

**STUDI PROSES PASCA PANEN KAKAO DAN PENGARUHNYA
TERHADAP PREKURSOR AROMA DAN PROFIL SENYAWA
VOLATIL BIJI KAKAO**

*STUDY OF COCOA POST-HARVEST PROCESSING AND ITS EFFECT ON
AROMA PRECURSOR AND VOLATILE COMPOUND PROFILE
OF COCOA BEANS*

NUR LAYLAH



PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**STUDI PROSES PASCA PANEN KAKAO DAN PENGARUHNYA
TERHADAP PREKURSOR AROMA DAN PROFIL SENYAWA
VOLATIL BIJI KAKAO**

Disertasi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar doktor

Program Studi Ilmu Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

NUR LAYLAH

Kepada

PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

DISERTASI
**STUDI PROSES PASCA PANEN KAKAO DAN PENGARUHNYA
TERHADAP PREKURSOR AROMA DAN PROFIL SENYAWA
VOLATIL BIJI KAKAO**

NUR LAYLAH
NIM P013191026

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Doktor Program Studi Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 November 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Promotor

Prof. Ir. Salengke, MSc.,Ph.D

NIP. 196312311988111005

Ko-promotor

Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS

NIP. 196212311988031020

Ko-promotor

Dr. Ir. Supratomo.,MSc

NIP. 195604171982031003

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl. Ing. Agr

NIP. 19640815199002100

Dekan Sekolah Pascasarjana

Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K), M.MedEd. ♀

NIP. 196612311995031009

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi yang berjudul "Studi Proses Pasca Panen Kakao dan Pengaruhnya Terhadap Prekursor Aroma dan Profil Senyawa Volatil Biji Kakao" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Ir. Salengke, M.Sc., Ph.D.sebagai Promotor, dan Prof. Dr. Ir. Amran Laga, M.S. sebagai ko-promotor-1 serta Dr. Ir. Supratomo, M.Sc sebagai ko-promotor-2). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Jurnal AIMS Agriculture and Food, 8(2): 615-636, DOI: 10.3934/agrfood.2023034 sebagai artikel dengan judul "Effects of The Maturity Level and Pod Conditioning Period of Cocoa Pods on The Changes of Physicochemical Properties of The Beans of Sulawesi 2 (S2) Cocoa Clone". Sebagian dari isi disertasi ini telah dipresentasikan di UICAT (The 1st Unhas International Conference On Agricultural Technology-2021) dan telah terbit pada AIP Conference Proceedings 2596, 050009 (2023) DOI: 10.1063/5.0119387 dengan judul "Characterization of Sulawesi 2 (S2) Cocoa Clone from Pinrang Regency, South Sulawesi".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 10 November 2023



Nur Laylah

NIM P013191026

KATA PENGANTAR

Saya sangat bersyukur karena disertasi ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan disertasi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Prof Salengke sebagai promotor, Prof Amran Laga sebagai ko-promotor-1, dan Dr. Ir. Supratomo sebagai ko-promotor-2. Saya mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada bapak Irwan selaku ketua kelompok tani yang telah mengizinkan kami melaksanakan penelitian di kebun milik Kelompok Tani Kakao Bukit Tinggi, Desa Tapporang, Kecamatan Batullapa, Kabupaten Pinrang.

Kepada menteri Keuangan Republik Indonesia, saya mengucapkan terima kasih atas beasiswa LPDP yang diberikan dengan nomor (KET-1754/LPDP.4/2020) selama menempuh program pendidikan doktor. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program doktor serta para dosen dan rekan-rekan mahasiswa program doktor Program Studi Ilmu Pertanian angkatan 2019 Universitas Hasanuddin.

Penghargaan yang besar saya sampaikan kepada keluarga atas dorongan dan motivasinya yang tak ternilai selama menempuh pendidikan doktor, terutama kepada suami (Djadja Abdul Syukur) yang selalu membantu dan mendampingi saya selama penelitian di lapangan sampai rampungnya disertasi ini.

Penulis

Nur Laylah

ABSTRAK

NUR LAYLAH. *Studi proses pasca panen kakao dan pengaruhnya terhadap prekursor aroma dan profil senyawa volatile biji kakao.* (dibimbing oleh **Salengke, Amran Laga** dan **Supratomo**).

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh tingkat kematangan, lama pemeraman buah dan fermentasi biji kakao terhadap prekursor aroma dan profil senyawa volatile biji kakao. Berdasarkan tujuan penelitian maka dilakukan analisis sidik ragam menggunakan program SPSS 22.0 dan juga dilakukan analisis PCA untuk menunjukkan penciri komponen senyawa volatile biji kakao dari setiap perlakuan. Ditemukan bahwa pemeraman buah dapat menurunkan berat pulp, sedangkan total gula, sukrosa dan glukosa/fruktosa pulp meningkat pada hari ke 1 pemeraman lalu menurun sampai hari ke 6 pemeraman. Pemeraman dapat meningkatkan berat biji dan kandungan polyphenol biji kakao segar. Polyphenol biji kakao segar tertinggi ditemukan pada buah matang sedang (13.05 mg/g in GAE) dengan pemeraman 6 hari. Tingkat kematangan buah kakao mempengaruhi pH biji kakao kering (terendah pada matang penuh yaitu 5.45), polyphenol biji kakao kering (tertinggi pada buah matang sedang yaitu 9.51 mg/g in GEA) dan gula reduksi biji kakao kering (tertinggi pada buah matang penuh yaitu 1.80 %). Lama pemeraman buah kakao mempengaruhi pH biji kakao kering (tertinggi pada pemeraman 6 hari yaitu 5.73), polyphenol tertinggi ditemukan pada perlakuan tanpa peram yaitu 8.82 mg/g in GAE dan gula reduksi biji kakao kering tertinggi ditemukan pada peram 3 hari, yaitu 1.88 %. pH, polyphenol dan gula reduksi biji kakao kering non fermentasi lebih tinggi dari pada biji kakao kering fermentasi. Biji kakao dari buah dengan tingkat kematangan awal dan sedang, peram 6 hari yang difermentasi masing-masing muncul kelompok senyawa alkohol dan ester yang merupakan komponen aroma penting kakao. Biji kakao dari buah dengan tingkat kematangan penuh yang difermentasi (tidak diperam) memunculkan kelompok senyawa alkohol yang memberi aroma sweet chocolate, bunga dan karamel.

Kata kunci: *biji kakao, fermentasi, pemeraman, senyawa volatile, tingkat kematangan.*

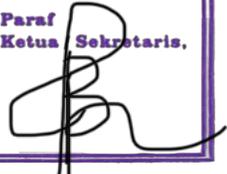
 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa.	Paraf Ketua / Sekretaris,
Tanggal : _____	

ABSTRACT

NUR LAYLAH. *Study of cocoa post-harvest processing and its effect on aroma precursor and volatile compound profile of cocoa beans.* (Supervised by **Salengke, Amran Laga** and **Supratomo**).

This study aims to investigate the effects of cocoa fruit maturity level, pod conditioning duration and cocoa bean fermentation on the formation of aroma precursors and the volatile compound profile of cocoa beans. To achieve the study's objectives, the data collected during the experiment was analyzed using an analysis of variance program SPSS 22.0, along with a Principal Component Analysis (PCA) to reveal the distinct components of volatile compounds in cocoa beans under different treatments. The findings indicated that pod conditioning leads to a reduction in pulp weight, while total sugar, sucrose, and glucose/fructose content in the pulp initially increase on the first day of pod conditioning and then decline until the sixth day of the pod conditioning. Pod conditioning of cocoa fruit results in an increase in seed weight and the polyphenol content of fresh cocoa beans. The highest polyphenol content in fresh cocoa beans was observed in the fruits with medium maturity level (13.05 mg/g in GAE) following six days of pod conditioning. The maturity level of cocoa fruit influences the pH of dried cocoa beans, where the lowest pH was found in fully mature beans (pH 5.45). The polyphenol content of dried cocoa beans was found highest in medium maturity beans (9.51 mg/g in GEA), and the reducing sugar content of dried cocoa beans was highest in fully mature beans (1.80%). The duration of cacao pod conditioning affects the pH of dry cacao beans, with the highest pH recorded after six days of pod conditioning (pH 5.73). The highest polyphenol content was observed in beans that underwent no pod conditioning treatment (8.82 mg/g in GAE), and the highest content of reducing sugar in dry cacao beans was found in beans conditioned for three days (1.88 %). The pH, polyphenol content, and reducing sugar content of non-fermented dry cacao beans were higher compared to fermented dry cacao beans. Cocoa beans obtained from early and medium fruit maturity levels, each fermented for six days, exhibit alcohol and ester compound groups, which are important components contributing to cocoa's aroma. Cocoa beans from fully mature fruits that were fermented without pod conditioning give rise to alcoholic compound groups that impart the sweet chocolate, floral, and caramel aromas.

Key words: *cocoa beans, fermentation, maturity, pod conditioning, volatile compounds*

	
GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa.	Paraf Ketua Sekretaris.
Tanggal : _____	

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGANTAR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN UMUM	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Kebaruan Penelitian (Novelty)	5
E. Kegunaan Penelitian.....	5
F. Kerangka Konseptual	6
G. Daftar Pustaka.....	8
BAB II PENGARUH TINGKAT KEMATANGAN BUAH DAN LAMA PEMERAMAN BUAH KAKAO TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIKO-KIMIA BIJI KAKAO KLON SULAWESI 2 (S2).....	10
A. Abstrak	10
B. Pendahuluan	10
C. Bahan dan Metode	12
D. Hasil dan Pembahasan	17
E. Kesimpulan.....	35
F. Daftar Pustaka.....	36
BAB III PENGARUH TINGKAT KEMATANGAN DAN LAMA PEMERAMAN BUAH SERTA FERMENTASI TERHADAP PREKURSOR AROMA BIJI KAKAO	40
A. Abstrak	40
B. Pendahuluan	40
C. Bahan dan Metode	43
D. Hasil dan Pembahasan.....	48
E. Kesimpulan.....	85
F. Daftar Pustaka.....	86
BAB IV PENGARUH TINGKAT KEMATANGAN, LAMA PEMERAMAN BUAH DAN FERMENTASI BIJI TERHADAP PROFIL SENYAWA VOLATIL BIJI KAKAO	92
A. Abstrak	92
B. Pendahuluan	92
C. Bahan dan Metode	98
D. Hasil dan Pembahasan.....	100
E. Kesimpulan.....	116
F. Daftar Pustaka.....	117
BAB V PEMBAHASAN UMUM	121
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
Tabel 2.1 Nilai- <i>p</i> pengaruh perlakuan dan interaksinya terhadap parameter yang diukur.....	18
Tabel 2.2 Hasil uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap berat pulp	19
Tabel 2.3 Hasil uji Tukey lama pemeraman terhadap kadar total gula pulp	22
Tabel 2.4 Interaksi antara tingkat kematangan buah kakao dan lama pemeraman buah terhadap total gula pulp (%)	23
Tabel 2.5 Hasil uji tukey pengaruh tingkat kematangan buah terhadap kadar sukrosa pulp biji kakao	24
Tabel 2.6 Uji tukey pengaruh lama pemeraman terhadap kadar sukrosa pulp biji kakao.....	25
Tabel 2.7 Interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman buah terhadap glukosa fruktosa (%) pulp buah kakao	25
Tabel 2.8 Uji tukey pengaruh lama pemeraman buah terhadap kadar glukosa/ sukrosa pulp buah kakao	27
Tabel 2.9 Hasil uji tukey pengaruh lama pemeraman terhadap berat biji kakao	30
Tabel 2.10 Pengaruh interaksi tingkat kematangan buah kakao dan lama pemeraman buah terhadap kandungan polifenol (mg/g) biji kakao segar	33
Tabel 3.1 Hasil analisa tukey interaksi antara lama pemeraman dan fermentasi terhadap kadar air (%) biji kakao kering	52
Tabel 3.2 Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap pH biji kakao basah fermentasi	54
Tabel 3.3 Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap pH biji kakao kering	57
Tabel 3.4 Uji Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap pH biji kakao kering	57
Tabel 3.5 Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap polyphenol (mg/g) biji kakao basah fermentasi	59
Tabel 4.1 Warna dan aroma produk maillard oleh asam amino dan glukosa setelah pemanasan	94
Tabel 4.2 Komponen Aroma (kelas senyawa volatil), Kopi, Kakao dan The	95
Tabel 4.3 Komponen aroma pasta kakao dari Jawa Timur, Bali, Sulawesi Selatan dan Ghana.....	97
Tabel 4.4. Hasil identifikasi kelas senyawa volatil biji kakao sangrai buah matang awal.....	101

Tabel 4.5	Komponen senyawa volatil sebagai karakteristik penciri buah kakao masak awal	104
Tabel 4.6	Hasil identifikasi kelas senyawa volatil biji kakao sangrai dari buah Matang sedang.....	107
Tabel 4.7	Komponen senyawa volatil sebagai karakteristik penciri buah kakao masak sedang	110
Tabel 4.8	Hasil identifikasi kelas senyawa volatil biji kakao sangrai dari buah matang penuh.....	112
Tabel 4.9	Komponen senyawa volatil sebagai karakteristik penciri buah kakao masak penuh.....	114

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
Gambar 2.1	Penampakan warna buah kakao klon S2 pada berbagai tingkat kematangan, yaitu tingkat kematangan awal (A1), tingkat kematangan sedang (A2), dan tingkat kematangan penuh (A3) (Foto milik N. Laylah, 2021) 12
Gambar 2.2	Diagram alir pengamatan terhadap perubahan sifat fisiko kimia pulp dan biji kakao berdasarkan tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao 13
Gambar 2.3	Pengaruh interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman buah terhadap total gula pulp..... 21
Gambar 2.4	Pengaruh lama pemeraman terhadap kandungan sukrosa pulp..... 24
Gambar 2.5	Hubungan interaksi perlakuan tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao terhadap kadar glukosa/fruktosa pulp..... 29
Gambar 2.6	Pengaruh lama pemeraman terhadap berat biji kakao 31
Gambar 2.7	Hubungan perlakuan tingkat kematangan buah dan lama pemeraman buah kakao terhadap kandungan polyphenol biji kakao segar..... 34
Gambar 3.1	Diagram alir pasca panen biji kakao yang difermentasi berdasarkan tingkat kematangan dan lama pemeraman yang berbeda 44
Gambar 3.2	Hubungan perlakuan tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao terhadap kadar air biji kakao basah setelah fermentasi 54
Gambar 3.3	Hubungan perlakuan tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao terhadap kadar air biji kakao kering 51
Gambar 3.4	Pengaruh lama pemeraman terhadap pH biji kakao basah setelah fermentasi 54
Gambar 3.5.	Hubungan perlakuan tingkat kematangan, lama pemeraman buah dan fermentasi terhadap pH biji kakao kering..... 56
Gambar 3.6	Pengaruh lama pemeraman terhadap polyphenol biji kakao basah setelah fermentasi..... 59
Gambar 3.7	Hubungan perlakuan tingkat kematangan, lama pemeraman buah dan fermentasi biji terhadap kadar polyphenol biji kakao kering 61
Gambar 3.8	Persentase biji kakao <i>unfermented</i> 64
Gambar 3.9	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase biji <i>Underfermented</i> 65
Gambar 3.10	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentasi biji <i>fermented</i> 66
Gambar 3.11	Biji slaty (A), <i>Underfermented</i> (B) dan <i>Fermented</i> (C) 67

Gambar 3.12	Biji Fermentasi dan Non Fermentasi	67
Gambar 3.13	Hubungan perlakuan tingkat kematangan, lama pemeraman buah dan fermentasi terhadap gula reduksi biji kakao.....	70
Gambar 3.14.	Prekursor aroma yang dihasilkan selama fermentasi biji kakao oleh aksi mikroba dan difusi molekulnya (diadaptasi dari Beckett, (2009)..	72
Gambar 3.15	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino alanin pada biji kakao kering	73
Gambar 3.16	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino arginin pada biji kakao kering.....	74
Gambar 3.17	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase kandungan asam glutamat pada biji kakao kering	75
Gambar 3.18	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino histidin pada biji kakao kering	77
Gambar 3.19	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino leucine-isoleucine pada biji kakao kering	78
Gambar 3.20	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino lysine pada biji kakao kering	80
Gambar 3.21	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino valin pada biji kakao kering	81
Gambar 3.22	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino methionine pada biji kakao kering	82
Gambar 3.23	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino threonine pada biji kakao kering.....	83
Gambar 3.24	Pengaruh lama pemeraman terhadap persentase asam amino prolin pada biji kakao kering.....	84
Gambar 4.1	Diagram alir identifikasi senyawa volatil pada biji kakao dengan metode SPME-GCMS	99
Gambar 4.2	Hasil analisis PCA senyawa volatile biji kakao sangrai dari buah matang awal.....	103
Gambar 4.3	Hasil analisis PCA senyawa volatile biji kakao sangrai dari buah masak sedang.....	109
Gambar 4.4	Hasil analisis PCA senyawa volatile biji kakao sangrai dari buah masak penuh	113

