

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN TOTAL MIKROBA TAHAN
DINGIN PULPA KAKAO (*Theobroma cacao L.*) SEBAGAI MEDIA
FERMENTASI DARI SUMBER PANEN BERBEDA**

(Skripsi)

Oleh

**Shifa Aulia Wanda Azizzah
2114231002**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRACT

PHYSICOCHEMICAL AND TOTAL COLD RESISTANT MICROBES OF COCOA PULP (*Theobroma cacao L.*) AS FERMENTATION MEDIA FROM DIFFERENT HARVEST SOURCES

By

SHIFA AULIA WANDA AZIZZAH

This research aimed to determine the physicochemical characteristics and total cold-tolerant microbes in cocoa pulp that originated from different harvest sources. The research was conducted using a non-factorial Completely Randomized Design (CRD) with treatments of different harvest sources, namely West Lampung, Pesawaran, Pringsewu, and Tanggamus. The parameters that were observed were total sugar, color, antioxidant activity, and total cold-tolerant microbes. The data were analyzed for variance to determine whether there was an effect between treatments, and further tested with the BNJ test at a 5% significance level. The results of the research showed that different harvest sources of cocoa pulp significantly affected the characteristics of cocoa pulp but did not significantly affect the total cold-tolerant microbes in cocoa pulp. Different harvest sources significantly affected the total sugar value, lightness (L*) value, redness (a*) value, yellowness (b*) value, and antioxidant activity. Based on the different harvest source treatments of cocoa pulp, Tanggamus had a different total sugar value compared to other harvest sources. Harvest sources from Tanggamus and Pringsewu had different lightness (L*) color values compared to other harvest sources. Harvest sources from West Lampung and Pringsewu had different redness (a*) color values compared to other harvest sources. The harvest source from Pringsewu had a different yellowness (b*) color value compared to other harvest sources, and the antioxidant activity from Pringsewu and Pesawaran had differences compared to other regions. The total cold-tolerant microbe values did not differ among the four harvest sources of cocoa pulp and were still below SNI 3719:2022, which was 10^2 CFU/ml.

Keywords: antioxidant activity, total sugar, total microbes, cocoa pulp, color

ABSTRAK

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN TOTAL MIKROBA TAHAN DINGIN PULPA KAKAO (*Theobroma cacao L.*) SEBAGAI MEDIA FERMENTASI DARI SUMBER PANEN BERBEDA

Oleh

SHIFA AULIA WANDA AZIZZAH

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisikokimia dan total mikroba tahan dingin pada pulpa kakao yang berasal dari sumber panen berbeda. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan perlakuan perbedaan sumber panen yaitu Lampung Barat, Pesawaran, Pringsewu, dan Tanggamus. Parameter yang diamati adalah total gula, warna, aktivitas antioksidan, dan total mikroba tahan dingin. Data dianalisis dengan keragamannya untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh antar perlakuan, dan diuji lanjut dengan uji BNJ pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber panen berbeda pulpa kakao berpengaruh nyata terhadap karakteristik pulpa kakao, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap total mikroba tahan dingin pulpa kakao. Sumber panen berbeda nyata terhadap nilai total gula, nilai kecerahan (L^*), nilai kemerahan (a^*), nilai kekuningan (b^*), dan aktivitas antioksidan. Berdasarkan perlakuan beda sumber panen pulpa kakao, Tanggamus memiliki perbedaan nilai total gula dengan sumber panen lainnya, sumber panen dari Tanggamus dan Pringsewu memiliki perbedaan nilai warna kecerahan (L^*) dengan sumber panen lainnya, sumber panen dari Lampung Barat dan Pringsewu memiliki perbedaan nilai warna kemerahan (a^*) dengan sumber panen lainnya, sumber panen dari Pringsewu memiliki perbedaan nilai warna kekuningan (b^*) dengan sumber panen lainnya serta aktivitas antioksidan dari pringsewu dan Pesawaran memiliki perbedaan dengan wilayah lainnya. Nilai total mikroba tahan dingin tidak berbeda antar keempat sumber panen pulpa kakao dan masih berada dibawah SNI 3719:2022 yaitu sebesar 10^2 CFU/ml.

Kata kunci: aktivitas antoksidan, total gula, total mikroba, pulpa kakao, warna

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN TOTAL MIKROBA TAHAN
DINGIN PULPA KAKAO (*Theobroma cacao L.*) SEBAGAI MEDIA
FERMENTASI DARI SUMBER PANEN BERBEDA**

Oleh

Shifa Aulia Wanda Azizzah

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN
TOTAL MIKROBA TAHAN DINGIN PULPA
KAKAO (*Theobroma cacao L.*) SEBAGAI
MEDIA FERMENTASI DARI SUMBER PANEN
BERBEDA

Nama

: Shifa Aulia Wanda Azizah

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114231002

Program Studi

: Teknologi Industri Pertanian

Fakultas

Pertanian



Prof. Ir. Neti Yuliana, M. Si., Ph. D.
NIP. 19650725 199203 2 002

Ir. Otik Nawansih, M. P.
NIP. 19650503 199010 2 001

MENGETAHUI

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

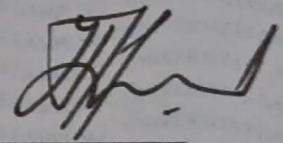
Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA.
NIP. 19721006 199803 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

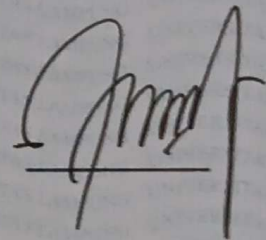
Ketua

: **Prof. Ir. Neti Yuliana, M. Si., Ph. D.**



Sekretaris

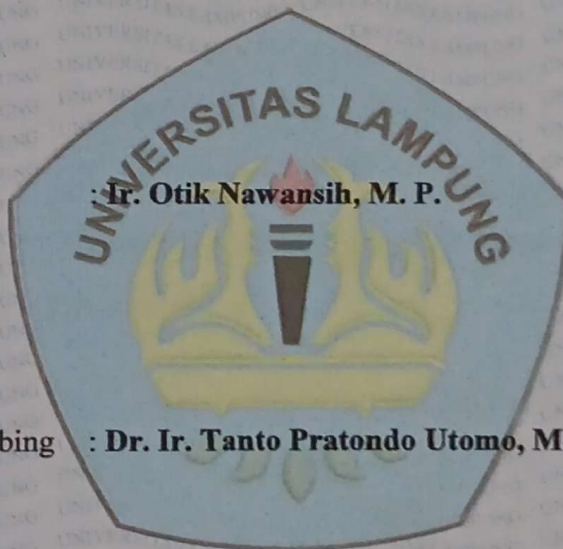
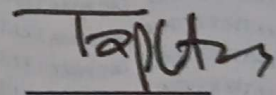
: **Ir. Otik Nawansih, M. P.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M. Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanto Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Maret 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Shifa Aulia Wanda Azizzah

NPM : 2114231002

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya tulis ini adalah hasil karya saya sendiri berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Hasil karya ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila terdapat kecurangan dikemudian hari dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandarlampung, 8 Maret 2025

Pembuat Pernyataan



Shifa Aulia Wanda Azizzah

NPM. 2114231002

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Punggur, 16 Oktober 2002, sebagai anak dari pasangan Bapak Tri Wahyudi dan Ibu Wiwin Indrawati. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Pertiwi Mojopahit pada tahun 2009, pendidikan sekolah dasar di MI An-Nuur Guppi Mojopahit pada tahun 2015, pendidikan sekolah menengah pertama di MTs An-Nuur Guppi Mojohahit pada tahun 2018, dan pendidikan sekolah menengah atas di MAN 1 Metro pada tahun 2021. Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur SNMPTN.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Januari-Februari 2024 di Desa Kota Baru, Kecamatan Negeri Agung, Kabupaten Way Kanan. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) pada bulan Juli-Agustus 2024 di PT Great Giant Pineapple dengan judul “Mempelajari Proses Pembuatan *Premix Pineapple Soft Served Ice Cream* Skala Laboratorium di PT Great Giant Pineapple Terbanggi Besar Lampung Tengah”.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti UKM-U Sains dan Teknologi (SAINTEK) Unila. Tahun 2022 penulis tergabung sebagai anggota Departemen Riset dan Teknologi UKM-U SAINTEK, kemudian menjabat sebagai Kepala Departemen Kesekretariatan dan Rumah Tangga pada tahun 2023, serta menjabat sebagai Sekretaris Umum pada tahun 2024. Penulis pernah mengikuti lomba *Bussines Plan Competition* tingkat nasional yang diselenggarakan oleh UPN Entrepreneur Festival 2024. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Mikrobiologi Dasar (Semester Genap 2025).

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, kesehatan, pengetahuan, karunia, kemudahan serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “Karakteristik Fisikokimia dan Total Mikroba Tahan Dingin Pulpa Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Sebagai Media Fermentasi dari Sumber Panen Berbeda”, merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M. P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A. C.EIA, selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Hidayati, M.P, selaku Koordinator Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Ibu Prof. Ir. Neti Yuliana, M. Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bantuan dan pengarahan, bimbingan, kritik, saran, nasihat dan motivasi selama pelaksanaan perkuliahan dan penyusunan skripsi. Terima kasih juga atas kesempatan yang diberikan kepada penulis dalam penelitian terkait karakteristik pulpa kakao.
5. Ibu Ir. Otik Nawansih, M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah banyak memberikan bantuan dan pengarahan, bimbingan, kritik, saran, nasihat, dan motivasi selama pelaksanaan penyusunan skripsi ini.

6. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M. Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran, kritik, dan evaluasi terhadap skripsi ini.
7. Segenap Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan wawasan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
8. Staff administrasi dan laboratorium yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
9. Bapak Tri Wahyudi dan Ibu Wiwin Indrawati selaku orang tua dari penulis yang selalu memberikan dukungan moral, spiritual, material, motivasi, kasih sayang dan doa yang selalu menyertai penulis.
10. Rahma Nurul Azkiya selaku Adik satu-satunya penulis yang telah memberikan doa dan dukungannya.
11. Sahabat-sahabat terbaik Attika Nur Aisah, Della Amelia, Nadia Eka Putri, Kukut Millyan Rizki, Nur Aini Sahara, Muhammad Agung Saputra, Amiva Vindho Ratu Reso, Vania Marta Julieta, Sonia Ramsi F.S, dan Devi Paramita yang telah menemani, membantu, menghibur, mendengar dan mendukung penulis.
12. Teman-teman satu penelitian, Elvia Anggraini, Nadila, dan Julia Fitriani yang saling mendengarkan keluh kesah penulis, membantu, mendukung, dan menemani penulis.
13. Teman-teman sejawat angkatan 2021 Prodi Teknologi Industri Pertanian atas segala informasi, doa, dukungan, serta kebersamaannya selama perkuliahan.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga Allah membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandarlampung, 8 Maret 2025

Shifa Aulia Wanda Azizzah

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Buah Kakao	6
2.1.1 Varietas dan Tingkat Kematangan Buah Kakao	6
2.1.2 Kondisi Lingkungan Tanaman Buah Kakao	8
2.1.3 Pohon Industri Buah Kakao.....	9
2.2 Pulpa Kakao	10
2.2.1 Karakteristik Pulpa Kakao.....	10
2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Karakteristik Pulpa Kakao	14
2.3 Total Mikroba Tahan Dingin.....	15
III. METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.1 Cara Mendapatkan Cairan Pulpa Kakao.....	18
3.4.2 Pengamatan.....	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Total Gula Pulpa Kakao	24
4.2 Warna Pulpa Kakao	27
4.3 Aktivitas Antioksidan Pulpa Kakao	34
4.4 Total Mikroba Tahan Dingin Pulpa Kakao	37
4.5 Pembahasan Secara Umum Perbandingan Antar Wilayah.....	39

V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Kimia Pulpa Kakao	11
2. Kuesioner Uji Warna Pulpa Kakao Secara Sensori	20
3. Data Kondisi Lingkungan Tempat Tumbuh Buah Kakao.....	77
4. Data Kondisi Lingkungan Tempat Tumbuh Buah Kakao.....	36
5. Data Pengamatan Pulpa Kakao dari Berbagai Sumber Panen	40
6. Data Total Gula Pulpa Kakao (%)	52
7. Data Kehomogenan (kesamaan) Ragam (<i>barlett's test</i>) Total Gula Pulpa Kakao	52
8. Analisis Ragam Total Gula Pulpa Kakao.....	53
9. Hasil Uji BNJ Total Gula Pulpa Kakao (%)	53
10. Data Nilai Kecerahan (L*) Pulpa Kakao	53
11. Data Kehomogenan (kesamaan) Ragam (<i>barlett's test</i>) Kecerahan (L*) Pulpa Kakao	54
12. Analisis Ragam Nilai Kecerahan (L*) Pulpa Kakao.....	54
13. Hasil Uji BNJ Nilai Kecerahan (L*) Pulpa Kakao	55
14. Data Nilai Kemerahan (a*) Pulpa Kakao.....	55
15. Data Kehomogenan (kesamaan) Ragam (<i>barlett's test</i>) Kemerahan (a*) Pulpa Kakao.....	55
16. Analisis Ragam Nilai Kemerahan (a*) Pulpa Kakao	56
17. Hasil Uji BNJ Nilai Kemerahan (a*) Pulpa Kakao.....	56
18. Data Nilai Kekuningan (b*) Pulpa Kakao	56
19. Data Kehomogenan (kesamaan) Ragam (<i>barlett's test</i>) Kekuningan (b*) Pulpa Kakao.....	57
20. Analisis Ragam Nilai Kekuningan (b*) Pulpa Kakao.....	57
21. Hasil Uji BNJ Nilai Kekuningan (b*) Pulpa Kakao	58

22. Data % Respon Panelis Kekeruhan Pulpa Kakao	58
23. Data % Respon Panelis Warna Pulpa Kakao	58
24. Data Aktivitas Antioksidan Pulpa Kakao (%)	59
25. Data Kehomogenan (kesamaan) Ragam (<i>barlett's test</i>) Aktivitas Antioksidan Pulpa Kakao.....	59
26. Analisis Ragam Aktivitas Antioksidan Pulpa Kakao.....	60
27. Hasil Uji BNJ Aktivitas Antioksidan Pulpa Kakao (%)	60
28. Data Total Mikroba Pulpa Kakao (log CFU/ml).....	60
29. Data Kehomogenan (kesamaan) Ragam (<i>barlett's test</i>) Total Mikroba Pulpa Kakao	61
30. Analisis Ragam Total Mikroba Pulpa Kakao.....	61
31. Hasil Uji BNJ Total Mikroba Pulpa Kakao (log CFU/ml)	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jenis-jenis varietas kakao.....	7
2. Pohon industri kakao.....	10
3. Bagian-bagian pulpa kakao	14
4. Diagram Alir Pengolahan Cairan Pulpa Kakao (Yuliana dkk., 2022) ..	18
5. Nilai total gula pulpa kakao dari berbagai sumber panen.....	24
6. Nilai kecerahan (L^*) pulpa kakao dari berbagai sumber panen.....	28
7. Nilai kemerahan (a^*) pulpa kakao dari berbagai sumber panen.....	29
8. Nilai kekuningan (b^*) pulpa kakao dari berbagai sumber panen.....	29
9. Nilai % respon panelis kekeruhan pulpa kakao dari berbagai sumber panen	31
10. Nilai % respon panelis warna pulpa kakao dari berbagai sumber panen	31
11. Nilai aktivitas antioksidan pulpa kakao dari berbagai sumber panen...	35
12. Nilai total mikroba pulpa kakao dari berbagai sumber panen.....	38
13. Sampel pulpa kakao dari sumber panen berbeda.....	62
14. Proses centrifuge sampel pulpa kakao	62
15. Penambahan aquades 9 ml kedalam 1 ml sampel.....	62
16. Penambahan fenol 0,5 ml.....	62
17. Penambahan asam sulfat 2,5 ml.....	62
18. Proses <i>water bath</i> 15-20 menit.....	62
19. Proses uji warna menggunakan colorimeter.....	62
20. Pengisian kuesioner warna.....	62
21. Pengukuran etanol 20 ml.....	63
22. Proses ekstraksi menggunakan <i>shaker</i>	63

23. Proses penyaringan sampel.....	
24. Proses pembuatan media PCA	63
25. Proses TPC.....	63
26. Hasil TPC.....	63

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan di Indonesia yang tumbuh di daerah tropis. Selain itu, kakao menjadi komoditas penting bagi perekonomian, sehingga pada tahun 2019 Indonesia menjadi negara urutan kelima sebagai produsen kakao di dunia (Palupi dan Susanti, 2024). Tahun 2021 Provinsi Lampung menjadi produsen kakao terbesar kelima di Indonesia yaitu mencapai 58.434 ton (BPS, 2022). Produksi kakao yang melimpah di Lampung menghasilkan biji kakao dan produk samping pada proses pengolahannya. Kebijakan wajib fermentasi biji kakao telah diatur dalam Peraturan Menteri Pertanian No. 67/Permentan/OT.140/5/2014. Produk samping dari pengolahan secara fermentasi salah satunya adalah cairan pulpa kakao. Yuliana (2022) cairan hasil fermentasi dari pulpa kakao berpotensi untuk dijadikan produk minuman probiotik, vinegar (cuka fermentasi), kombucha, dan *nata de cacao*. Pulpa kakao merupakan lapisan lendir menyelimuti biji kakao yang sebagian besar tersusun oleh air 80-86% dan komponen lain seperti gula 10-13% (glukosa 2,13-21,4%, fruktosa 1,06-4,42%, sukrosa 2,13-4,06%) (Yuliana dkk., 2022), pektin 0,5-1,2%, dan asam sitrat 0,3-1,3% (Palupi dan Susanti, 2024). Cairan pulpa kakao memiliki warna keputihan atau putih sedikit keruh. Karakteristik kimia dan sensori cairan pulpa kakao mirip dengan pulpa asli kakao. Cairan pulpa kakao memiliki rasa manis dan asam (Yuliana dkk., 2022). Kandungan gula pada pulpa kakao dapat digunakan sebagai media fermentasi.

Selain itu, pulpa kakao mengandung antioksidan yang baik untuk tubuh. Kandungan antioksidan pada kakao lebih besar daripada teh atau anggur merah (Melo, 2021). Kakao segar mengandung 12-18% polifenol yang memiliki fungsi

sebagai antioksidan alami (Khoidir, 2023). Yuliana (2022) menyampaikan bahwa pulpa kakao mengandung total flavonoid sebesar $7,19 \mu\text{g.mL}^{-1}$ dan senyawa fenolik sebesar 101,50-1200 mg GAE/100 g. Selama proses pemisahan pulpa kakao dari biji kakao, mikroba kontaminan dapat masuk sehingga menyebabkan kontaminasi. Oleh karena itu, pulpa kakao disimpan pada *freezer* dengan suhu rendah untuk mencegah kerusakan produk. Selama proses pembekuan, biasanya masih terdapat mikroba yang tumbuh pada suhu dingin yaitu mikroba psikrofilik. Saidi dan Wulandari (2019) menyampaikan bahwa mikroba psikrotropik atau psikrofilik dapat tumbuh baik pada suhu dingin antara -5 sampai 20°C dengan suhu optimum pertumbuhan 15°C .

Kegiatan panen pada buah kakao akan mempengaruhi hasilnya, sehingga dalam pelaksanaan panen harus dilakukan secara tepat (Insani, 2021). Karakteristik kakao yang baik didapatkan dari hasil pemanenan buah yang tepat masak, sehingga memiliki kondisi fisiologis optimal dalam pembentukan senyawa (Tjahjana dkk., 2013). Tingkat kematangan buah kakao ditentukan oleh warna pada kulit buah dan dua parameter utama yaitu total asam dan pH (2,76-3,58) serta total padatan terlarut (17,0-18,0 brix) sebagai dasar penentuan (Yuliana dkk., 2022). Buah kakao yang siap panen ditandai dari perubahan warna kulitnya. Buah kakao memiliki ciri perubahan warna hijau ketika mentah dan akan berubah menjadi warna kuning ketika sudah matang, sedangkan buah kakao yang memiliki warna merah akan berubah menjadi warna jingga ketika sudah matang (Karmawati dkk., 2010) dan jika buah kakao digoyangkan, akan menimbulkan suara karena bagian biji yang menempel pada alur buah sudah terlepas (Hartuti dkk., 2020). Tingkat kematangan buah berpengaruh pada karakteristik mutu yang dihasilkan, seperti komposisi kimia, rasa, aroma, dan nutrisi (Tjahjana dkk., 2013). Buah kakao yang telah matang, memiliki tekstur pulpa semakin lembut dan berlendir (Yuliana dkk., 2022). Komposisi kimia pulpa kakao bergantung pada kondisi asal buah kakao (Tjahjana dkk., 2013).

