

**PENGARUH PENAMBAHAN MIKROALGA *Chlorella vulgaris* PADA
FORMULASI SOSIS ANALOG SUMBER PROTEIN DAN OMEGA-3
BERBASIS TEMPE**

WILDAN MUBARAQ

H031191064



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN MIKROALGA *Chlorella vulgaris* PADA
FORMULASI SOSIS ANALOG SUMBER PROTEIN DAN OMEGA-3
BERBASIS TEMPE**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

Oleh

WILDAN MUBARAQ

H031191064



MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN MIKROALGA *Chlorella vulgaris* PADA
FORMULASI SOSIS ANALOG SUMBER PROTEIN DAN OMEGA-3
BERBASIS TEMPE

Disusun dan diajukan oleh:

WILDAN MUBARAQ
H031191064

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kimia Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal **9 Juni 2023**
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

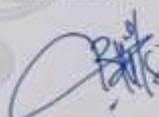
Menyetujui

Pembimbing Utama



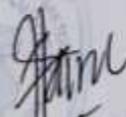
Dr. Indah Raya, M.Si
NIP. 19641125 199002 2 001

Pembimbing Pertama



Bulkis Musa, S.Si., M.Si
NIP. 19900905 202012 2 001

Ketua Program Studi



Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202 199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wildan Mubaraq
NIM : H031191064
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Pengaruh Penambahan Mikroalga *Chlorella vulgaris* Pada Formulasi Sosis Analog Sumber Protein dan Omega-3 Berbasis Tempe" adalah benar karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari Skripsi saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 9 Juni 2023

Yang Menyatakan

Wildan Mubaraq

LEMBAR PERSEMBAHAN

HASBIYALLAH
(Cukuplah Allah Bagiku)

-Libatkan Allah dalam setiap urusanmu-

PRAKATA

Puji dan syukur penulis peruntukkan hanya kepada Allah SWT., atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Pengaruh Penambahan Mikroalga *Chlorella Vulgaris* Pada Formulasi Sosis Analog Sumber Protein Dan Omega-3 Berbasis Tempe**” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains. Shalawat dan salam penulis haturkan kepada Rasulullah SAW., juga kepada keluarga, sahabat, dan pengikutnya yang tetap istiqamah hingga saat ini.

Penyusunan skripsi ini memiliki banyak rintangan yang dihadapi penulis, namun pada akhirnya dapat diselesaikan berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada segenap keluarga penulis, yakni keluarga besar **Tabo Halijah** dan keluarga besar **Lintang Ruga**, terkhusus orang tua penulis, Bapak **Hasbi** dan Mama **Tenri Abeng**, yang telah memberikan pengorbanan yang tulus kepada penulis yang tidak dapat dihitung dan dibalas oleh penulis. Terima kasih pula kepada adik penulis **Husnul Khatimah** dan **Alya Jazilah** yang menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan penelitian.

Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibunda **Dr. Indah Raya, M.Si** selaku pembimbing utama sekaligus penasihat akademik yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bantuan, masukan, motivasi, dan dorongan yang tulus dan ikhlas kepada

penulis. Sosok dosen yang penulis telah anggap sebagai orang tua sendiri selama menempuh perkuliahan.

2. **Bulkis Musa, S.Si.,M.Si** selaku pembimbing pertama yang juga membimbing penulis dengan luar biasa dengan meluangkan banyak waktu dan memberikan dorongan, masukan, dan saran-saran selama penyusunan skripsi ini hingga penulis bisa menyelesaikannya dengan baik.
3. Ibunda **Dr. Rugaiyah A. Arfah, M.Si** dan Ibunda **Dr. St. Fauziah, M.Si** selaku tim dosen penguji yang telah memberikan banyak ilmu dan masukan selama penyusunan skripsi ini.
4. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, Ibunda **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan Ibunda **Dr. Nur Umriani Permatasari, S.Si., M.Si** serta seluruh Dosen Kimia FMIPA Unhas yang telah memberikan ilmunya kepada penulis dan Staf Departemen Kimia yang telah banyak membantu penulis.
5. Seluruh analis Laboratorium terkhusus **Kak Linda** dan **Kak Hana** yang telah membantu penulis selama penelitian.
6. Pihak BBIHP Makassar, **Ibu Ida** dan **Kakak-kakak Analis Lab Kimia Pangan** yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan pengujian selama penelitian.
7. Orang tua angkat penulis, **Bapak dan Ibu “Ikhlas”** penulis menyebutnya karena pelajaran dan bantuan berharga yang telah diberikan secara **ikhlas** ketika penulis terkena musibah, semoga skripsi ini bisa menjadi hadiah kebahagiaan kecil untuk mereka.

8. Rekan-rekan penelitian di Laboratorium Anorganik, terkhusus **Fito Genk**. Terima kasih kepada **M. Ardiansyah, Urifatun'nisa, Rusmiah, Riska Amalia**, dan **Agung Indrawan** atas kerja samanya selama penelitian.
9. Teman-teman **MIPA 2019, Kimia Unhas 2019, Konf19urasi**, dan **KMK FMIPA Unhas** yang telah memberikan pengalaman luar biasa kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
10. Saudara-saudara muslim **UKM LDK MPM Unhas** dan pengurus **LDF Mushalla Istiqamah FMIPA Unhas** yang senantiasa mengingatkan dalam kebaikan.
11. Sahabat-sahabat **PBU Perjuangan** yakni **Ceril, Kise, Agung, Takbir, Adams** dan **Ardy** yang senantiasa membersamai penulis dari Maba hingga saat ini.
12. Teman-teman keluarga besar **XII IPA2 SMAN 13 Luwu**, khususnya **Genk Seba (Ippank, Aslam, dan Mamat)** yang tetap solid hingga saat ini.
13. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan penelitian.

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dalam tulisan ini, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya. Akhir kata penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 30 April 2023
Penulis,

Wildan Mubaraq

ABSTRAK

Kekurangan gizi di Indonesia masih menjadi masalah yang signifikan hingga saat ini. Salah satu nutrisi yang diperlukan oleh balita dan anak-anak adalah protein dan omega-3. Protein dan omega-3 dapat diperoleh dari bahan yang mengandung protein dan omega-3 seperti mikroalga. Mikroalga *Chlorella vulgaris* mengandung omega-3 dan nutrisi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik kimia sosis analog berbasis tempe terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris* dan menentukan perbandingan variasi terbaik untuk memperoleh kadar protein, DHA, dan EPA. Sosis analog yang telah dibuat kemudian dianalisis karakteristik kimianya. Berdasarkan hasil analisis kualitas sosis analog tempe menunjukkan sosis analog tempe yang terfortifikasi *Chlorella vulgaris* mengandung nutrisi yang lebih baik dibandingkan dengan sosis analog tempe kontrol. Formula sosis analog yang dibuat telah sesuai dengan SNI 3820: 2015.

