

Skripsi

**MIKROENKAPSULASI MIKROALGA *Chlorella vulgaris* SEBAGAI
SUMBER OMEGA-3 DENGAN PENYALUT MALTODEKSTRIN PADA
FORTIFIKASI *COOKIES* TRADISIONAL BAGEA SAGU**

FEBRIYANTI PRATIWI

H031 18 1306



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**MIKROENKAPSULASI MIKROALGA *Chlorella vulgaris* SEBAGAI
SUMBER OMEGA-3 DENGAN PENYALUT MALTODEKSTRIN PADA
FORTIFIKASI *COOKIES* TRADISIONAL BAGEA SAGU**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh

FEBRIYANTI PRATIWI

H031 18 1306



MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**MIKROENKAPSULASI MIKROALGA *Chlorella vulgaris* SEBAGAI
SUMBER OMEGA-3 DENGAN PENYALUT MALTODEKSTRIN PADA
FORTIFIKASI *COOKIES* TRADISIONAL BAGEA SAGU**

Disusun dan diajukan oleh

FEBRIYANTI PRATIWI

H031 18 1306

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi

Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

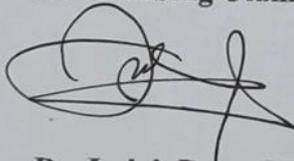
Universitas Hasanuddin

Pada 21 Juni 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

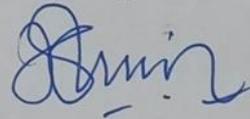
Menyetujui,

Pembimbing Utama



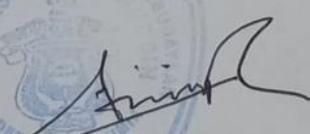
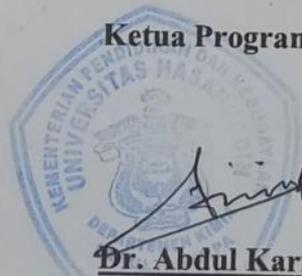
Dr. Indah Raya, M.Si
NIP. 19641125 199002 2 001

Pembimbing Pertama



Dr. Hasnah Natsir, M.Si
NIP. 19620320 198711 2 001

Ketua Program Studi

Dr. Abdul Karim, M.Si
NIP. 19620710 198803 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Febriyanti Pratiwi
NIM : H031181306
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Mikroenkapsulasi Mikroalga *Chlorella vulgaris* sebagai Sumber Omega-3 dengan Penyalut Maltodekstrin Pada Fortifikasi *Cookies* Tradisional Bagea Sagu” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 21 Juni 2022

Yang Menyatakan,



Febriyanti Pratiwi

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim...

Segala puji syukur hanya kepada Allah SWT. atas berkat hidayah dan rahmat-Nya selama ini hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “**Mikroenkapsulasi Mikroalga *Chlorella vulgaris* sebagai Sumber Omega-3 dengan Penyalut Maltodekstrin Pada Fortifikasi Cookies Tradisional Bagea Sagu**”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan *Nabiyullah* Muhammad SAW., selaku suri tauladan dan *rahmatan lil ‘alamin*. Berbagai kendala dan tantangan yang dialami penulis, namun berkat doa, motivasi dan dukungan dari berbagai pihak hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua terkasih, Ibunda **Ana Ralle** dan Ayahanda **Bakri** yang telah mendidik dan membesarkan penulis, terima kasih atas semua kasih sayang, dukungan, motivasi, dan doa yang telah diberikan kepada penulis selama ini. Tak lupa, adik-adik penulis **Friskia Dwi Anriani** dan **Fahri Tri Kurniawan**, yang telah *mensupport* dan memotivasi penulis dalam mengerjakan penelitian dan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu **Dr. Indah Raya, M.Si** dan Ibu **Dr. Hasnah Natsir, M.Si** selaku dosen pembimbing yang selama ini telah banyak meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan ilmunya dalam mengarahkan penulis hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Tak lupa, penulis ucapkan terima kasih kepada Ibu **Prof. Dr. Nunuk Hariani, MS** dan Bapak **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si, M.Si**, selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan kritik, saran dan masukan yang membangun kepada penulis.

Segecap hati yang tulus dan penuh hormat juga penulis huturkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** selaku Ketua Departemen Prodi Kimia Universitas Hasanuddin dan Ibu **Dr. St. Faudziah, S.Si, M.Si** selaku sekretaris Departemen Kimia, seluruh dosen-dosen dan staf pegawai prodi Kimia, FMIPA Universitas Hasanuddin.
2. Seluruh analis dan staf Departemen Kimia FMIPA Unhas, **Pak Sugeng, Bu Tini, Pak Iqbal, Kak Linda, Kak Hana, Kak Fiby, Bu Anti, Kak Akbar, Kak Rahma, Kak Tenri, dan Pak Chaerul**, yang telah banyak membantu penulis selama melakukan penelitian.
3. **PT. Indofood Sukses Makmur Tbk.**, yang telah memberikan bantuan dana dan mensponsori penelitian ini dalam program “**Indofood Riset Nugraha (IRN) 2021-2022**”.
4. Rekan Tim *Cookies*, **Athala Kevin**, sumber ide dan drama selama penelitian. Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya dalam proses penelitian.
5. *Bestie* di **FITOGANG, Athala Kevin, Yindriani Moghuri dan Winda Sari**, yang selama ini menemani suka duka meneliti di Lab Fito. Makasih ocehan dan drama-dramanya, *bestie*.
6. Rekan-rekan penelitian ‘*sultan*’ di Lab Anorganik, **Hira, Anan, Fade, Ririn, Caca, Rindi, Nuji, Wires, Bu Aji, dan Ummul**, atas kebersamaan dan bantuannya.
7. Anak-anak **Dwianto Family**, Kanda **Ernesto, Epin, Reicha, Cicit, Mirae**, dan **Charlia**. Terima kasih telah menjadi teman, keluarga, serta tempat keluh kesah selama menjalani kehidupan kampus.