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut		Halaman
Lampiran 2.1a	Data pengamatan berat pulp biji kakao.....	129
Lampiran 2.1b	Data analisa berat pulp buah kakao (g/100 g biji basah).....	129
Lampiran 2.1c	Analisa sidik ragam berat pulp buah kakao segar	130
Lampiran 2.1d	Analisa Tukey lama pemeraman terhadap berat pulp buah kakao.....	130
Lampiran 2.2a	Data pengamatan kadar air pulp biji kakao	131
Lampiran 2.2b	Data analisa kadar air pulp buah kakao	131
Lampiran 2.2c	Analisa sidik ragam kadar air pulp buah kakao segar	132
Lampiran 2.3a	Data hasil pengamatan total gula pulp biji kakao	132
Lampiran 2.3b	Data analisa total gula pulp buah kakao segar	133
Lampiran 2.3c	Analisa sidik ragam total gula pulp buah kakao segar	133
Lampiran 2.3d	Analisis Tukey lama pemeraman terhadap total gula pulp kakao.	133
Lampiran 2.4a	Data pengamatan sukrosa pulp biji kakao	134
Lampiran 2.4b	Data analisa sukrosa pulp buah kakao segar	134
Lampiran 2.4c	Analisa sidik ragam sukrosa pulp buah kakao segar	135
Lampiran 2.4e	Analisa Tukey lama pemeraman terhadap sukrosa pulp buah kakao segar	135
Lampiran 2.5a	Data pengamatan glukosa/fruktosa pulp biji kakao	136
Lampiran 2.5b	Data analisa glukosa/fruktosa pulp buah kakao segar	136
Lampiran 2.5c	Analisa sidik ragam glukosa/fruktosa pulp buah kakao segar	137
Lampiran 2.5d	Analisa Tukey lama pemeraman terhadap glukosa/fruktosa pulp buah kakao segar	137
Lampiran 2.5e	Analisa Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap glukosa-fruktosa pulp buah kakao.....	138
Lampiran 2.6a	Data pengamatan pH pulp kakao	139
Lampiran 2.6b	Data analisa pH pulp buah kakao segar	139
Lampiran 2.6c	Analisa sidik ragam pH pulp buah kakao segar	140
Lampiran 2.7a	Data pengamatan kadar air biji kakao.....	140
Lampiran 2.7b	Data analisa kadar air biji kakao segar	141
Lampiran 2.7c	Analisa sidik ragam kadar air biji kakao segar	141
Lampiran 2.8a	Data pengamatan berat biji kakao segar	142
Lampiran 2.8b	Data analisa berat biji kakao segar (g/100 g biji basah)	142
Lampiran 2.8c	Analisa sidik ragam berat biji kakao segar	143
Lampiran 2.8d	Analisa Tukey lama pemeraman terhadap berat biji kakao segar	143
Lampiran 2.9a	Data pengamatan polyphenol biji kakao	143
Lampiran 2.9b	Data analisa polyphenol biji kakao segar	144
Lampiran 2.9c	Analisa sidik ragam polyphenol biji kakao segar	144
Lampiran 2.9d	Analisa Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap polyphenol biji kakao	144
Lampiran 2.9e	Analisa Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap polyphenol biji kakao.....	145
Lampiran 3.1a	Data pengamatan kadar air biji kakao basah fermentasi	146
Lampiran 3.1b	Data rata-rata kadar air biji kakao basah fermentasi.....	146
Lampiran 3.1c	Analisis sidik ragam (Anova) kadar air biji kakao basah fermentasi.....	146
Lampiran 3.1d	Uji tukey lama pemeraman terhadap kadar air biji kakao basah fermentasi.....	147
Lampiran 3.2a	Data pengamatan kadar air biji kakao kering	147
Lampiran 3.2b	Data rata-rata kadar air biji kakao kering	148
Lampiran 3.2c	Analisis sidik ragam (Anova) kadar air biji kakao kering.....	148

Lampiran 3.2d	Analisa Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap kadar air biji kakao kering	149
Lampiran 3.3a	Data hasil pengamatan pH biji kakao basah fermentasi.....	149
Lampiran 3.3b	Data rata-rata pH biji kakao basah fermentasi	149
Lampiran 3.3c	Analisis sidik ragam (Anova) pH biji kakao basah fermentasi	150
Lampiran 3.3d	Uji Tukey tingkat kematangan terhadap pH biji kakao basah fermentasi.....	150
Lampiran 3.3e	Uji Tukey lama pemeraman terhadap pH biji kakao basah fermentasi.....	150
Lampiran 3.3f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap pH biji kakao basah fermentasi.....	151
Lampiran 3.4a	Data pengamatan pH biji kakao kering fermentasi dan tanpa fermentasi.....	151
Lampiran 3.4b	Data rata-rata pH biji kakao kering	152
Lampiran 3.4c	Analisis sidik ragam (Anova) pH biji kakao kering.....	152
Lampiran 3.4f	Analisa Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap pH biji kakao kering.....	153
Lampiran 3.4g	Analisa Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap pH biji kakao kering.	154
Lampiran 3.5a	Data pengamatan kadar polyphenol biji kakao basah fermentasi	154
Lampiran 3.5b	Data rata-rata kadar polyphenol biji kakao basah fermentasi.....	154
Lampiran 3.5c	Analisis sidik ragam (Anova) polyphenol biji kakao basah fermentasi.....	155
Lampiran 3.5d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap polyphenol biji kakao basah fermentasi.....	155
Lampiran 3.5f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap polyphenol biji kakao basah fermentasi	156
Lampiran 3.6a	Data pengamatan kadar polyphenol biji kakao kering	156
Lampiran 3.6b	Data rata-rata kadar polyphenol biji kakao kering	157
Lampiran 3.6c	Analisis sidik ragam polyphenol biji kakao kering.....	157
Lampiran 3.6e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap polyphenol biji kakao kering	158
Lampiran 3.6f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan fermentasi terhadap polyphenol biji kakao kering.....	158
Lampiran 3.6g	Uji Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap polyphenol biji kakao kering	159
Lampiran 3.6h	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap kadar polyphenol biji kakao kering	159
Lampiran 3.7a	Data pengamatan persentase biji kakao unfermented	160
Lampiran 3.7b	Data rata-rata persentase biji kakao unfermented	160
Lampiran 3.7c	Analisis sidik ragam (Anova) biji unfermented	160
Lampiran 3.7d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap persentase biji kakao unfermented.....	161
Lampiran 3.7e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap persentase biji kakao unfermented.....	161
Lampiran 3.7f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap persentase biji kakao unfermented	161
Lampiran 3.8a	Data pengamatan biji kakao underfermented	162
Lampiran 3.8b	Data rata-rata biji kakao underfermented.....	162
Lampiran 3.8c	Analisa sidik ragam biji kakao underfermented	162
Lampiran 3.9a	Data pengamatan persentase biji kakao fermented	163
Lampiran 3.9b	Data rata-rata persentase biji kakao fermented	163
Lampiran 3.9c	Analisa sidik ragam (Anova) biji kakao fermented.....	163

Lampiran 3.9d	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap persentase biji kakao fermented.....	164
Lampiran 3.10a	Data pengamatan gula reduksi biji kakao	164
Lampiran 3.10b	Data rata-rata kandungan gula reduksi biji kakao	164
Lampiran 3.10c	Analisa sidik ragam gula reduksi biji kakao	165
Lampiran 3.10d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap kandungan gula reduksi biji kakao.	165
Lampiran 3.10f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap kandungan gula reduksi biji kakao.....	166
Lampiran 3.10g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap gula reduksi biji kakao	166
Lampiran 3.11a	Data pengamatan asam amino alanine	167
Lampiran 3.11b	Data rata-rata asam amino alanine.....	167
Lampiran 3.11c	Analisa sidik ragam asam amino alanine	168
Lampiran 3.11d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino alanine.....	168
Lampiran 3.11e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino alanine.....	169
Lampiran 3.11f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino alanine.....	169
Lampiran 3.11g	Uji Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino alanine	169
Lampiran 3.12a	Data pengamatan asam amino arginine	170
Lampiran 3.12b	Data rata-rata asam amino arginine.....	170
Lampiran 3.12c	Analisa sidik ragam asam amino arginine.....	170
Lampiran 3.12d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino arginine biji kakao.....	171
Lampiran 3.12e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino arginine biji kakao.....	171
Lampiran 3.12f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino arginine biji kakao.....	171
Lampiran 3.13a	Data pengamatan asam glutamate biji kakao	173
Lampiran 3.13b	Data rata-rata asam glutamate biji kakao	173
Lampiran 3.13c	Analisa sidik ragam asam amino asam glutamate	174
Lampiran 3.13d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam glutamate biji kakao.....	174
Lampiran 3.13e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam glutamate biji kakao	175
Lampiran 3.13f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam glutamate biji kakao	175
Lampiran 3.13g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan fermentasi terhadap asam glutamat biji kakao	175
Lampiran 3.13h	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam glutamat biji kakao.....	176
Lampiran 3.13i	Uji Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam glutamate biji kakao	176
Lampiran 3.14a	Data pengamatan asam amino histidine	177
Lampiran 3.14b	Data rata-rata asam amino histidine	177
Lampiran 3.14c	Analisa sidik ragam (Anova) asam amino histidine	178
Lampiran 3.14d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino histidine biji kakao	178
Lampiran 3.14e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino histidine biji kakao	178

Lampiran 3.14f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino histidine biji kakao	179
Lampiran 3.14g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dengan fermentasi terhadap asam amino histidine biji kakao	179
Lampiran 3.14h	Uji Tukey interaksi lama pemeraman dengan fermentasi terhadap asam amino histidine biji kakao	179
Lampiran 3.14i	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino histidin	180
Lampiran 3.15a	Data pengamatan asam amino leucine-isoleucine.....	181
Lampiran 3.15b	Data rata-rata asam amino leucine-isoleucine	181
Lampiran 3.15c	Analisa sidik ragam asam amino leucine-isoleucine	182
Lampiran 3.15e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino leucine-isoleucine	182
Lampiran 3.15f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino leucine-isoleucine biji kakao	183
Lampiran 3.15g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan fermentasi terhadap asam amino leucine-isoleucine biji kakao	183
Lampiran 3.15h	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino leucine-isoleucine biji kakao...	184
Lampiran 3.15i	Uji Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino leucine-isoleucine biji kakao	184
Lampiran 3.16a	Data pengamatan asam amino Lysin.....	185
Lampiran 3.16b	Data rata-rata asam amino Lysin.....	185
Lampiran 3.16c	Analisa sidik ragam asam amino Lysin	186
Lampiran 3.16d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino Lysin.....	186
Lampiran 3.16e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino Lysin.....	186
Lampiran 3.16f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dengan lama pemeraman terhadap asam amino Lysin.....	187
Lampiran 3.16g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dengan fermentasi terhadap asam amino lysine.....	187
Lampiran 3.16h	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino Lysin	188
Lampiran 3.17a	Data pengamatan asam amino valin.....	189
Lampiran 3.17b	Data rata-rata asam amino valin	189
Lampiran 3.17c	Analisa sidik ragam asam amino valin	189
Lampiran 3.17d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino valin.....	190
Lampiran 3.17e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino valin.....	191
Lampiran 3.17f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino valin.....	191
Lampiran 3.17g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan fermentasi terhadap asam amino valin.....	191
Lampiran 3.17h	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino valin	192
Lampiran 3.18a	Data pengamatan asam amino methionine.....	193
Lampiran 3.18b	Data rata-rata asam amino Methionine	193
Lampiran 3.18c	Analisa sidik ragam asam amino methionine	194
Lampiran 3.18d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino methionine.....	194

Lampiran 3.18e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino methionine.....	195
Lampiran 3.18f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino methionine.....	195
Lampiran 3.18g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan fermentasi terhadap asam amino methionine.....	196
Lampiran 3.18h	Uji Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino methionine.....	196
Lampiran 3.18i	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan,lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino methionine	196
Lampiran 3.19a	Data pengamatan asam amino threonine	197
Lampiran 3.19b	Data rata-rata asam amino threonine	197
Lampiran 3.19c	Analisa sidik ragam asam amino threonine.....	198
Lampiran 3.19d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino threonine	198
Lampiran 3.19e	Uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap asam amino threonine	199
Lampiran 3.19f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino threonine	199
Lampiran 3.19g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan fermentasi terhadap asam amino threonine	199
Lampiran 3.19h	Uji Tukey interaksi lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino threonine	200
Lampiran 3.19i	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino threonine.....	200
Lampiran 3.20a	Data pengamatan asam amino prolin	201
Lampiran 3.20b	Data rata-rata asam amino prolin	201
Lampiran 3.20c	Analisa sidik ragam asam amino prolin.....	202
Lampiran 3.20d	Uji Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap asam amino prolin	202
Lampiran 3.20e	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman terhadap asam amino prolin	203
Lampiran 3.20f	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan dan fermentasi terhadap asam amino prolin	203
Lampiran 3.20g	Uji Tukey interaksi tingkat kematangan, lama pemeraman dan fermentasi terhadap asam amino prolin.....	204
Lampiran 3.21	Pembuatan standart (Stok Glukosa 100 ppm)	204
Lampiran 4.1	Hasil analisis PCA senyawa volatile biji kakao dari buah masak awal.....	205
Lampiran 4.2	Hasil analisa PCA senyawa volatil biji kakao dari buah masak sedang	206
Lampiran 4.3	Hasil analisis PCA senyawa volatil biji kakao dari buah masak penuh	207
Lampiran 5.1	Proses pascapanen biji kakao	208
Lampiran 5.2	Penampakan buah kakao selama 6 hari pemeraman	209
Lampiran 5.3	Penampakan biji kakao kering	210

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

A. Latar Belakang

Tanaman kakao termasuk dalam keluarga *Sterculiaceae*, genus *Theobroma*, species *Theobroma cacao*. Sifat penampakan luar yang umum berupa pohon kecil yang bercabang-cabang rendah, tinggi pohon sekitar 3 – 8 m. Bunga dapat muncul dari batang dan cabang yang sudah cukup tua. Bantalan bunga membesar dan terbentuk bantalan buah. Di dalam buah kakao terdapat rata-rata 30 buah biji yang diselimuti oleh pulp yang rasanya manis agak masam (Haryadi dan Supriyanto, 2017). Pada dasarnya buah kakao terdiri atas 4 bagian yakni kulit buah, plasenta, pulp dan biji. Buah kakao berbentuk bulat hingga memanjang dengan warna kulit buah masak adalah orange sampai kuning (Lukito *et al.*,2004).

Theobroma cacao dibagi dalam dua sub species. Sub species pertama disebut *Criollo* merupakan tipe kakao mulia. Buah muda umumnya berwarna merah dan bila masak menjadi kuning serta peka terhadap serangan hama penyakit. Sub species yang kedua dikenal dengan nama *Forastero*, merupakan tipe yang bermutu rendah, buah muda berwarna hijau, menjadi berwarna kuning ketika masak dan relatif lebih tahan serangan hama dan penyakit. Hibrida dari kedua sub species ini disebut jenis *Trinitario*, merupakan persilangan varietas *Criollo* dan *Forastero* yang sekarang banyak ditanam. Kakao varietas ini dapat menghasilkan biji yang berkualitas bagus tetapi dapat juga menghasilkan biji berkualitas rendah dengan buah berwarna hijau atau merah (Septianti,2020).

Kakao adalah salah satu komoditi unggulan utama Indonesia yang memberikan kontribusi bagi penerimaan negara, sumber pendapatan petani, penciptaan lapangan kerja, mendorong agribisnis dan agroindustri serta pengembangan wilayah. Ekspor kakao Indonesia meningkat sebesar 0.85 % dari tahun 2021 yaitu dari 382.718 ton dengan nilai Rp 17,22 triliun pada tahun 2022 menjadi 385.981 ton dengan nilai Rp 19.8 triliun (Kementan_RI, 2022).