Perbedaan karakteristik dari pulpa kakao dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti sifat genetik dari buah yang ditanam (varietas dan kelas kematangan buah), cara budidaya, penanganan pasca panen, lama masa panen dan faktor lingkungan

(kondisi tanah, ketinggian tempat tumbuh, suhu perkebunan) (Tjahjana dkk., 2013). Varietas buah kakao yang ditanam akan menghasilkan karakteristik yang berbeda dari segi fisik, kimia, dan sensori (Inanda, 2023). Asal buah kakao yang berbeda dan kualitas sampel yang dianalisis akan menghasilkan data komposisi yang berbeda (Yuliana dkk., 2022). Beberapa kabupaten yang terdapat di Provinsi Lampung seperti Kabupaten Lampung Barat, Kabupaten Pesawaran, Kabupaten Pringsewu, dan Kabupaten Tanggamus menjadi produsen kakao. Sentra utama produsen kakao di Provinsi Lampung berada di Kabupaten Tanggamus dan Kabupaten Pesawaran yang secara berurutan tingkat produksinya mencapai 6.711 ton/tahun dengan luas area 13.677 hektar dan 28.544 ton/tahun dengan luas area 27.357 hektar (Dinas Perkebunan Provinsi Lampung, 2022). Oleh karena itu, pulpa kakao yang berasal dari sumber panen berbeda di Provinsi Lampung diduga memiliki perbedaan karakteristik komponen fisikokimia dan mikroba tahan dingin, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahuinya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisikokimia (warna, total gula, antioksidan) dan total mikroba tahan dingin pulpa kakao yang berasal dari sumber panen berbeda (Kabupaten Lampung Barat, Kabupaten Pesawaran, Kabupaten Pringsewu, Kabupaten Tanggamus) di Provinsi Lampung.

1.3 Kerangka Pemikiran

Pulpa kakao yang berasal dari sumber panen berbeda dapat memiliki perbedaan dalam komposisi fisikokimia dan total mikroba tahan dingin. Hal tersebut, dapat berpengaruh terhadap karakteristik pulpa kakao yang dihasilkan. Pulpa kakao yang akan diolah menjadi suatu produk, kebanyakan belum diketahui secara spesifik karakteristik kimia maupun mikrobanya. Berdasarkan penelitian Chumthong (2024) produk-produk olahan kakao dari berbagai sumber panen berbeda seperti minuman kakao, bubuk kakao, dan mentega kakao memiliki

aroma yang berbeda karena faktor lingkungan berbeda. Lokasi geografis dan sistem penanaman yang berbeda akan menghasilkan rasa yang menjadi ciri khasnya. Perbedaan rasa tersebut disebabkan oleh faktor lingkungan yang berbeda pada musim panen. Lokasi geografis, periode, jumlah paparan sinar matahari, curah hujan, tanah, dan kondisi iklim mempengaruhi sifat morfologi dan komposisi kimia kakao. Menurut Farhanandi (2022) salah satu penyebab perbedaan karakter pulpa kakao berasal dari kondisi awal kakao berasal seperti kondisi lingkungan (intensitas cahaya, letak geografis, iklim, suhu, kelembapan udara, kondisi tanah, jenis tanah, curah hujan, suhu tanah, dan ketinggian tempat). Lokasi yang memiliki tempat semakin tinggi, maka suhu udaranya semakin rendah, sedangkan lokasi yang semakin rendah, suhu udaranya semakin tinggi.

Pulpa kakao yang berasal dari lokasi berbeda akan mempengaruhi kandungan total padatan terlarut. Berdasarkan penulisan Yuliana (2022) sampel pulpa kakao yang berasal dari Brazil memiliki kandungan total padatan terlarut 14,03 brix, sedangkan sampel pulpa kakao yang berasal dari Equador memiliki kandungan total padatan terlarut 19,6 brix. Menurut Yuliana (2022) pulpa kakao mengandung gula 11-13% (glukosa 2,13-21,4%, fruktosa 1,06-4,42%, sukrosa 2,13-4,06%), sehingga menurut Sabahannur (2023) kakao dengan kandungan pulpa yang banyak akan mengandung gula yang tinggi. Pulpa kakao yang telah dipanen dari sumber panen berbeda dipastikan terdapat mikroba yang tumbuh. Pertumbuhan mikroba tersebut dapat dicegah setelah pasca panen dengan cara pembekuan pada pulpa kakao. Mikroba yang dapat tumbuh pada kondisi suhu rendah yaitu mikroba psikrofilik. Secara visual cairan pulpa kakao yang sudah dipanen memiliki warna keputihan atau putih sedikit keruh (Yuliana dkk., 2022), namun setelah disimpan pada *freezer* dengan suhu -19°C memiliki warna putih tidak keruh dan tidak pucat hingga bening sedikit kekuningan.

Selain itu, kandungan antioksidan dari hasil metabolit sekunder dari suatu tanaman akan berbeda pada setiap lokasi yang disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan, seperti faktor pH, cahaya, suhu, dan ketinggian tempat tumbuh (Lallo *et al.*, 2019). Suhu yang tinggi (ketinggian tempat tumbuh rendah) akan memberikan cekaman dan sebagai responnya akan melakukan adaptasi terhadap

lingkungan dengan membentuk metabolit sekunder untuk melawan radikal bebas (Utomo dkk., 2020). Berdasarkan penulisan Yuliana (2022) aktivitas antioksidan pulpa kakao yang dinyatakan sebagai EC50 (DPPH) yaitu 64,74 ug.mL-1.

Kandungan pulpa pada kakao akan dipengaruhi oleh jenis varietas yang ditanam oleh produsen. Berdasarkan penelitian Khoidir (2023) kakao yang berasal dari varietas berbeda seperti kakao *criollo*, *forastero*, dan *trinitario* akan memiliki perbedaan fisik, kimia, dan sensorinya.

Penelitian ini akan menggunakan sampel pulpa kakao yang berasal dari sumber panen berbeda yaitu Kabupaten Lampung Barat, Kabupaten Pesawaran, Kabupaten Pringsewu, dan Kabupaten Tanggamus. Lokasi tersebut memiliki perbedaan geografis dan juga ketinggian tempat. Sampel pulpa kakao dengan perbedaan asal sumber panen tersebut akan dilakukan analisis di laboratorium meliputi uji fisikokimia (warna, total gula, antioksidan) dan total mikroba psikrofilik. Berdasarkan literatur yang sudah ada akan diperoleh data sesuai yang diinginkan.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah karakteristik fisikokimia (warna, total gula, antioksidan) dan total mikroba tahan dingin dipengaruhi oleh perbedaan sumber panen (Kabupaten Lampung Barat, Kabupaten Pesawaran, Kabupaten Pringsewu, dan Kabupaten Tanggamus) pulpa kakao.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Kakao

2.1.1 Varietas dan Tingkat Kematangan Buah Kakao

Menurut Juliasih (2023) kakao merupakan buah yang dihasilkan dari tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) dan memiliki biji berkeping dua, dengan bagian tanaman yang lengkap karena memiliki akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Tanaman kakao memiliki klasifikasi sebagai berikut.

Filum	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Malvales
Famili	: Sterculiaceae
Genus	: Theobroma
Spesies	: <i>Theobroma cacao</i> L.

Tanaman kakao memiliki 3 varietas utama yaitu *Forastero* dengan ciri warna kulit buah kuning-merah, *Criollo* dengan ciri warna kulit buah merah atau merah-orange, dan *Trinitario* adalah persilangan dari varietas *Forastero* dan *Criollo* (Gambar 1.) (Adabe dan Ngo-Samnack, 2014). *Trinitario* memiliki rasa yang khas dan warna biji beragam, kadang berwarna putih (Afoakwa, 2016). Kakao jenis *Forastero* saat mentah berwarna hijau dan ketika matang berwarna kuning serta memiliki kulit buah yang keras sehingga sulit diiris, memiliki biji berwarna ungu dan gepeng. Kakao jenis *Criollo* memiliki warna merah ketika masih muda dan berwarna kuning setelah matang serta memiliki kulit yang tipis sehingga mudah

diiris (Tania, 2018). Jenis tanaman kakao yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah kakao lindak dan mulia. Kakao lindak adalah jenis *forastero* yang memiliki cita rasa dan aroma kurang enak. Kakao mulia merupakan jenis *criollo* yang memiliki rasa dan aroma enak (Rahardjo, 2011).



Gambar 1. Jenis-jenis varietas kakao.

Sumber : https://mediaperkebunan.id/jenis-jenis-kakao-di-dunia-dari-indonesia-ini-termasuk-unggul/?__im-zOXJrfui=12726857527068075943

Buah kakao terdiri dari empat bagian, yaitu kulit buah (73,7%), daging buah atau *pulp* (10,1%), plasenta (2,0%), dan biji (14,2%) (Chandrasekaran, 2012). Satu buah kakao memiliki jumlah biji antara 20-50 biji (Darojat, 2014). Biji pada buah kakao diselimuti oleh daging buah berwarna putih yang disebut sebagai pulpa kakao dan memiliki tekstur lunak, berair (Wardani, 2019) serta memiliki rasa manis dan asam (Yuliana dkk., 2022). Umur panen kakao sekitar lima bulan, terhitung dari fase pembuahan hingga menjadi buah dan matang (Hartuti dkk., 2020). Tanaman kakao memiliki masa produksi yang optimal pada umur 7-11 tahun.