8. Teman-teman **H18RIDISASI 2018, MIPA 2018, UKM KPI Unhas**, dan **KMP Pinrang**. Terima kasih telah menjadi wadah berteman, bersosialisasi, mencari ilmu, pengalaman, dan keluarga penulis selama menjadi mahasiswa.
9. Rekan-rekan **Panelis Cookies Bagea Sagu** yang namanya telah dilampirkan di skripsi ini, terima kasih atas kesediaan dan penilaiannya sebagai panelis yang sangat berarti bagi penulis.
10. *My muse* selama penelitian, **STRAY KIDS**, terima kasih telah menemani kegalauan dan kemageran penulis dalam menyelesaikan skripsi. *Stray Kids Everywhere All Around The World, You Make Stray Kids STAY.*
11. **Semua pihak** yang tidak sempat disebutkan namanya yang telah terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dan telah memberikan bantuan, dukungan, motivasi, serta doa kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari segala macam kekurangan, maka dari itu penulis sangat menghargai apabila ada kritik dan saran, demi penyempurnaan skripsi dan pengembangan ilmu pengetahuan, serta penelitian kedepannya. Semoga skripsi ini, dapat memberikan manfaat bagi orang-orang yang berkepentingan. *Aamiin..*

Makassar, 21 Juni 2022



Penulis

ABSTRAK

Persoalan gizi buruk dan gizi kurang pada balita merupakan permasalahan utama yang dihadapi di Indonesia. Salah satu nutrisi yang diperlukan oleh balita adalah omega-3. Omega-3 dapat diperoleh dari sumber makanan yang mengandung omega-3, seperti mikroalga. Mikroalga khususnya *Chlorella vulgaris* mengandung omega-3 dan nutrisi yang tinggi. Omega-3 yang terkandung dalam mikroalga *Chlorella vulgaris* sangat mudah teroksidasi sehingga dilakukan mikroenkapsulasi untuk menjaga kualitas omega-3. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan DHA dan EPA pada mikroalga *Chlorella vulgaris* dan membuat formula mikrokapsul *Chlorella vulgaris* menggunakan metode *freeze drying* dengan penambahan penyalut maltodekstrin kemudian dianalisis morfologinya menggunakan instrumen SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil analisis morfologi mikrokapsul *Chlorella vulgaris* dengan menggunakan SEM menunjukkan morfologi terbaik hasil mikrokapsulasi merupakan formula F5 dengan penambahan 30% maltodekstrin. Berdasarkan hasil analisis kualitas *cookies* bagea sagu menunjukkan *cookies* bagea sagu terfortifikasi mikrokapsul *Chlorella vulgaris* mengandung nutrisi yang lebih baik dibandingkan dengan *cookies* bagea sagu kontrol dan secara umum telah memenuhi syarat mutu *cookies* berdasarkan SNI 2973:2018.

Kata kunci : *C. vulgaris*, freeze drying, mikroenkapsulasi, omega-3

ABSTRACT

The problem of malnutrition in children under five is the main problem in Indonesia. One of the nutrients needed by children under five is omega-3. Omega-3 can be obtained from food sources that contain omega-3, such as microalgae. Microalgae, especially *Chlorella vulgaris*, contain omega-3 and high nutrients. Omega-3, especially DHA and EPA contained in *Chlorella vulgaris* were easily oxidized, so it needed to be encapsulated to protect the quality of omega-3. This study aimed to determine the content of DHA and EPA in the microalgae *Chlorella vulgaris* and to formulate the microcapsules of *Chlorella vulgaris* using freeze drying method with the addition of maltodextrin. Morphology of the microcapsules was observed using scanning electron microscopes (SEM) showed that the best morphology of the microcapsules was F5 formula with the addition of 30% maltodextrin as a coating. Based on the results of the analysis quality of bagea sago cookies, it shows that bagea sago cookies fortified with *Chlorella vulgaris* microcapsules contain better nutrients than control bagea sago cookies and generally meet the quality requirements of cookies based on SNI 2973:2018.

Keywords : *C. vulgaris*, freeze drying, mikroencapsulation, omega-3

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Umum Mikroalga.....	7
2.2 Tinjauan Umum <i>Chlorella vulgaris</i>	8
2.3 Fortifikasi.....	10
2.4 Mikroenkapsulasi.....	10
2.5 Maltodekstrin.....	11
2.6 <i>Freeze Drying</i>	12
2.7 Asam Lemak Omega-3 (DHA dan EPA).....	13
2.8 Sagu.....	13

2.9 Tepung Sagu	15
2.10 <i>Cookies</i> Bagea Sagu	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Bahan Penelitian.....	21
3.2 Alat Penelitian.....	21
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian.....	22
3.4.1 Pembuatan Medium <i>Conwy</i> (CCAP, 2002; Aulia, 2016)	22
3.4.2 Kultivasi Mikroalga Laut (Sutomo, 2005).....	22
3.4.3 Pemanenan Biomassa (Grima, 2004; Aulia, 2016).....	22
3.5 Ekstraksi Lipid dan Analisis DHA dan EPA Mikroalga (Aulia, 2016)	23
3.6 Mikroenkapsulasi Biomassa Mikroalga dengan Metode <i>Freeze Dryer</i>	23
3.7 Pembuatan <i>Cookies</i> Bagea Sagu Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	24
3.8 Analisis Kualitas <i>Cookies</i> Bagea Sagu	25
3.8.1 Analisis Kadar Air (SNI 01-2891-1992)	25
3.8.2 Analisis Kadar Abu (SNI 01-2891-1992).....	25
3.8.3 Analisis Kadar Protein (Metode Mikro-Kjeldahl).....	26
3.8.4 Analisis Kadar Lemak (AOAC, 2005; Nugroho dan Murtini, 2017) ...	27
3.8.5 Penentuan Kadar Karbohidrat (<i>by Difference</i>)	27
3.8.6 Penentuan Nilai Kalori (Suryani dkk., 2018)	28
3.8.7 Penentuan Kadar Serat Kasar (SNI 01-2891-1992).....	28
3.9 Analisis DHA dan EPA <i>Cookies</i> Bagea Sagu (Rahman dkk., 2019).....	28
3.10 Uji Organoleptik (Salam, 2017)	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30