Ekspor kakao didorong dari sisi permintaan yakni adanya pertumbuhan konsumsi dunia akan kakao selama sepuluh tahun terakhir, yaitu sebesar rata-rata 3% per tahun. Jika konsumsi dunia meningkat, maka ekspor kakao Indonesia juga meningkat karena negara pengimpor kakao Indonesia akan meningkatkan impor

yang disebabkan meningkatnya permintaan di negara mereka. Permintaan coklat yang terus tumbuh di Asia telah melampaui kemampuan petani lokal untuk memasok biji kakao sehingga mendorong meningkatnya pengiriman dari Afrika (Wijaya, 2020).

Hal yang sangat menentukan tingkat harga di pasar Internasional adalah mutu biji kakao. Oleh karena itu perlu adanya perhatian produsen kakao Indonesia terhadap kualitas biji kakao yang diekspor. Harga biji kakao Indonesia dikenakan potongan harga dibandingkan dengan harga produk yang sama dari negara produsen lain. Hal ini disebabkan rendahnya mutu kakao Indonesia di pasar internasional karena biji kakao Indonesia mempunyai kadar asam yang tinggi dan mempunyai senyawa prekursor aroma yang rendah (Kementan_RI, 2019).

Biji kakao yang dihasilkan di Indonesia sebagian besar adalah biji kakao lindak (bulk) dan hanya sedikit perkebunan yang menghasilkan biji kakao mulia (*edel*). Sulawesi Selatan adalah penghasil biji kakao bulk (*Forastero*) terbesar yang mencapai 70 % dari seluruh hasil produksi Indonesia (Kusumaningrum *et al.*, 2014).

Biji kakao yang berkualitas ditentukan oleh banyak faktor , 75 % diantaranya adalah teknik pengolahan pasca panen terutama dalam hal fermentasi dan 25 % ditentukan oleh kondisi daerah produksi (keadaan tanah, ketinggian serta teknik budidaya). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020) terhadap 5 varietas kakao yang terdiri dari (3 jenis *Criollo* dan 2 jenis *Trinitario*) bahwa perbedaan komposisi kimia dari senyawa volatil utamanya disebabkan oleh proses pasca panen bukan karena perbedaan varietas kakao.

Fermentasi merupakan inti dari proses pengolahan biji kakao. Proses ini tidak hanya bertujuan untuk membebaskan biji kakao dari *pulp* dan mematikan biji saja, namun tujuan dari proses fermentasi ini terutama untuk memperbaiki dan membentuk cita rasa coklat yang enak dan menyenangkan serta mengurangi rasa sepat dan pahit, (Haryadi dan Supriyanto, 2017). Senyawa pembentuk cita rasa pada coklat adalah polifenol, theobromin dan asam-asam organik. Sedangkan komponen prekursor aroma diantaranya asam amino dan gula reduksi terbentuk dari hasil hidrolisis protein dan sukrosa biji kakao.

Faktor yang berpengaruh terhadap fermentasi biji kakao diantaranya tingkat kematangan buah pada saat pemanenan dan lama pemeraman buah kakao, sebelum dilakukan fermentasi. Saat pemanenan (tingkat kematangan buah) dan lama pemeraman di dalam buah setelah panen juga mempengaruhi hasil biji kakao kering hasil fermentasi. Tingkat kematangan buah akan berpengaruh terhadap kestabilan suhu fermentasi sehingga proses fermentasi akan berlangsung dengan sempurna. Pemeraman buah akan menghasilkan keseragaman kematangan buah sehingga biji kakao kering hasil fermentasi memenuhi syarat mutu (Iflah, 2015).

Kematangan buah kakao akan mempengaruhi aktifitas mikroorganisme. Buah yang matang sempurna memiliki kandungan gula yang lebih tinggi sehingga aktifitas mikroorganisme lebih tinggi. Disamping itu buah yang matang juga dapat mempengaruhi tingkat rendemen biji kering, kenampakan biji dan kualitas biji kering (Iflah, 2015).

Pengelompokan buah kakao ke dalam karakteristik yang homogen (tingkat kematangan, klon) sebelum fermentasi sangat penting dilakukan. Menurut (Rojas *et al.*, 2020) setiap klon kakao memiliki seperangkat parameter kematangan yang unik, Penetapan indikator kematangan yang andal, praktis, dan objektif untuk setiap klon kakao akan memungkinkan lebih banyak buah kakao yang homogen dipilih untuk fermentasi, yang pada akhirnya akan berkontribusi pada peningkatan kualitas dan homogenitas kakao dan produk turunannya.

Cardona *et al.*,(2016) juga mengungkapkan bahwa kualitas produk kakao dapat dipengaruhi oleh jenis klon, kematangannya, dan kondisi fermentasi dan pengeringan, antara lain menghasilkan produk akhir dengan kualitas yang bervariasi dan karakteristik yang heterogen. Hal ini biasanya karena penggunaan proses non-standar untuk mengakomodasi beragamnya bahan baku yang digunakan (termasuk jenis klon dan tingkat kematangan) dan prevalensi praktik budaya tradisional dalam proses pengkondisian, fermentasi, dan pengeringan, hingga kualitas produk yang tidak konsisten (Sánchez *et al.*, 2008).

Sulitnya standarisasi karakteristik bahan baku disebabkan oleh klon, tingkat kematangan (Gutiérrez, 2017), kondisi edaphoclimatic (Caligiani *et al.*, 2015), dan pretreatment buah (Afoakwa *et al.*, 2013). Oleh karena itu, memahami pengaruh faktor-faktor ini pada karakteristik biji kakao yang dipilih untuk

difermentasi dan dikeringkan sangat penting untuk mendapatkan biji kakao yang lebih homogen dan berkualitas tinggi, sehingga mengarah pada homogenitas yang lebih besar dalam menghasilkan prekursor aroma dan rasa selama pemrosesan kakao, inilah karakteristik yang sangat dicari oleh industri coklat.

Dampak potensial pemeraman buah pada prekursor aroma masih belum banyak terungkap. (Hinne *et al.*, 2018) melakukan studi pemeraman buah kakao pada varietas *Forastero* di Ghana, hasil yang diperoleh adalah konsentrasi asam amino bebas berbanding lurus dengan lama pemeraman. Perbedaan signifikan ($p < 0.05$) teramati pada lama pemeraman 7 hari, yang telah memberikan lebih banyak senyawa volatile kemudian diikuti durasi pemeraman 0 hari dan 3 hari.

Mengingat pentingnya homogenitas kematangan bahan baku sebelum dilakukan fermentasi biji kakao untuk menghasilkan kualitas biji kakao yang tinggi dan konsisten maka dalam penelitian ini digunakan perlakuan tingkat kematangan buah untuk mengetahui tingkat kematangan yang tepat dan homogeny yang dapat menghasilkan prekursor aroma terbanyak, mengingat petani kakao di lokasi penelitian dalam memanen kakao tidak berdasar pada tingkat kematangan yang sama, tetapi mencampur antara buah dengan tingkat kematangan penuh, buah dengan tingkat kematangan sedang dan kadang ada sedikit buah dengan tingkat kematangan awal. Mengidentifikasi pembentukan prekursor aroma biji kakao berdasarkan perbedaan lama pemeraman buah sebelum fermentasi juga belum banyak diteliti.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dapat dirumuskan beberapa masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh tingkat kematangan buah kakao dan lama pemeraman buah terhadap perubahan sifat fisiko kimia pulp dan biji kakao.
2. Bagaimana pengaruh tingkat kematangan, lama pemeraman buah kakao baik dengan fermentasi atau tanpa fermentasi terhadap pembentukan prekursor aroma biji kakao.
3. Bagaimana karakteristik profil senyawa volatile dari biji kakao berdasarkan tingkat kematangan, dan lama pemeraman buah kakao, serta fermentasi biji kakao.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisa perubahan sifat fisikokimia pulp dan biji kakao pada beberapa tingkat kematangan buah kakao selama pemeraman.
2. Menganalisa pengaruh tingkat kematangan buah, lama pemeraman baik dengan fermentasi atau tanpa fermentasi terhadap pembentukan prekursor aroma kakao.
3. Karakterisasi profil senyawa volatile dari biji kakao berdasarkan tingkat kematangan, dan lama pemeraman buah kakao, serta fermentasi biji kakao

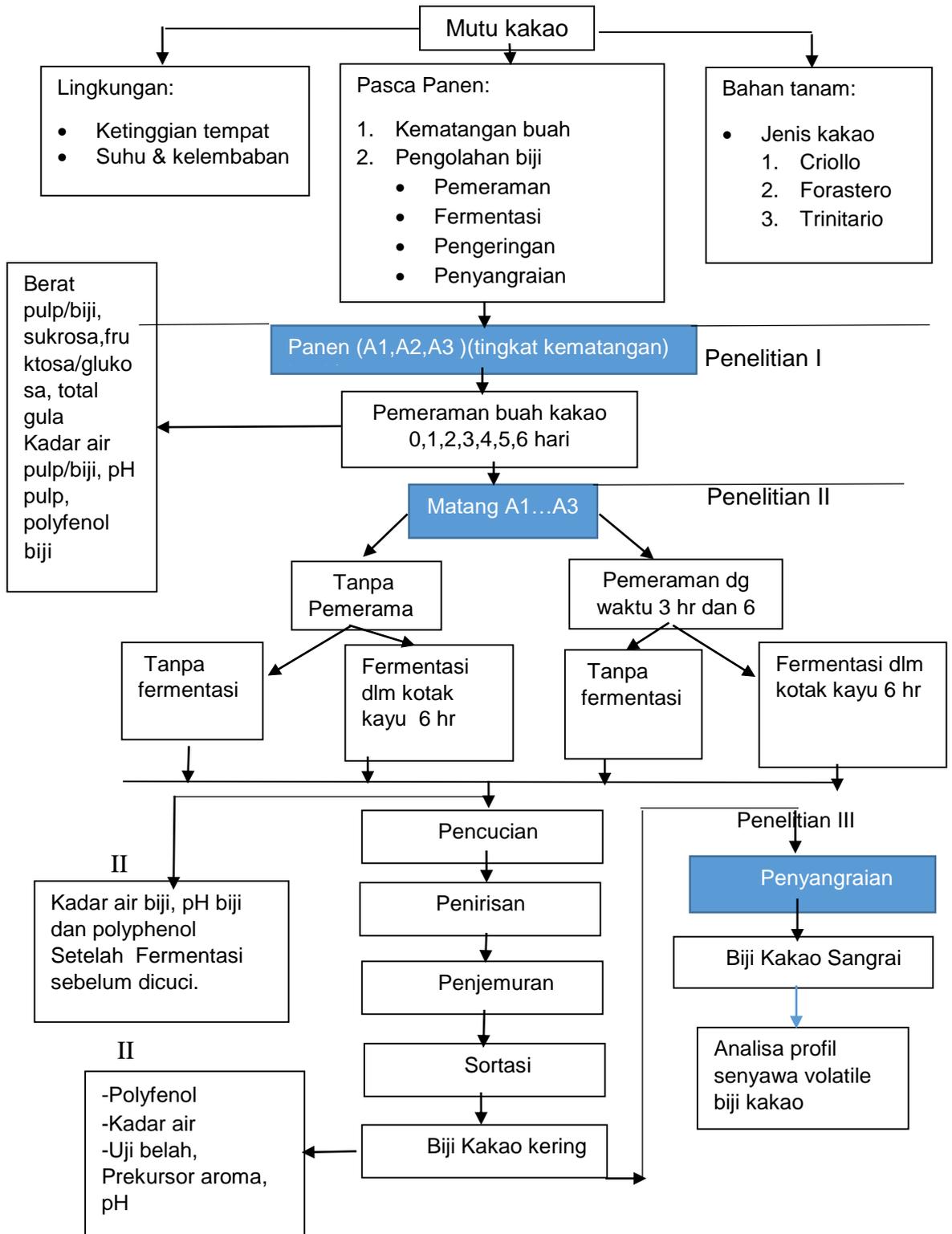
D. Kebaruan Penelitian (Novelty)

1. Diketahui pengaruh tingkat kematangan buah kakao dan lama pemeraman terhadap perubahan sifat fisiko kimia pulp dan biji kakao.
2. Diketahui pengaruh tingkat kematangan, dan lama pemeraman buah kakao, serta fermentasi biji terhadap prekursor aroma kakao.
3. Diketahui karakteristik profil senyawa volatile dari biji kakao berdasarkan tingkat kematangan, dan lama pemeraman buah kakao, serta fermentasi biji kakao.

E. Kegunaan Penelitian

1. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangan bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Pangan.
2. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi ilmiah tentang perubahan sifat fisiko kimia pulp dan biji kakao selama pemeraman pada tiga tingkat kematangan buah. Penelitian ini dapat pula memberi informasi tentang pengaruh tingkat kematangan buah kakao, lama pemeraman dan fermentasi terhadap prekursor aroma dan identifikasi karakteristik senyawa volatil yang dihasilkan
3. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan berbagai informasi untuk penelitian lebih lanjut.

F. Kerangka Konseptual



Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahapan yaitu:

1. Penelitian Tahap I

Penelitian tahap I dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao terhadap perubahan sifat fisiko kimia pulp dan biji kakao selama pemeraman. Buah kakao yang diteliti adalah buah kakao varietas *Trinitario* yang dipanen dari Kelompok Tani Kakao Bukit Tinggi, Desa Tapporang, Kecamatan Batullapa, Kabupaten Pinrang. Pemanenan buah kakao berdasarkan 3 tingkat kematangan buah yang berbeda. Perlakuan tingkat kematangan terdiri dari tingkat kematangan awal dengan ciri warna buah ungu kemerahan dengan sedikit perubahan warna pada alur buah. Tingkat kematangan sedang dengan ciri warna buah orange kemerahan dan buah dengan tingkat kematangan penuh mempunyai ciri warna buah kuning sedikit orange atau kuning merata di seluruh permukaan kulit buah (Gambar 2.1). Pemeraman dilakukan dengan penyimpanan buah kakao selama 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 hari dilakukan 2 kali ulangan percobaan. Penelitian tahap I menggunakan buah kakao segar yang baru dipetik kemudian diperam selama 6 hari. Penelitian tahap I ini dijelaskan dalam Bab II dari disertasi ini. Hasil yang diperoleh pada penelitian tahap I akan digunakan pada penelitian tahap II.

2. Penelitian Tahap II

Penelitian tahap II ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh tingkat kematangan, lama pemeraman baik difermentasi atau tanpa fermentasi terhadap prekursor aroma biji kakao. Perlakuan tingkat kematangan terdiri dari tingkat kematangan awal dengan ciri warna buah ungu kemerahan dengan sedikit perubahan warna pada alur buah. Tingkat kematangan sedang dengan ciri warna buah orange kemerahan dan buah dengan tingkat kematangan penuh mempunyai ciri warna buah kuning sedikit orange atau kuning merata di permukaan buah. Perlakuan lama pemeraman yang digunakan adalah 0 hari, 3 hari dan 6 hari (hasil dari penelitian tahap I). Perlakuan fermentasi terdiri dari tanpa fermentasi dan fermentasi. Ulangan percobaan dilakukan sebanyak 2 kali. Penelitian tahap II ini dijelaskan dalam Bab III dari disertasi ini.

3. Penelitian Tahap III

Penelitian tahap III ini dilaksanakan dengan menganalisis kandungan senyawa volatil atau profil aroma pada biji kakao yang diperoleh dari hasil penyangraian

sampel hasil penelitian tahap II. Pengujian ini menggunakan analisis Gas Chromatography Mass Spectrometri (GCMS) dengan metode SPME (Solid Phase Microextraction). Penelitian tahap III ini dijelaskan dalam Bab IV dari disertasi ini.

G. Daftar Pustaka

- Afoakwa, E. O., Kongor, J. E., Takrama, J., & Budu, A. S. (2013). Change in nib acidification and biochemical composition during fermentation of pulp preconditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *International Food Research Journal*, *20*, 1843–1853. <http://www.ifrj.upm.edu.my>
- Caligiani, A., Marseglia, A., & Palla, G. (2015). Cocoa: Production, Chemistry, and Use. In *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00177-X>
- Cardona, L., Rodriguez-Sandoval, E., & Cadena, E. (2016). Diagnosis of cocoa benefit practices in the department of Arauca. *Revista Lasallista Investigacion*, *13*, 94–104.
- Gutiérrez, T. J. (2017). State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *00*, 1–32. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12301>
- Haryadi dan Supriyanto. (2017). *Teknologi Coklat* (Dewi (ed.); edisi kedua). Gadjah Mada University Press.
- Hinne, M., Semanhyia, E., & Van de Walle, D. et al. (2018). Assessing the influence of pod storage on sugar and free amino acid profiles and the implications on some Maillard reaction related flavor volatiles in Forastero cocoa beans. *Food Research International*, *111*, 607–620. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.064>
- Iflah, T. (2015). Perbedaan Tingkat Kematangan buah dan lama pemeraman terhadap kualitas biji kakao. *Warta Pusat Penelitian Dan Pengembangan Perkebunan*.
- Kementan_RI. (2019). *Standar Mutu Biji Kakao*. <https://cybex.pertanian.go.id>
- Kementan_RI. (2022). *Kementrian pertanian pacu pengembangan kakao berkelanjutan tingkatkan hirilisasi kakao di Kolaka*.

