

**INOVASI PEMBUNGKUS MAKANAN BERBASIS ALGA
SEBAGAI UPAYA PRESERVASI MAKANAN DALAM
MEWUJUDKAN SUSTAINABILITAS LINGKUNGAN**

PROPOSAL KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun Oleh:

29852	Clarence Chavella	XII MIPA 2 /07
29906	Felix Hugo Chandra	XII MIPA 2 /12
29986	Jesslyne Devina Heriyanto	XII MIPA 2 /18
30090	Mika Ananta Afandi	XII MIPA 2 /26
30114	Orlando Wiyatta	XII MIPA 2 /31
30147	Shallomia Jollyn Frelia	XII MIPA 2 /33

**SMA KATOLIK ST. LOUIS 1
SURABAYA**

2024

**INOVASI PEMBUNGKUS MAKANAN BERBASIS ALGA
SEBAGAI UPAYA PRESERVASI MAKANAN DALAM
MEWUJUDKAN SUSTAINABILITAS LINGKUNGAN**

PROPOSAL KARYA ILMIAH

Merupakan Ujian Keterampilan dan Syarat Kelulusan Sekolah



Disusun Oleh:

29852	Clarence Chavella	XII MIPA 2 /07
29906	Felix Hugo Chandra	XII MIPA 2 /12
29986	Jesslyne Devina Heriyanto	XII MIPA 2 /18
30090	Mika Ananta Afandi	XII MIPA 2 /26
30114	Orlando Wiyatta	XII MIPA 2 /31
30147	Shallomia Jollyn Frelia	XII MIPA 2 /33

SMA KATOLIK ST. LOUIS 1

SURABAYA

2024

PENGESAHAN NASKAH PROPOSAL KARYA ILMIAH

Judul : Inovasi Pembungkus Makanan Berbasis Alga sebagai Upaya Preservasi
Makanan dalam Mewujudkan Sustainability Lingkungan

Penyusun: 1. 29852 Clarence Chavella XII MIPA 2/07
2. 29906 Felix Hugo Chandra XII MIPA 2/12
3. 29986 Jesslyne Devina Heriyanto XII MIPA 2/18
4. 30090 Mika Ananta Afandi XII MIPA 2/26
5. 30114 Orlando Wiyatta XII MIPA 2/31
6. 30147 Shallomia Jollyn Frelia XII MIPA 2/33

Pembimbing I : F. X. Novan Ali, ST.

Pembimbing II : Irmina Indiyarti, S.Pd.

Tanggal Presentasi : Rabu, 4 Desember 2024

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Mengetahui,
Kepala Sekolah

Dra. Sri Wahjoeni Hadi S

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah, kami dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul “Inovasi Pembungkus Makanan Berbasis Alga sebagai Upaya Konservasi Makanan dalam Mewujudkan Sustainability Lingkungan”. Proposal ini dibuat dan diajukan agar dapat diizinkan melakukan penelitian untuk penilaian keterampilan mata pelajaran Matematika, Kimia, Fisika, dan Biologi.

Penilaian keterampilan merupakan salah satu penilaian yang diadakan SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya setiap tahunnya bagi peserta didik kelas 12. Kegiatan ini bertujuan untuk menciptakan peserta didik yang unggul dalam bidang tertentu. Dalam penilaian keterampilan ini, peserta didik diajak untuk mengaplikasikan secara langsung materi-materi yang telah didapatkan selama pembelajaran di sekolah dengan melakukan penelitian yang berada di luar sekolah.

Kelompok menyadari bahwa proposal penelitian ini dapat terselesaikan karena banyak pihak yang membantu, membimbing, memberi petunjuk, saran dan motivasi. Oleh karena itu, sudah sepatutnya kelompok menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi bimbingan dan dukungan moril maupun materil sehingga proposal penelitian ini dapat selesai. Penulis berterima kasih kepada:

1. Dra. Sri Wahjoeni Hadi S., selaku kepala sekolah SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya yang menyetujui dan mendukung pelaksanaan penilaian keterampilan;
2. Dahlia Adiati, S.Pd., selaku Wakasek Kurikulum SMA Katolik St. Louis 1 Surabaya.
3. Adinda Berlian Maharani, S.Sn., selaku wali kelas XII MIPA 2 yang telah memberikan bimbingan dalam merancang proposal ini;
4. F.X. Novan Ali, ST., selaku pembimbing 1 dalam pembuatan proposal ini;
5. Irmina Indiyarti, S.Pd., selaku pembimbing 2 dalam pembuatan proposal ini;
6. Orang tua dan teman-teman yang telah memberi bimbingan dan dukungan dalam melaksanakan penilaian keterampilan;
7. Semua pihak yang berpartisipasi dalam membantu dan mendukung terlaksananya penilaian keterampilan ini.