Kata kunci : *Chlorella vulgaris*, DHA, EPA, Protein, Sosis Analog.

ABSTRACT

Malnutrition in Indonesia is still a significant problem today. One of the nutrients needed by toddlers and children is protein and omega-3. Protein and omega-3 can be obtained from materials that contain protein and omega-3 such as microalgae. Microalgae *Chlorella vulgaris* contains omega-3 and high nutrients. This study aims to determine the chemical characteristics of tempe-based analog sausage fortified with *Chlorella vulgaris* microalgae and determine the best variation ratio to obtain protein, DHA, and EPA levels. The analog sausage that had been made was then analyzed for its chemical characteristics. Based on the analysis of the quality of the tempeh analog sausage, the *Chlorella vulgaris*-fortified tempeh analog sausage contained better nutrients than the control tempeh analog sausage. The analog sausage formula made was in accordance with SNI 3820: 2015.

Keywords : *Chlorella vulgaris*, DHA, EPA, Protein, Sausage Analog.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Maksud dan Tujuan.....	6
1.3.1 Maksud Penelitian.....	6
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	8
2.1.1 Tinjauan dan Klasifikasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	8
2.1.2 Kandungan dan Potensi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	10
2.2 Protein.....	11
2.2.1 Tinjauan Umum Protein.....	11
2.2.2 Sumber dan Kebutuhan Protein.....	13
2.3 Asam Lemak Omega-3 (DHA dan EPA).....	15
	x

2.4 Fortifikasi	16
2.5 Tempe	17
2.5.1 Tanaman Kedelai (<i>Glycine max. L</i>)	17
2.5.2 Tempe Kedelai	19
2.6 Sosis	21
2.6.1 Tinjauan Sosis Analog	21
2.6.2 Karakteristik dan Syarat Mutu Sosis.....	22
BAB III. METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Bahan Penelitian	26
3.2 Alat Penelitian.....	26
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.4.1 Pembuatan Sosis Analog Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	27
3.4.2 Analisis Mutu Sosis Analog Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	28
3.4.2.1 Analisis Kadar Air	28
3.4.2.2 Analisis Kadar Abu.....	28
3.4.2.3 Analisis Kadar Protein (Metode Mikro-Kjeldahl).....	29
3.4.2.4 Analisis Kadar Lemak (Weibull).....	30
3.4.2.5 Analisis Kadar Karbohidrat	30
3.4.2.6 Penentuan Nilai Kalori.....	31
3.4.2.7 Analisis Kadar Serat Kasar	31
3.5 Analisis Kadar DHA dan EPA Sosis Analog Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	32
3.6 Analisis Cemaran Logam Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) dalam Sosis Analog Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	33
3.7 Uji Organoleptik	34

3.8 Pengolahan Data Organoleptik	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Karakteristik Sosis Analog Tempe Terfortifikasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	35
4.2 Analisis Mutu Sosis Analog Terfortifikasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	36
4.2.1 Analisis Kadar Air	36
4.2.2 Analisis Kadar Abu	37
4.2.3 Analisis Kadar Protein	38
4.2.4 Analisis Kadar Lemak	40
4.2.5 Analisis Kadar Karbohidrat	41
4.2.6 Penentuan Nilai Kalori	43
4.2.7 Analisis Kadar Serat Kasar	44
4.3 Analisis Kadar DHA dan EPA Sosis Analog Terfortifikasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	45
4.4 Analisis Cemaran Logam Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) dalam Sosis Analog Terfortifikasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	47
4.5 Uji Organoleptik Sosis Analog Terfortifikasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	49
4.5.1 Warna	50
4.5.2 Aroma	52
4.5.3 Tekstur	53
4.5.4 Rasa	53
4.6 Daya Terima Panelis Terhadap Sosis Analog Tempe Terfortifikasi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56

DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Angka kecukupan protein.....	14
2. Komposisi kimia kedelai kering per 100 g.....	18
3. Komposisi kimia tempe kedelai	20
4. Syarat mutu tempe kedelai menurut SNI 01-3114-2009.....	21
5. Syarat mutu sosis daging menurut SNI 3820: 2015	24
6. Komposisi pembuatan sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	27
7. Skala penilaian uji organoleptik.....	34
8. Hasil analisis logam berat Pb dan Cd sosis analog	48
9. Nilai rata-rata hasil uji organoleptik sosis analog	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Chlorella vulgaris</i>	8
2. Mekanisme pembentukan ikatan peptida	13
3. (a) Struktur DHA, (b) struktur EPA	16
4. Produk sosis analog	22
5. Hasil pembuatan sosis analog tempe difortifikasi <i>Chlorella vulgaris</i> , (a) sosis kontrol, (b) sosis F1, (c) sosis F2, dan (d) sosis F3	35
6. Hasil analisis kadar air sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> , sosis kontrol, sosis F1, sosis F2, dan sosis F3	37
7. Hasil analisis kadar abu sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> , sosis kontrol, sosis F1, sosis F2, dan sosis F3	38
8. Hasil analisis kadar protein sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> , sosis kontrol, sosis F1, sosis F2, dan sosis F3	39
9. Hasil analisis kadar lemak sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> , sosis kontrol, sosis F1, sosis F2, dan sosis F3	40
10. Hasil analisis kadar karbohidrat sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> , sosis kontrol, sosis F1, sosis F2, dan sosis F3	42
11. Hasil analisis nilai kalori sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> , sosis kontrol, sosis F1, sosis F2, dan sosis F3	43
12. Hasil analisis kadar serat kasar sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> , sosis kontrol, sosis F1, sosis F2, dan sosis F3	44
13. Kadar DHA dan EPA sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	45
14. Hasil uji organoleptik sosis analog mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bagan kerja	65
2. Perhitungan pembuatan pereaksi	71
3. Perhitungan analisis kualitas kimia sosis analog	75
4. Hasil pengujian proksimat sosis analog	92
5. Data nilai absorbansi DHA dan EPA sosis analog	93
6. Perhitungan penentuan kadar DHA dan EPA sosis analog.....	95
7. Perhitungan jumlah konsumsi sosis analog terfortifikasi mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> untuk pemenuhan kebutuhan DHA+EPA pada orang dewasa.....	98
8. Hasil uji <i>one way</i> ANOVA dan uji lanjut duncan.....	100
9. Perhitungan daya terima panelis	103
10. Formulir uji organoleptik sosis analog	104
11. Data hasil uji organoleptik sosis analog.....	105
12. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	106

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
kkal	Kilokalori
DNA	Asam deoksiribonukleat
LNA	Asam alfa-linolenat
DHA	Dokosaheksaenoat
EPA	Eikosapentaenoat
MCv	Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i>
CGF	<i>Chlorella Growth Factor</i>
mg/g	Milligram per gram
AKP	Angka kecukupan protein
PUFA	<i>Poly Unsaturated Fatty Acid</i>
g	Gram
mg	Miligram
SNI	Standar Nasional Indonesia
SSA	Spektrofotometri Serapan Atom
<i>UV-Vis</i>	<i>Ultraviolet-Visible</i>
kHz	Kilohertz