Secara fisiologis, kelas tingkat kematangan pada buah kakao digolongkan menjadi beberapa macam yang dapat dilihat dari morfologi perubahan warna pada kulit buahnya. Tingkat kematangan buah kakao tersebut seperti kuning pada alur dan punggung buah, kuning pada alur buah, kuning tua pada seluruh permukaan buah, dan kuning pada seluruh permukaan buah (Sugiarto, 2018). Berdasarkan penulisan Karmawati (2010) buah kakao yang memiliki warna merah, ketika matang akan berubah menjadi warna jingga, sedangkan buah kakao mentah yang

memiliki warna hijau, ketika matang akan berubah menjadi warna kuning. Hartuti (2020) menyampaikan, buah kakao matang ketika digoyangkan menimbulkan suara karena bagian biji yang menempel pada alur buah telah terlepas. Buah kakao yang belum matang secara fisiologis, memiliki kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang masih sedikit. Menurut tania (2018) buah yang telah matang, mengalami peristiwa enzimatik dan biokimia yang menyebabkan terjadinya perubahan komposisi kimia. Pematangan pada buah, menyebabkan buah menjadi lunak dan mengubah tepung menjadi gula. Buah mengandung gula berupa sukrosa, glukosa, dan fruktosa.

2.1.2 Kondisi Lingkungan Tanaman Buah Kakao

Buah kakao dapat tumbuh di daerah tropis dengan suhu ideal antara 25 - 27° C dengan curah hujan optimal antara 1.500-2.000 mm³ setiap tahun. Curah hujan yang melebihi 4.500 mm³ per tahun menyebabkan serangan penyakit buah busuk pada kakao. Ketinggian tempat di Indonesia yang ideal untuk penanaman buah kakao tidak lebih tinggi dari 800 mdpl. Buah kakao dalam masa pertumbuhannya, memerlukan kondisi tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang cukup, struktur tanah yang gembur, lapisan olah yang dalam untuk membantu pertumbuhan akar, sistem drainase yang baik, dan pH tanah antara 6-7 (Tania, 2018). Menurut Kementerian Pertanian (2011) tekstur tanah yang cocok untuk tanaman kakao yaitu lempung liat berpasir dengan komposisi 10-20% persen debu, 30-40% fraksi liat, dan 50% pasir. Tekstur tanah tersebut dapat mempengaruhi ketersediaan hara dan air serta aerasi tanah, sehingga jenis tanah yang cocok yaitu tipe tanah regosol.

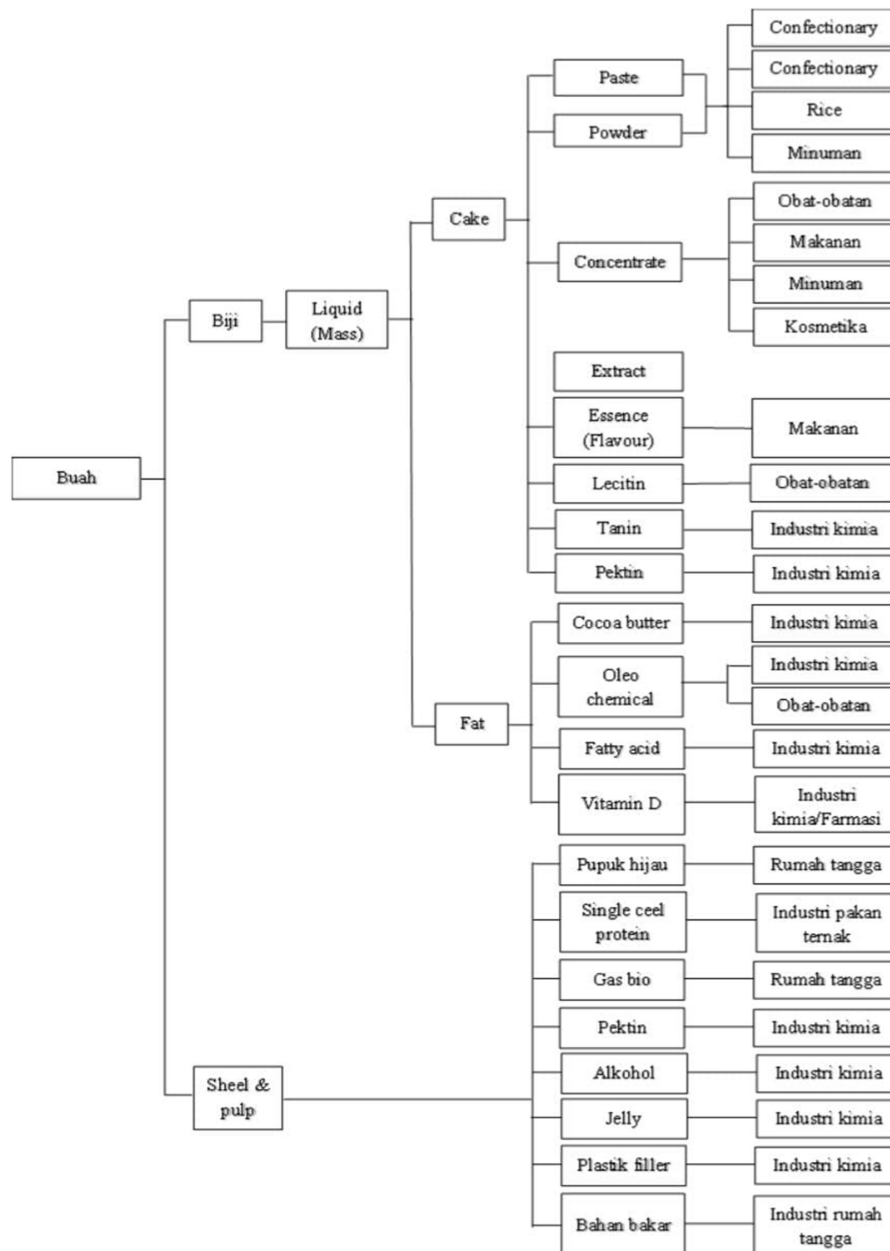
Buah kakao yang diambil dari Kabupaten Pringsewu, berasal dari daerah dengan ketinggian tempat antara 100-200 mdpl dengan rata-rata curah hujan sebesar 148 mm³ dan memiliki rata-rata suhu 22,9 – 32,4° C (Miswar, dkk., 2019). Buah Kakao yang diambil dari Kabupaten Pesawaran berada pada ketinggian antara 100-500 mdpl, dengan kondisi topografi yang berbukit dan kemiringan lereng antara 10%-20% (Tania, 2018). Kabupaten Tanggamus berada pada ketinggian

700-1.500 mdpl dengan kemiringan lereng hingga 40% dan curah hujan 161,7 mm³ serta rata-rata suhu 21,3 – 33,0° C. Kabupaten Lampung Barat berada pada ketinggian 800-1.100 mdpl dengan rata-rata curah hujan 2.000 – 2.500 mm³ per tahun dan rata-rata suhu antara 20 – 25° C. Menurut Tania (2018) daerah yang memiliki curah hujan lebih rendah dari 1.200 mm³ per tahun masih dapat ditanami kakao, namun membutuhkan air irigasi. Suhu rendah dapat menghambat perkembangan dan pertumbuhan tanaman kakao. Selain itu, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif tanaman yang berlebihan.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) (2012) Kabupaten Pesawaran dan Kabupaten Pringsewu memiliki beberapa jenis tanah yaitu seperti regosol, gleisol, padosolik, dan kambisol. Tanah regosol biasa dikenal dengan tanah pasir karena memiliki komposisi lebih dari 60% pasir dan bertekstur kasar. Tanah gleisol memiliki warna keabu-abuan atau abu-abu dan relatif subur. Tanah padosolik, umumnya relatif kurang subur karena sifatnya asam, fiksasi dan daya retensi terhadap hara tinggi. Tanah kambisol, secara umum hampir sama dengan tanah padosolik tetapi memiliki tekstur yang lebih gembur dan pHnya lebih tinggi. Berdasarkan klasifikasi BAPEDDA, kabupaten Tanggamus memiliki jenis-jenis tanah seperti tanah latosol, alluvial, andosol, kambisol, padosolik, dan mediteran.

2.1.3 Pohon Industri Buah Kakao

Buah kakao dapat dikembangkan dan dimanfaatkan menjadi produk. Pengembangan dan pemanfaatan buah kakao tersebut, dapat berasal dari bagian biji, kulit, maupun cairan pulpa kakao dari buah kakao. Kulit buah kakao dan cairan pulpa kakao sering dibuang selama proses pengolahannya. Oleh karena itu, kulit buah kakao dan cairan pulpa kakao dapat dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis. Berikut disajikan pohon industri kakao berdasarkan Kemenprin (2013) pada Gambar 2.



Gambar 2. Pohon industri kakao
Sumber : Kemenprin, 2013.

2.2 Pulpa Kakao

2.2.1 Karakteristik Pulpa Kakao

Pulpa kakao merupakan selaput lendir berwarna putih yang menyelimuti biji kakao. Komponen penyusun pulpa kakao yaitu air 80-86% (Yuliana dkk., 2022),

gula 11-13% (glukosa 2,13-21,4%, fruktosa 1,06-4,42%, sukrosa 2,13-4,06%), serat, asam sitrat 0,3-1,3%, dan pektin 0,5-1,2% (Palupi dan Susanti, 2024). Pulpa kakao memiliki bobot total sekitar 12 - 15% dari bobot biji basah (Apriyanto, 2021). Pulpa kakao segar mengandung gula yang tinggi. Gula tersebut sebagai senyawa yang dominan pada pulpa kakao, sehingga dapat digunakan sebagai media fermentasi. Menurut pernyataan Taiga (2015) lendir pada pulpa kakao yang direbus selama sepuluh menit memiliki kandungan gula yang setara dengan madu lebah, sehingga dapat digunakan sebagai pemanis seperti madu. Karakteristik kimia dan sensori cairan pulpa kakao mirip dengan pulpa asli kakao. Cairan pulpa kakao memiliki rasa manis dan asam (Yuliana dkk., 2022). Berikut disajikan data komposisi kimia pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Pulpa Kakao

Komposisi Kimia	Jumlah
Moisture (%)	86,38 ± 0,09
Karbohidrat (%)	19,50 ± 1,20
Fat (%)	1,45 ± 0,20
Total protein (%)	0,62 ± 0,1
Pektin (%)	0,51 ± 0,01
Abu (%)	0,36 ± 0,05
pH	3,50 ± 0,01
Keasaman (%)	8,33 ± 0,60
Reducing sugar (%)	18,00 ± 0,05
TSS (brix)	1,00 ± 0,01
Total fiber (%)	-

Sumber : Yuliana dkk., 2022.

