

Kajian Sifat Fisikokimia Cokelat Batang dengan Penambahan *Cocoa Butter Alternative* Hasil Gliserolisis Campuran Minyak Kelapa dan Palm Stearin

Widodo Cahyono Putro^{1*}, Edi Subroto², Rossi Indiar³

^{1,2,3}Teknologi Agroindustri Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Sumedang KM.21, Hegarmanah,
Kec. Jatinangor Kab. Sumedang Jawa Barat 45363

* *Corresponding author: widodowputro@gmail.com*

Abstrak

Cocoa Butter Alternative merupakan salah satu lemak pengganti CB, walaupun memiliki keistimewaan yang tidak sesuai dengan CB tetapi memiliki harga yang lebih murah. Lemak atau minyak yang dapat dijadikan sebagai alternative untuk pembuatan CBA adalah campuran dari minyak kelapa dan palm stearin, karena campuran minyak tersebut dapat diatur agar memiliki karakteristik melting dan fisiko kimiawi yang mendekati CB. Penelitian ini bertujuan memperoleh CBA yang kompatibilitas untuk produksi cokelat serta mendapatkan cokelat batang yang di sukai panelis. Parameter yang dianalisis adalah sintesis CBA dan karakteristik cokelat batang. Sintesis CBA menggunakan metode gliserolisis kimia. Produksi cokelat dengan proses conching dengan suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$, 4 jam. Analisis CBA melalui uji TLC, melting point dan slip menting point. Analisis kualitas cokelat melalui uji profil tekstur, PLM, Organoleptik, SEM, XRD, DSC dan FTIR. Produksi cokelat batang dengan 5 variasi penambahan CBA (0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%) Cocoa Butter Alternative terhadap Cocoa Butter pada pembuatan cokelat batang. Analisis terhadap karakteristik CBA dan cokelat menunjukkan bahwa CBA 2,5% yang berasal dari campuran minyak kelapa:palm stearin bersifat kompatibel dan dapat disubstitusikan pada produksi cokelat batang. Slip melting point (SMP) dan melting point (MP) cocoa butter alternative (CBA) rasio 60:40, campuran minyak kelapa dan palm stearin rasio 60:40 memiliki SMP dan MP yang mendekati cocoa butter. Profil pelelehan cocoa butter alternative 2,5% mendekati profil pelelehan cocoa butter. Penambahan cocoa butter alternative tidak menyebabkan peristiwa fat bloom dan CBA 2,5% memiliki mikrostruktur yang paling mirip dengan cokelat control. Penambahan CBA 2,5% tidak mengubah gugus fungsi senyawa cokelat. Penambahan CBA 2,5% memiliki *hardness* yang mendekati sampel control. CBA 2,5% memiliki warna, rasa, *handfeel*, *mouthfeel*, *sandy texture*, dan penerimaan keseluruhan yang paling disukai panelis.

Kata kunci: Cocoa butter, Cocoa butter alternative, Cokelat batang

Abstract

Cocoa Butter Alternative is a fat substitute for CB, although it has features that are not in accordance with CB but has a lower price. The fat or oil that can be used as an alternative for making CBA is a mixture of coconut oil and palm stearin, because the oil mixture can be adjusted so that it has melting and physico-chemical characteristics close to CB. This study aims to obtain CBA that is compatible for chocolate production and to obtain chocolate bars that are preferred by panelists. The parameters analyzed were the synthesis of CBA and the characteristics of the chocolate bar. CBA synthesis uses the chemical glycerolysis method. Chocolate production by conching process with temperature $\pm 50^{\circ}\text{C}$, 4 hours. CBA analysis through TLC test, melting point and slip menting point. Analysis of the quality of chocolate through texture profile tests, PLM, Organoleptic, SEM, XRD, DSC and FTIR. Chocolate bar production with 5 variations of CBA addition (0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10%) Cocoa Butter Alternative to Cocoa Butter in the manufacture of chocolate bars. Analysis of the characteristics of CBA and chocolate showed that 2.5% CBA derived from a mixture of coconut oil: palm stearin is compatible and can be substituted

for chocolate bar production. Slip melting point (SMP) and melting point (MP) cocoa butter alternative (CBA) ratio of 60:40, a mixture of coconut oil and palm stearin ratio of 60:40 has SMP and MP that are close to cocoa butter. The 2.5% alternative cocoa butter melting profile is close to the cocoa butter melting profile. The addition of alternative cocoa butter did not cause fat bloom and 2.5% CBA had the most similar microstructure to control chocolate. The addition of 2.5% CBA did not change the functional groups of the brown compound. The addition of 2.5% CBA has a hardness close to the control sample. CBA 2.5% had the color, taste, handfeel, mouthfeel, sandy texture, and overall acceptability that the panelists liked the most.

Keywords: Chocolate bars, Cocoa butter, Cocoa butter alternative

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan bahan baku primer dalam industri pengolahan kakao untuk menghasilkan produk seperti bubuk kaka, cokelat batang dan produk turunan lainnya yang banyak disukai konsumen di dunia. Pengolahan kakao yang dapat dipenuhi oleh industri dalam negeri tentunya akan menjadi nilai tambah bagi perekonomian Indonesia. (Kiyat *et al.*, 2018) *Cocoa Butter* (CB) adalah lemak padat dengan titik leleh 32-35° C, berwarna kuning cerah dari biji kakao atau *Theobroma Cacao*. CB di bawah suhu kamar keras dan rapuh, tetapi saat dimakan akan meleleh dengan rasa yang lembut di mulut (Cisse & Yemiscioglu, 2019). Terdapat beberapa kendala dalam penggunaan CB dalam produksi cokelat, antara lain pasokan biji kakao yang tidak menentu sebagai sumber CB, variabilitas dan kualitas yang kurang memadai dalam pengolahan CB, serta harga yang relatif mahal dan fluktuatif dibandingkan dengan lemak lainnya. Sementara permintaan dunia akan produk makanan cokelat terus meningkat. Alternatif penurunan harga produk pembuatan cokelat adalah dengan mensubstitusi CB dengan lemak nabati lain yang memiliki karakteristik sama atau mirip dengan CB (Palmieri & Hartel, 2019)

Cocoa Butter Alternative merupakan salah satu lemak pengganti CB, walaupun memiliki keistimewaan yang tidak sesuai dengan CB tetapi memiliki harga yang lebih murah. (Isyanti *et al.*, 2015) lemak atau minyak yang dapat sebagai alternative untuk pembuatan CBA adalah campuran dari minyak kelapa dan palm stearin, karena campuran minyak tersebut dapat diatur agar memiliki karakteristik melting dan fisiko kimiawi yang mendekati CB.