<https://ditjenbun.pertanian.go.id/kementrian-pertanian-pacu-pengembangan-kakao-berkelanjutan-tingkatkan-hilirisasi-kakao-di-kolaka/>

- Kusumaningrum, I., Wijaya, H. C., Kusnandar, F., & Tanjung Sari, A. B. (2014). Profil aroma dan mutu sensori cita rasa pasta kakao unggulan dari beberapa daerah di Indonesia. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 25(1), 106–114. <https://doi.org/10.6066/jtip.2014.25.106>
- Rojas, K. E., García, M. C., Cerón, I. X., Ortiz, R. E., & Tarazona, M. P. (2020). Identification of potential maturity indicators for harvesting cacao. *Heliyon*, 6, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03416>
- Sánchez, A., Castellanos, O., & Domínguez, K. (2008). Roadmapping for improving cocoa postharvest management. *Ingeniería e Investigación*, 28, 150–158.
- Utrilla-Vázquez, M., Rodríguez-Campos, J., Avendaño-Arazate, C. H., Gschaedler, A., & Lugo-Cervantes, E. (2020). Analysis of volatile compounds of five varieties of Maya cocoa during fermentation and drying processes by Venn diagram and PCA. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108834>
- Wijaya, I. (2020). Indonesia Cocoa Bean in International Trade. *International Journal of Business, Economics and ...*, 1, 226–233. <https://doi.org/10.31295/ijbem.v3n1.250>

BAB II

PENGARUH TINGKAT KEMATANGAN DAN LAMA PEMERAMAN BUAH KAKAO TERHADAP PERUBAHAN SIFAT FISIKOKIMIA BIJI KAKAO KLON SULAWESI 2 (S2)

ABSTRAK

Kualitas biji kakao sangat bergantung pada pengolahan pascapanen, termasuk tingkat kematangan buah dan praktiknya, seperti pemeraman, fermentasi, pengeringan, dan penyangraian. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao terhadap perubahan sifat fisikokimia pulp dan biji kakao klon Sulawesi 2 (S2) asal Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan, Indonesia. Dua variabel perlakuan diterapkan dan dinilai yaitu tingkat kematangan buah (perlakuan A) dan lama pemeraman (perlakuan B). Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat pulp, kadar air pulp, kadar gula total, kadar sukrosa, glukosa/fruktosa, dan pH pulp kakao berkisar antara 29,69–47,96 g/100 g biji segar, 74,43%–83,29%, 4,28%–11,91%, 0,33%–0,88 %, 3,84%–11,09%, dan 3,27–3,79. Kadar air biji, berat biji, dan kandungan polifenol masing-masing berkisar antara 37,13%–58,67%, 54,19–72,4 g/100 g biji segar, dan 4,76–13,05 mg/g in GAE. Analisis statistik menunjukkan bahwa tingkat kematangan buah tidak berpengaruh nyata terhadap berat pulp, kadar air, kadar gula total, kadar glukosa/fruktosa, dan pH pulp. Tingkat kematangan buah juga tidak berpengaruh terhadap kadar air dan berat biji. Namun, tingkat kematangan buah berpengaruh nyata terhadap kandungan polifenol dan sukrosa pulp. Selain itu, lama pemeraman berpengaruh nyata terhadap berat pulp, kadar gula total, kadar sukrosa, dan kadar glukosa/fruktosa serta berat dan kandungan polifenol biji. Pengaruh lama pemeraman terhadap kadar air pulp, pH pulp dan kadar air biji tidak signifikan. Pemeraman buah sebelum fermentasi biji kakao selama 6 hari pada tingkat kematangan sedang (A2) dapat mengurangi keasaman biji kakao dan meningkatkan kandungan polifenol biji.

Keywords: biji kakao, pulp, buah kakao, pemeraman, kematangan buah.

1. PENDAHULUAN

Biji kakao menyumbang pendapatan valuta asing yang signifikan ke Indonesia (Zikria *et al.*, 2019). Ekspor biji kakao Indonesia sekitar 74% dari total produksi biji kakao nasional (Tresliyana *et al.*, 2014). Ekspor kakao didorong oleh permintaan dunia, yang tercermin dalam pertumbuhan konsumsi global sekitar 3% setiap tahun selama 10 tahun terakhir (Wijaya, 2020). Sebagai bahan baku untuk industri pembuatan cokelat, biji kakao diproses menjadi mentega kakao, bubuk, kue, dan minuman. Biji kakao berkualitas tinggi menghasilkan produk cokelat dan turunannya dengan kualitas yang sangat baik. Kualitas biji kakao sangat tergantung pada proses pascapanen, yang mencakup tingkat kematangan buah pada saat panen, dan praktik pascapanen, seperti pemeraman buah, fermentasi,

pengeringan, dan penyangraian. Kematangan buah kakao memengaruhi kadar gula dan mikroorganisme. Buah yang matang penuh memiliki kandungan gula yang tinggi, yang berfungsi sebagai substrat untuk aktivitas mikroba selama pemeraman dan fermentasi. Selain itu, kematangan buah mempengaruhi biji kakao kering, penampakan biji, dan kualitas biji kering. Penyimpanan atau pemeraman buah adalah metode pengkondisian pulp yang diterapkan pada buah kakao yang baru dipanen. Penyimpanan buah kakao selama beberapa hari sebelum membelah buah bertujuan untuk mendapatkan rasa lebih baik, meningkatkan keseragaman pematangan buah, dan mengurangi jumlah pulp yang menutupi biji kakao basah.

Metode fermentasi biji kakao menentukan kualitas produk yang dihasilkan, terutama rasanya. Penelitian pada pascapanen penyimpanan buah kakao mengungkapkan peningkatan rasa coklat dan pengurangan keasaman, kepahitan, dan astringency (Biehl *et al.*, 1990). Variasi dalam kondisi fermentasi, seperti pemeraman buah sebelum fermentasi, mempengaruhi pH, suhu, aktivitas enzim, dan pengembangan rasa. Fermentasi cepat ketika biji kakao diperoleh dari buah yang matang (Afoakwa *et al.*, 2012). Biji kakao yang belum mengalami pemeraman memiliki aroma buah, bunga, dan pedas, dan biji kakao yang mengalami pemeraman yang panjang mengandung aroma kakao dan aroma kacang (nutty) (Hinneh *et al.*, 2020). Perbedaan jenis kakao dapat menghasilkan komponen flavor yang berbeda (Hanif *et al.*, 2020).

Perubahan fisik dan kimia yang terjadi pada biji kakao karena pemeraman buah sebelum fermentasi belum sepenuhnya dipahami. Oleh karena itu, mempelajari perubahan dalam pulp dan biji kakao selama pemeraman perlu dilakukan. Mempelajari potensi pemeraman sebelum pembukaan buah kakao dan fermentasi untuk meningkatkan kualitas biji kakao telah dieksplorasi (Meyer *et al.*, 1989). Penelitian pengaruh gabungan lama pemeraman dan tingkat kematangan buah pada sifat pulp dan biji kakao masih kurang. Perubahan pulp dan biji kakao selama pemeraman dapat mempengaruhi kondisi fermentasi dan kualitas biji kakao yang diproduksi. Salah satu keberhasilan proses fermentasi biji kakao segar ditentukan oleh tingkat kematangan buah (Sukendar *et al.*, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan dalam pulp dan biji kakao selama pemeraman pada tiga tingkat kematangan buah yang berbeda.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Buah kakao yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kakao klon S2 dari kakao Sulawesi (varietas *Trinitario*). Kakao Sulawesi klon S2 adalah kakao Sulawesi lokal yang dihasilkan dari persilangan varietas *Criollo* dan *Foreastero*. Sampel diperoleh dari kebun Kelompok Tani Kakao Bukit Tinggi, Desa Tapporang, Kecamatan Batullappa, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Desa Tapporang berada pada ketinggian 700 mdpl dengan suhu rata-rata di bulan Juni saat pemanenan adalah 28,2°C dan kelembaban udara rata-rata 81,2 % (Kabupaten Pinrang dalam Angka, 2022).

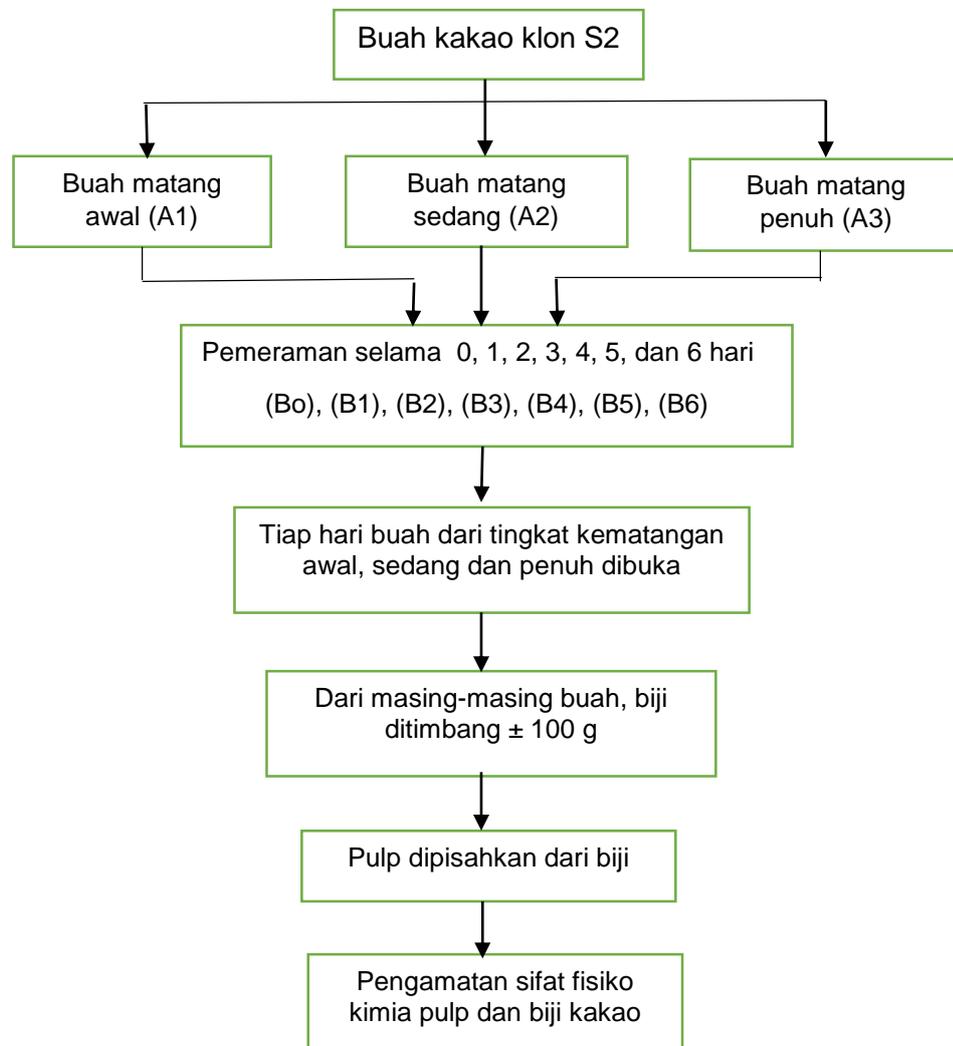


Gambar 2.1 Penampakan warna buah kakao klon S2 pada berbagai tingkat kematangan, yaitu tingkat kematangan awal (A1), tingkat kematangan sedang (A2), dan tingkat kematangan penuh (A3) (Foto milik N. Laylah, 2021)

2.2 Metode

Buah dipanen di kebun kakao Kelompok Tani Bukit Tinggi Kabupaten Pinrang dengan memotong tangkai buah dan menyisakan sepertiga bagian dari tangkai. Buah kakao dipanen pada tiga tingkat kematangan: level A1 pada tahap buah masak awal dengan ciri warna buah ungu kemerahan dengan sedikit perubahan warna pada alur buah, level A2 pada tahap buah masak sedang dengan ciri warna buah orange kemerahan, dan level A3 pada tahap buah matang penuh dengan ciri warna buah kuning sedikit orange atau kuning merata di seluruh permukaan kulit buah. Penampakan buah kakao pada tiga tingkat kematangan ditunjukkan pada Gambar 2.1. Pemeraman dilakukan di bawah naungan untuk menghindari hujan dan sinar matahari langsung. Parameter kimia dan fisik yang diukur adalah kadar air pulp, berat pulp, gula total, sukrosa, glukosa/fruktosa, dan

pH pulp serta kadar air biji, kadar polifenol, dan berat biji kakao per 100 g biji kakao segar (ditutupi pulp). Analisis kimia dilakukan di Laboratorium Kimia Analisis, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Sulawesi Selatan, Indonesia.



Gambar 2.2 Diagram alir pengamatan terhadap perubahan sifat fisiko kimia pulp dan biji kakao berdasarkan tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao

2.2.1 Pengukuran pH

pH pulp diukur menggunakan metode dalam AOAC (AOAC, 2016). Singkatnya, 10 g sampel pulp ditempatkan dalam gelas kimia, diikuti dengan penambahan 90 mL air suling panas dengan suhu 70°C–80°C. Campuran tersebut kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan rendah hingga terbentuk suspensi yang homogen, kemudian disaring. Filtrat dibiarkan dingin

hingga suhu sekitar $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, dan pH-nya diukur menggunakan pH meter (Metrohm AG, Swiss).

2.2.2 Berat pulp dan biji

Pulp dikeluarkan dari 100 g biji kakao dengan cara dikikis menggunakan pemotong tajam. Masing masing pulp dan biji (yang sudah bebas pulp) ditimbang menggunakan timbangan analitik (akurasi $\pm 0,001$ g).

2.2.3 Kadar air dengan metode gravimetri

Kadar air diukur dengan menggunakan metode gravimetri (AOAC, 2005). Sampel biji kakao terlebih dahulu dipotong kecil-kecil. Sekitar 2 g sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai berat konstan tercapai. Kadar air dihitung sebagai kehilangan berat sampel (M_w) selama pengeringan dengan menggunakan Persamaan (1).

$$M_{wb} = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

M_{wb} = kadar air dalam basis basah, %

M_w = berat air dalam sampel biji kakao, g

M_s = total berat sampel biji kakao, g

2.2.4 Penentuan kandungan fenolik total

Kandungan polifenol total ditentukan dengan menggunakan metode Folin-Ciocalteu yang dijelaskan oleh Christova-Bagdassrian (Christova-Bagdassrian VL *et al.*, 2014) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 1 g biji kakao bubuk dibebaskan dari lemak dengan ekstraksi dengan 25 mL heksana dan disimpan pada suhu kamar selama 24 jam. Ekstrak kemudian disentrifugasi pada 2500 rpm selama 10 menit. Prosedur ini diulang dua kali. Sampel bebas lemak kemudian diekstraksi dua kali menggunakan 25 mL larutan metanol 70% dengan sonikator selama 25 menit. Setiap selesai proses sonikasi, campuran disentrifugasi pada 3500 rpm selama 15 menit dan fase cair dipisahkan. Setelah semua fase cair yang diperoleh lalu digabungkan. Sebanyak 0,25 mL campuran dipindahkan ke labu ukur 10 mL. Ekstrak dicampur dengan 0,5 mL larutan Folin-Ciocalteu (0,2 N) dan 2 mL Na_2CO_3 20%. Campuran ditambahkan aquades sampai tanda batas hingga diperoleh volume akhir 10 mL kemudian dihomogenkan dan didiamkan selama 30 menit.

Serapan sampel diukur dengan spektrofotometer UV-visibel, Orion AquaMate 8000 (Orion, Nagano Jepang) pada panjang gelombang 720–740 nm. Untuk penentuan kandungan polifenol total, dibuat kurva standar untuk larutan asam galat dengan konsentrasi (2-20 mg/L), dibuat dengan menggunakan instrumen yang sama. Hasil pembacaan serapan masing-masing sampel diplot terhadap kurva standar, dan konsentrasi polifenol dalam sampel dinyatakan sebagai ekuivalen asam galat (Gallic Acid Ekuivalent).