4.1	Kultivasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	30
4.2	Pemanenan Biomassa <i>Chlorella vulgaris</i>	32
4.3	Ekstraksi DHA dan EPA Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	32
4.4	Kandungan DHA dan EPA Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	33
4.5	Mikroenkapsulasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	34
4.6	Karakteristik <i>Cookies</i> Bagea Sagu Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	37
4.7	Analisis Kualitas <i>Cookies</i> Bagea Sagu	38
4.7.1	Kadar Air	38
4.7.2	Kadar Abu	39
4.7.3	Kadar Protein	40
4.7.4	Kadar Lemak	41
4.7.5	Kadar Karbohidrat	42
4.7.6	Nilai Kalori	43
4.7.7	Kadar Serat Kasar	44
4.8	Kandungan DHA dan EPA <i>Cookies</i> Bagea Sagu	45
4.9	Uji Organoleptik <i>Cookies</i> Bagea Sagu Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan Gizi Bahan Makanan Pokok per 100 gram Bahan.....	15
2. Jumlah Kalori dan Kandungan Kimia Beberapa Jenis Tepung dalam Setiap 100 gram Bahan.....	16
3. Syarat Mutu Tepung Sagu SNI 01-3729-1995 dan RASNI Tepung Sagu yang Diusulkan.....	17
4. Syarat Mutu <i>Cookies</i> menurut SNI 2973:2011 dan SNI 2973:2018.....	19
5. Komposisi Formulasi Mikroenkapsulasi.....	24
6. Komposisi Pembuatan <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	25
7. Skala Penilaian Uji Organoleptik.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sel-sel <i>Chlorella vulgaris</i>	8
2. Rantai Maltodekstrin.....	12
3. Struktur DHA dan Struktur EPA.....	13
4. Pohon Sagu.....	14
5. Kultivasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	31
6. Hasil Analisis DHA dan EPA Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	34
7. Hasil <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	35
8. Hasil Pembuatan <i>Cookies</i> Bagea Sagu	37
9. Hasil Analisis Kadar Air <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	39
10. Hasil Analisis Kadar Abu <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	40
11. Hasil Analisis Kadar Protein <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	41
12. Hasil Analisis Kadar Lemak <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	42
13. Hasil Analisis Kadar Serat Kasar <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	45
14. Hasil Analisis DHA dan EPA <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	45
15. Hasil Uji Organoleptik <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Komposisi Medium <i>Conwy</i>	62
2. Bagan Kerja.....	63
3. Data Hasil Penentuan Kadar DHA dan EPA dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis.....	69
4. Data Perhitungan Kadar DHA dan EPA.....	71
5. Hasil Analisis Proksimat <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	74
6. Data Perhitungan Penentuan Kadar Karbohidrat dan Nilai Kalori.....	75
7. Data Perhitungan Pemenuhan Kecukupan Nutrisi DHA dan EPA.....	77
8. Formulir Panelis Uji Organoleptik <i>Cookies</i> Bagea Sagu	79
9. Data Hasil Uji Organoleptik <i>Cookies</i> Bagea Sagu.....	80
10. Hasil Uji Statistik Tingkat Kesukaan Panelis Menggunakan SPSS.....	82
11. Perhitungan Daya Terima Panelis.....	85
12. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	86

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/singkatan	Arti
AA	<i>Arachidonic Acid</i>
ALA	<i>Alpha-Linolenic Acid</i>
APM/g	Angka Paling Mungkin per gram
BB/U	Berat Badan per Usia
DHA	<i>Docosahexanoic Acid</i>
DNA	<i>Deoxyribonucleic Acid</i>
EPA	<i>Eicosapentanoic Acid</i>
GLA	<i>Gamma-Linolenic Acid</i>
kHz	kilo Hertz
MCv	Mikrokapsul <i>Chlorella vulgaris</i>
PSG	Pemantauan Status Gizi
PUFA	<i>Polyunsaturated Fatty Acid</i>
RASNI	Rancangan Akhir Standar Nasional Indonesia
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
Uv-Vis	<i>Ultraviolet-Visible</i>
µm	mikro meter
‰	part per thousand

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persoalan gizi dalam pembangunan kependudukan masih merupakan persoalan yang dianggap menjadi masalah utama dalam tatanan kependudukan dunia. Indonesia sebagai salah satu negara dengan kompleksitas kependudukan yang beraneka ragam telah dihadapi oleh dinamika persoalan gizi buruk (Saputra dan Nurrizka, 2012). Berdasarkan data dari Kemenkes (2018), menunjukkan hasil pengukuran status gizi buruk pada tahun 2017 sebesar 3,4% dan gizi kurang sebesar 14,4%. Angka tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil PSG dengan indeks BB/U pada balita 0-59 bulan pada tahun 2016, yaitu gizi buruk sebesar 3,8 % dan gizi kurang sebesar 14 %.

Permasalahan gizi di Indonesia dapat diatasi dengan meningkatkan asupan nutrisi sejak dini. Salah satu nutrisi yang berperan dalam tumbuh kembang anak adalah asam lemak esensial. Asam lemak esensial adalah asam lemak yang tidak dapat dibentuk dalam tubuh dan harus dipasok langsung dari makanan. Contoh asam lemak esensial adalah asam lemak omega-3 (Aprizayanti, 2011).

Asam lemak omega-3 merupakan asam lemak turunan dari prekursor asam lemak esensial linolenat yang melalui proses *elongate* dan *desaturate* untuk menghasilkan tiga bentuk asam lemak omega-3, yaitu LNA (asam alfa-linolenat), EPA (eikosapentaenoat), serta DHA (dokosaheksaenoat). DHA berperan dalam perkembangan sistem syaraf yang dapat meningkatkan kemampuan memori dan daya pembelajaran. DHA dan EPA diketahui mampu mencegah timbulnya berbagai penyakit kanker, seperti kanker payudara dan prostat

(Augustsson dkk., 2003; Cheng dkk., 2003), serta penyakit kardiovaskular, seperti diabetes dan hipertensi (Uauy dan Vahenzuela, 2000; Gunawan dan Suhendra, 2012).

Sejauh ini, omega-3 dapat diperoleh dari minyak ikan laut. Akan tetapi, sumber ini memiliki beberapa kekurangan, yakni dikhawatirkan persediaan ikan semakin menipis dan kemampuan ikan yang rendah untuk mensintesis omega-3 karena kontaminasi logam berat di perairan (Guerrero dkk., 2000). Kondisi ini dapat diatasi dengan mencari sumber alternatif yang berpotensi diolah sebagai makanan bergizi tinggi dan kaya akan omega-3. Mikroalga merupakan salah satu sumber makanan bergizi dan memiliki stok yang melimpah di Indonesia (Amini, 2004). Mikroalga mengandung asam lemak yang tinggi bahkan beberapa diantaranya mengandung lebih dari 50% asam lemak (Rachmaniah dkk., 2010). Salah satu jenis mikroalga yang cukup mudah untuk dikembangbiakkan adalah *Chlorella vulgaris*.

Chlorella vulgaris adalah jenis mikroalga yang dapat tumbuh di air tawar, payau dan asin, serta memiliki kandungan gizi yang sangat baik. Pada keadaan kering, *Chlorella vulgaris* mengandung protein sebesar 55 - 60%. Mikroalga ini juga kaya akan kandungan γ -linoleat (GLA), α -asam linoleat (ALA), asam linoleat (LA), asam stearidonat (SDA), asam eicosapentaenoic (EPA), asam dokosaheksanoat (DHA), dan asam arakidonat (AA) (Syahrul dan Dewita, 2016).

DHA dan EPA yang terkandung dalam *Chlorella vulgaris* merupakan senyawa karbon berantai panjang yang memiliki banyak ikatan rangkap dalam struktur molekulnya sehingga sangat mudah mengalami oksidasi dan hidrolisis. Metode mikroenkapsulasi dilakukan untuk menjaga kualitas DHA dan EPA agar tidak mudah teroksidasi dan terhidrolisis. Mikroenkapsulasi adalah metode yang

digunakan untuk melindungi bahan volatil, bahan yang reaktif secara kimia, atau bahan yang mengandung komponen yang sensitif terhadap pemanasan dan adanya bahan kimia (Quellet dkk., 2001). Pada industri flavor dan makanan, mikroenkapsulasi dapat menurunkan kehilangan flavor atau komponen aktif makanan selama pengolahan dan penyimpanan (Astuti dkk., 2019).