Indonesia kaya akan kelapa dan minyak sawit, sehingga dapat digunakan sebagai pengganti lemak nabati sebagai pelengkap CB. Minyak kelapa sawit (*palm oil*) dan minyak kelapa (*coconut oil*) memiliki kemampuan untuk digunakan sebagai

suplemen untuk CB yang lebih murah yang telah umum digunakan dalam produk coklat batang sehingga bisa dijadikan sebagai bahan utama pembuatan CBA dengan melihat kandungan di dalam minyak sawit dan minyak kelapa (Hasibuan *et al.*, 2020).

Berdasarkan pembahasan diatas, pada penelitian ini akan dilakukan percobaan pengaruh sifat fisiko kimia coklat batang dengan penambahan CBA hasil gliserolisis campuran minyak kelapa dan palm stearin agar menghasilkan coklat batang yang memiliki karakteristik baik. Selain itu dapat bermanfaat bagi tubuh. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik fisikokimia coklat batang dengan penambahan *Cocoa Butter Alternative* hasil gliserolisis campuran minyak kelapa dan palm stearin dan mengetahui kompatibilitas *Cocoa Butter Alternative* terhadap *Cocoa Butter* pada pembuatan coklat batang.

METODE

Penelitian dilakukan dengan dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dianalisis secara deskriptif. Penelitian pendahuluan dilakukan bertujuan untuk menentukan rasio campuran minyak kelapa dan palm stearin yang menghasilkan melting point mendekati CB yang akan di gunakan untuk penelitian utama. Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat CBA kaya monolaurin hasil gliserolisis campuran minyak kelapa dan palm stearin dengan masing – masing perbandingan 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 dan 40:60 Sampel tersebut dianalisis *melting point* dan *slip melting point*-nya untuk menentukan kualitas lemak yang mendekati karakteristik leleh CB. setelah lemak/minyak itu dibuat maka dianalisis titik lelehnya untuk kemudian dipilih rasio minyak kelapa: palm stearin yang menghasilkan titik leleh paling mendekati suhu tubuh yaitu 37°C. Rasio tersebut kemudian digunakan untuk penelitian utama yang dimulai dengan produksi CBA melalui gliserolisis kimiawi dalam sistem bebas pelarut untuk memproduksi CBA kaya monolaurin yang akan dijadikan sebagai bahan campuran pada pembuatan coklat batang.

Penelitian utama yang akan dilakukan merupakan kelanjutan dari penelitian pendahuluan yaitu sintesis atau produksi CBA kaya monolaurin melalui gliserolisis campuran minyak kelapa dan palm stearin, serta aplikasi CBA untuk pembuatan coklat batang. Tujuan dari penelitian utama adalah untuk mengetahui karakteristik fisiokimia coklat batang dengan penambahan CBA. Penelitian utama akan dilakukan dengan membuat coklat batang dengan konsentrasi CBA dengan variasi 0% (kontrol), 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% kemudian produk akan dilanjutkan dengan pengujian organoleptik

sehingga di dapat produk yang di sukai oleh konsumen. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari - Juli 2023 di Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan, Laboratorium Kimia Pangan, Laboratorium Keteknikan Panganm, Laboratorium Uji Sensori Fakultas Teknologi Industri Pertanian dan Laboratorium Central Universitas Padjadjaran. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan *Cocoa Butter Alternative* dan analisis antara lain Minyak kelapa dan Palm Stearin dari PT. Smart (Tbk, Indonesia), gliserol yang didapat dari merck KgaA (Darmstadt, Germany), larutan NaOH, asam nitrat, asam asetat, dietil eter, aquades, heksana, *Cocoa Butter Alternative* dan *Cocoa Butter*.

Alat penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas alat produksi dan instrument analisis. Alat produksi yang digunakan antara lain batang pengaduk, beaker glass, Erlenmeyer, cetakan coklat, conche, corong, gelas ukur, *hotplate stirrer* dan *magnetic bar*, kertas saring, kompor, kulkas, labu ukur, neraca digital, oven, pipa kapiler, pipet ukur, sendok, spatula, termometer, *thermocouple*, wadah masak (panci, *jar*), wadah simpan. Instrumen analisis yang digunakan antara lain *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), *Polarized Light Microscopy* (PLM), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Texture Profile Analyzer* (TPA), *Thin Layer Chromatography* (TLC), dan *X-ray Diffraction* (XRD) dan Uji hedonic.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan *Cocoa Butter Alternative* terhadap Profil Tekstur

Tabel 1. Profil tekstur coklat

| Perlakuan | Parameter Tekstur | | | | | |
|-----------|--------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------------|------------|
| | Hardness | Springiness | Cohesiveness | Gumminess | Chewiness | Resilience |
| 0% CBA | 3982.98 ±360.3 | 1±0.05 | 0.19±0.02 | 758.53 ±124.88 | 759.81 ±137.72 | 2.68±0.22 |
| 2,5% CBA | 1636.32 ±432.58 | 0.95±0.12 | 0.09±0.02 | 161.41 ±73.83 | 150.68 ±61.92 | 1.7±0.19 |
| 5% CBA | 1099.05 ±162.02 | 0.76±0.28 | 0.38±0.22 | 429.3 ±282.05 | 340.03 ±298.09 | 1.54±0.28 |
| 7% CBA | 582.38 ±336.81 | 0.87±0.1 | 0.44±0.07 | 267.68 ±186.49 | 220.5 ±128.19 | 1.44±0.32 |
| 10 % CBA | 373.43 ±181.6 | 0.91±0.11 | 0.31±0.04 | 122.6 ±65.09 | 106.84 ±52.72 | 1.04±0.2 |

Berdasarkan hasil pengamatan profil tekstur, terlihat bahwa semua parameter mengalami penurunan ketika *cocoa butter alternative* ditambahkan. Menurut penelitian sebelumnya (Limbarido *et al.*, 2017), penurunan nilai tekstur pada coklat yang ditambahkan dengan *cocoa butter alternative* berhubungan dengan komposisi asam lemak.

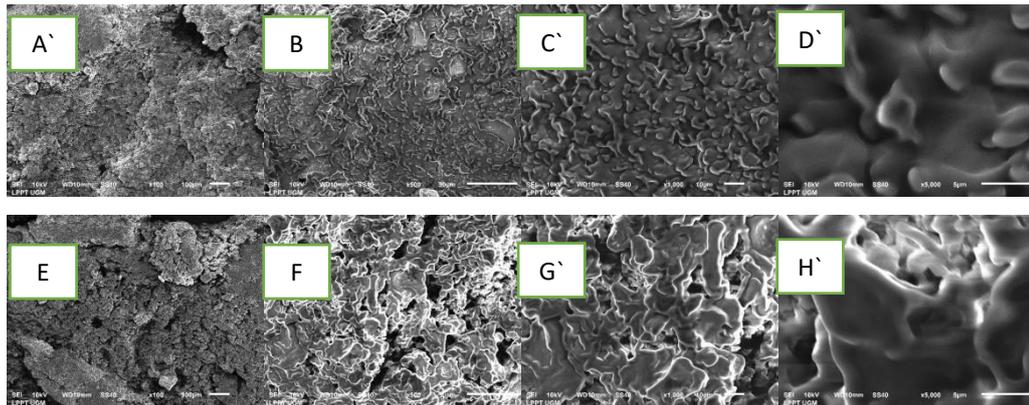
Kehadiran lebih banyak asam lemak tak jenuh, seperti asam laurat dalam *coconut stearin*, dapat menyebabkan penurunan profil tekstur secara umum pada cokelat atau ditandai dengan tekstur yang lebih lembut.