2.2.5 Prosedur uji gula reduksi dengan metode Luff–Schoorl

Gula pereduksi diukur menggunakan metode Luff-Schoorl (Marrubini *et al.*, 2017). Sebanyak 10 g sampel ditimbang dan ditempatkan dalam labu ukur 250 mL dan dicampur dengan 50 mL air suling. Larutan Pb-asetat ditambahkan tetes demi tetes sampai reagen tidak menimbulkan pengeruhan lagi. Na_2CO_3 ditambahkan untuk menghilangkan kelebihan Pb dan mendapatkan filtrat bening bebas Pb. Air suling ditambahkan ke filtrat untuk mendapatkan volume akhir 250 mL, dan campuran dikocok dan disaring.

Sebanyak 100 mL filtrat bebas Pb dipipet ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan menambahkan air suling sampai tanda. Sebanyak 25 mL filtrat bebas Pb yang telah diencerkan dipipet ke dalam labu Erlenmeyer 250 mL dan dicampur dengan 25 mL larutan Luff–Schoorl. Selain itu, blanko yang terdiri dari 25 mL larutan Luff-Schoorl dengan 25 mL air suling disiapkan. Setelah beberapa butir batu didih ditambahkan, labu Erlenmeyer dihubungkan ke pendingin balik dan dididihkan selama 10 menit. Setelah dingin, ditambahkan 15 mL KI 20% dan 25 mL H_2SO_4 26,5%. Yodium yang dibebaskan dititrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N dengan 2–3 mL indikator kanji. Titik akhir titrasi tercapai ketika warna larutan berubah dari biru menjadi putih. Kandungan gula reduksi sebelum inversi (glukosa/fruktosa) dihitung berdasarkan nilai z, di mana $z = \text{volume titrasi blanko glukosa (V}_b) - \text{volume titrasi sampel (V}_s)$. Misalnya, $z = 8,9$ mL, di mana 8 mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ setara dengan 19,8 mg glukosa seperti yang ditunjukkan oleh tabel Luff–Schoorl (Starch Institut International, 2002), 0,9 mL adalah kelebihan volume titrasi, dan Δ gula 2,6 mg ditentukan dengan menggunakan tabel Luff–Schoorl. Kandungan gula pereduksi sebelum inversi dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\% \text{ Rs sebelum inversi} = \frac{(\text{fp} \times \text{Ybi})}{\text{mg sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana f_p adalah faktor pengenceran, R_s adalah kandungan gula pereduksi, dan Y_{bi} adalah glukosa/fruktosa (mg) yang disajikan dalam tabel Luff–Schoorl + (kelebihan volume titrasi $\times \Delta$ gula).

2.2.6 Penentuan kandungan sukrosa

Kandungan sukrosa ditentukan dengan menggunakan metode Luff-Schoorl yang dijelaskan oleh (Marrubini *et al.*, 2017). Larutan filtrat bebas Pb encer (50 mL) dipipet ke dalam labu erlenmeyer 100 mL dan dicampur dengan 25 mL air suling dan 10 mL HCl 30% (berat jenis 1,15). Larutan dipanaskan di atas penangas air pada suhu 67°C–70°C selama 10 menit. Setelah didinginkan pada suhu 20°C, larutan dinetralkan dengan NaOH 45%, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, dan ditambahkan dengan air suling hingga tanda batas labu.

Sebanyak 25 mL larutan ini dipipet ke dalam erlenmeyer 250 mL dan dicampur dengan 25 mL larutan Luff–Schoorl. Selain itu, dibuat pula blanko yang terdiri dari 25 mL larutan Luff–Schoorl dengan 25 mL air suling. Setelah menambahkan beberapa batu didih, labu erlenmeyer dihubungkan ke pendingin balik dan dididihkan. Proses perebusan dipertahankan selama 10 menit. Setelah pendinginan, 15 mL KI 20% dan 25 mL H₂SO₄ 26,5% ditambahkan ke dalam larutan. Yodium yang dibebaskan kemudian dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N sampai warna kuning muda. Ditambahkan 2-3 mL indikator amilum. Titrasi dilanjutkan sampai warna biru hilang. Kadar gula reduksi setelah inversi (gula total) dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$\% R_s \text{ setelah inversi (total gula)} = \frac{(f_p \times Y_{ai})}{\text{mg sampel}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Dimana f_p adalah faktor pengenceran, R_s adalah kandungan gula pereduksi, dan Y_{ai} adalah jumlah fruktosa (mg) yang ditemukan dari tabel Luff–Schoorl + (kelebihan volume titrasi $\times \Delta$ gula). Kandungan sukrosa dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$\% \text{ Sukrosa} = (\text{Gula setelah inversi} - \text{gula sebelum inversi}) \times 0,95 \dots \dots \dots (4)$$

2.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor perlakuan dan 2 kali ulangan, masing-masing faktor terdiri atas 3 dan 7 taraf (level). Faktor perlakuan pertama adalah tingkat

kematangan buah kakao yang terdiri dari 3 taraf yaitu masak awal (A1), masak sedang (A2) dan masak penuh (A3). Faktor perlakuan kedua adalah lama pemeraman buah yang terdiri dari 7 taraf yaitu tanpa pemeraman (Bo), 1 hari (B1), 2 hari (B2), 3 hari (B3), 4 hari (B4), 5 hari (B5) dan 6 hari (B6).

Model umum dari rancangan tersebut adalah :

$$Y_{ijn} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{(ij)n}$$

Keterangan:

Y_{ijn} = Hasil pengamatan untuk faktor A level ke-i, faktor B level ke-j pada ulangan ke-n.

μ = pengaruh rata-rata

A_i = pengaruh level ke-i, faktor A ($i = 1, 2, 3$)

B_j = pengaruh level ke-j, faktor B ($j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$)

AB_{ij} = pengaruh interaksi level ke-i , faktor A dengan level ke-j , faktor B

$\epsilon_{(ij)n}$ = pengaruh kesalahan percobaan pada ulangan ke-n

Data dianalisis secara statistik dengan analisis varians dua arah (ANOVA) menggunakan perangkat lunak SPSS 22.0 Inc. (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Uji Tukey's HSD dilakukan untuk hasil yang berpengaruh signifikan atau sangat signifikan. ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh tingkat kematangan buah dan lama pemeraman serta interaksi kedua faktor tersebut terhadap kadar air pulp, berat pulp, kadar gula total, kadar sukrosa, kadar glukosa/fruktosa, dan pH pulp serta kadar air, berat, dan kandungan polifenol biji kakao.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Berat pulp

Berat pulp berhubungan dengan ketebalan pulp yang menutupi biji kakao. Semakin tebal lapisan pulp maka semakin berat pulp tersebut. Pada penelitian ini, berat pulp biji kakao menurun dengan bertambahnya lama pemeraman. Penurunan berat pulp selama pemeraman disebabkan oleh degradasi pulp yang terjadi karena pemecahan polisakarida pektin dalam pulp (Meersman *et al.*, 2017).

Tabel 2.1 Nilai-*p* pengaruh perlakuan dan interaksinya terhadap parameter yang diukur

No	Parameter	Tingkat kematangan (A)	Lama pemeraman (B)	Interaksi (A*B)
1	Berat pulp	0.219	0.002*	0.617
2	Kadar air pulp	0.464	0.903	0.342
3	Total gula pulp	0.680	0.004*	0.002*
4	Sucrose pulp	0.042*	0.000*	0.549
5	Glucose/fructose pulp	0.722	0.011*	0.002*
6	pH pulp	0.737	0.073	0.273
7	Kadar air biji	0.076	0.834	0.589
8	Berat biji	0.194	0.003*	0.689
9	Polyphenol biji	0.000*	0.000*	0.000*

Sumber: data primer (Lampiran 2.1-2.9)

Dari Tabel 2.1 terlihat bahwa hasil uji statistika ada interaksi faktor Tingkat Kematangan (A) dan Lama Pemeraman (B) terhadap total gula, kandungan glukosa/fruktosa pulp dan kadar polyphenol biji kakao. Hanya parameter sukrosa pulp dan polyphenol biji yang dipengaruhi oleh faktor tingkat kematangan (A). Parameter yang dipengaruhi oleh faktor lama pemeraman (B) adalah berat pulp, total gula pulp, sukrosa pulp, glukosa/fruktosa pulp, berat biji dan polyphenol biji.

Hasil analisa sidik ragam disajikan pada Tabel 2.1 dan Lampiran 2.1c berat pulp secara signifikan dipengaruhi oleh lama pemeraman ($p = 0,002$) tetapi tidak dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah ($p = 0,219$). Berat pulp pada tingkat kematangan awal, sedang dan penuh tidak berbeda nyata. Pengaruh lama pemeraman terhadap berat pulp sangat nyata pada tingkat kematangan sedang dan penuh dimana lama pemeraman selama 4 hari atau lebih menyebabkan berat pulp jauh lebih rendah dari pada berat sebelumnya. Komponen utama pulp kakao adalah air dan gula. Afoakwa (2016) melaporkan bahwa pulp kakao mengandung sekitar 82%–87% air dan 10%–15% gula. Nunes (Nunes *et al.*, 2020) menunjukkan bahwa kandungan air dan gula pada pulp kakao masing-masing sekitar 86% dan 18%. Respirasi tetap terjadi setelah panen. Aroyeun (Aroyeun *et al.*, 2006) menunjukkan bahwa gula sebagai substrat dalam respirasi, dimana respirasi menyebabkan degradasi gula dalam pulp kemudian menghasilkan senyawa sederhana yaitu CO_2 , H_2O dan energy, dengan demikian terjadi penurunan berat pulp selama pemeraman. Demikian pula, Hinneh (Hinneh *et al.*, 2020) melaporkan

penurunan volume pulp dengan peningkatan durasi pemeraman. Tabel 2.2 menunjukkan penurunan berat pulp yang signifikan dari hari 1 sampai hari 5 lama pemeraman. Hasil ini sejalan dengan Biehl (Biehl *et al.*, 1989), yang melaporkan bahwa volume pulp buah kakao Malaysia bervariasi dari 2,68 mL/biji untuk kakao mentah hingga 1,38 mL/biji dan 1,12 mL/biji untuk buah kakao masak dan buah kakao lewat masak. Meskipun pengukuran dalam penelitian ini didasarkan pada berat pulp, hasil yang diperoleh dapat langsung dibandingkan dengan yang dilaporkan oleh Hinneh (Hinneh *et al.*, 2018) dan Biehl (Biehl *et al.*, 1989) karena berat dan volume berkorelasi positif. Oleh karena itu, penurunan berat pulp berhubungan dengan penurunan volume pulp.

Interaksi tingkat kematangan buah (faktor A) dan lama pemeraman (faktor B) tidak berpengaruh nyata terhadap berat pulp ($p = 0,617$). Berat pulp, terutama sebelum pemeraman (pemeraman 0 hari), berkisar antara 41,03–47,96 g/100 g biji basah. Nilai-nilai ini lebih rendah dari berat pulp yang dicatat oleh Biehl (Biehl *et al.*, 1989), yang mengukur berat pulp sebelum pemeraman menjadi 72 g dan 54 g untuk buah kakao Malaysia matang dan matang penuh. Dalam penelitian ini, hanya lama pemeraman yang mempengaruhi berat pulp.

Tabel 2.2 Hasil uji Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap berat pulp

Lama pemeraman (hari)	Rata-rata berat pulp (g/100 g biji basah)
0	45.14 a
1	45.05 a
2	44.45 a
3	41.16 ab
4	36.67 ab
5	32.55 b
6	34.67 ab

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

Uji Tukey pada Lampiran 2.1d dan Tabel 2.2 menunjukkan bahwa sampel pada pemeraman hari ke-5 berbeda nyata dengan sampel pada pemeraman hari ke-0, hari ke-1 dan hari ke-2. Sedangkan sampel pada pemeraman hari ke-5 tidak berbeda nyata dengan sampel pada pemeraman hari ke-3, hari ke-4, dan hari ke-6. Fenomena ini terjadi karena degradasi pulp disebabkan penguraian polysakarida pektin di dalam pulp selama pemeraman (Meersman *et al.*, 2017). Berat pulp

terendah terdapat pada hari ke-5 sebesar 32,55 g/100 g biji basah. Pada hari ke-6 pemeraman terjadi peningkatan berat pulp karena pulp dari tingkat kematangan awal (A1) tidak mudah terurai dan malah menyerap air dari sekitarnya karena buah matang awal mempunyai jaringan yang lebih muda. Jaringan muda mempunyai fermiabilitas yang lebih tinggi dari jaringan yang lebih tua.

3.2 Kadar air pulp

Buah kakao dengan tingkat kematangan penuh, kadar air pulp mengalami penurunan dari 80,87% pada hari ke-0 menjadi 74,43% pada hari ke-6 pemeraman buah. Pada tingkat kematangan buah A2, kadar air pulp juga menurun dari 81,35% pada hari ke-0 menjadi 79,60% pada hari ke-6 pemeraman buah. Sedangkan pada taraf perlakuan tingkat kematangan A1 (masak awal), kadar air pulp meningkat dari 78,33% pada hari ke-0 menjadi 83,12% pada hari ke-6 pemeraman (Lampiran 2.2b). Seperti ditunjukkan oleh nilai-p dari ANOVA yang dirangkum dalam Tabel 2.1 dan Lampiran 2.2c kadar air pulp tidak dipengaruhi secara signifikan oleh tingkat kematangan buah ($p > 0,05$ dan $p = 0,464$) dan lama pemeraman ($p = 0,903$ dan $p > 0,05$). Ini sesuai pernyataan Biehl (Biehl et al., 1989) yang melaporkan bahwa kadar air dalam pulp dari buah yang masak tidak berubah secara signifikan pada buah yang terlalu masak (masak penuh). Interaksi antara tingkat kematangan buah dan lama pemeraman juga tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air pulp ($p = 0,342$ dan $p > 0,05$).

Kadar air pulp berkisar antara 74,425% (A3B6) (sampel dengan tingkat kematangan penuh pada pemeraman 6 hari) hingga 83,285% (A1B1) (sampel dengan tingkat kematangan awal pada pemeraman 1 hari), lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Amoa-Awua et al., (Amoa-Awua, W., Madsen, 2006) dan Afoakwa, (Afoakwa et al., 2008) yang mengamati kadar air pulp di kisaran 82-87%. Pettipher (Pettipher, 1986) juga melaporkan bahwa kandungan air di pulp kakao Afrika Barat (Pantai Gading dan Nigeria) dan Malaysia masing-masing adalah 83% dan 86%. Pulp adalah komponen penting dalam fermentasi kakao, dan air dalam pulp sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganisme fermentasi serta membantu dalam penguraian gula, yang tersedia sebagai substrat untuk fermentasi.

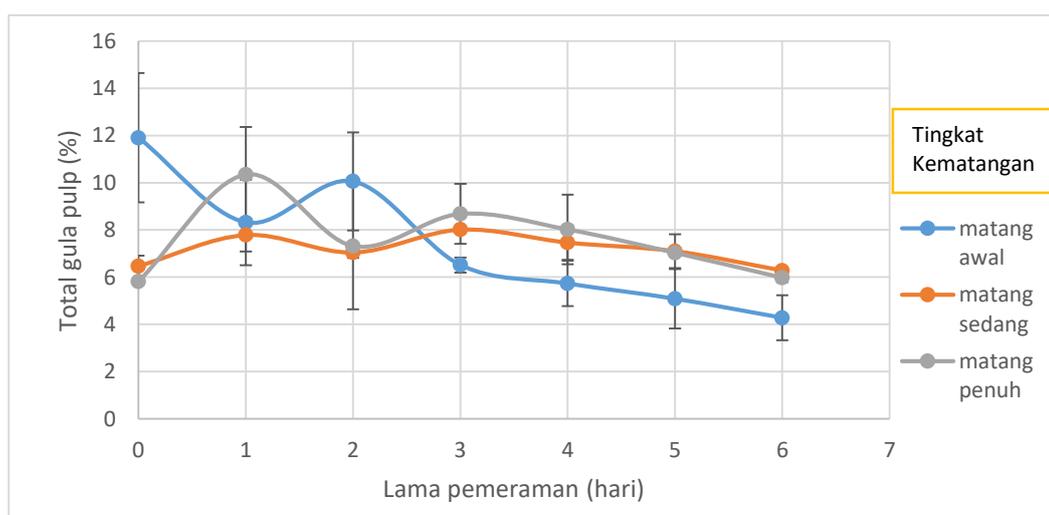
3.3 Total gula pulp

Gula total adalah jumlah gabungan gula pereduksi dan gula bukan pereduksi. Gula pereduksi adalah kelompok gula atau karbohidrat yang dapat

mereduksi senyawa penerima elektron. Monosakarida (glukosa, fruktosa), disakarida (laktosa dan maltose), semuanya adalah gula pereduksi. Sedangkan gula bukan pereduksi antara lain sukrosa.