Salah satu proses yang penting dalam mikroenkapsulasi adalah proses pengeringan. Metode pengeringan *freeze drying* merupakan salah satu metode pengeringan yang umum digunakan. Astuti dkk. (2019) menyatakan bahwa metode *freeze drying* merupakan metode untuk sampel yang sensitif terhadap panas. Metode *freeze drying* dapat mempertahankan kualitas produk (warna, bentuk, aroma, tekstur, aktivitas biologi) yang lebih baik daripada metode pengeringan lainnya (Duan dkk., 2010).

Selain proses pengeringan, pada metode mikroenkapsulasi juga diperlukan penambahan bahan penyalut untuk melindungi komponen gizi yang ada pada bahan pangan. Jenis bahan penyalut yang dapat diaplikasikan pada bahan pangan dalam proses mikroenkapsulasi antara lain gelatin, laktosa, sukrosa, maltodekstrin, pululan, *whey* protein dan gum arab (Koç, 2010). Pada penelitian ini, digunakan bahan penyalut maltodekstrin. Maltodekstrin dipilih sebagai bahan penyalut dikarenakan sifat viskositasnya yang rendah dan memiliki sifat kelarutan serta daya ikat yang tinggi dalam membentuk matriks mikroenkapsul (Gardjito dkk., 2006; Balasubrami dkk., 2013; Hasna dkk., 2018).

Pengembangan dan pemanfaatan mikroalga *Chlorella vulgaris* sebagai sumber omega-3 pada produk pangan dengan menggunakan metode mikroenkapsulasi telah umum dilakukan sebelumnya. Salah satu bentuk pengembangan produk pangan yang cukup populer adalah pembuatan *cookies*.

Cookies adalah salah satu makanan jajanan yang dikenal dan digemari luas oleh masyarakat dan umumnya lebih disukai oleh anak-anak. Produk *cookies* umumnya dibuat dari bahan baku tepung terigu yang sampai saat ini masih di impor dan memiliki kadar protein pembentuk gluten yang rendah (Hemeto dkk., 2019). Upaya untuk menggantikan pemakaian terigu adalah dengan memanfaatkan tepung sagu.

Pati yang terdapat pada tepung sagu mengandung 355 kkal dan 94 g karbohidrat dalam setiap 100 gram-nya (Auliah, 2012). Bahan dasar *cookies* dengan menggunakan 100% pati sagu akan menghasilkan produk yang mengandung karbohidrat tinggi, tetapi rendah akan kandungan gizi lainnya dan memiliki tekstur yang rapuh (Hemeto dkk., 2019). Mikroalga berpotensi untuk dijadikan sumber makanan bergizi alternatif yang ditambahkan ke dalam makanan sehingga meningkatkan gizi makanan tersebut. Proses ini disebut dengan fortifikasi (Rahman dkk., 2017). Fortifikasi merupakan program perbaikan gizi yang paling “*cost-effective*” diantara berbagai program kesehatan (WHO, 2006; Astuti dkk., 2012).

Penelitian tentang analisis kandungan DHA dan EPA pada mikroalga *Chlorella vulgaris* telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Hasil analisis kandungan DHA dan EPA pada fitoplankton jenis *Chlorella vulgaris* menggunakan metode mikroenkapsulasi menunjukkan nilai EPA terhadap produksi fitoplankton sebesar 123,46 mg/g berat kering dan DHA sebanyak 36,53 mg/g berat kering (Raya dkk., 2016). Selain itu, Helwana dkk. (2016) dalam penelitiannya juga mengemukakan hasil parameter fortifikasi tepung *Chlorella sp.* terhadap mutu *cookies* konsentrat protein ikan gabus dengan hasil uji organoleptik rupa hijau, utuh dan rapi, aroma sedikit bau *Chlorella sp.*, rasa enak, gurih dan

sedikit rasa *Chlorella sp.*, tekstur berongga, dan kurang renyah, kandungan kadar air sebesar 3,60%, protein 28,52%, lemak 21,60%, dan kadar abu sebesar 1,30%.

Berdasarkan teori dan hasil penelitian yang telah dijelaskan pada latar belakang, maka pada penelitian ini dilakukan mikroenkapsulasi mikroalga *Chlorella vulgaris* sebagai sumber omega-3 dengan penyalut maltodekstrin pada fortifikasi *cookies* tradisional bagea sagu. Pembuatan *cookies* bagea sagu dari fortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris* ini diharapkan dapat meningkatkan nilai gizi pada makanan berbahan dasar pangan lokal sehingga dapat menurunkan kasus gizi buruk dan menjaga stabilitas pangan lokal di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. berapa perolehan kadar DHA dan EPA dari mikroalga *Chlorella vulgaris* yang diekstraksi dengan metode sonikasi?
2. bagaimana morfologi mikrokapsul *Chlorella vulgaris* yang dihasilkan berdasarkan perbandingan konsentrasi bahan penyalut maltodekstrin?
3. bagaimana karakteristik dari *cookies* bagea sagu hasil fortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris*?
4. apakah *cookies* bagea sagu yang dihasilkan dari fortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris* sesuai dengan SNI?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah memanfaatkan mikroalga *Chlorella vulgaris* sebagai sumber omega-3 melalui metode mikroenkapsulasi dengan penyalut maltodekstrin pada fortifikasi *cookies* tradisional bagea sagu.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. menentukan kadar DHA dan EPA dari mikroalga *Chlorella vulgaris* yang diekstraksi dengan metode sonikasi.
2. membuat formulasi dalam membuat mikrokapsul *Chlorella vulgaris* sebagai bahan penambah nilai gizi pada *cookies* bagea sagu.
3. menentukan karakteristik dari *cookies* bagea sagu hasil fortifikasi menggunakan mikrokapsul *Chlorella vulgaris*.
4. menghasilkan *prototype cookies* bagea sagu hasil fortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris* yang sesuai dengan SNI.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. memberikan informasi mengenai kadar DHA dan EPA dari mikroalga *Chlorella vulgaris*.
2. memberikan informasi mengenai formulasi pembuatan *cookies* bagea sagu yang terfortifikasi mikrokapsul *Chlorella vulgaris* sebagai sumber nilai gizi.
3. menghasilkan *prototype cookies* bagea sagu yang sesuai dengan SNI.
4. menjadi bahan rujukan atau bahan referensi untuk peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Mikroalga

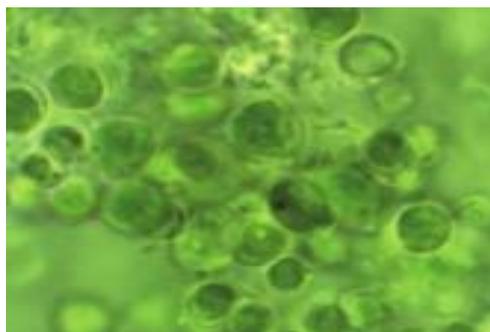
Mikroalga adalah salah satu kelompok tumbuhan yang berukuran mikroskopis dan mengandung klorofil sehingga sangat efisien dalam menangkap dan memanfaatkan energi matahari dan karbon dioksida untuk keperluan fotosintesis. Mikroalga memiliki kemampuan bertahan hidup yang tinggi dan keberadaannya sangat melimpah di laut. Ketersediaan karbon dioksida dan sinar matahari yang cukup sangat mendukung pertumbuhan mikroalga (Kawaroe dkk., 2010).