Hasil pengamatan profil tekstur menunjukkan bahwa penurunan nilai gumminess, chewiness, dan resilience berkaitan dengan penurunan hardness dan kemudahan pengunyahan dalam rongga mulut pada cokelat yang menggunakan *cocoa butter alternative* berbasis laurat. Komponen asam lemak tidak jenuh seperti asam laurat dalam coconut stearin juga mempengaruhi profil tekstur cokelat, dimana semakin banyak komponen asam lemak tidak jenuh, maka tekstur cokelat akan semakin rendah atau lebih lunak. Seluruh parameter tekstur saling berkaitan dan cenderung mengalami penurunan seiring dengan penambahan cocoa butter alternative berbasis laurat pada cokelat, termasuk SFC-nya. Namun, panelis masih dapat menerima tekstur cokelat dengan penambahan CBA sampai batas konsentrasi 2,5%, yang memiliki karakteristik tekstur paling mendekati cokelat tanpa CBA. Oleh karena itu, secara keseluruhan, profil tekstur cokelat mengalami penurunan seiring dengan penambahan *cocoa butter alternative*, dimulai dari *hardness* hingga *resilience*.

Pengaruh Penambahan *Cocoa Butter Alternative* terhadap Morfologi Permukaan Cokelat Batang

Hasil SEM berfungsi untuk melihat morfologi struktur cokelat kontrol maupun cokelat uji perlakuan 2,5% CBA. Morfologi cokelat kontrol dan cokelat uji perlakuan 2,5% CBA dapat dilihat pada Gambar 1. Metode SEM yang digunakan adalah pembesaran dimulai dari x100 kemudian kenaikan perbesaran menjadi x500, x1000 dan x5000. Scanning electron microscopy (SEM) adalah metode pengamatan mikroskopik yang menggunakan elektron untuk memperoleh gambar tiga dimensi dari permukaan suatu bahan. Dalam penelitian karakteristik fisiko-kimia cokelat, SEM dapat digunakan untuk mengukur distribusi jaringan cokelat.

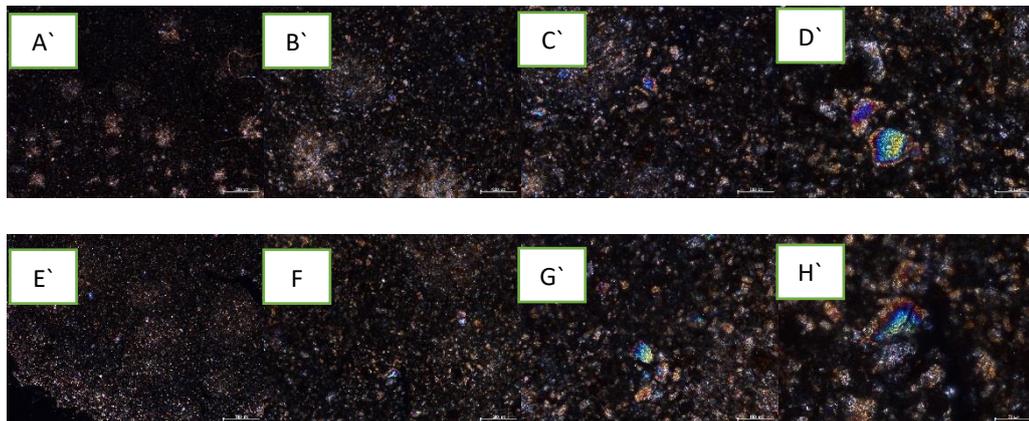
Berdasarkan Gambar 1 Cokelat uji perlakuan 2,5% CBA menampilkan distribusi jaringan kristal yang saling terhubung juga dan terdefinisi dengan cukup baik namun tidak serapat dan sehalus cokelat kontrol. Hal ini menandakan dengan adanya bahan tambahan berupa *cocoa butter alternative* dapat merubah struktur jaringan dalam cokelat batang namun hasilnya tidak terlalu signifikan.



Gambar 1. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Cokelat Kontrol pada pembesaran [A] x100, [B] x500, [C] x1000 dan [D] x5000 dan Cokelat Uji Perlakuan 2,5% CBA pada pembesaran [E] x100, [F] x500, [G] x1000 dan [H] x5000

Penambahan *cocoa butter alternative* dapat mempengaruhi distribusi partikel pada jaringan cokelat, seperti ukuran dan bentuk partikel (S  n  chal *et al.*, 2007). Dalam hal ini, jika *cocoa butter alternative* memiliki ukuran partikel yang berbeda dengan *cocoa butter* asli, maka hal ini dapat mempengaruhi homogenitas jaringan cokelat dan menyebabkan pembentukan jaringan yang tidak merata. Selain itu, *cocoa butter alternative* juga memiliki komposisi kimia yang berbeda dari *cocoa butter*, dan ini dapat mempengaruhi sifat fisik cokelat, seperti titik leleh, kekentalan, dan tekstur.

Analisis Pengaruh Penambahan *Cocoa Butter Alternative* terhadap Mikrostruktur Kristal Cokelat Batang



Gambar 2. Hasil Pemindaian Polarized Light Microscopy Cokelat Kontrol pada pembesaran [A] x4, [B] x10, [C] x20, [D] x40 dan Cokelat Uji Perlakuan 2,5% CBA pada pembesaran [E] x4, [F] x10, [G] x20 dan [H] x40

Hasil analisis pemindaian gambar mikrostruktur pada cokelat kontrol dengan penambahan CBA sebanyak 2,5% pada Gambar 2.

Mikrograf PLM pada Gambar 2 menunjukkan bahwa cokelat control maupun cokelat uji perlakuan 2,5% CBA mengalami polarisasi yang ditandai dengan area terang, menandakan polarisasi pada kristal penyusun cokelat. Berdasarkan hasil analisis mikrograf PLM, seluruh sampel cokelat memiliki bentuk kristal spherulite dan cokelat uji perlakuan 2,5% CBA memiliki lebih banyak fase kristal gula dan lemak yang terpolarisasi dan semakin kecil ukuran kristal dengan jumlah kristal yang semakin banyak. Hasil ini sejalan dengan hasil riset (Afoakwa *et al.*, 2009b) sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin tinggi komponen lemak dalam suatu matriks cokelat, susunan kristalin yang terbentuk akan berkurang kekompakannya, penurunan interaksi antar partikel dan penambahan ruang kosong antar kristal. Meskipun demikian, penambahan CBA sebanyak 0,25% pada cokelat tidak mempengaruhi secara signifikan mikrostruktur cokelat, seperti yang ditunjukkan oleh tidak terjadinya fat bloom pada cokelat. Analisis PLM mengkonfirmasi hasil tersebut, bahwa penambahan CBA pada cokelat tidak menghasilkan perubahan signifikan pada mikrostruktur cokelat.