Secara umum, total gula pulp mengalami penurunan selama pemeraman. Buah dengan tingkat kematangan awal memiliki total gula terendah yaitu 4,28% (Lampiran 2.3b) setelah pemeraman pada hari ke-6. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Biehl, (Biehl *et al.*, 1989), yang melaporkan jumlah gula pulp akhir yang lebih rendah dan persentase kehilangan yang lebih tinggi selama pemeraman dibandingkan dengan yang selama tingkat kematangan. Total gula pulp yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Afoakwa dalam pulp segar, yaitu 10%–15% (Afoakwa, 2016). Kecenderungan perubahan gula total pada pulp selama pemeraman ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Gambar 2.3 menyajikan penurunan kandungan total gula pulp selama pemeraman, yang dapat dikaitkan dengan respirasi dalam buah kakao dan penguraian gula menjadi senyawa sederhana. Rekapitulasi nilai p dari ANOVA pada Tabel 2.1 dan Lampiran 2.3c menunjukkan bahwa total gula pulp secara signifikan dipengaruhi oleh lama pemeraman ($p < 0,05$ dan $p = 0,004$) tetapi tidak dipengaruhi oleh tingkat kematangan ($p > 0,05$ dan $p = 0,680$). Menurut analisis Tukey (Lampiran 2.3d) dan Tabel 2.3, pemeraman hari pertama memiliki total gula tertinggi dan pemeraman hari ke 6 memiliki total gula terendah. Setelah hari pertama pemeraman, semakin lama waktu pemeraman, semakin rendah kandungan total gula pulp.



Gambar 2.3 Pengaruh interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman buah terhadap total gula pulp

Tabel 2.3 menunjukkan pengaruh lama pemeraman terhadap rata-rata total gula pulp biji kakao segar. Rata-rata kadar total gula pulp pada pemeraman 6 hari tidak berbeda nyata dengan total gula pada pemeraman hari ke 5, 4, dan 3 hari. Namun, rata-rata kandungan gula total pulp pada lama pemeraman 6 hari berbeda nyata dengan lama pemeraman 2 hari, 1 hari, dan 0 hari (0 hari berarti tanpa pemeraman). Bila terjadi peningkatan suhu, amilase aktif memecah karbohidrat menjadi glukosa. Glukosa yang terbentuk kemudian dioksidasi untuk menghasilkan CO₂, H₂O, dan energi. Oksidasi glukosa terjadi karena proses respirasi yang terjadi pada pemeraman buah kakao. Di sini, kadar gula total terendah rata-rata sebesar 5,51% ditemukan pada hari ke-6 pemeraman (Lampiran 2.3b). Semakin lama pemeraman, semakin rendah gula total pulp karena semakin banyak glukosa yang dioksidasi untuk menghasilkan CO₂, H₂O dan energi. Interaksi antara tingkat kematangan buah (faktor A) dan lama pemeraman (faktor B) berpengaruh nyata terhadap gula total pulp ($p = 0,002$ dan $p < 0,05$).

Tabel 2.3 Hasil uji Tukey lama pemeraman terhadap kadar total gula pulp

Lama pemeraman (Hari)	Rata-rata total gula pulp (%)
0	8.06 a
1	8.81 a
2	8.13 a
3	7.73 ab
4	7.07 ab
5	6.40 ab
6	5.51 b

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

Tabel 2.4 menjelaskan pengaruh interaksi antara tingkat kematangan buah dan lama pemeraman terhadap total gula pulp. Pengaruh interaksi pada perlakuan buah masak awal tanpa peram berbeda nyata dengan perlakuan buah masak awal peram 3 hari, peram 4 hari, peram 5 hari dan peram 6 hari. Demikian pula, pengaruh interaksi dalam perlakuan buah masak awal tanpa peram berbeda secara signifikan dengan total gula pulp dari buah masak sedang tanpa peram, buah masak penuh tanpa peram, buah masak sedang peram 6 hari, dan buah masak penuh peram 6 hari. Buah masak awal bisa dikatakan buah yang lebih muda dibanding buah masak

sedang dan buah masak penuh. Menurut Sudjatha dan Wisaniyasa (2017) jaringan muda lebih aktif mengadakan metabolisme dibanding jaringan yang lebih tua. Hal ini dapat dilihat pada buah kakao masak awal terjadi kegiatan respirasi yang lebih tinggi dibanding buah kakao masak sedang dan penuh. Hal ini ditandai dengan kandungan total gula pulp yang menurun drastis dan berbeda nyata pada buah masak awal tanpa peram dengan buah masak awal peram 3 sampai 6 hari. Respirasi pada buah masak sedang dan penuh lebih stabil selama pemeraman, hal ini ditandai dengan kandungan gula total yang tidak berubah secara signifikan mulai dari hari ke 0 sampai hari ke 6 pemeraman.

Tabel 2.4 Interaksi antara tingkat kematangan buah kakao dan lama pemeraman buah terhadap total gula pulp (%)

Tingkat Kematangan	Lama Pemeraman (Hari)							Rata-rata (g)
	0	1	2	3	4	5	6	
Masak Awal	11.90 a	8.32 abcd	10.05 abc	6.515 bcd	5.73 bcd	5.085 cd	4.28 d	7.411
Masak sedang	6.465 bcd	7.785 abcd	7.045 abcd	8.015 abcd	7.465 abcd	7.1 abcd	6.28 bcd	7.165
Masak penuh	5.82 bcd	10.35 ab	7.315 abcd	8.68 abcd	8.02 abcd	7.03 abcd	5.975 bcd	7.598
Rata-rata	8.061	8.818	8.137	7.737	7.072	6.405	5.512	7.391

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

Sampel pada perlakuan buah masak awal tanpa pemeraman memiliki total gula tertinggi. Pemeraman mengurangi kandungan gula total dalam pulp. Glukosa yang dihasilkan dari penguraian sukrosa dioksidasi menjadi CO₂, H₂O, dan energi. Gula total terendah dihasilkan pada hari ke-6 pemeraman, yang menguntungkan karena akan menghasilkan asam asetat yang rendah selama fermentasi biji kakao. Asam asetat yang rendah akan menghasilkan biji kakao yang kurang asam.

Gula dalam pulp kakao sebagian besar adalah glukosa dan fruktosa dengan sedikit sukrosa. Selama fermentasi, gula ini dimetabolisme oleh mikroorganisme, seperti ragi dan bakteri asam asetat. Gula dalam pulp dimetabolisme oleh ragi menjadi alkohol, yang kemudian diubah oleh bakteri asam asetat menjadi asam asetat. Alkohol dan asam asetat menyebabkan biji mati, melepaskan dan menyebarkan polifenol dari selnya ke seluruh jaringan biji. Setelah kontak dengan udara, polifenol berubah menjadi kuinon yang berwarna coklat di bawah aksi

polifenol oksidase. Afoakwa (Afoakwa, 2016) menunjukkan bahwa proses kimia terjadi selama fermentasi, seperti pembentukan prekursor rasa, pengembangan warna, dan penurunan rasa astringen dan pahit yang signifikan. Selain itu, penguraian pulp selama fermentasi adalah mencairkan pulp, dan melepaskannya dari biji. Secara keseluruhan, proses tersebut menyebabkan perubahan penampakan biji (warna dan kebersihan) dan meningkatkan laju pengeringan biji kakao.

3.4 Kandungan sukrosa dalam pulp

Sukrosa adalah gula umum yang kita kenal dan gunakan setiap hari. Selain dari sumber tradisional, yaitu tebu dan bit, sukrosa ditemukan pada tumbuhan lain, seperti nanas, wortel, dan ampas kakao. Sukrosa mengalami hidrolisis untuk menghasilkan glukosa dan fruktosa (Cooper, 2006).

Sukrosa terdapat dalam pulp kakao yang berdasarkan hasil analisa terdapat dalam jumlah kecil mulai dari 0,33% sampai 0,88%. Kandungan ini lebih rendah dari yang diamati oleh Pettipher (Pettipher, 1986), yang melaporkan bahwa pulp kakao segar Pantai Gading, Nigeria, dan Malaysia masing-masing memiliki 4,35%, 1,92%, dan 1,35% sukrosa. Berdasarkan Lampiran 2.4c, interaksi antara tingkat kematangan buah dan lama pemeraman buah tidak berpengaruh terhadap kandungan sukrosa pulp biji kakao. Sedangkan tingkat kematangan buah berpengaruh nyata terhadap kandungan sukrosa pulp kakao, ($p < 0,05$ dan $p = 0,042$). Pada Tabel 2.5 dan uji Tukey Lampiran 2.4d terlihat bahwa buah kakao dengan tingkat kematangan awal memiliki kandungan sukrosa tertinggi yaitu 0.668 % mengalami penurunan menjadi 0.578 % pada tingkat kematangan penuh kemudian menurun lagi menjadi 0.534 % pada tingkat kematangan sedang. Namun buah tingkat kematangan penuh dan sedang tidak berbeda nyata.

Tabel 2.5 Hasil uji tukey pengaruh tingkat kematangan buah terhadap kadar sukrosa pulp biji kakao

Tingkat kematangan buah kakao	Rata-rata kadar sukrosa pulp biji kakao (%)
Matang awal (A1)	0.668 a
Matang penuh (A3)	0.578 ab
Matang sedang (A2)	0.534 b

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

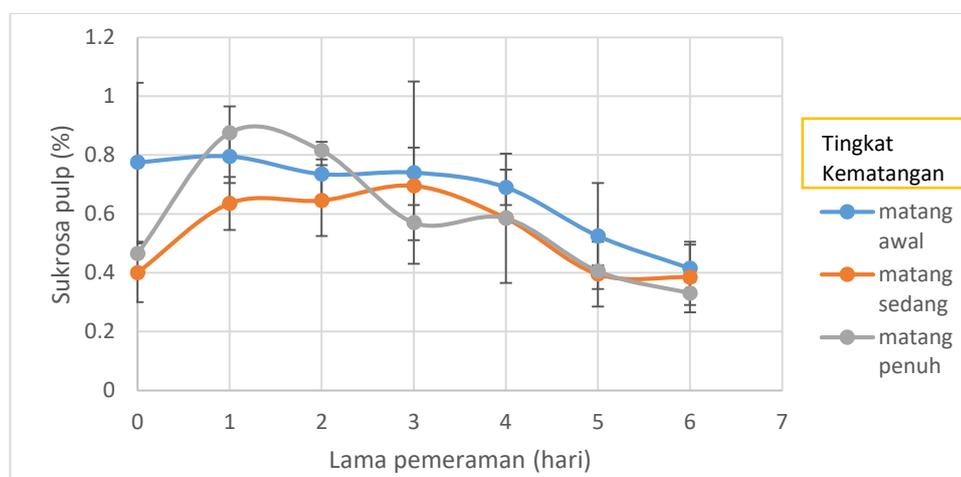
Semakin matang buah kakao, semakin rendah jumlah sukrosa. Penurunan kandungan sukrosa disebabkan sukrosa terdegradasi menjadi glukosa dan fruktosa, yang merupakan gula sederhana (monosakarida).

Pada Lampiran 2.4c menunjukkan bahwa lama pemeraman berpengaruh nyata terhadap kandungan sukrosa dalam pulp, ($p < 0,05$ dan $p = 0,000$). Pada uji Tukey Lampiran 2.4e dan Tabel 2.6 terlihat terjadi peningkatan sukrosa pada hari pertama pemeraman, ini terjadi karena respirasi yang berlangsung sudah menghasilkan peningkatan suhu. Adanya peningkatan suhu menyebabkan amilase aktif mengubah karbohidrat menjadi glukosa/fruktosa dan sukrosa. Namun dengan berjalannya pemeraman semakin lama pemeraman, kandungan sukrosa pada pulp semakin rendah. Penurunan kandungan sukrosa disebabkan oleh terdegradasinya sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, dimana glukosa selama pemeraman teroksidasi menjadi senyawa-senyawa sederhana yaitu CO_2 , H_2O dan energy akibat respirasi.

Tabel 2.6 Uji tukey pengaruh lama pemeraman terhadap kadar sukrosa pulp biji kakao

Lama pemeraman (hari)	Rata-rata kadar sukrosa pulp (%)
0	0.547 abc
1	0.768 a
2	0.732 a
3	0.668 ab
4	0.620 abc
5	0.442 bc
6	0.377 c

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.



Gambar 2.6 Pengaruh lama pemeraman terhadap kandungan sukrosa pulp

3.5 Kandungan glukosa/fruktosa pulp

Dari hasil analisis sidik ragam (Lampiran 2.5c) terlihat bahwa interaksi perlakuan tingkat kematangan buah dan lama pemeraman buah berpengaruh nyata terhadap kandungan glukosa/fruktosa pulp buah kakao ($p = 0.002$, dimana $p < 0.05$). Pada Tabel 2.7 terlihat bahwa buah matang awal mengalami respirasi yang tinggi dibandingkan dengan buah matang sedang dan matang penuh. Hal ini dapat terlihat dari kandungan glukosa buah matang awal pada pemeraman hari ke 0, 1 dan 2 tidak berbeda nyata tetapi sangat berbeda nyata dengan kandungan glukosa buah matang awal peram 3, 4, 5 dan 6 hari. Terjadi penurunan kandungan glukosa secara signifikan pada hari ke 3, 4, 5 dan 6 pemeraman dibandingkan hari ke 0, 1 dan 2. Sedangkan kandungan glukosa/fruktosa pada buah matang sedang dan penuh cenderung stabil, hal ini terlihat bahwa kandungan glukosa/fruktosa pada buah matang sedang dan penuh dari pemeraman hari ke 0 sampai hari ke 6 tidak berbeda nyata. Buah kakao matang awal adalah buah dengan jaringan yang masih muda dibanding buah kakao matang sedang dan penuh. Buah dengan jaringan yang muda mempunyai metabolisme yang lebih tinggi dibanding buah dengan jaringan yang lebih tua. Terbukti respirasi buah matang awal aktifitas respirasinya lebih tinggi dari buah matang sedang dan penuh yang mempunyai jaringan yang lebih tua.

Tabel 2.7 Interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman buah terhadap glukosa fruktosa (%) pulp buah kakao

Tingkat Kematangan	Lama Pemeraman (Hari)							Rata-rata (%)
	0	1	2	3	4	5	6	
Masak Awal	11.09 a	7.485 abc	9.285 ab	5.735 bc	5.035 bc	4.535 bc	3.840 c	6.715
Masak Sedang	6.045 abc	7.115 abc	6.365 abc	7.285 abc	6.850 abc	6.790 abc	5.870 bc	6.617
Masak penuh	5.335 bc	9.43 ab	6.455 abc	8.085 abc	7.400 abc	6.600 abc	5.630 bc	6.990
Rata-rata	7.490	8.01	7.368	7.035	6.428	5.975	5.113	6.774

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

Kadar glukosa/fruktosa pulp tidak dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah dengan $p = 0,722$, dimana $p > 0,05$ (Lampiran 2.5c). Kadar glukosa/fruktosa pulp dipengaruhi oleh lama pemeraman ($p < 0,05$ dan $p = 0,011$) (Lampiran 2.5c) dan Tabel 2.8, terlihat pada pemeraman hari pertama terjadi kenaikan

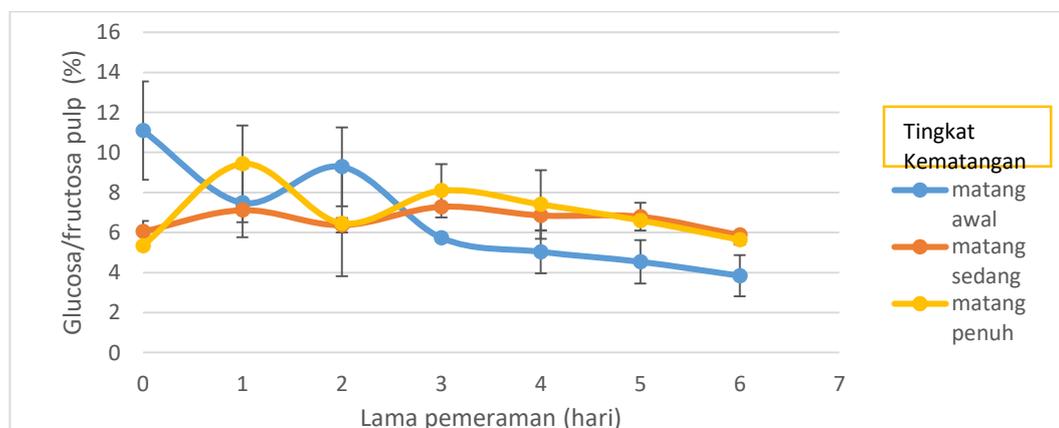
glukosa/fruktosa karena ada peningkatan suhu akibat respirasi. Jika ada kenaikan suhu amilase akan aktif mengubah karbohidrat menjadi glukosa/fruktosa. Namun seiring dengan berlangsungnya pemeraman, respirasi pun terus berjalan dan glukosa akan teroksidasi menghasilkan senyawa-senyawa sederhana (CO_2 , H_2O dan energy) sehingga setelah melewati hari pertama pemeraman semakin rendah kadar glukosa yang dihasilkan. Pengamatan ini dikaitkan dengan respirasi dalam buah kakao, selama pemeraman buah maka glukosa dalam buah bereaksi dengan oksigen menghasilkan CO_2 dan H_2O (Aroyeun *et al.*,2006).