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kekurangan gizi masih menjadi masalah yang signifikan hingga saat ini. Indonesia menderita kekurangan gizi yang cukup tinggi (defisiensi gizi makro dan mikro) yang diiringi dengan meningkatnya prevalensi obesitas yang disebut sebagai *Double Burden of Malnutrition* (Watson dkk., 2019). Menurut Mardhiah dkk. (2020), diperkirakan sekitar 45% dari seluruh kematian anak terkait dengan gizi buruk, sehingga membuat anak lebih mudah terserang penyakit. Berdasarkan hasil studi gizi oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2021, terdapat 27 provinsi yang mengalami gizi kurang kategori kronis-akut (*Stunted* \geq 20% dan *Wasted* \geq 5%) dan dari 34 provinsi menunjukkan angka prevalensi gizi kurang sebesar 24,4%. Walaupun angka tersebut mengalami penurunan sebesar 2,0% (pencapaian rata-rata tahun 2013-2021), Kemenkes tetap merekomendasikan perlu upaya inovasi dalam pencapaian 2,7% pertahun agar mencapai target 14% (target RPJMN) (Kemenkes, 2021).

Salah satu faktor permasalahan gizi anak di Indonesia adalah jajanan anak sekolah yang kurang sehat. Masa anak-anak merupakan masa pertumbuhan dan perkembangan, sehingga perlu mendapatkan zat gizi yang sesuai dengan kebutuhan. Pola makan dan nafsu makan anak mengalami perubahan ketika memasuki usia 6 sampai 12 tahun. Anak cenderung memilih jajan dan makan di luar rumah dibandingkan makan di rumah. Hal ini menyebabkan kontribusi asupan zat gizi dari jajanan cenderung meningkat (Anggiruling dkk., 2019).

Makanan jajanan merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dengan anak sekolah. Kebiasaan jajan anak dapat dilihat dari frekuensi jajan dan kontribusi gizi jajanan. Hasil penelitian Mudiani dkk. (2018), menunjukkan kontribusi energi jajanan tertinggi adalah 607 kkal dan sebanyak 19% anak-anak tergolong lebih untuk kontribusi jajannya. Penelitian lain menunjukkan hal yang serupa yakni kontribusi energi jajanan cukup besar yaitu sebesar 24,7% terhadap asupan harian atau 494 kkal. Nilai tersebut memunculkan kekhawatiran terhadap permasalahan keamanan pangan jajanan. Jajanan yang tidak sehat dapat mengandung bakteri, senyawa kimia berbahaya, serta virus yang menyebabkan diare sampai kanker (Kemenkes, 2015).

Menurut Usrotussachiyah dkk. (2022), zat gizi yang merangsang atau mengendalikan proses pertumbuhan anak adalah protein. Protein sebagai makronutrien berfungsi sebagai reseptor yang dapat memengaruhi fungsi DNA. Pentingnya protein dalam tubuh adalah untuk membangun sel-sel baru, mempertahankan sel yang ada, dan mengganti sel-sel yang rusak. Protein tertentu dalam darah dapat meningkat karena tubuh melawan infeksi atau peradangan lainnya (Ravindran, 2019). Proses kimia dalam tubuh dapat berlangsung dengan baik karena adanya enzim sebagai protein yang berfungsi sebagai biokatalis. Demikian pula, zat-zat yang berperan untuk melawan bakteri penyakit atau yang disebut antigen juga merupakan suatu protein (Rismayanthi, 2006).

Sumber protein dapat diperoleh dari bahan makanan hewani dan bahan makanan nabati yang berasal dari tumbuhan (Ernawati dkk., 2016). Sumber protein dapat digolongkan menjadi sumber protein konvensional dan sumber protein non konvensional. Sumber protein konvensional bisa didapatkan dari

makanan yang mengandung protein nabati dan protein hewani. Sedangkan sumber protein non konvensional biasanya berupa sumber protein yang dikembangkan untuk menutupi kebutuhan akan protein, yang biasanya berasal dari mikroba (bakteri, khamir, atau kapang) yang dikenal sebagai protein sel tunggal (*single cell protein*), namun produknya dalam makanan masih belum dikembangkan sampai saat ini (Khotimah dkk., 2021).

Selain protein, nutrisi yang juga berperan dalam tumbuh kembang anak adalah asam lemak esensial yang merupakan asam lemak yang penting bagi tubuh manusia dan tidak dapat disintesis oleh tubuh, contohnya asam lemak omega-3 (Aprizayanti, 2011). Asam lemak omega-3 merupakan asam lemak turunan dari prekursor asam lemak esensial linolenat. Kemudian prekursor tersebut masuk dalam proses *elongate* dan *desaturate* yang menghasilkan tiga bentuk asam lemak omega-3, yaitu LNA (asam alfa-linolenat), EPA (eikosapentaenoat), dan DHA (dokosaheksaenoat). Dokosaheksaenoat dan eikosapentaenoat berperan utama dalam perkembangan sistem saraf, meningkatkan kemampuan memori, kemampuan belajar, dan berfungsi juga sebagai anti-alergi, sehingga sangat diperlukan oleh tubuh, baik usia dini dalam kandungan maupun orang dewasa (Augustsson dkk., 2003; Cheng dkk., 2003).

Sejauh ini omega-3 diperoleh dari minyak ikan laut, namun minyak ikan laut memiliki kekurangan, karena kontaminasi logam berat di perairan dan kandungan dioksin yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Selain itu, sifat asam lemak dari ikan yang berbau amis juga menjadi kekurangan untuk dijadikan sebagai sumber omega-3 khususnya EPA (eikosapentaenoat) dan DHA (dokosaheksaenoat) (Guerrero dkk., 2000). Salah satu cara mengatasi kondisi ini

adalah mencari sumber-sumber lain yang berpotensi untuk diolah sebagai makanan bergizi tinggi dan ketersediaannya yang melimpah. Salah satu sumber makanan bergizi adalah mikroalga. Indonesia sebagai negara yang memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia tentunya memiliki potensi mikroalga yang sangat melimpah. Menurut Abu-Rezq dkk. (2010), biomassa mikroalga kaya nutrisi, antara lain asam lemak omega 3 dan 6, asam amino esensial (leu, isoleusin, dan valin), karoten, klorofil, serta vitamin. Beberapa jenis mikroalga juga memiliki kandungan protein tinggi. Mikroalga merupakan makanan alami bagi biota laut (Amini, 2004). Selain itu, mikroalga juga mudah untuk dikembangbiakkan (Rahman, 2017).