Pengaruh Penambahan *Cocoa Butter Alternative* terhadap Organoleptik

Cokelat yang diuji adalah coklat yang terbuat dari minyak kelapa dan palm stearin, gliserol, larutan NaOH, asam nitrat, asam asetat, dietil eter, aquades, heksana, *cocoa butter alternative* dan *cocoa butter* asli. Pengujian organoleptik ini mempunyai 20 orang panelis dengan 5 tingkat penilaian angka 1 berarti sangat tidak suka, angka 2 berarti tidak suka, angka 3 berarti netral, angka 4 berarti suka dan angka 5 berarti sangat suka. Atribut uji organoleptik meliputi warna, aroma, rasa, tekstur (*hardness*), *mouthfeel*, tekstur berpasir dan penerimaan secara keseluruhan. Berikut merupakan penilaian oleh panelis berdasarkan uji organoleptik.

Warna

Perlakuan 5% CBA paling disukai oleh panelis dengan nilai rata-rata sebesar 4,3, diikuti oleh perlakuan 0% CBA, 7% CBA dan 10 % CBA dengan nilai rata rata 3,7. Pada dasarnya warna cokelat yang cukup mengkilap berasal dari proses tempering yang optimal. Menurut Minifie & Bernard (1989), tujuan dari tempering adalah untuk mengubah bentuk kristal lemak sehingga menghasilkan lemak yang lebih stabil saat penyimpanan. Cokelat yang tidak melalui proses tempering dapat mempengaruhi kualitas produk seperti mudah meleleh, terjadi blooming dan memiliki warna yang kurang jelas. Suhu tempering yang

rendah dapat menghasilkan warna yang terlalu kemerahan, sementara suhu yang terlalu tinggi akan membuat warna menjadi lebih gelap sehingga tidak diterima oleh sebagian besar konsumen. Warna coklat sangat dipengaruhi oleh suhu dan waktu dalam proses tempering (Afoakwa *et al.*, 2010).

Aroma

Perlakuan 2,5% CBA paling disukai oleh panelis dengan nilai rata-rata sebesar 3,8, diikuti oleh perlakuan 0% CBA dan 5% CBA dengan nilai rata rata 3,65 dan 3,55. Biji coklat kaya akan peptide dan asam amino, ini merupakan precursor aroma coklat (Jalil *et al.*, 2008). Aroma coklat dipengaruhi oleh kandungan bahan tambahan didalamnya seperti susu atau zat penambah citarasa maupun aroma (Ramlah & Sitti, 2016). Dalam produk coklat yang diuji oleh panelis tidak menggunakan bahan penambah citarasa maupun aroma tersebut sehingga hasil yang diperolehpun tidak memiliki perbedaan yang nyata.

Rasa

Perlakuan 2,5% CBA paling disukai oleh panelis dengan nilai rata-rata sebesar 3,85, diikuti oleh perlakuan 5% CBA dan 10 % CBA dengan nilai rata rata 3,4 dan 3,3. Rasa yang terkandung dalam coklat dipengaruhi oleh bahan pembuat coklat. Citarasa coklat sangat ditentukan oleh faktor fermentasi dan pengeringan biji kakao. Selama fermentasi akan terbentuk senyawa precursor citarasa, memperbaiki warna, mengurangi rasa sepat dan pahit. Senyawa precursor tersebut akan mengembang pada saat penyangraian. Kompleksitas citarasa coklat terdiri dari ratusan komponen yang sangat spesifik dan tidak bisa digantikan oleh sumber lain. Rasa khas coklat tidak lain adalah suatu kombinasi yang seimbang dari rasa dasar pahit, asam, dan manis yang tersusun dari komponen-komponen unik dalam coklat (Jinap *et al.*, 1994).

Tekstur (*Hardness*)

Perlakuan 2,5% CBA dan 7% CBA paling disukai oleh panelis dengan nilai rata-rata sebesar 3,65, diikuti oleh perlakuan 274 dengan nilai rata rata 3,6. Proses produksi coklat batang, tekstur sangat dipengaruhi oleh kondisi tempering, pencampuran bahan-bahan, dan suhu pemanasan (Osakabe *et al.*, 2008). Kelembutan coklat dapat ditingkatkan dengan menambahkan lemak seperti *cocoa butter* atau minyak kelapa, sedangkan kerasnya coklat dapat dikurangi dengan menambahkan air.

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tekstur coklat batang, seperti suhu penyimpanan, kelembaban, dan pengaruh oksidasi. Coklat yang disimpan pada suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mempengaruhi tekstur coklat, sehingga perlu

diperhatikan dengan baik (Haq *et al.*, 2015). Kelembaban yang terlalu tinggi juga dapat membuat cokelat menjadi lebih lunak dan mudah pecah. Oksidasi juga dapat mempengaruhi tekstur cokelat, sehingga perlu diterapkan teknik penyimpanan yang tepat (Caboni & Pellegrini, 2008).

***Mouthfeel* (tektur saat dimulut)**

Perlakuan 2,5% CBA paling disukai oleh panelis dengan nilai rata-rata sebesar 3,55, diikuti oleh perlakuan 7,5% dengan nilai rata rata 3,45. Mouthfeel cokelat batang dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu tekstur, kelembutan, dan kekenyalan. Tekstur cokelat batang yang halus dan lembut memberikan sensasi yang lebih nyaman saat dikunyah, sedangkan cokelat batang yang kasar dan keras dapat memberikan sensasi yang tidak nyaman. Secara keseluruhan, mouthfeel cokelat batang merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan kualitas dan preferensi konsumen terhadap cokelat batang. Oleh karena itu, produksi cokelat harus memperhatikan faktor-faktor tersebut saat menentukan formulasi dan proses produksi cokelat batang.

Tekstur Berpasir (*Sandy Texture* saat dimulut)

Perlakuan 2,5% CBA memiliki nilai tertinggi nilai rata-rata sebesar 3,65. *Sandy texture* dapat mempengaruhi kualitas dan kenyamanan saat mengonsumsi cokelat batang. Ini karena tekstur kasar dapat menimbulkan sensasi tidak nyaman saat dikonsumsi. Hal ini juga dapat mempengaruhi kualitas sensori cokelat batang, seperti aroma, rasa, dan warna. *Sandy texture* dapat mempengaruhi kepuasan konsumen dan menurunkan preferensi mereka terhadap produk cokelat batang.