Kadar total gula merupakan kandungan dari keseluruhan gula yang berada dalam bahan pangan terdiri dari gula pereduksi dan non-pereduksi. Berdasarkan penulisan Apriyanto (2021) kadar glukosa, sukrosa, dan fruktosa pulpa kakao berkaitan dengan umur panen buah dan tingkat kematangannya. Buah kakao yang telah lewat matang lebih banyak mengandung sukrosa, sedangkan buah kakao

yang memiliki kematangan optimal mengandung glukosa dan fruktosa yang paling tinggi. Sukrosa menjadi komponen utama dalam penyusun pulpa kakao. Kandungan gula yang tinggi pada pulpa kakao menyebabkan peningkatan pada jumlah padatan terlarut. Tua (2022) menyampaikan nilai padatan terlarut semakin meningkat seiring dengan peningkatan umur buah karena terjadi pemecahan dari karbohidrat, lemak, dan protein menjadi sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Yuliana (2022) menyampaikan bahwa total padatan terlarut pada pulpa kakao sebesar 17,0-18,0 brix. Selain itu, total padatan terlarut sampel pulpa kakao yang berasal dari Brazil sebesar 14,03 brix dan yang berasal dari Equador sebesar 19,6 brix. Sjarif (2021) menyampaikan derajat brix yang semakin tinggi menunjukkan bahwa larutan yang dihasilkan semakin manis.

Pulpa kakao termasuk produk samping dari proses fermentasi biji kakao yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pulpa kakao biasanya dibuang begitu saja ke lingkungan, sehingga dapat berdampak buruk terhadap lingkungan sekitarnya. Fermentasi biji kakao dilakukan untuk menghilangkan lapisan lendir yang menyelimuti biji kakao atau biasa dikenal dengan pulpa kakao. Proses fermentasi biji kakao dilakukan supaya menghasilkan biji kakao yang memiliki kualitas baik, memiliki rasa dan aroma khas coklat, serta mengurangi rasa pahit dan sepat pada biji kakao (Manalu, 2019).

Selain komposisi kimia, pulpa kakao memiliki karakteristik yang lain yaitu berupa warna dan aktivitas antioksidan. Pulpa kakao memiliki warna keputihan, sehingga warna dari cairannya mengikuti warna asli pulpa kakao. Berdasarkan penulisan Palupi dan Susanti (2024) warna yang diperoleh dari cairan pulpa kakao tidak keruh, tidak pucat, dan berwarna bening sedikit kuning. Berdasarkan hasil FGD (*Focus Group Discussion*) pada penelitian Sinaga (2024) pulpa kakao memiliki dua belas atribut warna, meliputi putih keruh, kuning, *cream*, putih kekuningan, putih pucat, sedikit coklat, coklat keruh, putih, kuning muda, coklat muda, putih kecoklatan, dan putih sedikit merah bata. Menurut Apriyanto (2021) pulpa kakao yang belum dibuka dari kulitnya (keadaan steril) memiliki warna putih, namun ketika sudah dibuka akan berubah menjadi kecoklatan karena mengalami

kontaminasi oleh mikroba khususnya *yeast*. Selain itu, warna kecoklatan tersebut terjadi karena reaksi oksidasi oleh kandungan polifenol pada pulpa kakao.

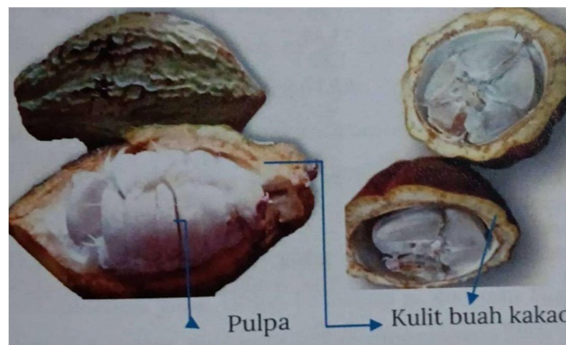
Pulpa kakao memiliki beberapa warna. Warna-warna tersebut yaitu mulai dari putih hingga putih sedikit merah bata, cream, bening, bahkan bewarna kuning. Warna pulpa kakao yang dihasilkan memiliki perbedaan karena berasal dari buah kakao berbeda lokasi maupun varietas. Selain itu, perbedaan warna disebabkan oleh perbedaan penanganan pasca panen pada sampel.

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah, menunda, atau menghambat reaksi oksidasi baik pada sistem pangan maupun sistem biologis. Antioksidan dalam sistem pangan memiliki peran sebagai pencegah atau penghambat proses oksidasi lemak, sehingga dapat digunakan sebagai pengawet. Senyawa antioksidan berfungsi sebagai penangkapan radikal bebas, peredam terbentuknya oksigen singlet, dan pengkelat ion (Utami, 2018). Selain itu, menurut Utomo (2020) antioksidan memiliki peran dalam sistem pertahanan terhadap radikal bebas yang disebabkan oleh faktor luar seperti pH tanah, suhu, polusi udara lingkungan, radiasi UV, dan pencemaran lainnya.

Aktivitas antioksidan pada suatu tanaman akan bergantung pada kandungan senyawa tanaman tersebut. Selain itu, umur panen pada sampel akan mempengaruhi hasil kandungan antioksidan. Menurut Lallo (2019) tempat tumbuh tanaman yang semakin tinggi menunjukkan aktivitas antioksidan yang semakin lemah. Ketinggian tempat tumbuh tanaman berkaitan dengan faktor lingkungan seperti suhu. Suhu udara dataran rendah yang lebih tinggi akan menyebabkan kapasitas uap air yang meningkat, sehingga kelembapan udara yang terbentuk pada siang hari akan berkurang.

Berdasarkan penulisan Yuliana (2023) daging buah kakao mengandung antioksidan berupa senyawa fenolik dan polifenol seperti flavanoid. Pulpa kakao mengandung senyawa fenolik sebesar 101,50-1200 mg GAE/100 g dan total flavonoid sebesar 7,19 $\mu\text{g.mL}^{-1}$ Yuliana (2022). Kandungan polifenol pada biji kakao akan membentuk rasa sepat (Apriyanto, 2021). Antioksidan yang terdapat pada biji buah kakao berupa polifenol seperti monomer epicatechin sebagai

flavanol utama dalam biji kakao (Palupi dan Susanti, 2024). Menurut Utomo (2020) senyawa fenolik memiliki peran sebagai antioksidan dengan cara menangkap dan mengikat ion logam dan senyawa radikal bebas yang bersifat merusak. Senyawa flavanoid memiliki peran sebagai antioksidan dengan cara mendonasikan atom hidrogen dan menghambat oksidasi pada lipid. Utama (2021) menyampaikan bahwa kulit biji kakao mengandung senyawa polifenol dengan total fenolik sebanyak 5,78%. Penentuan aktivitas antioksidan pulpa kakao dilakukan menggunakan metode DPPH (*1,1-difenil-2-pikrihidrazil*). Yuliana (2022) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan pulpa kakao yang dinyatakan sebagai EC50 (DPPH) yaitu 64,74 ug.mL-1.



Gambar 3. Bagian-bagian pulpa kakao
Sumber : Yuliana dkk., 2022.

2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Karakteristik Pulpa Kakao

Varietas buah kakao yang ditanam akan menghasilkan karakteristik yang berbeda dari segi fisik, kimia, dan sensori (Inanda, 2023). Khoidir (2023) menyatakan bahwa perbedaan fisik, kimia, dan sensori kakao yang berasal dari varietas berbeda seperti kakao criollo, forastero, dan trinitario akan memiliki perbedaan. Menurut Yuliana (2022) data komposisi yang dianalisis dari sampel dan kualitas buah kakao yang berbeda sumber panen menghasilkan data yang berbeda. Perbedaan karakteristik tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti varietas buah yang ditanam, tingkat kematangan buah, dan penanganan pasca panen (Tjahjana dkk., 2013).

Faktor yang mempengaruhi perbedaan karakteristik pada buah kakao, begitu pula akan berpengaruh pada pulpa kakao karena masih termasuk kedalam bagian buah kakao. Tjahjana dkk (2013) menyampaikan bahwa tingkat kematangan pada buah termasuk pulpa kakao pada buah kakao, akan mempengaruhi karakteristik mutu yang dihasilkan, seperti nutrisi, komposisi kimia, rasa, dan aroma. Lokasi geografis dan sistem penanaman yang berbeda akan menghasilkan rasa yang menjadi ciri khasnya. Perbedaan rasa tersebut disebabkan oleh faktor lingkungan yang berbeda pada musim panen. Lokasi geografis, periode, jumlah paparan sinar matahari, curah hujan, tanah, dan kondisi iklim mempengaruhi sifat morfologi dan komposisi kimia kakao. Menurut Farhanandi (2022) Salah satu penyebab perbedaan karakter pulpa kakao berasal dari kondisi awal kakao berasal seperti kondisi lingkungan (intensitas cahaya, letak geografis, iklim, suhu, kelembapan udara, kondisi tanah, jenis tanah, curah hujan, suhu tanah, dan ketinggian tempat). Lokasi yang memiliki tempat semakin tinggi, maka suhu udaranya semakin rendah, sedangkan lokasi yang semakin rendah, suhu udaranya semakin tinggi.

2.3 Total Mikroba Tahan Dingin

Mikroba merupakan organisme yang dapat hidup bebas diberbagai macam lingkungan, seperti air, tanah, udara, benda dan dapat hidup ditubuh manusia. Mikroba memiliki sifat patogen dan non patogen (Gracela dkk., 2022). Bakteri yang terkandung pada sampel sangat menentukan tingkat kerusakan bahan maupun produk, sehingga dapat diminimalisir dengan cara menyimpan bahan atau produk pada suhu dingin (Purwanto dkk., 2021). Pendinginan dan pembekuan pada pangan segar maupun pangan olahan memberikan pengaruh besar terhadap keamanan dan mutu pangan. Proses pendinginan dan pembekuan yang tepat terbukti dapat mempertahankan mutu pangan dengan mengurangi atau menonaktifkan aktivitas enzim dan mikroorganisme pada pangan, termasuk juga pada buah (Aisah, 2020) dan jus, misalnya pada jus jambu biji (*Psidium guajava* L.) Hapsari (2023).

