu, F., & Zhang, Y. (2020). Chemical and flavor profile changes of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) during primary fermentation. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4121–4133. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1701>
- Ferreira, O. D. S., Chagas-Junior, G. C. A., Chisté, R. C., Martins, L. H. D. S., Andrade, E. H. D. A., Nascimento, L. D. D., & Lopes, A. S. (2022). *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia manshurica* from Amazonian biome affect the parameters of quality and aromatic profile of fermented and dried cocoa beans. *Journal of Food Science*, 87(9), 4148–4161. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16282>
- Fitriani, L., Widyastuti, S., & Yasa, I. W. S. (2024). Pengaruh Lama Fermentasi dan Penambahan Ragi Tape Terhadap Mutu Biji Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Kering Oven. *Jurnal Edukasi Pangan*, 2(3), 49–60.
- García Gonzalez, E., Mendez Orejuela, J. H., Sierra Banguera, J. S., Chamorro Moreno, D. I., Ordoñez Narváez, G. A., Ochoa Muñoz, A. F., & Montalvo Rodriguez, C. (2022). Ecology and population dynamics of yeast starter cultures in cocoa beans fermentation. *BioTechnologia*, 103(4), 343–353. <https://doi.org/10.5114/bta.2022.120704>
- Hadinata, S., & Marianti, M. M. (2020). Analisis Dampak Hilirisasi Industri Kakao di Indonesia: Kata Kunci: Kakao, Rantai Nilai, Hilirisasi Industri, and Value Added. *Jurnal Akuntansi*, 12(1), 99–108. <https://doi.org/10.28932/jam.v12i1.2287>
- Hamawi, M., Rohimin, I., & Isnatin, U. (2024). Significant potential of tape yeast and plant leaves as a cover for fermented cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans to generate qualities of dry cocoa beans. *Food Research*, 8(Supplementary 2), 66–77. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(s2\).50](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(s2).50)
- Handayani, A. P., Setiawan, A. W., & Handoko, Y. A. (2022). Perbandingan Kualitas Fermentasi Biji Kakao dengan Penambahan Kultur Campur dan Kultur Tunggal *Lactobacillus plantarum*.pdf. *Jurnal Galung Tropika*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.31850/jgt.v11i1.907>
- Hardjanto, A., Jhuny, L. C., & Sehabudin, U. (2024). Strategi Pengembangan Koperasi untuk Meningkatkan Produksi dan Mutu Biji Kakao di Kabupaten Luwu Utara (Studi Kasus: Koperasi Tani Masagena, Desa Pongo, Kecamatan Masamba, Kabupaten Luwu Utara). *Indonesian Journal of Agricultural Resource and Environmental Economics*, 3(2), 76–89. <https://doi.org/10.29244/ijaree.v3i2.56651>
- Hariyati, Y., Ibanah, I., Yunita, R., Putri Regina, D. A., Suharijadi, D., R, M. G., P, R. D., & Firmanto, H. (2023). Nilai Tambah dan Keengganan Petani Melakukan Fermentasi Biji Kakao Rakyat Desa Jambewangi Kecamatan Sempu. *Jurnal Agribest*, 7(1), 8–20. <https://doi.org/10.32528/agribest.v7i1.8742>

- Harun Rustam Effendi, A. H. (2021). Fermentasi Biji Kakao Menggunakan Kotak dari Kulit Sapi Kering. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 16(2), 83. <https://doi.org/10.33104/jihp.v16i2.7161>
- Hermanto, F. E., Warsito, W., Rifa'i, M., Widodo, N., & Jatmiko, Y. D. (2021). Unveiling microbial community structure in Ragi tape as elicitors to increase secondary metabolites contents in Glycine max and Vigna radiata. *Biologia*, 76(12), 3901–3907. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00917-4>
- Ikawati Karim, dkk. (2021). *Agribisnis Kakao*. Deepublish.