Untuk mengatasi masalah *sandy texture* pada cokelat batang, perlu dilakukan berbagai tindakan. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah memastikan bahwa proses pengolahan cokelat batang dilakukan dengan baik dan bahan-bahan yang digunakan dalam produksi cokelat terlarut dengan baik. Selain itu, penambahan bahan-bahan yang dapat membantu mengatasi *sandy texture* seperti emulsifier atau *stabilizer* dapat juga menjadi solusi. Penting untuk mengontrol kualitas bahan-bahan yang digunakan dalam produksi cokelat batang untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki tekstur yang baik dan nyaman saat dikonsumsi (Gelibter & Roth, 2010).

Penerimaan Secara Keseluruhan

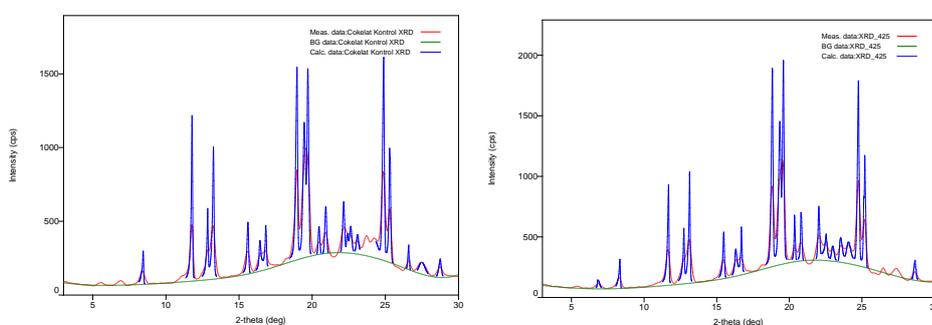
Perlakuan 2,5% memiliki tingkat penerimaan yang sangat tinggi yaitu sebesar 3,75 dibandingkan dengan perlakuan 10% CBA yang cukup rendah yaitu 2,65. Ringkasan pertimbangan panelis mengenai penerimaan secara keseluruhan cokelat uji ialah sebagai

berikut: Rasa sesuai dengan *dark chocolate* pada umumnya. Namun perbedaan tekstur menjadi salah satu faktor penilai, dapat menggunakan kombinasi lemak atau gula untuk memberikan tekstur yang dibutuhkan.

Berdasarkan hasil dari penilaian panelis bahwa cokelat uji dengan perlakuan 2,5% CBA ialah cokelat terbaik dalam uji organoleptik maupun penerimaan secara keseluruhan, maka cokelat uji dengan perlakuan 2,5% CBA atau dengan penambahan *cocoa butter alternative* sebanyak 2,5% dan perlakuan kontrol atau cokelat dengan tanpa penambahan *cocoa butter alternative* dilakukan uji lanjutan mengenai karakteristik fisikokimia untuk dibandingkan.

Pengaruh Penambahan *Cocoa Butter Alternative* terhadap Profil *Melting* Cokelat Batang

Sudut difraksi sinar -X serta pola difraksi atau X-ray Diffraction cokelat uji dengan perlakuan kontrol atau tanpa penambahan *cocoa butter alternative* dan perlakuan 2,5% CBA atau dengan penambahan *cocoa butter alternative* sebanyak 2,5% dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan analisis sudut difraksi dan pola difraksi tersebut cokelat kontrol menunjukkan puncak kuat pada $19,69^\circ$ (2θ) dengan tinggi 934 dan d-spacing 4.5050 \AA , puncak kecil terjadi pada $8,43^\circ$ (2θ) dan puncak melebar pada $24,88^\circ$ (2θ). Sedangkan untuk coklat 2,5% CBA puncak kuat pada $19,592^\circ$ (2θ) dengan tinggi 1207 dan d-spacing 4.5274 \AA , puncak kecil terjadi pada $8,33^\circ$ (2θ) dan puncak melebar pada $24,75^\circ$ (2θ).



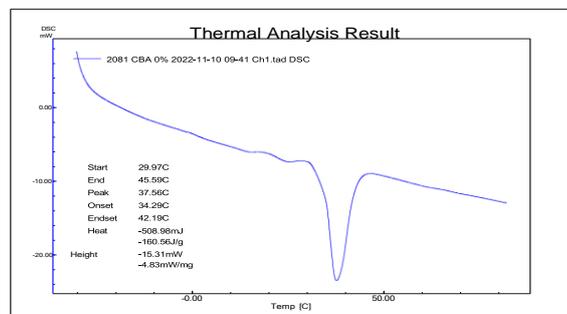
Gambar 3. Pola Difraksi X-Ray Cokelat Kontrol (kiri) dan Cokelat 2,5% CBA (kanan)

Kurva pola difraksi sinar-X cokelat control maupun cokelat 2,5% CBA memiliki puncak yang tajam dan tinggi di beberapa sudut. Hal tersebut menunjukkan bahwa cokelat control maupun cokelat 2,5% CBA memiliki fasa kristalin. Kristalin adalah suatu bentuk organisasi molekul yang beraturan pada suhu dan tekanan tertentu. Dalam hal cokelat, kristalin adalah bagian penting dari tekstur cokelat. Kristalin pada cokelat terdiri dari molekul-molekul lemak (seperti *cocoa butter* atau ghee) yang membentuk suatu struktur

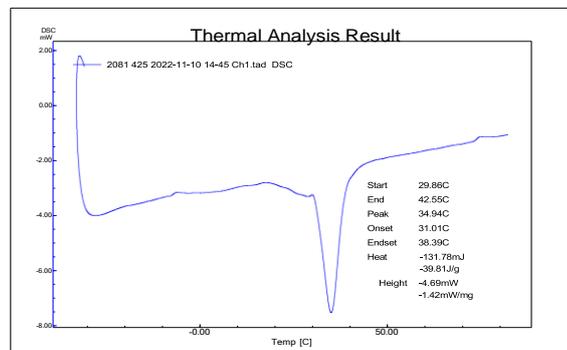
yang teratur. Menurut Guinard (2010), ada beberapa jenis kristalin yang ditemukan pada coklat, seperti kristalin beta prime, kristalin V, dan kristalin VI. Masing-masing jenis kristalin memiliki sifat dan tekstur yang berbeda. Kristalin beta prime misalnya, memiliki tekstur yang lembut dan memiliki sifat yang lebih stabil dalam hal perubahan suhu dibandingkan dengan kristalin lainnya.

Cokelat yang memiliki bentuk polimorfik V dan VI dan memiliki titik leleh pada suhu antara 34-36°C merupakan coklat berkualitas yang memiliki sensasi meleleh di mulut dan dapat stabil pada suhu ruang. Sebaliknya, bentuk polimorfik IV tidak memiliki kemampuan untuk mengkristal dalam bentuk yang berbeda dan lebih tidak stabil pada suhu ruang (Temelli, 2010).