Tabel 2.8 Uji tukey pengaruh lama pemeraman buah terhadap kadar glukosa/sukrosa pulp buah kakao

Lama pemeraman (hari)	Rata-rata kadar glukosa/fruktosa pulp buah kakao (%)
0	7.487 a
1	8.010 a
2	7.368 ab
3	7.035 ab
4	6.428 ab
5	5.975 ab
6	5.113 b

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

Fluktuasi kandungan glukosa/fruktosa yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 mirip dengan hasil penelitian Hinneh *et al.*, (Hinneh *et al.*, 2018) yang melaporkan bahwa konsentrasi glukosa meningkat sedikit dari hari ke-0 pemeraman (0,264%) hingga hari ke-3 pemeraman (0,30%) setelah itu sedikit menurun sampai hari ke-7 penyimpanan (0,211%).



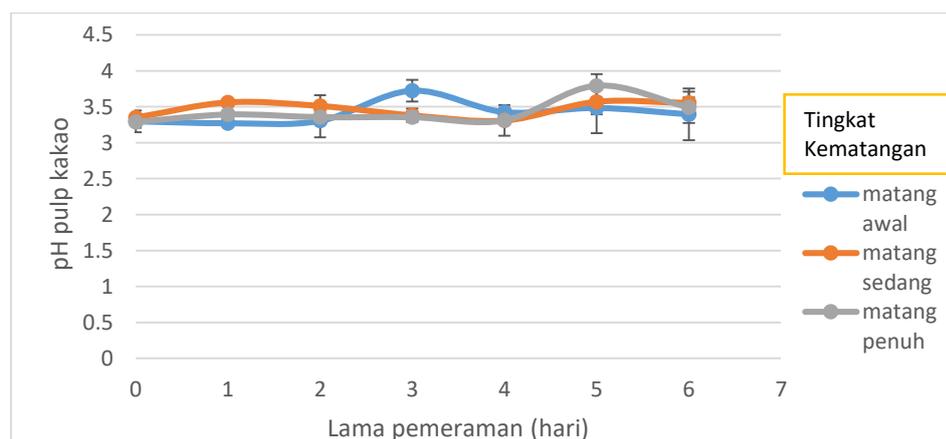
Gambar 2.4 Hubungan interaksi perlakuan tingkat kematangan dan lama pemeraman buah kakao terhadap kadar glukosa/fruktosa pulp

Kandungan glukosa/fruktosa dalam pulp kakao pada penelitian ini bervariasi antara 3,84% sampai 11,09% (Lampiran 2.5b). Konsentrasi gula ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Pettipher (Pettipher, 1986) masing-masing sebesar 3,00%, 5,06%, dan 4,90% di pulp kakao segar Pantai Gading, Nigeria, dan Malaysia.

3.6 pH pulp kakao

pH pulp kakao berkisar antara 3,272 (A1B1) (biji kakao dengan tingkat kematangan awal pada 1 hari pemeraman) hingga 3,792 (A3B5) (biji kakao dengan tingkat kematangan penuh pada 5 hari pemeraman). Nilai-nilai ini lebih rendah daripada yang dilaporkan oleh Afoakwa (Afoakwa, 2016), yang mengamati pH pulp segar antara 3,94 sampai 4,12 dan Pettipher (Pettipher, 1986), yang melaporkan nilai pH pulp kakao segar Pantai Gading, Nigeria, dan Malaysia masing-masing adalah 3,3;3,6, dan 3,9.

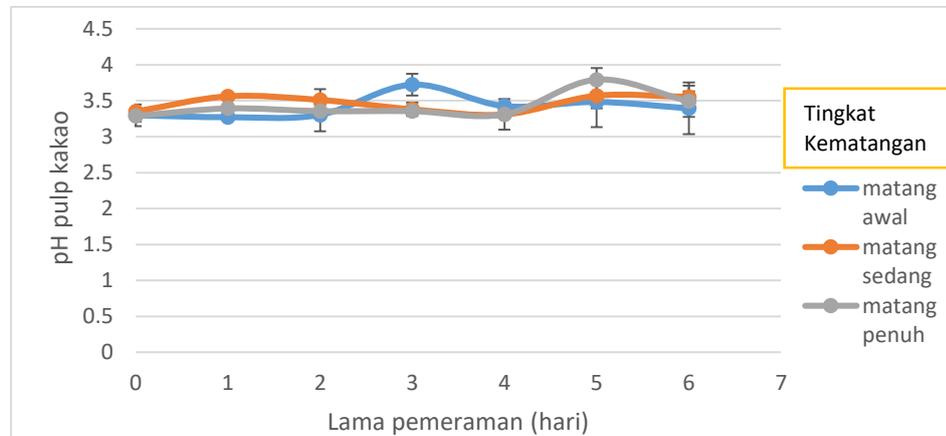
Tabel 2.1 dan Lampiran 2.6c menunjukkan bahwa pH pulp kakao tidak dipengaruhi secara nyata oleh tingkat kematangan buah ($p = 0,737$ dengan $p > 0,05$ artinya tingkat kematangan awal, sedang, dan penuh tidak berbeda nyata) dan lama pemeraman ($p = 0,073$ dengan $p > 0,05$ artinya lama pemeraman 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 hari tidak berbeda nyata). Interaksi antara tingkat kematangan buah dan lama pemeraman tidak berpengaruh nyata terhadap pH pulp kakao ($p = 0,273$ dengan $p > 0,05$ berarti tidak ada perbedaan nilai pH ditinjau dari kombinasi tingkat kematangan dan lama pemeraman).



Gambar 2.5 Hubungan perlakuan tingkat kematangan buah dan lama pemeraman terhadap pH pulp kakao

Buah kakao merupakan buah nonklimakterik yaitu tidak mengalami perubahan laju respirasi secara tiba-tiba pada saat pemasakan sehingga air yang dihasilkan selama respirasi tidak mempengaruhi pH pulp, maka lamanya

pemeraman juga tidak mempengaruhi pH pulp. Sedikit perubahan pH tidak memiliki efek yang signifikan secara statistik. Perubahan pH pulp kakao selama pemeraman ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hubungan perlakuan tingkat kematangan buah dan lama pemeraman terhadap pH pulp kakao

3.7 Kadar air biji kakao

Biji kakao pada dasarnya terdiri dari cangkang (testa), yang terdiri dari 10%–14% dari berat kering biji. Porsi utamanya adalah kernel atau kotiledon (biji) (86%–90%), yang memberikan rasa khas dan memberikan aroma coklat. Sepertiga dari kotiledon terdiri dari air, dan sepertiga lainnya terdiri dari lemak (mentega kakao). Sisanya terdiri dari senyawa fenolik, pati, gula, teobromin, asam nonvolatil, dan banyak komponen lainnya dalam jumlah kecil (Afoakwa, 2016).

Lampiran 2.7c menunjukkan bahwa kadar air biji kakao tidak dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah ($p = 0,076$ menunjukkan tingkat kematangan awal, sedang dan penuh tidak berbeda nyata) dan lama pemeraman ($p = 0,834$ berarti lama pemeraman 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 hari tidak berbeda nyata). Interaksi antara tingkat kematangan buah (faktor A) dan lama pemeraman (faktor B) tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air biji kakao ($p = 0,589$ artinya tidak ada perbedaan nilai kadar air biji kakao ditinjau dari kombinasi tingkat kematangan dan lama pemeraman).

Buah kakao merupakan buah nonklimakterik yaitu tidak menunjukkan adanya perubahan pola respirasi yang mendadak pada saat pemasakan (Biehl *et al.*, 1989), sehingga kadar air yang dihasilkan pada proses respirasi tidak menyebabkan perubahan signifikan pada kadar air biji kakao yang diamati pada tiga

tingkat kematangan yang berbeda, lama pemeraman yang berbeda, dan interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman buah.

Kadar air biji kakao segar selama pemeraman berkisar antara 37,125% yang ditemukan pada biji kakao dengan tingkat kematangan sedang pada pemeraman 1 hari, hingga 58,665% yang ditemukan pada biji kakao dengan tingkat kematangan awal pada pemeraman 6 hari (Lampiran 2.7b). Kadar air biji kakao segar pada penelitian ini lebih tinggi dari nilai yang dilaporkan oleh Afoakwa (Afoakwa, 2016) yaitu 32%–39% pada biji kakao segar tanpa fermentasi.

3.8 Berat biji kakao

Berat biji kakao meningkat dari hari ke 0 sampai hari ke 6 pemeraman. Pada Lampiran 2.8c menunjukkan bahwa lama pemeraman berpengaruh nyata terhadap berat biji kakao ($p = 0,003$ dan $p < 0,05$). Hasil analisis Tukey pada Lampiran 2.8d dan Tabel 2.9 menunjukkan perbedaan yang nyata pada berat biji kakao antara pemeraman pada hari ke-1 dan hari ke-5 /hari ke-6, antara pemeraman pada hari ke-0 dan hari 5/6, dan antara pemeraman hari ke-2 dan hari ke-5. Secara umum, semakin lama waktu pemeraman, berat biji kakao semakin meningkat. Alasannya, kulit biji kakao mirip dengan membran semipermeabel. Air dari pulp dapat masuk ke dalam biji kakao, sedikit meningkatkan berat biji kakao selama pemeraman. Akibat imbibisi atau penyerapan air. Pembentukan sel-sel baru pada embrio dilanjutkan dengan diferensiasi sel membentuk radikula yang merupakan bakal akar, hingga bulu kecil yang merupakan bakal batang dan daun. Kedua bagian ini bertambah besar ukurannya selama pemeraman sehingga biji akhirnya berkecambah (Sakiroh *et al.*, 2018).

Tabel 2.9 Hasil uji tukey pengaruh lama pemeraman terhadap berat biji kakao

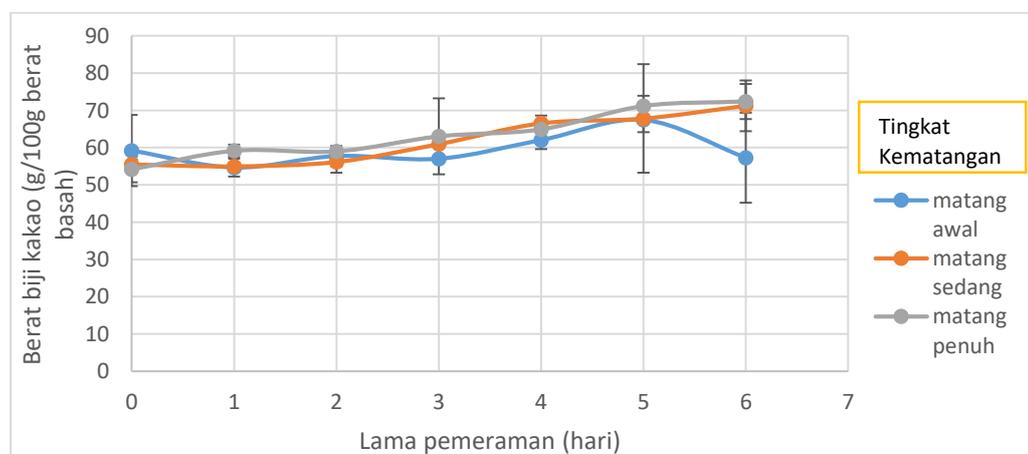
Lama pemeraman (hari)	Rata-rata berat biji (g/ 100 g biji basah)
0	56.30 c
1	56.27 c
2	57.64 bc
3	60.34 abc
4	64.50 abc
5	68.82 a
6	66.98 ab

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

Biehl et al. (Biehl et al., 1989) juga melaporkan terjadi peningkatan 8,9% berat biji segar selama pemeraman. Hasil rekapitulasi ANOVA yang disajikan pada Lampiran 2.8c menunjukkan bahwa tingkat kematangan buah tidak berpengaruh terhadap berat biji kakao ($p > 0,05$ dan $p = 0,194$). Demikian pula interaksi antara tingkat kematangan dan lama pemeraman buah tidak berpengaruh terhadap berat biji kakao ($p = 0.689$, $p > 0.05$).

Berat biji kakao berkisar antara 54,19 g yang ditemukan pada biji kakao dengan tingkat kematangan penuh pada hari ke-0 pemeraman hingga 72,4 g yang ditemukan pada biji kakao dengan tingkat kematangan penuh pada hari ke-6 pemeraman. Peningkatan berat biji kakao pada hari ke-6 pemeraman cenderung meningkatkan rendemen biji kakao kering. Namun pada hari ke-5 dan hari ke-6 pemeraman, masing-masing ditemukan satu benih berkecambah. Sebelum difermentasi, biji kakao yang bertunas ini harus dipisahkan dan tidak dicampur dengan biji kakao yang difermentasi.

Salah satu tujuan fermentasi pada pengolahan kakao adalah untuk mematikan biji agar polifenol yang ada di dalam sel dapat keluar dan berdifusi ke seluruh jaringan kotiledon. Setelah polifenol kontak dengan udara, polifenol akan diubah menjadi kuinon yang berwarna coklat dengan bantuan enzim polifenol oksidasi (Hinne *et al.*, 2018). Jika biji kakao yang berkecambah tidak dipisahkan selama fermentasi, maka biji tersebut akan terus tumbuh dan tidak mengalami kematian biji. Oleh karena itu, polifenol tidak dapat keluar dari sel dan tidak akan berubah menjadi kuinon yang berwarna coklat. Benih yang sudah berkecambah tidak dapat difermentasi sehingga menghasilkan biji berwarna ungu kecokelatan.



Gambar 2.6 Pengaruh lama pemeraman terhadap berat biji kakao

Pemeraman selama 5 dan 6 hari masih dapat diterapkan karena semakin lama waktu pemeraman maka berat biji semakin tinggi. Selain itu, hanya satu biji yang berkecambah dari enam buah kakao yang dibuka pada hari ke-5 dan ke-6. Perubahan berat biji kakao selama pemeraman ditunjukkan pada Gambar 2.6.

3.9 Kandungan polifenol biji kakao

Polifenol adalah kategori senyawa yang secara alami ditemukan dalam makanan nabati, seperti buah-buahan, sayuran, jamu, rempah-rempah, teh, cokelat dan anggur. Mereka menawarkan berbagai manfaat kesehatan dan dapat membantu mencegah penggumpalan darah, mengurangi kadar gula darah, dan menurunkan risiko penyakit jantung. Mereka juga dapat meningkatkan fungsi otak, memperbaiki pencernaan, dan menawarkan perlindungan terhadap kanker (Petre, 2019)

Biji kakao segar mengandung polifenol sekitar 12%–18% dari berat keringnya. Senyawa ini sebagian besar bertanggung jawab atas rasa dan warna khas kakao. Sekitar 35% dari total polifenol dalam biji kakao *Forastero* yang tidak difermentasi adalah flavonoid, khususnya (-)-epicatechin. Kandungan (-)-epicatechin dalam biji kakao segar bervariasi dari 34,65 mg/g hingga 43,27 mg/g biji kakao bebas lemak tergantung varietas kakao dan daerah asalnya (Kim dan Keeney, 1983) dalam (Haryadi dan Supriyanto, 2017).

Kandungan polifenol dalam biji kakao segar meningkat dengan meningkatnya periode pemeraman. Berdasarkan rekapitulasi nilai-p dari ANOVA yang disajikan pada Tabel 2.1 dan Lampiran 2.9c kandungan polifenol secara signifikan dipengaruhi oleh lama pemeraman ($p < 0,05$ dan $p = 0,000$), tingkat kematangan buah ($p < 0,05$ dan $p = 0,000$), dan interaksi antara tingkat kematangan buah dan lama pemeraman ($p < 0,05$ dan $p = 0,000$). Sebelum pemeraman (hari ke-0 pemeraman), buah dengan tingkat kematangan penuh (A3) memiliki kandungan polifenol tertinggi, diikuti oleh buah dengan tingkat kematangan sedang dan kematangan awal. Pada hari ke 3 dan ke 6 pemeraman, buah dengan tingkat kematangan sedang (A2) menunjukkan kandungan polifenol paling tinggi, diikuti buah dengan tingkat kematangan penuh dan kematangan awal.