Chlorella vulgaris merupakan salah satu jenis mikroalga yang dapat tumbuh di air tawar, payau, dan asin serta memiliki kandungan gizi yang sangat tinggi. Dalam keadaan kering mengandung protein 55-60%, tergantung pada sumbernya. Mikroalga ini juga kaya γ -linoleat (GLA), α -asam linoleat (ALA), asam linoleat (LA), asam stearidonat (SDA), asam eikosapentaenoat (EPA), asam dokosaheksanoat (DHA), dan asam arakidonat (AA) (Syahrul dan Dewita, 2016). *Chlorella vulgaris* mengandung vitamin A, B, D, E, dan K, yaitu 30 kali lebih banyak dari pada vitamin yang terdapat dalam hati anak sapi, serta empat kali vitamin yang terkandung dalam sayur bayam, kecuali vitamin C (Rostini, 2007). Mikroalga sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai alternatif sumber pangan bergizi yang ditambahkan ke dalam makanan, sehingga dapat meningkatkan nilai gizi makanan tersebut, proses ini disebut fortifikasi (Rahman, 2017).

Jenis olahan makanan yang mengandung protein tinggi adalah sosis daging. Sosis daging juga sering menjadi makanan jajanan anak sekolah. Sosis

daging memiliki rasa lezat disertai dengan nilai gizi yang tinggi. Selain kenikmatannya, sosis daging tidak baik dikonsumsi jika konsumen memiliki kolesterol yang tinggi (Pranata dkk., 2016). Menurut Pasaribu (2009), kandungan lemak yang terdapat pada daging sapi sebesar 28% dan daging ayam sebesar 11%, serta rendah serat yang berdampak buruk bagi kesehatan jika dikonsumsi secara terus-menerus.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah melalui inovasi produk pangan nabati yang menyehatkan. Salah satu jenis pangan yang dapat dioptimalkan adalah tempe kedelai. Tempe merupakan makanan tradisional yang telah lama dikenal di Indonesia yang dibuat dengan cara fermentasi menggunakan kapang *Rhizopus* sp. Tempe kaya akan protein sehingga keberadaannya dapat dijadikan sebagai alternatif sumber protein nabati yang terjangkau oleh berbagai lapisan masyarakat karena harga tempe yang relatif murah (Mukhoyaroh, 2015). Kandungan gizi utama yang terdapat pada tempe adalah protein sekitar 14,77% sampai 22,73% (Harvita, 2007).

Kandungan gizi tempe yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan sosis analog. Sosis analog merupakan makanan yang bahan dasar bukan dari daging, biasa juga disebut dengan sosis vegetarian (nabati). Sosis analog mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sosis pada umumnya, yaitu rendah lemak dan tetap mengandung protein yang bermanfaat bagi tubuh (Nurnaningsih dkk., 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Mikroalga *Chlorella Vulgaris* pada Formulasi Sosis Analog Sumber Protein dan Omega-3 Berbasis Tempe Kedelai” untuk

mengetahui pengaruh penambahan mikroalga *Chlorella vulgaris* terhadap karakteristik kimia sosis analog berbasis tempe kedelai yang diharapkan mampu menjadi alternatif jajanan sehat dan bergizi tinggi, serta sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Isnawaty dkk. (2022) mengenai analisis mutu kimia dan organoleptik sosis analog kacang merah dan rebung dan penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2022) mengenai pemanfaatan mikroalga *Chlorella vulgaris* sebagai sumber omega-3 pada fortifikasi *cookies* tradisional bagea sagu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapa perbandingan variasi terbaik dalam formulasi sosis analog berbasis tempe terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris*?
2. bagaimana karakteristik kimia sosis analog berbasis tempe terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris* berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) sosis?
3. berapa perolehan kadar protein, DHA, dan EPA dari sosis analog terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris*?

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan mikroalga *Chlorella vulgaris* terhadap kualitas karakteristik kimia sosis analog berbasis tempe dan menentukan variasi formulasi terbaik untuk pembuatan sosis analog terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris*.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan perbandingan variasi terbaik dalam formulasi sosis analog berbasis tempe terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris*,
2. menentukan karakteristik kimia sosis analog berbasis tempe terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris* berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) sosis,
3. menentukan perolehan kadar protein, DHA, dan EPA dari sosis analog terfortifikasi mikroalga *Chlorella vulgaris*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberi informasi mengenai pengaruh penambahan mikroalga *Chlorella vulgaris* pada formulasi sosis analog tempe terhadap karakteristik kimia berdasarkan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) sosis dan menghasilkan perbandingan terbaik dalam pembuatan sosis analog berbasis tempe dan mikroalga *Chlorella vulgaris*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroalga *Chlorella vulgaris*

2.1.1 Tinjauan dan Klasifikasi Mikroalga *Chlorella vulgaris*

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

Chlorella vulgaris merupakan mikrolaga dengan golongan alga hijau (*Chloropyta*). *Chlorella vulgaris* memiliki bentuk sel yang bulat lonjong dengan garis tengah sel antara 2-8 μm . Mikroalga jenis ini dapat berkembang biak dengan cara membelah diri dan pembentukan spora. *Chlorella vulgaris* bersifat autotrof, sehingga dapat membuat makanannya sendiri melalui proses fotosintesis (Arianty dan Desi, 2012). Mikroalga *Chlorella vulgaris* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Chlorella vulgaris* (Arianty dan Desi, 2012)

Chlorella vulgaris merupakan jenis mikroalga uniseluler yang dapat dibudidayakan di media air tawar maupun air laut (Widayat dkk., 2017; Abdelnour dkk., 2019; Sugiharto, 2020). Costa dan de Morais (2014) melaporkan terdapat 20-30 spesies *Chlorella*, diantaranya adalah *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa*, dan *Chlorella ellipsoidea*. Dari tiga spesies *Chlorella* tersebut, *Chlorella vulgaris* merupakan spesies *Chlorella* yang paling populer dan banyak dibudidayakan di Indonesia (Yanuhar dkk., 2019; Sugiharto, 2020). Berikut adalah klasifikasi dari *Chlorella vulgaris* (Zahir, 2011).

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

Mikroalga *Chlorella vulgaris* tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati, namun memiliki klorofil, sehingga bersifat autotrof. *Chlorella vulgaris* merupakan organisme bersel tunggal (uniseluler) dan ada pula yang bersel banyak (multiseluler). Uniseluler umumnya sebagai mikroalga, sedangkan multiseluler dapat hidup sebagai nekton, bentos, dan endofit. Spesies ini dapat berkembang biak dengan dua cara, yaitu secara vegetatif dan generatif. *Chlorella vulgaris* dapat bertahan terhadap dalam segala perubahan alam sejak zaman pre-kambium yang disebabkan karena organisme ini 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 dan membuatnya dapat ditemukan di perairan tropis, sub tropis, sampai kutub sekalipun (Suriawiria, 2005).