Pengaruh Penambahan *Cocoa Butter Alternative* terhadap Profil Panas menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)



Gambar 4. Grafik DSC coklat kontrol



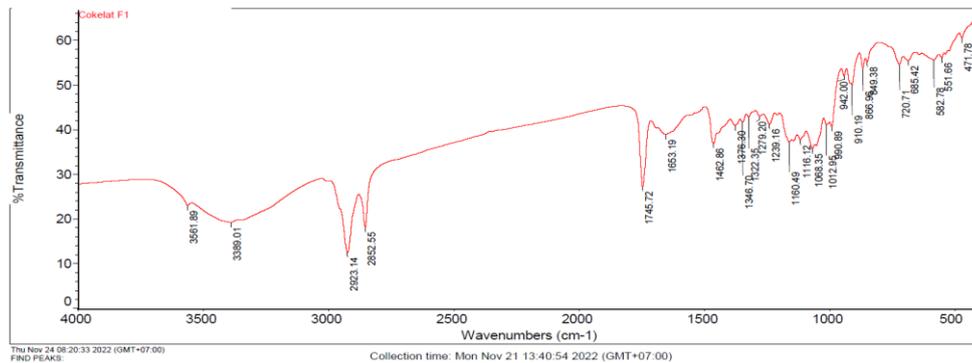
Gambar 5. Grafik DSC coklat uji perlakuan 2,5% CBA

Dapat dilihat pada Gambar 4. dan Gambar 5 terdapat perbedaan titik leleh pada coklat kontrol dengan coklat uji perlakuan 2,5% CBA atau coklat dengan penambahan CBA sebanyak 2,5%. Pada coklat kontrol titik leleh berada pada suhu 37,56 °C yang menunjukkan sudah masuk ke bentuk polimorf ke VI. Sedangkan pada Cokelat dengan penambahan CBA sebanyak 2,5% titik leleh berada pada suhu 34,94 °C yang menunjukkan

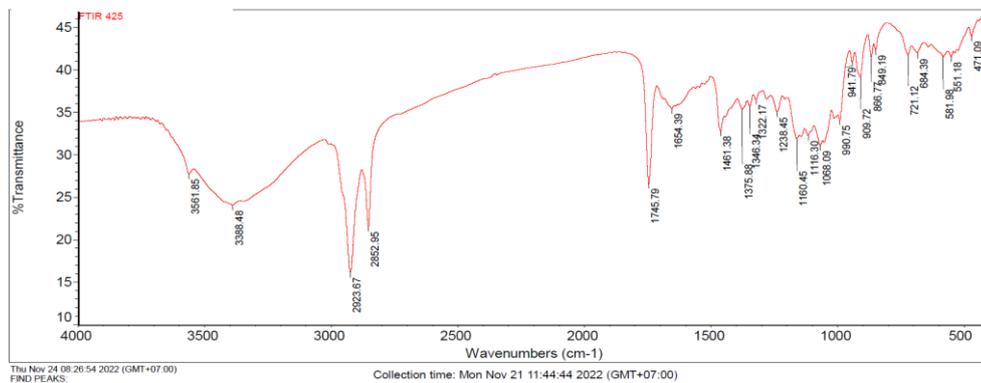
masuk kedalam bentuk polimorf ke V. Penambahan *cocoa butter alternative* pada coklat batang dapat mempengaruhi profil suhu dan entalpi pada suhu leleh. Meskipun *Cocoa butter alternative* cukup mirip dengan *cocoa butter* asli, *cocoa butter alternative* memiliki sifat fisiko-kimia yang berbeda dari *cocoa butter*, sehingga dapat mempengaruhi proses kristalisasi dan distribusi jaringan pada coklat. Penambahan *cocoa butter alternative* yang tidak sesuai, akan menyebabkan coklat menjadi kurang stabil dan mengalami perubahan tekstur yang tidak diinginkan.

Pengaruh Penambahan *Cocoa Butter Alternative* terhadap Gugus Fungsi Pada Cokelat Batang

Hasil analisis FTIR coklat kontrol dan coklat uji perlakuan 2,5% CBA dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14 serta perbandingan absorbansinya dapat dilihat pada Tabel 11. Rasio absorbansi pada bilangan gelombang 1745,72 dan 1745,79 cm^{-1} . Rasio absorbansi pada analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) adalah perbandingan intensitas absorbansi pada dua frekuensi spesifik dalam spektrum inframerah (Mehdizadeh & Aminlari). Dalam analisis FTIR, rasio absorbansi dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu bahan kimia dalam sampel.



Gambar 6. Analisis FTIR coklat kontrol



Gambar 7. Analisis FTIR coklat 2,5% CBA

Hasil analisis FTIR yang dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 17 memiliki pola dan nilai yang tidak berbeda jauh antara cokelat kontrol dan cokelat uji perlakuan 2,5% CBA. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *cocoa butter alternative* sebanyak 2,5% pada cokelat uji perlakuan 2,5% CBA tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan fisikokimia dan struktur cokelat. Terdapat perbedaan pada nilai rasio pada cokelat kontrol dan cokelat uji perlakuan 2,5% CBA, namun perbedaan yang terjadi tidaklah signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan cokelat kontrol dan cokelat uji perlakuan 2,5% CBA tidak berbeda secara signifikan pada sifat fisikokimianya. Menurut Hashimoto *et al.* (2018), dalam analisis FTIR cokelat dengan penambahan *cocoa butter alternative*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Cokelat dengan penambahan CBA sebanyak 2,5% merupakan cokelat yang paling disukai oleh panelis berdasarkan uji organoleptic dan penerimaan secara keseluruhan. Karakteristik fisikokimia cokelat dengan penambahan CBA sebanyak 2,5% tidak berbeda nyata dengan karakteristik fisikokimia cokelat kontrol, hanya berbeda pada bentuk polimorf. Cokelat dengan penambahan CBA sebanyak 2,5% berada pada polimorf ke V sedangkan cokelat kontrol berada pada polimorf ke VI. Penambahan *cocoa butter alternative* dapat ditambahkan didalam pembuatan cokelat batang dengan tanpa perbedaan yang nyata pada hasil akhir produk cokelat batang.

Saran

Disarankan untuk menggunakan *cocoa butter alternatif* tidak lebih dari 2,5% dalam pembuatan cokelat batang dikarenakan jika melebihi batas tersebut akan memungkinkan merubah sifat fisikokimia dan penilaian konsumen pada hasil akhir cokelat batang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan Tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik moril maupun materil, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Edy Subroto, S.TP., M.P, Ketua Komisi Pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan, masukan, pengarahan serta penjelasan kepada penulis selama penyusunan proposal usulan penelitian.
2. Dr. Rossi Indiarso, S.TP., M.P, Anggota Komisi Pembimbing yang telah memberikan arahan, saran dan masukan selama bimbingan tesis ini.