Secara umum, penyimpanan suhu rendah akan menghambat aktivitas metabolisme mikroba. Namun, terdapat jenis mikroba yang dapat melakukan aktivitas metabolismenya pada suhu rendah (mikroba tahan dingin), yaitu mikroba psikrofilik dan psikrotrofik. Mikroba tersebut memiliki rentang suhu pertumbuhan pada kondisi suhu dingin dan aktivitas akan terhenti bahkan bisa terjadi kematian pada suhu pembekuan. Mikroba dapat melakukan aktivitas metabolismenya kembali setelah protein atau enzim teraktivasi pada suhu kamar. Saidi dan Wulandari (2019) menyampaikan bahwa mikroba psikrofilik dapat tumbuh baik pada suhu dingin antara -5 sampai 20° C dengan suhu optimum pertumbuhan 15° C, sedangkan menurut Shanshan (2022) suhu minimum pertumbuhan mikroba psikrofilik yaitu 0° C. Mikroba psikrofilik dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu psikrofil fakultatif dan psikrotrofik. Psikrofil fakultatif merupakan mikroba yang tidak terlalu menyukai suhu dingin, tetapi mikroba yang dapat tumbuh pada suhu (mikroba tahan dingin) rendah sekitar 15° C sebagai pertumbuhan optimalnya. Mikroba psikrotrofik (mikroba psikrotoleran) merupakan mikroba mesofilik yang dapat pada suhu 0° C.

Mikroba psikrofilik, selain hidup di lingkungan yang memiliki suhu rendah (mikroba tahan dingin) alami dapat hidup di lingkungan suhu rendah buatan, seperti lemari es dan *freezer*. Contoh mikroba psikrofilik yaitu *Arthrobacter* spp., *Achromobacter* spp., *Pseudomonas* spp. Selain itu, terdapat bakteri psikrofilik dan mikroorganisme yang dapat beradaptasi dengan suhu dingin adalah *eubacteria*, *cyanobacteria*, khamir, jamur, dan alga (Shanshan, 2022). Pulpa kakao sebelum digunakan dilakukan penyimpanan pada suhu dingin, sehingga memungkinkan terdapat pertumbuhan mikroba tahan dingin. Oleh karena itu, perlu menjadi perhatian sebelum dilakukan fermentasi atau pengujian lebih lanjut.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024 sampai dengan Januari 2025.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah cairan pulpa kakao yang diperoleh dari petani di Kabupaten Lampung Barat, Kabupaten Pesawaran, Kabupaten Pringsewu, dan Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung. Bahan – bahan yang digunakan untuk analisa adalah aquades, media PCA dari Oxoid, glukosa dari Merck, fenol dari Merck, asam sulfat (H_2SO_4) dari Merck, ethanol 96% dari Merck, dan DPPH (2,2 *dipenyl-1-picrylhydrazyl*) Sigma Aldrich.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah baskom, plastik, kertas saring Whatman *grade 2* dengan ketebalan 8 μm , plastik *zipper* bening, aluminium foil, kapas, tisu, inkubator, *hot plate*, vortex, bunsen, timbangan analitik, *centrifuge*, *colorimeter*, spektrofotometer thermo scientific genesys 10S UV-Vis , mikropipet (Dragon Lab) , lemari asam, *laminar air flow*, *autoclaf*, dan alat-alat gelas laboratorium.

3.3 Metode Penelitian

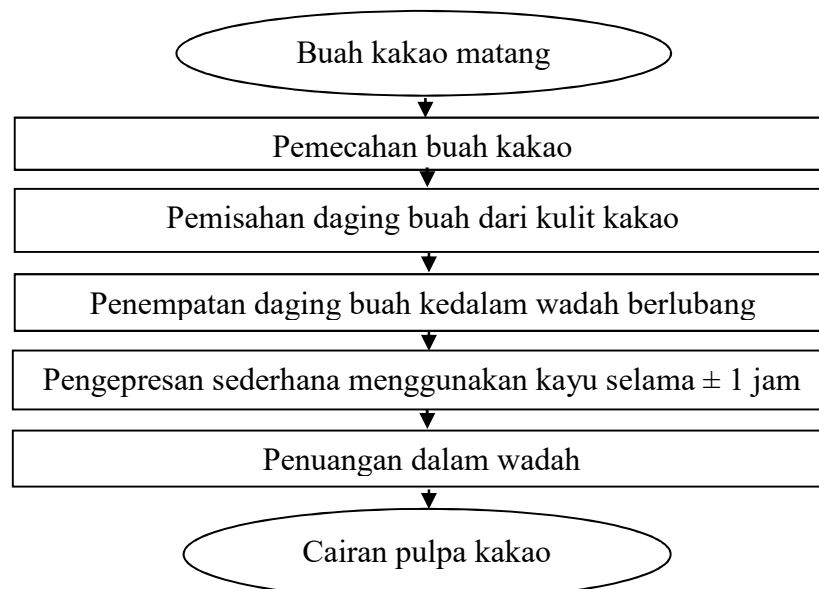
Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan 4 kali ulangan. Perlakuan meliputi variasi tempat pengambilan sampel pulpa kakao yaitu Lampung Barat, Pesawaran, Pringsewu, dan Tanggamus. Data

yang diperoleh diuji homogenitasnya dengan uji *barlett* dan kemenambahan data diuji dengan uji *tuckey*, selanjutnya data diolah menggunakan *one way* ANOVA untuk mengetahui beda pengaruh perlakuan. Jika berpengaruh nyata pada hasil maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%. Parameter penelitian yang diamati meliputi pengujian warna (visual dan colorimeter), total gula, aktivitas antioksidan, dan total mikroba psikrofilik.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Cara Mendapatkan Cairan Pulpa Kakao

Buah kakao dari kebun petani, dipilih yang kondisinya sudah matang berwarna kuning atau merah kekuningan. Kemudian, buah dipecah dengan cara saling memukulkan antar buah kakao. Setelah itu, daging buah kakao dipisahkan dari kulitnya. Daging buah yang terdiri dari pulpa kakao, plasenta, dan biji ditempatkan dalam wadah yang bagian dasarnya memiliki lubang. Cairan pulpa kakao yang keluar ditampung pada wadah besar, kemudian dimasukkan ke dalam wadah.



Gambar 4. Diagram Alir Pengolahan Cairan Pulpa Kakao (Yuliana dkk., 2022)

3.4.2 Pengamatan

3.4.2.1 Warna (Saricoban & Yilmaz, 2010)

Pengujian warna pulpa kakao dilakukan dengan dua cara yaitu uji sensori dengan menggunakan metode deskriptif dan menggunakan alat *colorimeter*. Pengujian warna pulpa kakao secara uji sensori dengan metode deskriptif melibatkan 30 orang panelis tidak terlatih dengan atribut yang dinilai yaitu warna pulpa kakao setelah mengalami pembekuan. Selanjutnya panelis diminta untuk mengamati warna yang terbentuk pada sampel menggunakan alat indera penglihatan mata. Kemudian, setelah mengetahui warna sampel yang dihasilkan panelis diminta untuk memberi satu tanda ceklis (✓) pada kuesioner uji warna pulpa kakao. Lembar kuesioner penilaian uji warna disajikan pada Tabel 2.

Pengujian warna pulpa kakao menggunakan *colorimeter* dilakukan dengan cara, sampel sebanyak 20 ml dimasukkan pada plastik *zipper* bening, kemudian diuji menggunakan alat *colorimeter* dengan menempelkan bagian *test port colorimeter* pada sampel yang sudah dimasukkan ke dalam plastik *zipper* bening. Setelah itu, dilakukan pengukuran nilai L^* , a^* , b^* . Nilai L^* menunjukkan *lightness* dengan skala 0 untuk warna hitam dan 100 untuk warna putih, sedangkan axis a^* menunjukkan intensitas warna merah (*redness*) dengan skala (-) untuk warna hijau sampai (+) untuk warna merah dan axis b^* dengan skala (-) untuk warna biru dan (+) untuk warna kuning. Pengukuran warna dilakukan sebanyak 4 kali ulangan. Kemudian, sampel yang telah diuji ditentukan menggunakan alat *colorimeter* dalam skala CIELab.

Tabel 2. Kuesioner Uji Warna Pulpa Kakao Secara Sensori

Nama panelis	:	
Umur	:	
Tanggal pengujian	:	
Produk	:	Pulpa kakao

KUESIONER Uji WARNA

Dihadapan Saudara/i disajikan 4 sampel cairan pulpa kakao yang berkode. Saudara/i diminta untuk memberikan satu tanda ceklis (✓) pada **“kekeruhan dan warna”** yang paling sesuai atau paling mewakili pada masing-masing kode sampel yang telah disediakan.

No.	Parameter	202	106	315	467
	KEKERUHAN				
1.	Transparan (bening)				
2.	Sedikit keruh				
3.	Keruh				
4.	Sangat keruh				
	WARNA				
1.	Putih pucat				
2.	Putih				
3.	Putih cream / putih kecoklatan				
4.	Putih sedikit merah bata				
5.	Putih kekuningan				
6.	Cream muda				
7.	Cream				
8.	Kuning muda / kekuningan				
9.	Kuning kecoklatan				
10.	Coklat muda				
11.	Coklat				
12.	Warna lainnya :				

**kolom tulisan” warna lainnya” dapat diisi dengan warna selain tertera pada tabel*

3.4.2.2 Total Gula (Dubois et al., 1956)

Pengujian total gula dilakukan menggunakan metode fenol-sulfat. Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat kurva standar dengan cara membuat larutan induk glukosa dengan melarutkan 0,01 gr glukosa dalam 100 ml aquades. Larutan standar glukosa dibuat dengan cara mengencerkan 10 ml larutan induk glukosa menggunakan aquades hingga volume 100 ml. Sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 ml larutan standar, kemudian masing-masing larutan diencerkan menggunakan aquades sampai volume 1 ml dan divortex hingga homogen. Setiap konsentrasi larutan standar glukosa tersebut, diambil sebanyak 0,5 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan larutan fenol 5% sebanyak 0,5 ml, selanjutnya divortex hingga tercampur rata. Larutan asam sulfat pekat sebanyak 2,5 ml ditambahkan dengan cepat secara tegak lurus ke permukaan cairan, kemudian didiamkan selama 10 menit. Selanjutnya, larutan divortex kembali selama 30 detik dan ditempatkan dalam *water bath* yang berisi air hangat selama 15-20 menit hingga membentuk warna *orange-yellow* yang stabil. Kemudian, larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 490 nm dengan spektrofotometer. Nilai absorbansi kemudian diplotkan terhadap konsentrasi glukosa sesuai dengan seri di atas, untuk mendapatkan kurva standar dan persamaan regresi linier menggunakan program excel.