2.1.2 Kandungan dan Potensi Mikroalga *Chlorella vulgaris*

Menurut Zahir (2011), *Chlorella vulgaris* mempunyai komposisi biomassa yang sangat bermanfaat. Walaupun berukuran kecil, namun *Chlorella vulgaris* memiliki kandungan gizi sangat tinggi. Selain itu, *Chlorella vulgaris* mengandung berbagai unsur vitamin dan mineral yang baik bagi tubuh. Salah satunya adalah *Chlorella Growth Factor* (CGF). Komposisi CGF dalam *Chlorella vulgaris* hanya 5% namun memiliki manfaat yang sangat luas di bidang kesehatan. Hal ini karena CGF mengandung berbagai macam jenis asam amino, peptida, protein, vitamin, dan glukoprotein. Mikroalga mengandung asam lemak yang melimpah, bahkan beberapa di antaranya mengandung lebih dari 50% asam lemak, termasuk DHA dan EPA (Rahman dan La Goa, 2021).

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Raya dkk. (2016) mengenai analisis kandungan DHA dan EPA pada mikroalga jenis *Chlorella vulgaris* menggunakan metode mikroenkapsulasi menunjukkan nilai EPA dalam keadaan kering sebesar 123,46 mg/g dan DHA sebesar 36,53 mg/g, serta mengandung karbohidrat sekitar 12-55%, protein 42-58%, lipid 5-40%, klorofil 1-2%, betakaroten, 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). Selain itu, mikroalga jenis *Chlorella vulgaris* juga mengandung senyawa fenolik, tanin, flavonoid, saponin, dan terpenoid (Shabudeen dkk., 2015).

2.2 Protein

2.2.1 Tinjauan Umum Protein

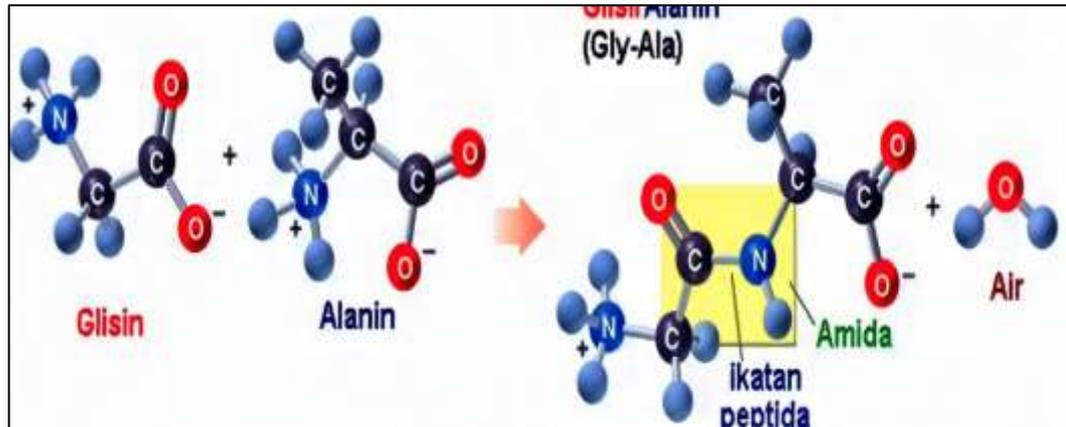
Protein berasal dari bahasa Yunani yaitu *protos* atau *proteos* yang berarti menduduki tempat pertama (*holding the first place*) atau memiliki kepentingan pertama (*the primary if Importance*). Protein adalah salah satu makronutrien yang memiliki peranan penting dalam pembentukan biomolekul (Cakrawati dan Mustika, 2012; Astadi, 2015). Protein merupakan komponen penting atau komponen utama sel hewan dan manusia. Oleh karena sel adalah penyusun tubuh, maka protein yang terdapat dalam makanan berfungsi sebagai zat utama dalam pembentukan dan pertumbuhan tubuh. Protein adalah bagian dari semua sel hidup dan merupakan bagian terbesar tubuh sesudah air. Seperlima bagian tubuh adalah protein, separuhnya ada di dalam otot, seperlima di dalam tulang dan tulang rawan, sepersepuluh di dalam kulit, dan selebihnya di dalam jaringan lain, serta cairan tubuh. Semua enzim, berbagai hormon, pengangkut zat gizi, darah, matriks intra seluler, dan sebagainya merupakan protein (Wahyudiati, 2017).

Protein adalah sumber asam-asam amino yang mengandung unsur-unsur C, H, O, dan N yang tidak dimiliki oleh lemak atau karbohidrat. Molekul protein mengandung pula fosfor, belerang, dan ada jenis protein yang mengandung unsur logam seperti besi dan tembaga. Secara kimiawi, protein merupakan senyawa polimer yang tersusun dari asam-asam amino sebagai monomernya. Berat molekul protein berkisar antara 12000 sampai beberapa juta. Polimer asam-asam amino yang memiliki berat molekul di bawah 12000 (ada yang memberi batas 10000) disebut polipeptida, karena sifat-sifatnya yang berbeda dengan protein biasa (Bangun, 2009).

Suatu molekul protein disusun oleh sejumlah asam amino dengan susunan tertentu dan bersifat turunan. Suatu asam amino lazimnya diklasifikasikan sebagai suatu molekul yang memiliki gugusan α -karboksil maupun α -amino dan secara kimiawi suatu rantai samping khas (gugusan R) yang melekat dengan α -karbon (Probosari, 2019). Biasanya protein mengandung 100-1000 molekul asam amino dan mempunyai berat molekul 16000-1000000. Setiap asam amino saling dihubungkan dengan ikatan kovalen yang disebut ikatan peptida, yaitu antara gugus asam amino ($-\text{NH}_2$) dengan gugus karboksil ($-\text{COOH}$) (Bangun, 2009).

Secara teoritis, dari 21 jenis asam amino yang ada di alam dapat membentuk protein dengan jenis yang tidak terbatas. Namun, diperkirakan hanya sekitar 2000 jenis protein yang terdapat di alam (Winarno, 2004). Karakteristik suatu protein ditentukan oleh jenis asam amino yang membentuknya. Terdapat empat tingkatan struktur yang saling mempengaruhi konformasi fungsional biologis dari protein. Tiga diantara tingkat struktural ini (primer, sekunder, dan tersier) dapat ditemukan dalam molekul yang terdiri dari suatu rantai polipeptida tunggal, sementara yang keempat (kuartener) melibatkan interaksi dari polipeptida di dalam suatu molekul protein berantai banyak (Probosari, 2019).