Saat ini, mikroalga dimanfaatkan secara bioteknologi oleh manusia untuk digunakan sebagai bahan dasar obat-obatan atau farmasi, sebagai pengurai limbah-limbah pabrik, dan sebagai sumber pangan yang mengandung protein serta lipid. Namun, komposisi lipid (asam lemak) yang terkandung pada masing-masing plankton berbeda-beda. Asam lemak dari mikroalga (*phytoplankton*) merupakan salah satu organisme yang mempunyai potensi besar dalam memproduksi asam lemak yang komposisinya cukup tinggi dibandingkan dengan sumber bahan pangan hewani maupun nabati lainnya. Mikroalga sebagai sumber zat gizi, baik untuk pertumbuhan organisme karena sebagian besar mampu menghasilkan asam lemak tak jenuh berupa omega-3, omega-6 dan omega-9, mengandung serat, protein, vitamin, maupun mineral. Selain itu, beberapa jenis plankton berklorofil, mampu tumbuh pada media yang mengandung unsur hara seperti fosfor, nitrogen, kalium, dan akan tumbuh dengan baik pada suhu optimal 25°C (Herawati, 2019).

2.2 Tinjauan Umum *Chlorella vulgaris*

Chlorella vulgaris adalah organisme uniseluler, eukariotik, dan sel mikroskopis bulat dengan diameter 2 - 10 μm dan mengandung beberapa senyawa seperti protein, vitamin, dan pigmen. Mikroalga ini mengandung senyawa pigmen hijau yang disebut klorofil. *Chlorella vulgaris* merupakan sumber kaya protein yang mencapai 42 hingga 58% protein per berat kering biomassa dan mengandung asam amino esensial yang berperan sebagai suplemen RNA dan DNA manusia; membantu pertumbuhan kultur jaringan; dan memperbaiki atau merestrukturisasi serta menghaluskan permukaan kulit (Agustina dkk., 2021).

Chlorella vulgaris dapat berkembang biak dengan dua cara, baik secara *vegetative*, maupun secara *generative*. Spesies ini dapat bertahan terhadap segala perubahan alam sejak zaman pre-kambium yang disebabkan karena *Chlorella vulgaris* memiliki ketahanan genetik dengan mekanisme perubahan DNA yang sangat tinggi, serta bentuk, ukuran dan sifat dari dinding sel yang tersusun dari senyawa selulosa dan lignin yang kuat. Hal ini membuat *Chlorella vulgaris* mudah menyesuaikan diri pada cuaca ekstrim dan bisa bertahan pada pengaruh luar dalam waktu lama. *Chlorella vulgaris* dapat ditemukan di perairan tropis, sub tropis, sampai kutub sekalipun (Suriawiria, 2005). Sel-sel *Chlorella vulgaris* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sel-sel *Chlorella vulgaris* (Brzychczyk dkk., 2016)

Chlorella vulgaris merupakan mikroalga yang memiliki nilai gizi yang baik dan senyawa-senyawa bioaktif alami seperti karotenoid, senyawa fenol, sulfat polisakarida, dan vitamin yang mempengaruhi regulasi sel, respon kekebalan tubuh dan antioksidan (de Fretes dkk., 2012; Novianti dkk., 2019). *Chlorella vulgaris* merupakan jenis mikroalga uniseluler yang dapat dibudidayakan di media air tawar maupun air laut (Widayat dkk., 2018; Abdelnour dkk., 2019; Sugiharto, 2020). Selain itu, *Chlorella vulgaris* merupakan spesies *Chlorella* yang paling populer dan banyak dibudidayakan di Indonesia (Yanuhar dkk., 2019; Sugiharto, 2020). Berikut adalah klasifikasi dari mikroalga *Chlorella vulgaris* (Zahir, 2011).

Kingdom : Plantae
Divisi : Chlorophyta
Kelas : Chlorophyceae
Ordo : Chlorococcales
Famili : Oocystaceae
Genus : *Chlorella*
Spesies : *Chlorella vulgaris*

Mikroalga spesies *Chlorella vulgaris* mengandung karbohidrat sebesar 12 - 55%, protein 42 - 58%, lipid 5 - 40%, klorofil 1 - 2%, beta-karoten, *astaxanthin*, *cantaxanthin*, *lutein*, *pheophytin*, *violoxanthin*, mineral (Na, K, Ca, Mg, P, Cr, Cu, Zn, Mn, Se, I dan Fe) dan vitamin (B₁, B₂, B₃, B₆, B₇, B₉, B₁₂, C, E, dan A) (Safi dkk., 2014). *Chlorella vulgaris* juga mengandung senyawa fenolik, tanin, flavonoid, glikosida jantung, saponin dan terpenoid (Shabudeen dkk., 2015) yang berpotensi sebagai agen toksik. Beberapa penelitian sebelumnya membuktikan bahwa ekstrak etanol dari *Chlorella vulgaris*

mengandung aktivitas antioksidan tertinggi dibandingkan dengan *Porphyridium cruentum* dan *Phaeodactylum tricornutum* (Rodriguez dkk., 2008). Studi *in vivo* telah mengungkapkan khasiat *Chlorella vulgaris*.

2.3 Fortifikasi

Fortifikasi merupakan penambahan zat gizi yang diperoleh atau sengaja ditambahkan dari luar dan bukan berasal dari bahan pangan asli tersebut, dengan kriteria untuk penambahan zat gizi tertentu yang berbeda (Santosa dkk., 2016). Tujuan utama fortifikasi adalah untuk meningkatkan tingkat konsumsi dari zat gizi yang ditambahkan dan meningkatkan status gizi populasi (Siagian, 2003). Fortifikasi pangan dengan zat gizi mikro adalah salah satu strategi utama yang dapat digunakan untuk meningkatkan status mikronutrien pangan (WHO, 2006). Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam proses fortifikasi pangan diantaranya bahan pangan yang difortifikasi aman untuk dikonsumsi dan ada jaminan terhadap kemungkinan efek samping (Budiarto dan Rini, 2019).