Langkah kedua adalah sampel yang akan dianalisis dipersiapkan terlebih dahulu sebanyak 12 ml (sudah termasuk duplo) untuk setiap perlakuan. Sampel *dicentrifuge* (10.000 rpm), kemudian dipisahkan antara padatan dengan larutannya. Setelah itu, larutan sampel yang sudah dipisahkan dari padatannya dilakukan pengenceran (1 ml sampel : 9 ml aquades) hingga batas pangkat tertentu. Sampel hasil pengenceran sebanyak 0,5 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dilakukan tahap penambahan larutan fenol 5% dan asam sulfat pekat seperti pada prosedur pembuatan kurva standar. Selain itu, larutan blanko dibuat menggunakan campuran aquades 1 ml dan dilakukan tahap seperti pada pembuatan kurva standar. Perhitungan konsentrasi gula dalam sampel ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi kurva standar dan memperhitungkan pengenceran.

3.4.2.3 Antioksidan (Yuliana et al., 2023)

Pengujian aktivitas antioksidan pada sampel pulpa kakao dimulai dengan menyiapkan ekstrak. Sampel diambil sebanyak 5 ml (sudah termasuk duplo) untuk setiap perlakuan, lalu ditambahkan 20 ml ethanol 96% ke dalam erlenmeyer dan ditutup menggunakan aluminium foil, kemudian diekstraksi menggunakan *shaker* selama 4 jam. Hasil ekstraksi pulpa kakao kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Setelah itu, ekstrak pulpa kakao disaring menggunakan kertas saring Whatman *grade* 2 dengan ketebalan 8 µm. Kertas saring yang digunakan dibentuk kerucut lalu ditempatkan pada corong kaca, kemudian ekstrak pulpa kakao dituang ke dalam kertas saring. Selama proses penyaringan, bagian atas corong kaca yang sudah diberi kertas saring ditutup menggunakan aluminium foil.

Analisa antioksidan dimulai dengan membuat larutan kontrol 2,2 *dipenyl*-1-*picrylhydrazyl* (DPPH). Larutan DPPH ditimbang sebanyak 0,0078 gram di ruangan gelap, kemudian dilarutkan menggunakan etanol 96% sebanyak 100 ml. Larutan DPPH 0,02 mM diambil sebanyak 3 ml lalu dimasukkan ke dalam kuvet untuk diukur absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm. Hasil pengukuran absorbansi dihitung sebagai absorbansi kontrol (Ak). Pengujian antioksidan larutan ekstrak sampel dilakukan dengan cara memipet larutan ekstrak sebanyak 1 ml, kemudian masukkan ke dalam tabung reaksi yang sudah dibungkus menggunakan aluminium foil dan ditambahkan larutan DPPH sebanyak 2 ml, lalu dihomogenkan menggunakan vortex selama 30 detik. Setelah itu, larutan ekstrak yang diuji tersebut diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang, kemudian dimasukkan ke dalam kuvet sebanyak 3 ml untuk pengukuran absorbansinya dengan panjang gelombang 517 nm. Larutan yang didapatkan digunakan sebagai absorbansi sampel (As). Selanjutnya, absorbansi yang didapat dari ekstrak dibandingkan dengan absorbansi DPPH sehingga diperoleh persentase aktivitas antioksidan. Persentase aktivitas antioksidan terhadap radikal DPPH dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\% \text{ Aktivitas antioksidan} = \frac{Ak - As}{Ak} \times 100\%$$

Keterangan :

Ak = Absorbansi kontrol

As = Absorbansi sampel

3.4.2.4 Total Mikroba Tahan Dingin (Melantina dkk., 2022)

Analisis total mikroba dilakukan menggunakan metode perhitungan TPC (*Total Plate Count*). Sampel pulpa kakao diambil sebanyak 1 ml menggunakan mikropipet untuk dimasukkan ke dalam cawan petri steril (duplo) yang sudah berisi media PCA. Setelah itu, cawan diinkubasi dengan posisi terbalik pada suhu 25° C selama 24-48 jam. Perhitungan TPC berdasarkan interval 25-250 koloni dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{TPC (koloni/gram)} = \text{Jumlah koloni percawan} \times \text{jumlah sampel yang diinokulasikan}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sumber panen yang berasal dari Tanggamus memiliki karakteristik fisikokimia dan total mikroba tahan dingin yang dapat digunakan sebagai media fermentasi dengan nilai total gula sebesar 4,931%, nilai kecerahan (L^*) sebesar 48,240, nilai kemerahan (a^*) sebesar 1,273, nilai kekuningan (b^*) sebesar 10,108, aktivitas antioksidan sebesar 86,735%, dan total mikroba tahan dingin sebesar 1,744 log CFU/ml. Sumber panen lainnya seperti wilayah Lampung Barat memiliki karakteristik fisikokimia berupa total gula sebesar 2,091%, nilai kecerahan (L^*) sebesar 24,855, nilai kemerahan (a^*) sebesar 6,516, nilai kekuningan sebesar (b^*) 10,429, dan aktivitas antioksidan sebesar 86,968%, sedangkan untuk total mikroba tahan dinginnya sebesar 1,570 log CFU/ml. Sumber panen dari Pesawaran dan Pringsewu secara berturut-turut memiliki karakteristik seperti nilai total gula sebesar 1,616 % dan 0,969%, nilai kecerahan (L^*) sebesar 37,781 dan 43,550, nilai kemerahan (a^*) sebesar 3,758 dan 5,195, nilai kekuningan (b^*) sebesar 15,430 dan 19,764, aktivitas antioksidan sebesar 90,476% dan 91,551%, dan total mikroba tahan dingin sebesar 1,688 log CFU/ml dan 1,988 log CFU/ml.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian lanjut dengan mengidentifikasi kelompok mikroba yang tumbuh pada pulpa kakao.

2. Melakukan penelitian lanjut penggunaan bahan pulpa kakao yang sudah diketahui karakteristiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adabe, K. E., and Ngo-Samnack, E. L. 2014. *Cocoa Production and Processing*. The Technical Center for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). Netherland.
- Afoakwa, E. O. 2016. *Chocolate Science and Technology*. John Wiley dan Son Ltd. UK.
- Agustina, D. R. S., Putra, G. P. G., dan Hartiati, A. 2024. Karakteristik Ekstrak Kulit Buah Kakao sebagai Pewarna Alami pada Variasi Jenis Pelarut dan Daya Ekstraksi dengan Metode *Microwave Asisted Extraction*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 12 (4) : 466-477.
- Alam, N., Saleh, M. S., dan Hutomo, G. S. 2010. Karakteristik Buah Kakao yang Dipanen Pada Berbagai Ketinggian Tempat Tumbuh dan Kelas Kematangan. *Jurnal Agroland*. 17 (2) : 123-130.
- Apriyanto, M. 2021. *Peningkatan Mutu Biji Kakao Petani*. Nuta Media. Yogyakarta.
- Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., dan Matatula, S. H. 2020. *Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan pada Suhu Rendah*. Nas Media Pustaka. Makassar.
- Chandrasekaran, M. 2012. *Valorization of Food Processing by-Products*. CRC Press. New West.
- Chumthong, A., Limjurnern, N., Saensano, C., Teerawattanapong, P., Nuallaong, A., Rugkong, A., and Chiarawipa, R. 2024. Effect of Harvest Season on the Physical Properties, Fatty Acid Composition, and Volatile Compounds of Roasted Cacao Beans. *Makara Journal of Science*. 28 (1).
- Darojat, M. K. 2014. *Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Ekstrak Bawang Merah (Allium cepa L.) Terhadap Viabilitas Benih Kakao (Theobroma cacao L.)*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri. Malang. 18 p.

- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., and Smith, F. 1956. Colometric Method For Determination of Sugar and Related Substance. *Analytical Chemistry*. 3 (28) : 350-356.
- Elva, T. B., Ngatirah., dan Sunardi. 2023. Karakteristik Minuman Fungsional Kaya Akan Antioksidan dari Pengolahan Kakao dengan Penambahan Kayu Manis. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 28 (2) : 1-15.
- Farhanandi, B. W., dan Indah, N. K. 2022. Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao L.*) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda. *Lentera Bio*. 11 (2) : 310-325.
- Giskha, P. C., Putra, G. P. G., dan Antara, N. S. 2023. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao L.*) pada Perlakuan Suhu dan Lama Penyimpanan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 11 (1) : 25-34.
- Gracela, P. M., Rondonuwo, S. B., dan Baideng, E. 2022. Identifikasi Bakteri Secara Molekuler dari Mesin ATM pada Beberapa Tempat Di Kota Manado. *Journal of Biotechnology and Conservation in Wallacea*. 2 (2) : 107-112.
- Haase, T. B., Weisz, U. S., Orthner, E., Zorn, H., and Naumann, S. 2021. Aroma Properties of Cocoa Fruit Pulp from Different Origins. *Molecules*. 26, 7618 : 1-12.
- Hadi, M. A. M. E., Zhang, F. J., Wu, F. F., Zhou, C. H., and Tao. J. 2013. Advanced in Fruit Aroma Volatile Research. *Molecules*. 18 (7) : 8200-8229.
- Hajizah, R. J., Warkoyo, dan Siskawardani, D. D. 2024. Pengaruh Durasi penyimpanan Terhadap Karakteristik *Frozen Pulp* Kakao. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 10 (2) : 176-187.
- Hapsari, Y. I., Lestari, Y. N. A., dan Prameswari, G. N. 2023. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Kadar Vitamin C pada Jus Jambu Biji (*Psidium guajava L.*). *Jurnal Gizi*. 12 (1) : 37-45.
- Hartuti, S., Juanda., dan Khathir, R. 2020. Upaya Peningkatan Kualitas Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Melalui Tahap Penanganan Pascapanen (Ulasan). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 15 (2) : 38-52.