- kakao.cokelat.tp.ugm.ac.id. (2019). Fermentasi, Pembentuk Flavor Kakao. Pentingkah Dilakukan? <https://Kakao.Cokelat.Tp.Ugm.Ac.Id>. <https://kakao.cokelat.tp.ugm.ac.id/2019/06/fermentasi-pembentuk-flavor-kakao-pentingkah-dilakukan/>
- Leong, B. C. C., Majid, A., Shah, R. M., & Sarijadi, M. S. (2024). The Effect of Processing Operations on the Polyphenol Content of Cocoa Beans: A Review. *MALAYSIAN JOURNAL OF CHEMISTRY*, 26(2). <https://doi.org/10.55373/mjchem.v26i2.46>
- Maicas, S. (2023). Yeast Fermentation and the Make of Biotechnological Products. *Microorganisms*, 11(6), 1463. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11061463>
- Marpaung, R., & Putri, S. N. (2019). Karakteristik Mutu Organoleptik Olahan Coklat Dengan Lama Fermentasi Yang Berbeda Pada Biji Kakao Lindak (Theobroma Cacao L.). *Jurnal Media Pertanian*, 4(2), 64. <https://doi.org/10.33087/jagro.v4i2.83>
- Marwati, T., Purwaningsih, Djaafar, T. F., Sari, A. B. T., & Hernani. (2021). Inhibition the growth of fungi and improving the quality of cocoa beans through fermentation using lactic acid bacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(2), 022048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022048>
- Mulyawanti, I., Hidayat, T., & Risfaheri, N. (2019). Pengaruh Jenis Fermentor Terhadap Mutu Biji Kakao Kering Non Fermentasi. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 15(2), 91. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v15n2.2018.91-98>
- Octaviany, T., Antora, S., Asnah, Y., & Nursiti, A. (2024). Peluang Dan Ancaman Perdagangan Produk Kakao Dan Kebijakan Untuk Mengatasinya: Studi Kasus Indonesia Dengan Malaysia. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Digital*, 2(1), 77–84.
- Ordoñez-Araque, R. H., Landines-Vera, E. F., Urresto-Villegas, J. C., & Caicedo-Jaramillo, C. F. (2020). Microorganisms during cocoa fermentation: Systematic review. *Foods and Raw Materials*, 155–162. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-155-162>
- Palupi, H. T. & Laily Susanti. (2024). Pengaruh lama fermentasi terhadap karakteristik ekstrak pulp biji kakao (Theobroma cacao. L). *Teknologi Pangan : Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 15(1), 155–161. <https://doi.org/10.35891/tp.v15i1.4963>
- Parapouli, M., Vasileiadi, A., Afendra, A.-S., & Hatziloukas, E. (2020). Saccharomyces cerevisiae and its industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(1), 1–32. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2020001>
- Pratiwi, D., Ika Pramitha, D. A., & Kusuma Wardani, I. G. A. A. (2025). Optimasi Waktu Fermentasi Biji Kakao (Theobroma cocoa L.) Menggunakan Ragi Tape Terhadap Aktivitas Antioksidan Dengan Metode DPPH. *Usadha*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.36733/usadha.v4i1.7470>
- Sabahannur, S. (2025). The effect of yeast concentration and fermentation time on the physical, chemical, and flavor characteristics of cocoa beans. *Food Research*, 9(2), 118–129.
- Sales, J. H. D. O., Viana, G. F. O., Brandão, C. S. D. S., & Santos, R. D. C. D. (2024). Computational mathematical modeling in the cocoa fermentation process in four isolated systems. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 17(4), e6563. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.4-264>

- Sigalingging, H. A., Putri, S. H., & Iflah, T. (2020). Perubahan Fisik dan Kimia Biji Kakao Selama Fermentasi. *Jurnal Industri Pertanian (JUSTIN)*, 2(2).
- Siregar, T. H. S., RIyadi, S., & Nuraeni, L. (2021). *Panduan Praktis Budidaya Kakao*. Penebar Swadaya Grup.
- Sjamsuridzal, W., Khasanah, M., Febriani, R., Vebliza, Y., Oetari, A., Santoso, I., & Gandjar, I. (2021). The effect of the use of commercial tempeh starter on the diversity of *Rhizopus* tempeh in Indonesia. *Scientific Reports*, 11(1), 23932. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03308-6>
- Suwasono, S., Savitri, D. A., & Rahman, R. Y. (2023). Upaya Peningkatan Kualitas dan Nilai Ekonomi Biji Kakao Rakyat Dengan Penggunaan Semi-Automatic Fermentor dan Starter Komersial. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(2), 1411. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i2.13624>
- Swastiko, M. T., Sumarji, S., & Daroini, A. (2021). Analisa Ekonomi Penerapan Teknologi Fermentasi Pada Pasca Panen Kakao Di Kabupaten Ponorogo. *Manajemen Agribisnis: Jurnal Agribisnis*, 21(1), 26–32.
- Tejeda, J. F., Arango-Angarita, J., & Cuervo, J. L. (2024). Impact of solar pre-drying and yeast starter inoculation treatments on volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans from Southwestern Colombia. *Applied Food Research*, 4(2), 100559. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100559>
- Van De Voorde, D., Díaz-Muñoz, C., Hernandez, C. E., Weckx, S., & De Vuyst, L. (2023). Yeast strains do have an impact on the production of cured cocoa beans, as assessed with Costa Rican Trinitario cocoa fermentation processes and chocolates thereof. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1232323. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1232323>