2.4 Mikroenkapsulasi

Mikroenkapsulasi adalah suatu proses dimana partikel-partikel obat baik bahan padat, cair, atau pun gas dijadikan kapsul dengan ukuran partikel mikroskopik, dengan suatu bahan penyalut yang khusus yang membuat partikel-partikel dalam karakteristik fisika dan kimia yang lebih dikehendaki (Ansel dan Howard, 1989; Shargel dan Yu, 2005). Mikroenkapsulasi bertujuan untuk meningkatkan stabilitas bahan aktif dalam sediaan selama penyimpanan, membuat sediaan lepas lambat, melindungi zat aktif dari penguraian dalam cairan lambung, dan dapat digunakan untuk melindungi saluran pencernaan terutama lambung dari iritasi yang disebabkan bahan aktif obat (Benita, 2006).

Menurut Najafi dkk. (2011), mikroenkapsulasi merupakan proses untuk mengendalikan pelepasan bahan aktif, melindungi senyawa yang rentan terhadap kondisi lingkungan seperti panas, cahaya, dan oksigen. Fitriani dkk. (2010), menyatakan bahwa proses mikroenkapsulasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode fisika, kimia, dan fisikokimia. Metode kimia meliputi polimerisasi *in situ*. Metode fisika meliputi *spray drying*, *freeze drying*, dan penyalutan dengan bahan penyalut. Metode fisikokimia dilakukan dengan koaservasi dan penguapan pelarut. Pada proses mikroenkapsulasi, hal yang perlu diperhatikan adalah penyalut yang digunakan. *Gum arab*, maltodekstrin, dan *whey* merupakan penyalut yang sering digunakan (Supriyadi dan Rujita, 2013).

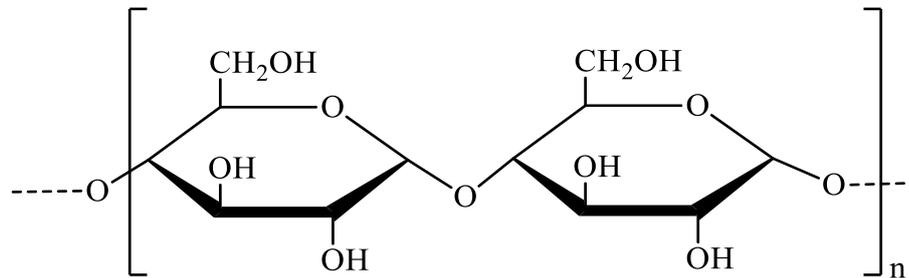
2.5 Maltodekstrin

Maltodekstrin adalah senyawa turunan karbohidrat dalam bentuk oligosakarida dengan ikatan α -1,4-glikosidik, memiliki kelarutan yang baik dan daya ikat yang kuat, dapat membentuk *film*, sifat higroskopisitas rendah, berperan sebagai pendispersi, serta dapat menghambat kristalisasi (Sunari dkk., 2016). Maltodekstrin merupakan campuran dari glukosa, maltosa, oligosakarida, dan dekstrin. Rumus umum maltodekstrin adalah $(C_6H_{10}O_5)_n \cdot nH_2O$ (Meriatna, 2013). Menurut Hui (1992), maltodekstrin termasuk golongan sakarida serta polisakarida yang mengalami proses hidrolisis dengan penambahan asam atau enzim.

Maltodekstrin dapat melapisi komponen dari flavor, total padatan dapat ditingkatkan jumlahnya, dan mengurangi kerusakan dari bahan yang dikeringkan. Maltodekstrin juga dapat berfungsi untuk melindungi senyawa penting dalam bahan seperti antioksidan karena maltodekstrin mempunyai daya ikat yang kuat terhadap bahan yang disalut (Oktaviana, 2012; Fiana dkk., 2016). Maltodekstrin

memiliki tekstur *moutfeel* yang lembut dan mudah dicerna (Kuntz, 1997), kurang higroskopis, tidak berbau dan aman dikonsumsi manusia (Hasrini dkk., 2017).

Rantai maltodekstrin dapat dilihat pada Gambar 2.



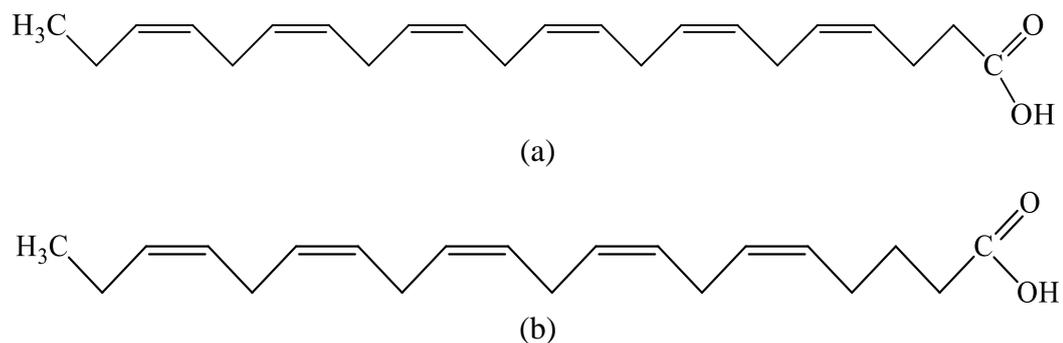
Gambar 2. Rantai Maltodekstrin (Winarno, 2008)

2.6 Freeze Drying

Freeze drying atau yang sering disebut pengeringan beku merupakan salah satu contoh teknik pengolahan pangan dengan prinsip non termal. Teknik ini dilakukan dengan menghilangkan kandungan air di dalam produk pangan melalui pembekuan, kemudian dilakukan sublimasi untuk mengubah fase padat (air) menjadi gas dengan mengendalikan suhu dan tekanan pada pengolahannya. Pengeringan jenis ini dinilai mempunyai kelebihan dalam mempertahankan mutu dari produk, baik dari karakteristik sensorik, nilai gizi, fisik maupun kimia dibanding dengan pengeringan biasa yang menggunakan termal. Perbedaan pengeringan beku dengan teknologi pengeringan lain adalah mekanisme dalam menghilangkan kandungan air didalam bahan pangan. Penghilangan kandungan air dalam teknologi ini terjadi pada suhu yang rendah, melalui mekanisme sublimasi, langsung dari bentuk fase padat air (es) ke bentuk gas. Produk pengeringan beku mempunyai beberapa kelebihan diantaranya meminimalkan penyusutan dan perubahan struktural, menghilangkan air lebih cepat, mempertahankan zat gizi dan perubahan minimal pada bau, rasa dan warna (Habibi dkk., 2019).