- Inanda, S. K. 2023. Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensori Biji Kakao *Criollo*, *Forastero*, dan *Trinitario*. *Journal of Comprehensive Science*. 2 (3).
- Insani, I. P. 2021. *Efektivitas Suhu Pengeringan yang Berbeda Terhadap Mutu Fisik Biji Kakao (Theobroma cacao L.)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru. 75 p.
- Juliasih, N. K. A., Arsana, I. N., dan Adi, N. N. S. P. 2023. Budidaya Kakao (*Theobroma Cacao L.*) di Cau Chocolates Bali. *Widya Biologi*. 13 (2) : 103-114.
- Karmawati E.Z, M. Mahmud, S.J. Syakir, Munarso, A.I. Ketut dan Rubiyo. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Khaerah, A., dan Akbar, F., 2019. Aktivitas Antioksidan Teh Kombucha dari Beberapa Varian Teh yang Berbeda. *Prosiding Seminar Nasional LP2M UNM*. 472-476.
- Khoidir, S. I. 2023. Karakteristik Fisik, Kimia, dan Sensoris Biji Kakao *Criollo*, *Forastero*, dan *Trinitario*:Review. *Journal of Comprehensive Science*. 2 (3) : 764-770.
- Krisnasari, A., Laswati, D. T., dan Kuntjahjawati. 2021. Studi Pembuatan *Marshmellow* dengan Variasi Konsentrasi Gelatin dan Sukrosa. *Agrotech*. 3 (2) : 11-17.
- Lallo, S., Lewerissa, A. C., Rafi, A., Usmar., Ismail., dan Tayeb, R. 2019. Pengaruh Ketinggian Tempat Tumbuh Terhadap Aktivitas Antioksidan dan Sitotoksik Ekstrak Rimpang Lengkuas (*Alpinia galanga L.*). *Majalah Farmasi dan Farmakologi*. 23 (3) : 118-123.
- Loppies, J. E., Khaerunnisa., Rejeki, E. S., Yumas, M., dan Lullung, A. 2020. Stabilitas Zat Warna Antosianin Biji Kakao Pada Berbagai Kondisi Kopigmentasi. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 15 (2) : 94-104.
- Manalu, R. 2019. Pengolahan Biji Kakao Produksi Perkebunan Rakyat untuk Meningkatkan Pendapatan Petani (*Processing of Smallholder Plantations Cocoa Production to Increase Farmers Income*). *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik*. 9 (2) : 99-112.
- Meirani, P., Ambarwati., dan Putri, D. A. 2024. Analisis Kandungan Vitamin C dan Kadar Antioksidan Teh Kombucha Daun Pandan Wangi (*Pandanus*

Amaryllifolius) Dengan Pemanis Stevia Berdasarkan Lama Fermentasi. *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*. 7 (1) : 197-205.

Melantina, D., Swastawati, F., dan Syakur, A. 2022. Aplikasi Teknnologi Ionisasi Tegangan Tinggi Untuk Pengawetan Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 4 (1) : 9-14.

Melo, T. S., Pires, T. C. Engelmann, J. V. P., Monteiro, A. L. O., Maciel, L. F., and Bispo, E. D. S. 2021. Evaluation of the content of bioactive compounds in cocoa beans during the fermentation process. *Journal Food Science Technology*. 58 (5) : 1947-1957.

Miswar, D., Sugiyanta, I, G., Yarmaidi. 2019. Kajian Geografis Potensi Wilayah Berbasis Geospasial Kabupaten Pringsewu. *La Geografia*. 18 (1) : 1-16.

Nurhafisah, Hanuddin, R., Andriani, I., Fitriawaty, Laboko, A. I., dan Manggabarani, S. 2021. Pengaruh Komposisi Nibs Kakao Terhadap Warna, Kadar Asam dan Penerimaan Panelis Pada Produk Cokelat Susu. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 16 (1) : 47-57.

Palupi, H. T., dan Susanti, L. 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.

Purwanto, D., Yuntarso, A., dan Wiwis, D. 2021. Analisa Bakteri Total pada Buah Pepaya (*Carica Papaya L.*) yang di Steril Menggunakan Metode Autoclave. *Jurnal SainHealth*. 5 (1) : 25-29.

Rachmatullah, D., Putri, D. N., Herianto, F., dan Harini, N. 2021. Karakteristik Biji Kakao (*Theobroma cacao L.*) Hasil Fermentasi dengan Ukuran Wadah Berbeda. *Jurnal Viabel Pertanian*. 15 (1) : 32-44.

Rahardjo, P. 2011. *Menghasilkan Benih dan Bibit Kakao Unggul*. Rahardjo Pudji. Jakarta.

Rivaldi, S., Yunus, Y., dan Munawar, A. A. 2019. Prediksi Kadar Total Padatan Terlarut (TPT) dan Vitamin C Buah Mangga Arumanis (*Mangifera indica L.*) Menggunakan *Near Infared Spectroscopy* (NIRS) dengan Metode Partial Least Square (PLS). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4 (2) : 349-358.

- Saidi, I. A., dan Wulandari, F. E. 2019. *Pengeringan Sayuran dan Buah-Buahan*. Umsida Press. Sidoarjo.
- Saricoba, C and Yilmaz, M. T. 2010. Modelling The Effects of Processing Factors on The Changes in Colour Parameters of Cooked Meatballs Using Response Surface Methodology. *World Applied Science Journal*. 9 (1) : 14-22.
- Septianti, E., Selengke, dan Langkong, J. 2020. Profile of Bioactive Compounds, Antioxidant and Aromatic Component from Several Clones of Cocoa Beans During Fermentation. *Earth and Environmental Science*. 575 : 1-16.
- Shanshan, Jin, Xihong, Zhao. 2022. *Patogenesis Mikroba*. Artikel Ulasan.
- Shintarika, F., dan Wahida, S. N. 2022. Pengaruh Dosis Pupuk KNO₃ terhadap Kadar Gula pada Tiga Varietas Melon di BPP Lampung. *AgroSainTa: Widyaaiswara Mandiri Membangun Bangsa*. 6 (1) : 1-8.
- Sinaga, C. V. N. 2024. Profil dan Atribut Sensori yang Mempengaruhi Penerimaan Konsumen Minuman Kombucha Pulpa Kakao. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sjarif, S. R., Nuryadi, A. M., Sulistyorini, J., dan Sukron, A. 2021. Pengaruh Penambahan Glukosa dan Derajat Brix untuk Menghambat Proses Kristalisasi pada Produk Gula Cair Nira Aren. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*. 13 (1) : 27-36.
- Soares, T. F., dan Oliveira, M. B. P.P. 2022. Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects. *Molecules*. 27 (5) : 1-23.
- Subahannur, S., Syam, N., dan Ervina. Mutu Fisik dan Kimia Biji Kakao (*Theobroma cacao L.*) pada Beberapa Jenis Klon. *Jurnal Agrotek*. 7 (2) : 99-107.
- Sugiarto, B. 2018. *Pengaruh Perendaman dan Tingkat Kematangan Buah Kakao (Theobroma Cacao L.) Terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Kecambah Biji Kakao*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Bandar Lampung. 60 p.
- Taiga, A., Afolabi, S., and Agwu, C. 2015. Comparative Study of Cocoa-Sweat and That of Pure Honey. *African Journal of Biotechnology*. 2923-2925.

- Tjahjana, B. E., Supriadi, H., dan Rokhmah, D. N. 2013. *Pengaruh Lingkungan Terhadap Produksi dan Mutu Kakao*. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Tania, S. O. 2018. *Inventarisasi Mutu Biji Kakao (Theobroma Cacao L.) di Desa Sungai Langka Kecamatan Gedong Tataan Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 59 p.
- Tua, M., Adiwirman, dan Herman. 2022. Pertumbuhan dan Perkembangan Buah Serta Kadar Gula Buah Tanaman Matoa Merah (*Pometia pinnata* Forst). *Jurnal Dinamika Pertanian*. 38 (2) : 171-176.
- Utama, D. D., Djali, M., dan Cahyana, Y. 2021. Kajian Metode Pretreatment Ozonasi dan Pemanasan Uap Terhadap Polifenol dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*). *Pontianak Nutrion Journal*. 4 (1) : 86-92.
- Utami, R. R. 2018. Antioksidan Biji Kakao: Pengaruh Fermentasi dan Penyangraian Terhadap Perubahannya (Ulasan). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 13 (2) : 75-85.
- Utomo, D.S., Kristiani, E. B. E., dan Mahardika, A. 2020. Pengaruh Lokasi Tumbuh Terhadap Kadar Flavanoid, Fenolik, Klorofil, Karotenoid dan Aktivitas Antioksidan pada Tumbuhan Pecut Kuda. *Bioma*. 22 (2) : 143-149.
- Wardani, A. F. K. 2019. *Karakterisasi Morfologi Tanaman Kakao (Theobroma cacao L.) Hibrida F1 Lindak di Wisata Edukasi Kampung Coklat Blitar Sebagai Sumber Belajar Biologi*. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan. Institut Agama Islam Negeri. Tulungagung. 75 p.
- Wardani, Y. K., Kristiani, E. B. E., dan Sucahyo. 2020. Korelasi Antara Aktivitas Antioksidan dengan Kandungan Senyawa Fenolik dan Lokasi Tumbuh Tanaman *Celosia argentea* Linn. *Jurnal Bioma*. 22 (2) : 136-142.
- Yuliana, N., Nurainiy, F., dan Sumardi. 2022. *Pengolahan Hasil Samping Buah Kakao*. Pusaka Media. Bandarlampung.
- Yuliana, N., Nurainy, F., Sari, G. W., Sumardi., and Widiastuti, E. L. 2023. Total Microbe, Physicochemical Property, and Antioxidative Activity During Fermentation of Cocoa Honey Into Kombucha Functional Drink. *Aplied Food Research*. 3 : 1-6.

- Yumas, M., Loppies, J. E., dan Lullung, A. 2020. Stabilitas dan Efektivitas Antioksidan Zat Warna Antosianin Tepung Kakao Tanpa Fermentasi (*Theobroma cacao* L.) Secara In Vivo. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 15 (1) : 61-73.
- Yunianta. 2010. Limbah Cair Industri Kakao sebagai Bahan Pembuat Nata. *Jurnal Teknik Industri*. 11 (1) : 31-34.