3. Dr. Dwi Rustam Kendarto, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Pendidikan Magister Teknologi Agroindustri, Fakultas Teknologi Industri Pertanian atas dukungannya.
4. Seluruh Dosen, laboran, dan karyawan Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran atas bimbingan dan bantuannya
5. Keluarga Tercinta, Istri, Ibu, Bapak, Nenek, Kakek dan Adik, Terimakasih atas segala kasih sayang, cinta, do'a, perhatian dan selalu memberikan semangat kepada penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, A. R. (2018). KAJIAN SIFAT ANTIBAKTERI EMULSIFIER MONOLAURIN YANG DIHASILKAN DARI REAKSI KIMIAWI DAN ENZIMATIS. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 1(2), 93.
- Arfah, M., Mappiratu, & Rajak, A. (2015). Optimasi Reaksi Esterifikasi Asam Laurat dengan Metanol Menggunakan Katalis Asam Sulfat Pekat. *Jurnal of Natural Science*, 4(1), 46–55.
- Assah, Y. F., Riset, B., Manado, I., Diponegoro, J., & Utara, S. (2017). VARIASI CAMPURAN LEMAK PADAT DAN VIRGIN COCONUT OIL PADA PEMBUATAN MENTEKA PUTIH MIXING VARIATIONS OF SOLID VEGETABLE FAT AND VIRGIN COCONUT OIL IN THE MAKING OF SHORTENING Sulawesi Utara merupakan daerah Data statistik menunjukkan Luas Tanaman lemak pada. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 9(2), 141–148.
- Awudzi, G. K., Hadley, P., Hatcher, P. E., & Daymond, A. J. (2020). Mirid feeding preference as influenced by light and temperature mediated changes in plant nutrient concentration in cocoa. *Annals of Applied Biology*, aab.12636.
- Birnie-Gauvin, K., Peiman, K. S., Larsen, M. H., Aarestrup, K., Gilmour, K. M., & Cooke, S. J. (2018). Comparison of vegetable shortening and cocoa butter as vehicles for cortisol manipulation in *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology*, 92(1), 229–236.
- Biswas, N., Cheow, Y. L., Tan, C. P., & Siow, L. F. (2017). Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *LWT - Food Science and Technology*, 82, 420–428.
- Dian, H., & Dedy, R. (2016). The Quality of Milk Chocolate Bars by Substitution of Cocoa Butter, Milk The Quality of Milk Chocolate Bars by Substitution of Cocoa Butter, Milk Powder and Lecithin Soya – A Preliminary Study. (November).
- Diao, X., Guan, H., Kong, B., & Zhao, X. (2017). Preparation of diacylglycerol from lard by enzymatic glycerolysis and its compositional characteristics. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(6), 813–822.
- Felizardo, P., MacHado, J., Vergueiro, D., Correia, M. J. N., Gomes, J. P., & Bordado, J. M. (2011). Study on the glycerolysis reaction of high free fatty acid oils for use as biodiesel feedstock. *Fuel Processing Technology*, 92(6), 1225–1229.
- García Martín, J. F., Carrión Ruiz, J., Torres García, M., Feng, C. H., & Álvarez Mateos, P. (2019). Esterification of free fatty acids with glycerol within the biodiesel production framework. *Processes*, 7(11).

- Ghani, N. A. A., Channip, A. A., Chok Hwee Hwa, P., Ja'afar, F., Yasin, H. M., & Usman, A. (2018). Physicochemical properties, antioxidant capacities, and metal
- Hamed, H., Razavi-Rohani, S. M., & Gandomi, H. (2014). Combination effect of essential oils of some herbs with monolaurin on growth and survival of listeria monocytogenes in culture media and cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 304–310.
- Hasibuan, H. A., & Hardika, A. P. (2015). Formulasi Margarin dan Cokelat Tabur Berbahan Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit menjadi Produk Olesan untuk Roti Tawar. *Journal of Agro-Based Industry*, 32(2), 45–50.
- Hasibuan, H. A., & Ijah, I. (2018). Enzimatis Esterifikasi Menggunakan Lipase Antara Asam Lemak Sawit Destilat Dan Gliserol Untuk Sintesis Triasilgliserol. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 34(2), 58.
- Hasibuan, H. A., Lestari, E., & Lubis, N. N. (2020). Pembuatan Cokelat Dark dan Cokelat White Berbahan Cocoa Butter Substitute. *Warta Industri Hasil Pertanian*, 37(1), 48.
- Idris, N. A., Lau, H. L. N., Wafti, N. S. A., Mustaffa, N. K., & Loh, S. K. (2021). Glycerolysis of Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) as Biodiesel Feedstock Using Heterogeneous Catalyst. *Waste and Biomass Valorization*, 12(2), 735–744.
- Isyanti, M., Sudiby, A., Supriatna, D., & Suherman, H. (2015). Penggunaan Berbagai Cocoa Butter Substitute (CBS) Hasil Hidrogenasi dalam Pembuatan Cokelat Batangan. *Warta IHP/ Journal of Agro-Based Industry*, 32(1), 33–44.
- Jin, Y., Yuan, Y., Gao, L., Sun, R., Chen, L., Li, D., & Zheng, Y. (2017). Characterization and functional analysis of a type 2 diacylglycerol acyltransferase (DGAT2) gene from oil palm (*elaeis guineensis jacq.*) mesocarp in *saccharomyces cerevisiae* and transgenic *arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*, 8(October), 1–10.
- Karouw, S., Santosa, B., & Maskromo, I. (2019). TEKNOLOGI PENGOLAHAN MINYAK KELAPA DAN HASIL IKUTANNYA / Processing Technology of Coconut Oil and Its By Products. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 38(2), 86.
- Kiyat, W. El, Monica, A., Qomariyah, N., & Manurung, B. S. (2018). Enzymes Involving in Chocolate Processing. *Enzymes Involving in Chocolate Processing*, 6(1), 1–6.
- Lončarević, I., Pajin, B., Tumbas Šaponjac, V., Petrović, J., Vulić, J., Fištes, A., & Jovanović, P. (2019). Physical, sensorial and bioactive characteristics of white chocolate with encapsulated green tea extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(13), 5834–5841.
- Mahlia, T. M. I., Ismail, N., Hossain, N., Silitonga, A. S., & Shamsuddin, A. H. (2019). *Palm oil and its wastes as bioenergy sources: a comprehensive review*. Environmental Science and Pollution Research.
- Melwita, E., Ayu, M., & Rahmi, P. (2015). Reaksi gliserolisis palm fatty acid distillate (PFAD) menggunakan co-solvent etanol untuk pembuatan emulsifier. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2), 15–23.
- Miyasaki, E. K., Santos, C. A. dos, Vieira, L. R., Ming, C. C., Calligaris, G. A., Cardoso, L. P., & Gonçalves, L. A. G. (2016). Acceleration of polymorphic transition of

cocoa butter and cocoa butter equivalent by addition of α -limonene. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(5), 716–723.