Dua molekul asam amino dapat saling berikatan membentuk ikatan kovalen melalui suatu ikatan amida yang disebut dengan ikatan peptida. Ikatan kovalen ini terjadi antara gugus karboksilat dari satu asam amino dengan gugus α -amino dari molekul asam amino lainnya dengan melepas molekul air (Wahyudiati, 2017). Secara sederhana mekanisme reaksi pembentukan ikatan kovalen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme pembentukan ikatan peptida (Wahyudiati, 2017)

Tiga molekul asam amino dapat bergabung membentuk dua ikatan peptida, begitu seterusnya sehingga dapat membentuk rantai polipeptida. Peptida memberikan reaksi kimia yang khas. Dua tipe reaksi yang terpenting, yaitu hidrolisis ikatan peptida dengan pemanasan polipeptida dalam suasana asam kuat atau basa kuat (konsentrasi tinggi), sehingga menghasilkan asam amino dalam bentuk bebas. Hidrolisa ikatan peptida dengan cara ini merupakan langkah penting untuk menentukan komposisi asam amino dalam sebuah protein dan sekaligus dapat menetapkan urutan asam amino sebagai pembentuk protein tersebut. Dari hidrolisis tersebut, ternyata komponen senyawa kimia protein adalah peptida, asam amino, dan berbagai komponen unsur kimia (Wahyudiati, 2017). Protein sebagai makromolekul mampu menunjukkan berbagai fungsi biologi. Protein dapat diklasifikasikan sebagai enzim, protein transport, protein nutrisi dan penyimpanan, protein kontraktil atau motil, protein struktural, protein pertahanan, dan protein pengatur.

2.2.2 Sumber dan Kebutuhan Protein

Protein dari makanan yang kita konsumsi sehari-hari dapat berasal dari hewani maupun nabati. Protein yang berasal dari hewan, seperti daging, ikan,

ayam, telur, susu, dan lain-lain disebut protein hewani, sedangkan protein yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, seperti kacang-kacangan, tempe, dan tahu disebut protein nabati (Wahyudiati, 2017). Sumber protein digolongkan menjadi sumber protein konvensional yang mengandung protein nabati dan protein hewani serta sumber protein non konvensional yang berasal dari mikroba (bakteri, khamir, dan kapang) yang dikenal sebagai protein sel tunggal (*single cell protein*). Kebutuhan asupan protein dari angka kecukupan gizi ditunjukkan pada Tabel 2.

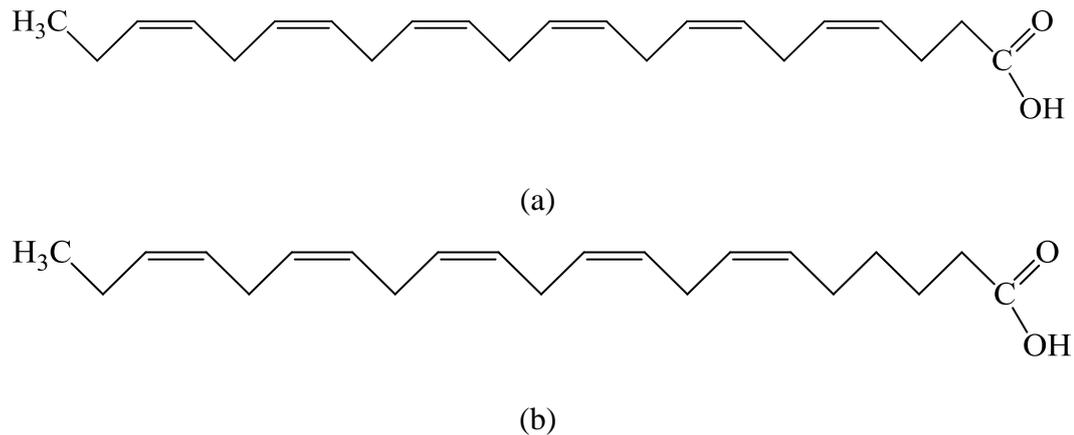
Tabel 1. Angka kecukupan protein (Angka Kecukupan Gizi, 2019)

Golongan Umur Pria	AKP (g)	Golongan Umur Wanita	AKP (g)
0-5 bulan	9	0-5 bulan	9
6-11 bulan	15	6-11 bulan	15
1-3 tahun	20	1-3 tahun	20
4-6 tahun	25	4-6 tahun	25
7-9 tahun	40	7-9 tahun	40
10-12 tahun	50	10-12 tahun	55
13-15 tahun	70	13-15 tahun	65
16-18 tahun	75	16-18 tahun	65
19-29 tahun	65	19-29 tahun	60
30-49 tahun	65	30-49 tahun	60
50-64 tahun	64	50-64 tahun	60
65-80 tahun	64	65-80 tahun	58
80+ tahun		80+ tahun	58
		Hamil	
		Trimester I	±1
		Trimester II	±2
		Trimester III	±30
		Menyusui	
		6 bulan pertama	±20
		6 bulan kedua	±15

Kecukupan protein seseorang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis kelamin, berat badan, usia (tahap pertumbuhan dan perkembangan), dan mutu protein dalam pola konsumsi pangannya. Perbedaan kebutuhan protein pada laki-laki dan perempuan disebabkan oleh perbedaan komposisi tubuh. Adapun bayi dan anak-anak yang berada dalam tahap pertumbuhan dan perkembangan yang pesat tentunya juga membutuhkan protein yang lebih banyak per kilo gram berat badannya (Hardinsyah, 2013). Sedangkan kebutuhan protein pada manusia yang menurun seiring pertambahan usia, karena kondisi fisik yang juga menurun serta penyerapan nutrisi yang tidak maksimal.

2.3 Asam Lemak Omega-3 (DHA dan EPA)

Eicosapentaenoic Acid (EPA) dan *Docosahexaenoic Acid* (DHA) merupakan dua asam lemak omega-3 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 sintesisnya 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 molekul dari DHA (*Docosahexaenoic Acid*) dan EPA (*Eicosapentaenoic Acid*) ditunjukkan oleh Gambar 3.



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

2.4 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 fortifikasi yaitu untuk meningkatkan tingkat konsumsi dari zat gizi yang ditambahkan untuk meningkatkan status gizi populasi (Siagian, 2003; Permatasari dkk., 2017). Fortifikasi pangan dengan zat gizi mikro adalah salah satu strategi utama yang dapat digunakan untuk meningkatkan status mikronutrien pangan (WHO, 2006). Ada 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).

2.5 Tempe

2.5.1 Kacang Kedelai (*Glycine max* L.)

Tanaman kedelai merupakan tanaman semusim yang tumbuh tegak berupa semak dengan tinggi 40-90 cm, dengan umur tanaman 72-90 hari (Adie dan Krisnawati, 2007). Tanaman kedelai termasuk tanaman dikotil berbatang semak,

tidak berkayu, berambut atau berbulu dengan struktur bulu yang beragam, berbentuk bulat, dan berwarna hijau. Batang tanaman kedelai dapat membentuk cabang 3-6 cabang (Cahyono, 2007). Daun kedelai mempunyai ciri-ciri, antara lain berbulu, berwarna abu-abu atau coklat, helai daun oval, bagian ujung daun meruncing, dan tata letaknya pada tangkai daun bersifat majemuk berdaun tiga. Daun kedelai terbagi menjadi empat tipe, yaitu kotiledon atau daun biji, dua helai daun primer sederhana, daun bertiga, dan profila (Adie dan Krisnawati, 2007).