2.7 Asam Lemak Omega-3 (DHA dan EPA)

EPA (*Eicosapentaenoic Acid*) dan DHA (*Docosahexaenoic Acid*) merupakan dua asam lemak omega-3 yang bersifat esensial terutama untuk ibu-ibu pada masa kehamilan dan balita pada masa pertumbuhan. Kedua jenis asam ini termasuk asam lemak poli tidak jenuh rantai panjang atau PUFA (*Poly Unsaturated Fatty Acid*) yang sampai saat ini jalur sintetisnya di dalam tubuh belum sepenuhnya terungkap. Asam lemak omega-3 dapat berfungsi sebagai pencegah berbagai penyakit kardiovaskuler, mengontrol lipida darah, serta diperlukan dalam pembentukan dan perkembangan otak dan retina. Kebutuhan EPA dan DHA bagi anak untuk pembentukan otak saat dalam kandungan dan perkembangannya pada masa balita tidak dapat digantikan dengan cara memberikan nutrisi serupa pada saat yang bersangkutan telah dewasa (Hadipranoto, 2005). Struktur DHA dan EPA dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) Struktur DHA, (b) Struktur EPA (Hadipranoto, 2005)

2.8 Sagu

Sagu menempati posisi yang sangat strategis dalam sejarah pangan Indonesia, terutama bagi penduduk daerah pantai atau dataran rendah. Orang Maluku dan Papua serta sebagian masyarakat Sulawesi (Utara, Selatan, Tenggara), Kalimantan Tengah, Sumatera Barat, Riau dan Aceh telah terbiasa

menggantungkan pangan pokok (sumber karbohidrat) pada sagu. Beberapa daerah di Aceh sampai sekarang menjadikan sagu sebagai makanan alternatif, terutama jika harga beras mahal atau tidak terjangkau (Bantacut, 2011).

Pati sagu selain dijadikan tepung dan beragam jenis pembuat makanan, juga bisa digunakan sebagai bahan baku pada industri kosmetik dan plastik yang ramah lingkungan. Daun sagu, pelepah sagu, dan ampas sagu (repu) sangat berguna dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Uyung sagu atau kulit sagu bisa dijadikan pemecah gelombang atau penahan abrasi laut (Supriati dkk., 2019). Pohon sagu dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pohon Sagu (Supriati dkk., 2019)

Sagu memiliki peran penting dalam berbagai bidang industri pengolahan, misalnya pembuatan roti, mie, dan biskuit. Pemanfaatan sagu secara lebih lanjut selain dapat mendukung upaya pengembangan dan peningkatan keanekaragaman pangan olahan berbahan dasar sagu, juga dapat mengurangi atau menekan penggunaan bahan konsumsi masyarakat pada beras dan terigu. Sagu dapat digunakan sebagai alternatif lain dalam pengolahan produk industri pangan yang bisa dijadikan tepung sebelum dimanfaatkan lebih lanjut (Tahir dkk., 2018). Kandungan gizi yang ada pada pada sagu dibandingkan dengan bahan makanan lain secara jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Gizi Bahan Makanan Pokok per 100 gram Bahan (Ernawati dkk., 2018)

Nama Bahan	Kandungan Gizi							
	Kalori (kal.)	Protein (g)	Lemak (g)	Air (%)	Karbohidrat (g)	Vit. A (SI)	Vit. B (g)	Vit. C (g)
Sagu	381	0,3	0,2	-	91,3	-	-	-
Beras	361	6,7	0,6	-	6,7	-	0,1	-
Jagung	362	8,1	3,6	8,1	76,9	-	-	-
Singkong	131	1,1	0,3	-	31,9	6,0	0,1	301
Kentang	93	2	0,1	-	21,6	-	0,1	13

Pemanfaatan sagu sebagai pangan sumber karbohidrat ternyata secara nasional paling rendah dibandingkan komoditas pangan non beras lainnya, seperti singkong, ubi jalar, kentang, dan jagung (Hayati dkk., 2014). Meskipun memiliki potensi sebagai pangan sumber karbohidrat alternatif non beras, namun hingga tahun 2017, angka konsumsi sagu masyarakat Indonesia masih rendah, yakni 0,46 kg/kapita/tahun (Hasriani dkk., 2018). Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sagu sebagai bahan pangan fungsional bergizi.

2.9 Tepung Sagu

Tepung sagu dapat dimanfaatkan sebagai diversifikasi pangan sumber karbohidrat. Secara nasional, sagu paling rendah pemanfaatannya dibandingkan komoditas pangan non beras lainnya seperti singkong, kentang dan jagung. Kadar karbohidrat sagu setara dengan karbohidrat yang terdapat pada tepung beras, singkong dan kentang (Fadila, 2011; Sukatno dkk., 2017). Tepung sagu adalah pati yang diperoleh dari pengolahan empelur pohon sagu (*Metroxylon sp*). Tepung sagu merupakan salah satu sumber karbohidrat dan mengandung beberapa

komponen lain, seperti mineral dan fosfor. Jumlah karbohidrat dan kandungan kimia dari setiap 100 gram tepung sago dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan kimia tepung ubi kayu (tapioka) dan beras juga disajikan sebagai pembandingan.

Tabel 2. Jumlah Kalori dan Kandungan Kimia Beberapa Jenis Tepung dalam setiap 100 gram Bahan (Auliah, 2012)

Komponen	Sagu	Tapioka	Beras	Gandum	Jagung
Kalori	355	363	360	248	96
Karbohidrat (gram)	94	88,2	78,7	73	22,8
Protein (gram)	0,2	1,1	6,8	12	3,5
Lemak (gram)	0,2	0,5	0,7	1,4	1,0
Air (gram)	14	9	13	12	72,7
Fosfor (gram)	130	125	140	-	111
Kalsium (gram)	10	84	6	-	3,0
Vitamin B ₁ (mg)	0,01	0,04	0,12	-	0,15

Kandungan karbohidrat tepung sago relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tepung jagung dan tepung beras. Namun demikian, sago termasuk bahan pangan yang kurang akan protein. Kandungan protein tepung sago, jauh lebih rendah dari tepung beras, jagung, dan beras. Sagu harus dikonsumsi bersama-sama dengan bahan lain yang lebih baik kadar gizinya dikarenakan potensi gizi sago yang tidak selengkap dan sebaik bahan makanan pokok lain (Ernawati dkk., 2018). Standar mutu tepung sago di Indonesia tercantum dalam Standar Nasional Indonesia SNI 01-3729-1995 (Supriati dkk., 2019) yang dapat dilihat pada Tabel 3. Pengembangan tepung sago penting dilakukan agar tepung sago tidak lagi menjadi komoditas yang dimarginalkan (Fajri dkk., 2016). Kue bagea adalah salah satu bentuk olahan tepung sago yang cukup digemari. Bagea merupakan kue tradisional beberapa daerah di Indonesia Timur, termasuk di Sulawesi Tenggara (Hasriani dkk., 2018).