- Naeli, M. H., Farmani, J., & Zargaraan, A. (2016). RHEOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL MODIFICATION OF TRANS -FREE BLENDS OF PALM STEARIN AND SOYBEAN OIL BY CHEMICAL INTERESTERIFICATION. (Ldl).
- Nda-Umar, U. I., Ramli, I., Taufiq-Yap, Y. H., & Muhamad, E. N. (2019). An overview of recent research in the conversion of glycerol into biofuels, fuel additives and other bio-based chemicals. *Catalysts*, 9(1).
- Palmieri, P. A., & Hartel, R. W. (2019). Crystallization of Cocoa Butter in Cocoa Powder. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 96(8), 911–926.
- Pitt, F. D., Domingos, A. M., & Barros, A. A. C. (2019). Purification of residual glycerol recovered from biodiesel production. *South African Journal of Chemical Engineering*, 29(June), 42–51.
- Prasetyo, A. E., Widhi, A., & Widayat, W. (2012). POTENSI GLISEROL DALAM PEMBUATAN TURUNAN GLISEROL MELALUI PROSES ESTERIFIKASI. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), 26.
- Pratiwi, E., & Sinaga, F. M. (2018). Konversi Gliserol dari Biodiesel Minyak Jelantah dengan Katalisator KOH. *Jurnal Chemurgy*, 1(1), 9.
- Ramlah, S. (2016). KARAKTERISTIK MUTU DAN CITARASA COKELAT KAYA POLIFENOL. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 11(1), 23–32.
- Riskania, N. N., Wahyuni, S., Pertanian, F. I., & Oleo, U. H. (2017). N-Asetilglukosamin Dari Kulit Udang. 2(4), 709–715.
- Shilling, M., Matt, L., Rubin, E., Visitacion, M. P., Haller, N. A., Grey, S. F., & Woolverton, C. J. (2013). Antimicrobial effects of virgin coconut oil and its medium-chain fatty acids on clostridium difficile. *Journal of Medicinal Food*, 16(12), 1079.
- Siregar, H. A., Rahmadi, H. Y., Wening, S., & Suprianto, E. (2018). Komposisi Asam Lemak Dan Karoten Kelapa Sawit Elaeis Oleifera, Interspesifik Hibrida, Dan Pseudo-Backcross Pertama Di Sumatra Utara, Indonesia. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 26(2), 91–101.
- Subandrio, S. (2018). APLIKASI PROSES TEMPERING UNTUK OPTIMASI TITIK LELEH COKELAT HITAM PRODUK PENGOLAHAN PINTAS. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(3), 262–268.
- Subroto, E. and Indiarto, R. (2020). Bioactive monolaurin as an antimicrobial and its potential to improve the. 4(6), 2355–2365.
- Subroto, E., & Hidayat, C. (2008). Interesterification of Fish Oil with Lauric Acid for the Synthesis of Structured Lipid. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 19(2), 105–112.
- Subroto, E., Supriyanto, Utami, T., & Hidayat, C. (2019). Enzymatic glycerolysis–interesterification of palm stearin–olein blend for synthesis structured lipid containing high mono- and diacylglycerol. *Food Science and Biotechnology*, 28(2), 511–517.

- Supardan, D., Meldasari, Y., & Annisa, Y. (2015). Glycerolysis for Lowering Free Fatty Acid of Waste Cooking Oil. Proceedings of The 5 Th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah) 2015 In Conjunction with The 8th International Conference of Chemical Engineering on Science and Applications (ChESA) 2015 September 9-11, 2015, Banda Aceh, Indo, 38–43.
- Sutrisno, A. D. (2018). Karakteristik Cokelat Filling Kacang Mete Yang Dipengaruhi Jenis Dan Jumlah Lemak Nabati. *Pasundan Food Technology Journal*, 5(2), 91.
- Sytar, O., Cai, Z., Brestic, M., Kumar, A., Prasad, M. N. V., Taran, N., ... Faculty, A. (2013). Accepted Article. October, 1–30.
- Tambun, R., Saptawaldi, R. P., Nasution, M. A., & Gusti, O. N. (2016). Pembuatan Biofuel dari Palm Stearin dengan Proses Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis ZSM-5. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(1), 46.
- Tapah, B. F., Santos, R. C. D., & Leeke, G. A. (2014). Processing of glycerol under sub and supercritical water conditions. *Renewable Energy*, 62, 353–361.
- Tarigan, E. B., Towaha, J., Iflah, T., & Pranowo, D. (2017). SUBSTITUSI LEMAK KAKAO DENGAN MINYAK DARI INTI KELAPA SAWIT DAN KELAPA TERHIDROGENASI UNTUK PRODUK COKELAT SUSU / Substitution of Cocoa Butter with Hydrogenated Oil From Palm Kernel and Coconut for Milk Chocolate Product. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 22(4), 167.
- Tri Lestari, K. A., Simpen, I. N., & Santi, S. R. (2017). OPTIMASI RASIO MOLAR DAN WAKTU REAKSI PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI MALAPARI (*Pongamia Pinnata* L.) DENGAN KATALIS ABU SEKAM PADI TERMODIFIKASI LITIUUM. *CAKRA KIMIA. Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, 5(1), 43.
- Wadihin, Tamrin, & Danggi, E. (2017). Pengaruh bahan penyusun produk cokelat batangan terhadap waktu leleh dan uji organoleptic. 2(1), 285–297.
- Wahyuni, S., Pertanian, F., Oleo, U. H., Perikanan, T. H., & Oleo, U. H. (2019). KAJIAN PENGEMBANGAN FORMULASI PRODUK MINUMAN SERBUK DARI RUMPUT LAUT *Sargassum* sp : STUDI KEPUSTAKAAN. 4(3), 2264–2271.
- Wan Isahak, W. N. R., Che Ramli, Z. A., Ismail, M., Jahim, J. M., & Yarmo, M. A. (2015). Recovery and purification of crude glycerol from vegetable oil transesterification. *Separation and Purification Reviews*, 44(3), 250–267.
- Wang, L., Wang, Y., Hu, C., Cao, Q., Yang, X., & Zhao, M. (2011). Preparation of diacylglycerol-enriched oil from free fatty acids using lecithase ultra-catalyzed esterification. *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(10), 1557–1565.
- Widaningrum, D. C., Noviandi, C. T., & Salasia, S. I. O. (2019). Antibacterial and immunomodulator activities of virgin coconut oil (VCO) against *Staphylococcus aureus*. *Heliyon*, 5(10), e02612.
- Xu, Y., Zheng, Y., Li, W., & Ding, Z. (2018). Dietary Polyunsaturated Fatty Acid Supplementations Could Significantly Promote the $\Delta 6$ Fatty Acid Desaturase and Fatty Acid Elongase Gene Expression, Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids, and Growth of Juvenile Cobia. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(11).

Zhong, N., Deng, X., Huang, J., Xu, L., Hu, K., & Gao, Y. (2014). Low-temperature chemical glycerolysis to produce diacylglycerols by heterogeneous base catalyst. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(4), 470–476.