Kedelai merupakan tanaman pangan yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Meski demikian, tanaman kedelai bukan merupakan tanaman asli dari Indonesia. Tanaman kedelai diduga berasal dari bagian Utara China (daerah Manshukuo) serta dibudidayakan untuk pertama kalinya pada abad ke-11 Masehi, sedangkan di Indonesia sendiri tanaman kedelai dibudidayakan pada abad ke-17 Masehi untuk makanan dan pupuk hijau (Atman, 2014). Pada awalnya, kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yakni *Glycine soja* dan *Soja max.*, namun pada tahun 1948 telah disepakati secara ilmiah kedelai dikenal dengan nama *Glycine max* (L.).

Akar kedelai merupakan akar tunggang yang dapat tumbuh hingga kedalaman 150 cm (Septiatin, 2012). Sistem perakaran tanaman kedelai memiliki ciri khas yang ditandai dengan adanya interaksi simbiosis antara bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) dengan akar tanaman kedelai yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Bintil akar sangat berperan dalam proses fiksasi nitrogen yang sangat dibutuhkan tanaman kedelai untuk kelanjutan pertumbuhannya (Cahyono, 2007). Tanaman kedelai mulai berbunga pada umur 30-50 hari setelah tanam. Bunga kedelai merupakan bunga sempurna yang dapat melakukan

penyerbukan sendiri. Penyerbukan kedelai terjadi saat mahkota bunga masih tertutup, sehingga kemungkinan terjadi penyerbukan silang sangat kecil (Septiatin, 2012). Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun yang diberi nama rasim. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 2-25 bunga, tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi.

Buah kedelai disebut buah polong yang tersusun dalam rangkaian buah. Polong kedelai yang sudah tua ada yang berwarna cokelat, cokelat tua, cokelat muda, cokelat kekuning-kuningan, cokelat keputih-putihan, dan kehitaman. Setiap polong kedelai berisi antara 1 sampai 5 biji, jumlah polong pertanaman tergantung pada varietas kedelai, kesuburan tanah, dan jarak tanam yang digunakan (Adisarwanto, 2005). Secara umum komposisi kimia dalam kacang kedelai tersusun dari beberapa komponen. Berikut merupakan komposisi kimia yang terkandung dalam kedelai kering per 100 g yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia kedelai kering per 100 g (Kapu, 2017)

Komponen	Basah	Kering
Air (g)	20,00	7,50
Kalori (kal)	286,00	331,00
Protein (g)	30,20	34,90
Lemak (g)	15,60	18,10
Karbohidrat (g)	30,10	34,80
Kalsium (mg)	196,00	227,00
Fosfor (mg)	506,00	595,00
Besi (mg)	6,90	8,00
Vitamin A (IU)	95,00	110,00
Vitamin B (mg)	0,99	1,07

Kedelai mengandung protein 35%, bahkan pada varietas unggul kadar proteinnya dapat mencapai 40-43%. Kandungan protein kedelai jika dibandingkan dengan beras, jagung, tepung singkong, kacang hijau, daging ikan segar, dan telur ayam, kedelai mempunyai kandungan protein yang lebih tinggi, bahkan hampir menyamai susu skim kering (Kapu, 2017). Berikut merupakan klasifikasi kacang kedelai (*Glycine max* L.) (Suknia dan Rahmani, 2020):

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Rosales
Famili : Leguminosae
Genus : Glycine
Spesies : *Glycine max* (L.) Merr

2.5.2 Tempe Kedelai

Tempe merupakan pangan tradisional yang dihasilkan dari fermentasi kacang kedelai oleh kapang *Rhizopus* sp. Kapang yang tumbuh akan membentuk *hifa*, yaitu benang putih yang menyelimuti permukaan biji kedelai dan membentuk jalinan *misellium* yang mengikat biji kedelai satu sama lain, membentuk struktur yang kompak, dan tekstur yang padat (Astawan dkk., 2013). Bahan baku utama tempe umumnya adalah kedelai yang diketahui memiliki kandungan protein yang sangat tinggi dibandingkan biji-bijian lainnya. Kandungan protein kedelai adalah 46,2 g per 100 g basis kering (Astawan, 2016). Indonesia dikenal sebagai negara asal tempe sekaligus negara pengimpor kedelai.

Setiap tahunnya, Indonesia harus mengimpor kedelai sebanyak 2,1 juta ton untuk memenuhi 71% kebutuhan kedelai dalam negeri (Astawan dkk., 2016).

Menurut Sumantri (2007), setiap 100 g tempe mengandung sekitar 10-20 g protein, 49 zat lemak, vitamin B12, dan 192 mg kalium. Tempe dengan kualitas baik mempunyai ciri-ciri berwarna putih bersih yang merata pada permukaanya, struktur yang homogen, serta memiliki rasa, bau, dan beraroma khas tempe. Menurut Cahyadi (2007), tempe memiliki kandungan gizi yang diperlukan oleh tubuh dan memiliki beberapa khasiat yaitu memberi pengaruh hipokolesterolemik, antidiare, antioksidan, meningkatkan penyerapan kalsium, besi, menurunkan kolesterol, dan sebagainya. Penelitian Dwinaningsih (2010) menunjukkan bahwa zat gizi dalam tempe lebih mudah dicerna, diserap, dan dimanfaatkan oleh tubuh dibandingkan zat gizi kedelai yang dikonsumsi secara langsung. Komposisi kimia tempe kedelai dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia tempe kedelai (Cahyadi, 2006)

Komposisi	Jumlah
Air (wb)	61,2%
Protein kasar (db)	41,4%
Minyak kasar (db)	22,2%
Karbohidrat (db)	29,6%
Abu (db)	4,3%
Serat kasar (db)	3,4%
Nitrogen (db)	7,4%

Menurut Standar Nasional Indonesia, tempe kedelai harus memenuhi kriteria yang menjadi syarat mutu yang sesuai. Berikut merupakan syarat mutu tempe kedelai menurut SNI 01-3114-2009 yang ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Syarat mutu tempe menurut SNI 01-3114-2009 (BSN, 2012)

Parameter	Syarat Mutu
Bau, warna, rasa	Normal (khas tempe)
Kadar air, b/b	Maks. 65%
Kadar abu, b/b	Maks. 1,4%
Kadar lemak, b/b	Min. 10%
Serat kasar, b/b	Maks. 2,5%
Cemaran mikroba : <i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella</i>	Maksimum 10% Maks. negatif (per 25 g)
Cemaran logam : Cadmium (Cd) Timbal (Pb) Timah (Sn) Merkuri (Hg)	Maks. 0,2 mg/kg Maks. 2 mg/kg Maks. 40 mg/kg Maks. 0,25 mg/kg
Cemaran Arsen	Maks. 0,25 mg/kg

2.6 Sosis

2.6.1 Tinjauan Sosis Analog

Secara umum, sosis dibuat dari daging yang telah dicincang kemudian dihaluskan, diberi bumbu, lalu dimasukkan ke dalam selongsong berbentuk bulat panjang simetris, baik yang terbuat dari usus hewan maupun pembungkus buatan (*casing*). Istilah sosis berasal dari bahasa Latin, yaitu *salsus* yang artinya garam (Asnurita dkk., 2021). Sosis tergolong produk sistem emulsi. Stabilitas emulsi dapat dicapai bila globula lemak yang terdispersi dalam emulsi diselubungi oleh *emulsifier* (protein daging) yang dimantapkan oleh *binder* dan *filler*. Permasalahan yang sering kali timbul dalam pembuatan sosis ialah pecahnya

emulsi, tekstur yang tidak kompak, terlalu keras maupun terlalu lembek, dan daya ikat air yang rendah (Wulandari dkk., 2013).