Tabel 3. Syarat Mutu Tepung Sagu SNI 01-3729-1995 dan RASNI Tepung Sagu yang diusulkan (Haryanto, 2008)

Kriteria Uji	SNI 01-3279-1995		RASNI	
	Satuan	Persyaratan	Satuan	Persyaratan
1. Keadaan				
1.1 Bau	-	Normal	-	Normal (bebas dari bau asing)
1.2 Warna	-	Normal	-	Putih khas sagu
1.3 Rasa	-	Normal	-	Normal
1.4 Bentuk	-	Serbuk halus	-	Serbuk halus
2. Benda asing	-	Tidak boleh ada	-	Tidak ada
3. Serangga (Dalam Segala Bentuk Stadia dan Potongan)	-	Tidak boleh ada	-	Tidak boleh ada
4. Jenis Pati Lain Selain Pati Sagu	-	Tidak boleh ada	-	Tidak boleh ada
5. Kadar Air	% (b/b)	Maks. 13	% (b/b)	Maks. 13
6. Kadar abu	% (b/b)	Maks. 0,5	% (b/b)	Maks. 0,5
7. Kadar pati	-	-	%	Min. 65
8. Kadar Serat Kasar	% (b/b)	Maks. 0,1	% (b/b)	Maks 0,5
9. Derajat Asam	mL NaOH 1 N/ 100 g	Maks. 4,0	mL NaOH 1 N/ 100 g	Maks. 4,0
10. Residu SO ₂	mg/kg	Maks. 30	mg/kg	Maks. 30
11. Bahan Tambahan Makanan (Bahan Pemutih)	-	Sesuai dengan SNI 01-0222-1995	-	-
12. Kehalusan, Lolos Ayakan 100 mesh	% (bb)	Min. 95	% (bb)	Min. 95
13. Cemar Logam				
13.1 Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1,0	mg/kg	Maks. 1,0
13.2 Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 10,0	mg/kg	Maks. 10,0
13.3 Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 40,0	-	-
13.4 Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05	mg/kg	Maks. 0,05
14. Cemar Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,5	mg/kg	Maks. 0,5

Tabel 3... (Lanjutan)

Kriteria Uji	SNI 01-3279-1995		RASNI	
	Satuan	Persyaratan	Satuan	Persyaratan
15. Cemarkan Mikroba				
15.1 Angka Lempengan Total	Koloni/gram	Maks. 10^8	Koloni/gram	Maks. 10^8
15.2 <i>E. Coli</i>	APM/g	Maks. 10	APM/g	Maks. 10
15.3 Kapang	Koloni/gram	Maks. 10^4	Koloni/gram	Maks. 10^4

2.10 Cookies Bagea Sagu

Cookies merupakan salah satu produk *bakery* yang populer di semua kalangan, terbuat dari tepung terigu namun tidak memerlukan pengembangan (*unleavened product*), melalui proses pencetakan dan pemanggangan serta diutamakan kerenyahan teksturnya dengan kadar air yang harus kurang dari 5% (Yasinta dkk., 2017). *Cookies* pada umumnya terbuat dari tepung terigu yang merupakan komoditas impor Indonesia. Oleh karena itu, untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan tepung terigu, maka bahan pangan tersebut dapat disubstitusi dengan bahan pangan alternatif lainnya yang berasal dari pangan lokal, seperti tepung sagu (Turisyawati, 2011).

Tanaman sagu banyak tumbuh di berbagai wilayah di Indonesia, seperti Papua, Sulawesi, Maluku, Riau dan Kalimantan. Oleh karena itu, tanaman sagu sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan pangan alternatif. Penggunaan tepung sagu di Indonesia sebagai bahan pangan, telah banyak dikenal dalam berbagai bentuk produk, diantaranya papeda, sagu lempeng, bagea, dan lainnya (Ramdany dkk., 2021). Bagea merupakan kue tradisional khas Gorontalo yang bahan-bahan dan cara pembuatannya masih sangat tradisional. Kandungan gizi utama dalam kue bagea adalah karbohidrat dikarenakan bahan utamanya terbuat dari pati (Bunta dkk., 2013).

Kue bagea umumnya menggunakan tepung sagu sebagai bahan dasar. Namun, ada juga yang menggunakan campuran tepung terigu dan tepung sagu. Rasanya yang manis dengan tekstur yang renyah menyebabkan kue bagea banyak disukai oleh anak-anak sampai orang dewasa (Bunta dan Nikmawati, 2013). Kualitas kue bagea harus ditingkatkan baik dari segi fisik maupun kandungan gizinya dengan melakukan substitusi bahan pangan lain melalui proses fortifikasi. Perbandingan syarat mutu pembuatan *cookies* menurut SNI 2973:2011 dan SNI 2973:2018 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Syarat Mutu *Cookies* menurut SNI 2973:2011 dan SNI 2973:2018

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan	
		SNI 2973:2011	SNI 2973:2018
1. Keadaan			
1.1 Bau	-	Normal	Normal
1.2 Rasa	-	Normal	Normal
1.3 Warna	-	Normal	Normal
2. Kadar Air (b/b)	%	Maks. 5	Maks. 5
3. Kadar Abu	%	Maks. 1,5	Maks. 0,1
4. Kadar Protein	%	Min. 5	Min. 4,5
5. Kadar Serat Kasar	%	Maks. 0,5	Maks. 0,5
6. Kadar Lemak	%	Min. 9,5	Min. 9,5
7. Kadar Karbohidrat	%	Min. 70	Min. 70
8. Kalori per 100 gram	Kkal	Min. 400	Min. 400
9. Cemaran Logam			
9.1 Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,5	Maks. 0,5
9.2 Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,2	Maks. 0,2
9.3 Timah (Sn)	mg/kg	Maks 40	Maks 40
9.4 Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks 0,05	Maks 0,05
10. Cemaran Arsen	mg/kg	Maks. 0,5	Maks. 0,5
11. Cemaran Mikroba			
11.1 Angka Lempeng Total	Koloni/g	Maks. 10 ⁴	Maks. 10 ⁵
11.2 <i>Enterobacteriaceae</i>	Koloni/g	Maks. 10 ²	Maks. 10 ²
11.3 <i>Salmonella</i>	negatif/25g	Tidak boleh ada	Tidak boleh ada
11.4 <i>S. aureus</i>	Koloni/g	Maks. 10 ²	Maks. 10 ⁴
11.5 Kapang dan Khamir	Koloni/g	Maks. 2 x 10 ²	Maks. 10 ⁴