Tabel 2.10 Pengaruh interaksi tingkat kematangan buah kakao dan lama pemeraman buah terhadap kandungan polifenol (mg/g) biji kakao segar.

Tingkat Kematangan	Lama Pemeraman (Hari)			Rata-rata (mg/g in GAE)
	0	3	6	
Masak Awal	4.755 e	7.735 d	9.665 bc	7.385
Masak Sedang	4.90 e	10.7 b	13.05 a	9.55
Masak penuh	5.29 e	8.835 cd	10.5 b	8.208
Rata-rata	4.982	9.09	11.072	8.381

Catatan: nilai yang ditulis dengan huruf berbeda menunjukkan potensi hasil yang berbeda nyata pada taraf 5%.

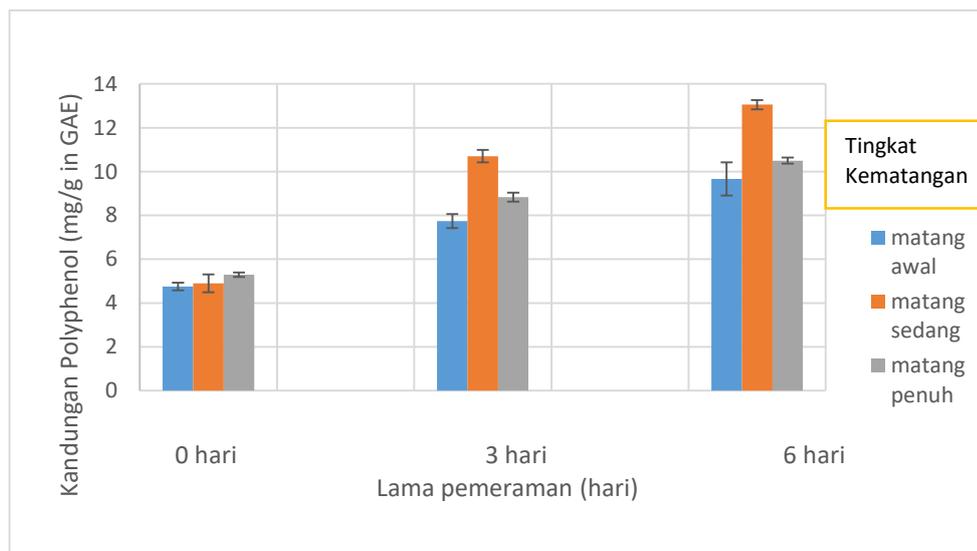
Hasil uji Tukey ditunjukkan pada Tabel 2.10 Pengaruh interaksi lama pemeraman 0 hari pada buah matang awal, sedang dan penuh tidak berbeda nyata, demikian pula interaksi buah matang sedang dengan lama peram 3 hari (A2B3), interaksi buah matang awal peram 6 hari (A1B6), dan interaksi buah matang penuh peram 6 hari (A3B6) tidak menunjukkan adanya perbedaan. Sedangkan pengaruh interaksi buah matang awal tanpa pemeraman (A1B0), interaksi buah matang awal peram 3 hari (A1B3), buah matang awal peram 6 hari (A1B6) berbeda nyata, demikian pula buah matang sedang tanpa pemeraman (A2B0), buah matang sedang peram 3 hari (A2B3), dan buah matang sedang peram 6 hari (A2B6) menunjukkan perbedaan yang signifikan. Buah matang sedang dengan lama pemeraman 6 hari (A2B6) merupakan perlakuan terbaik karena memiliki kandungan polifenol tertinggi.

Temuan ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Berat biji kakao segar meningkat dengan semakin lamanya pemeraman. Pertambahan berat biji kakao disebabkan oleh pertumbuhan sel-sel dalam persiapan perkecambahan biji. Pertumbuhan sel disertai dengan peningkatan kandungan polifenol dalam sel. Oleh karena itu, semakin lama waktu pemeraman maka kandungan polifenolnya semakin tinggi.

Terdapat interaksi antara tingkat kematangan buah dan lama pemeraman. Semakin lama pemeraman polyphenol semakin tinggi terutama pada tingkat kematangan sedang menunjukkan peningkatan polyphenol tertinggi dibanding buah dengan tingkat kematangan awal dan penuh (polyphenol pada buah matang sedang berbeda nyata dengan polyphenol pada buah matang awal dan penuh). Hal

ini disebabkan pertumbuhan sel sel buah maksimum terjadi pada buah matang sedang sehingga kandungan polyphenol dalam sel tertinggi pada buah matang sedang. Sedangkan pada buah matang awal pertumbuhan sel sel masih berlangsung dan pada buah matang penuh pertumbuhan sel-sel sudah tidak terjadi bahkan tahap ini awal dari proses kelayuan (senescen).

Kandungan polifenol dalam kakao klon S2 dari Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan, Indonesia, berkisar antara 4,755 hingga 13,05 mg/g in GAE (Tabel 2.10) dan (Lampiran 2.9b), nilai ini yang kurang dibandingkan dengan nilai 140 mg/g yang dilaporkan oleh Bonvehi dan Coll (1997) dalam (Haryadi dan Supriyanto, 2017) dalam biji segar. Perubahan yang diamati pada kandungan polifenol biji kakao segar selama pemeraman ditunjukkan pada Gambar 2.7. Secara keseluruhan, pengamatan kami menunjukkan bahwa kandungan polifenol tertinggi diperoleh pada buah dengan tingkat kematangan sedang dan dapat ditingkatkan secara signifikan dengan pemeraman atau penyimpanan buah kakao selama 6 hari.



Gambar 2.7 Hubungan perlakuan tingkat kematangan buah dan lama pemeraman buah kakao terhadap kandungan polyphenol biji kakao segar

Berdasarkan Lampiran 2.9d analisa Tukey pengaruh tingkat kematangan terhadap polyphenol biji kakao, polyphenol tertinggi (9.55 mg/g in GAE) diperoleh pada tingkat kematangan sedang, mengalami penurunan 14.3 % pada saat matang penuh (8.2 mg/g in GAE). Pada Lampiran 2.9e analisa Tukey pengaruh lama pemeraman terhadap polyphenol biji kakao. Terlihat bahwa polyphenol tertinggi (11.07 mg/g in GAE) diperoleh pada lama pemeraman 6 hari kemudian mengalami

penurunan sebesar 24.39 % pada pemeraman hari ke 3 (9 mg/g in GAE) dan turun sebesar 55.74 % pada pemeraman hari ke 0 dengan nilai 4.9 mg/g in GAE.

4. KESIMPULAN

Ditinjau dari tingkat kematangan, rata-rata polyphenol tertinggi adalah 9.55 mg/g in GAE diperoleh pada tingkat kematangan sedang dan mengalami penurunan 14.13 % pada saat kematangan penuh (rata-rata 8.2 mg/g in GAE). Ditinjau dari perlakuan lama pemeraman, polyphenol pada buah yang tidak diperam meningkat 83.67 % saat buah diperam 3 hari, kemudian meningkat 124.69 % saat buah kakao diperam selama 6 hari.

Ditinjau dari lama pemeraman, berat pulp terendah (32.55 g/100 g biji basah) diperoleh pada hari ke-5 pemeraman dan berat pulp tertinggi diperoleh pada buah tanpa pemeraman sebesar 45.14 g/100 g biji basah. Kadar air pulp tidak dipengaruhi oleh tingkat kematangan, lama pemeraman dan interaksi lama pemeraman dan tingkat kematangan.

Ditinjau dari lama pemeraman, total gula pulp tertinggi (8.818 %) diperoleh pada pemeraman 1 hari, kemudian terus menurun sampai pada pemeraman selama 6 hari (5.512 %). Tingkat kematangan tidak mempengaruhi total gula pulp kakao. Ditinjau dari lama pemeraman, sukrosa pulp tertinggi (0.768 %) diperoleh pada hari ke 1 pemeraman kemudian terus menurun sampai pada pemeraman hari ke 6 (0.377 %). Dilihat dari tingkat kematangan buah, sukrosa pulp tertinggi (0.667 %) diperoleh pada tingkat kematangan awal, kemudian menurun menjadi (0.534 %) pada tingkat kematangan sedang dan (0.578 %) pada tingkat kematangan penuh.

Berdasar pada perlakuan lama pemeraman, glukosa/fruktosa pulp tertinggi (8.1 %) diperoleh pada pemeraman 1 hari kemudian terus menurun sampai pada pemeraman 6 hari (5.113 %). Ditinjau dari perlakuan tingkat kematangan, glukosa/fruktosa pulp tertinggi (6.990 %) diperoleh pada tingkat kematangan penuh, sedangkan glukosa/fruktosa pulp terendah diperoleh pada tingkat kematangan sedang (6.617 %). pH pulp kakao tidak dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah, lama pemeraman dan interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman. Kadar air biji kakao tidak dipengaruhi oleh tingkat kematangan, lama pemeraman dan interaksi tingkat kematangan dan lama pemeraman.

Ditinjau dari lama pemeraman, berat biji kakao tertinggi (72.4 g/100 g biji basah) diperoleh pada hari ke 6 pemeraman dengan tingkat kematangan penuh, berat biji kakao terendah (54.19 g/100 g biji basah) diperoleh pada hari ke 0 pemeraman (buah tanpa pemeraman) dengan tingkat kematangan penuh. Tingkat kematangan dan interaksi kedua perlakuan tidak mempengaruhi berat biji kakao.

Pemeraman selama 6 hari sebelum fermentasi biji kakao dengan tingkat kematangan A2 menurunkan keasaman dan meningkatkan kandungan polifenol dan berat biji kakao. Kenaikan berat biji juga meningkatkan rendemen biji kakao. Oleh karena itu, pemeraman 6 hari dengan tingkat kematangan sedang (A2) dapat diterapkan pada industri pengolahan kakao, khususnya sebelum fermentasi biji kakao dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afoakwa, E. O. (2016). *Chocolate Science and Technology* (second). John Weley & Sons.Ltd. <https://zeabooks.com/book/chocolate-science-and-technology-2nd-edition/#download>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M. & Vieira, J. (2008). Modelling tempering behaviour of dark chocolates from varying particle size distribution and fat content using response surface methodology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 527–533. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.02.002>
- Afoakwa, E. O., Quao, J., & Budu, A. S. (2012). Influence of pulp-preconditioning and fermentation on fermentative quality and appearance of Ghanaian cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *International Food Research Journal*, 19(1), 127–133. <https://docplayer.net/24269032>
- Amoa-Awua, W., Madsen, M. T. J. (2006). *Quality Manual for Production and Primary Processing of Cocoa*. Food Research Institut, CSIR. <https://csirspace.foodresearchgh.site/handle/123456789/1248>
- AOAC. (2005). *Association of Official Analytical Chemist International* (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists (AOAC). https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis* (20th ed.). Association of Official Analytical Chemists (AOAC).

<https://www.yumpu.com/en/document/read/65659513/free-download-pdf-official-methods-of-analysis-of-aoac-international-20th-aoac-2016-gigapaper>

Aroyeun, S. O., Ogunbayo, J. O., & Olaiya, A. O. (2006). Effect of modified packaging and storage time of cocoa pods on the commercial quality of cocoa beans. *British Food Journal*, 108(2), 141–151. <https://doi.org/10.1108/00070700610644951>

Biehl, B., Meyer, B., Crone, G., & Pollmann, L (1989). Chemical and physical changes in the pulp during ripening and post- harvest storage of cocoa pods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 48, 189–208. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740480207>

Biehl, B., Meyer, B., & Said, M. Bin. (1990). Bean spreading: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 51(1), 35–45. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740510105>

Christova-Bagdassrian VL, Chohadjieva D, & Atanassova M. (2014). Total Phenolics and Total Flavonoids, Nitrate Contents and Microbiological Tests in Dry Extract of Bulgarian White Birch Leaves (*Betula pendula*). *International Journal of Advanced Research*, 2(6), 668–674. <http://www.journalijar.com>

Cooper, J. M. (2006). *Sucrose. Optimising Sweet Taste in Foods*. A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. <https://doi.org/10.1533/9781845691646.2.135>

Hanif, N., Langkong, J., & Syarifuddin, A. (2020). Characterization of chemical and volatile compounds in cocoa beans (*Theobroma cacao*) from highland and lowland areas of Bantaeng, South Sulawesi. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 3(2), 94–103. <https://doi.org/10.20956/canrea.v3i2.332>

Haryadi dan Supriyanto. (2017). *Teknologi Coklat* (Dewi (ed.); edisi kedu). Gadjah Mada University Press.

Hinne, M., Abotsi, E. E., Van de Walle, D., Tzompa-Sosa, D.A., Winne, A.D., Simonis, J., Messens, K., Durme, J.V., Afoakwa, E.O., Cooman, L.D., & Dewettinck, K. (2020). Pod storage with roasting: A tool to diversifying the flavor profiles of dark chocolates produced from ‘bulk’ cocoa beans? (Part II:

- Quality and sensory profiling of chocolates). *Food Research International*, 132, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109116>
- Hinne, M., Semanhyia, E., Van de Walle, D., Winne, A.D., Tzompa-Sosa, D.A., Scalone, G.L.L., De Meulenaer, B., Messens, K., Durme, J.V., Afoakwa, E.O., Cooman, L.D., & Dewettinck, K., (2018). Assessing the influence of pod storage on sugar and free amino acid profiles and the implications on some Maillard reaction related flavor volatiles in Forastero cocoa beans. *Food Research International*, 111, 607–620. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.064>
- Kou, X., Feng, Y., Yuan, S., Zhao, X., Wu, C., Wang, C., & Xue, Z. (2021). Different regulatory mechanisms of plant hormones in the ripening of climacteric and non-climacteric fruits: a review. In *Plant Molecular Biology*. <https://doi.org/10.1007/s11103-021-01199-9>
- Marrubini, G., Papetti, A., Genorini, E., & Ulrici, A., (2017). Determination of the Sugar Content in Commercial Plant Milks by Near Infrared Spectroscopy and Luff-Schoorl Total Glucose Titration. *Food Analytical Methods*, 10, 1556–1567. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0713-1>
- Meersman, E., Struyf, N., Kyomugasho, C., Kermani, Z.J., Santiago, J.S., Baert, E., Hemdane, S., Vrancken, G., Verstrepen, K.J., Courtin, C.M., Hendrickx, M., & Steensels, J., (2017). Characterization and Degradation of Pectic Polysaccharides in Cocoa Pulp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(44), 9726–9734. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b03854>
- Meyer, B., Biehl, B., Said, M., & Samarakoddy, R. J. (1989). Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 48, 285–304. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740480305>
- Nunes, C. S. O., Da Silva, M. L. C., Camilloto, G. P., Machado, B. A. S., Hodel, K. V. S., Koblitz, M. G. B., Carvalho, G. B. M., & Uetanabaro, A. P. T. (2020). Potential Applicability of Cocoa Pulp (*Theobroma cacao* L) as an Adjunct for Beer Production. *Scientific World Journal*. <https://doi.org/10.1155/2020/3192585>
- Petre, A. (2019). *What are Polyphenols? Types, Benefits, and Food Sources*.

<https://www.healthline.com/nutrition/polyphenols#benefit>

Pettipher, G. L. (1986). Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardised artificial cocoa pulp medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37, 297–309. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740370315>

Sakiroh, Taryono, & Setyastuti, P. (2018). Dynamics of Storage Materials in Cotyledon during Cocoa Seed Germination. *Agricultural Science*, 3, 12–20. <https://doi.org/10.22146/ipas.34594>

Starch Institut International. (2002). *Denmark International Standard: ISO 5377/ISI 28-le Determination of Reducing Sugar, DE by Luff Schoorl's Method*. Science Park Aarhus. <http://www.starch.dk/isi/methods/28luff.htm>

Sukendar, N. K., Tawali, A. B., Salengke, Syarifuddin, A., Mochtar, A. H., & Fakhrudin, A. (2019). Changes in Physical-Chemical Properties During The Fresh Cocoa Fermentation Process. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*. <https://doi.org/10.20956/canrea.v2i2.214>

Tresliyana, A., Suryana, & Fariyanti. (2014). Daya Saing Kakao Indonesia di Pasar Internasional. *Jurnal Manajemen Dan Agribisnis*, 12(2), 150–162. <https://doi.org/https://doi.org/10.17358/jma.12.2.150>

Wijaya, I. (2020). Indonesia Cocoa Bean in International Trade. *International Journal of Business, Economics and ...*, 1, 226–233. <https://doi.org/10.31295/ijbem.v3n1.250>

Zikria, V., Takahashi, K., & Maeda, K. (2019). International Competitiveness of Indonesia's Cocoa Sector: From the Viewpoint of Product Differentiation. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 64(2), 407–413. <https://doi.org/10.5109/2339037>