Binder merupakan bahan non daging yang ditambahkan ke dalam emulsi sosis dengan tujuan untuk menaikkan daya ikat protein terhadap air dan lemak. *Binder* diambil dari bahan yang mengandung protein tinggi, seperti sodium kaseinat, gluten, putih telur, susu skim, dan tepung kedelai (Widjanarko dkk., 2012). Sosis analog merupakan olahan produk pangan nabati tinggi protein dan serat pangan, seperti kacang kedelai yang telah diolah menjadi tempe maupun tahu, tanpa menggunakan bahan daging hewani (Adam dkk., 2022). Berikut merupakan produk sosis analog yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Produk sosis analog (Maharani dkk., 2022)

2.6.2 Karakteristik dan Syarat Mutu Sosis

Karakteristik fisik sosis yang baik menurut Badan Standarisasi Nasional (2015) yaitu:

1. warna sosis daging adalah normal, yaitu warna sosis berasal dari bahan dasarnya biasanya juga dipengaruhi oleh bahan tambahan yang digunakan misalnya pewarna yang digunakan,
2. aroma yang khas dari bahan dasar yang digunakan sesuai SNI sosis daging baunya normal dan tidak berbau busuk,

3. rasa sosis daging mempunyai rasa khas daging yang baik itu sosis sapi, sosis ayam ataupun sosis yang lainnya juga harus sesuai dengan bahan dasar yang digunakannya,
4. tekstur sosis pada umumnya memiliki tekstur yang padat dan agak kenyal, tidak terlalu lembek, dan permukaanya halus,
5. kriteria tersembunyi dapat diketahui dengan uji laboratorium, karena kriteria tersebut meliputi nilai gizi, cemaran logam, keamanan mikroba yang sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh departemen perindustrian sebagai persyaratan mutu suatu produk makanan.

Sosis yang bermutu baik adalah produk sosis yang telah memenuhi standar mutu secara kimia. Secara organoleptik, bentuk dan tampilan sosis harus kompak, kenyal atau bertekstur empuk, serta rasa dan aroma yang sesuai dengan bahan baku yang digunakan. Kualitas sosis sebagai produk daging ditentukan oleh kemampuan bahan untuk saling mengikat antara partikel daging dan bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam sosis (Koapaha dkk., 2011). Bahan pengikat (*binder*) dalam pembuatan sosis sangat memengaruhi kualitas sosis. Bahan pengikat mempunyai kandungan protein tinggi seperti kasein (protein susu) dan susu skim. Tujuan penambahan bahan pengikat diantaranya adalah membentuk dan menstabilkan emulsi, meningkatkan daya mengikat air dan menurunkan susut masak. Tepung kedelai mengandung protein 56% dengan harga yang jauh lebih murah dibandingkan susu skim, kasein, dan isolat protein yang kandungan proteinnya 90-95%. Substitusi susu skim dengan tepung kedelai diharapkan dapat memberikan karakteristik sosis yang baik (Mega, 2010). Berikut merupakan syarat mutu sosis daging menurut SNI 3820 : 2015 yang ditunjukkan oleh tabel 5.

Tabel 5. Syarat mutu sosis daging menurut SNI 3820 : 2015 (BSN, 2015)

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan	
			Sosis Daging	Sosis Daging Kombinasi
1	Keadaan			
1.1	Bau	-	normal	normal
1.2	Rasa	-	normal	normal
1.3	Warna	-	normal	normal
2	Air	% (b/b)	Maks. 67	Maks. 67
3	Abu	% (b/b)	Maks. 3,0	Maks. 3,0
4	Protein (N x 6,25)	% (b/b)	Min. 13	Min. 8
5	Lemak	% (b/b)	Maks. 20	Maks. 20
6	Cemaran Logam			
6.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1,0	
6.2	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,3	
6.3	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0 / maks. 200,0	
6.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03	
7	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,5	
8	Cemaran Mikroba			
8.1	Angka lempeng total	koloni/g	Maks. 1×10^5	
8.2	<i>Coliform</i>	APM/g	Maks. 10	
8.3	<i>Escherichia coli</i>	APM/g	< 3	
8.4	<i>Salmonella sp</i>	-	Negatif / 25 g	
8.5	<i>Staphylococcus aureus</i>	APM/g	maks. 1×10^2	
8.6	<i>Clostridium perfringens</i>	APM/g	maks. 1×10^2	
8.7	<i>Listeria monocytogenes</i>	-	-	

Pemberian inovasi pada produk sosis juga telah dilakukan, seperti halnya dengan dilakukan penggantian bahan dasar tepung kedelai dan konsentrat serta isolat protein kedelai yang terlebih dahulu diproses menjadi protein pekat atau protein pintar. Bahkan di Jepang telah beredar produk sosis analog yang berasal dari tempe kedelai kuning biasa, dimana bentuk dan kenampakannya sudah tidak terlihat seperti tempe tepai cita rasa tempe masih kuat terasa meskipun sudah dilakukan penambahan cita rasa daging (Koswara, 2009).

Pemberian inovasi pada produk sosis juga telah dilakukan, seperti halnya dengan dilakukan penggantian bahan dasar tepung kedelai dan konsentrat serta isolat protein kedelai yang terlebih dahulu diproses menjadi protein pekat atau protein pintar. Bahkan di Jepang telah beredar produk sosis analog yang berasal dari tempe kedelai kuning biasa, dimana bentuk dan kenampakannya sudah tidak terlihat seperti tempe tepai cita rasa tempe masih kuat terasa meskipun sudah dilakukan penambahan cita rasa daging (Koswara, 2009).

Sosis cukup populer di kalangan masyarakat sebagai pangan sumber protein yang praktis dan bergengsi. Dewasa ini, telah berkembang produk sosis analog berbahan dasar pangan nabati seperti tempe, tahu, dan pangan nabati lainnya. Produk sosis analog memiliki keunggulan dibandingkan dengan sosis pada umumnya. Salah satunya yaitu adanya kandungan serat yang bermanfaat bagi kesehatan. Saat ini, belum ada produk sosis kaya gizi yang dijadikan sumber protein dan serat (Ambari dkk., 2014).