Kelompok menyadari bahwa proposal penelitian ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun akan berguna agar pada penulisan proposal selanjutnya dapat lebih baik. Akhir kata, kelompok berharap proposal ini dapat disetujui dan berbuah menjadi penelitian yang bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, 22 November 2024

Penyusun,

Jesslyne Devina Heriyanto

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	4
BAB 1: PENDAHULUAN.....	9
1.1. Latar Belakang.....	9
1.2. Rumusan Masalah.....	10
1.3. Hipotesis.....	10
1.4. Tujuan Penelitian.....	11
1.5. Manfaat Penelitian.....	11
BAB II: TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1. Pembungkus Makanan.....	12
2.1.1. Pengertian Pembungkus Makanan.....	12
2.1.2. Jenis-Jenis Pembungkus Makanan.....	12
2.1.3. Fungsi Pembungkus Makanan.....	14
2.2. Masalah Pembungkus Makanan Konvensional.....	15
2.2.1. Dampak Negatif Penggunaan Pembungkus Makanan Konvensional terhadap Lingkungan.....	15
Gambar 2.1 Dampak Negatif Bahan Kemasan Konvensional.	17
Gambar 2.2 Total Sampah 2024.....	18
2.2.2. Tantangan Utama dalam Penggunaan Pembungkus Makanan Konvensional.....	18
2.3. Alga sebagai Alternatif Pembungkus Makanan Konvensional.....	19
2.3.1. Definisi Alga.....	19
2.3.2. Komponen Kimia <i>Ulva lactuca</i>	21
2.3.3. Keunggulan <i>Ulva lactuca</i> sebagai Bahan Pembungkus Makanan...	24
2.4. Biodegradabilitas Alga.....	24

2.4.1. Pentingnya Penggunaan Bahan Organik.....	24
2.4.2. Penggunaan Pembungkus Makanan Alga dan Pembungkus Makanan Plastik.....	26
2.5. Penambahan Antimikroba dan Antioksidan pada Pembungkus Makanan Alga.....	27
2.5.1. Pengertian Antioksidan.....	27
2.5.2. Mekanisme Kerja Antioksidan.....	31
2.5.3. Pengertian Antimikroba.....	35
2.5.4. Mekanisme Kerja Antimikroba.....	37
2.5.5. Pemilihan Antioksidan pada Pembungkus Makanan Alga.....	38
2.5.6. Pemilihan Antimikroba pada Pembungkus Makanan Alga.....	41
BAB III: METODE PENELITIAN.....	46
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	46
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	46
3.3. Tahapan Penelitian.....	47
3.3.1. Diagram Alir.....	47
3.3.2. Langkah-Langkah Penelitian.....	47
3.3.3. Variabel Penelitian.....	48
3.3.4. Teknik Analisis Data.....	48
3.3.5. Metode Penelitian.....	49
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dampak Negatif Bahan Kemasan Konvensional.....	17
Gambar 2.2 Total Sampah 2024.....	17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, termasuk kekayaan laut yang melimpah. Salah satu potensi besar yang belum dimanfaatkan sepenuhnya adalah alga dan rumput laut. Sumber daya alam ini memiliki kandungan polisakarida tinggi seperti agar-agar dan alginat, yang memiliki potensi besar untuk diolah menjadi bahan baku berbagai produk ramah lingkungan, seperti pembungkus makanan. Inovasi ini dapat mendukung kemajuan teknologi dengan memberikan alternatif solusi yang lebih ramah lingkungan bagi industri pangan, sekaligus memanfaatkan kekayaan alam Indonesia untuk kepentingan teknologi yang berkelanjutan.

Namun, pada kenyataannya, sebagian besar pembungkus makanan yang digunakan saat ini masih berbahan dasar plastik sekali pakai. Plastik konvensional sangat sulit terurai dan menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan, seperti pencemaran laut dan penumpukan sampah. Penggunaan plastik ini tidak hanya berisiko bagi kelestarian alam, tetapi juga merugikan kesehatan manusia karena bahan kimia yang dapat lepas ke dalam makanan. Di Indonesia, masalah sampah plastik masih menjadi tantangan besar yang belum sepenuhnya teratasi, dan banyak industri masih bergantung pada bahan-bahan anorganik dan plastik yang tidak ramah lingkungan.

Untuk menjawab tantangan ini, kami akan melakukan eksperimen pembuatan pembungkus makanan berbahan dasar alga. Kegiatan ini bertujuan untuk memahami proses pembuatan pembungkus makanan berbahan alami melalui pencampuran zat-zat yang ramah lingkungan dan bahan tambahan alami lainnya guna memperoleh lapisan yang fleksibel, memiliki sifat antioksidan, dan dapat terurai secara hayati. Sifat

antioksidan ini diharapkan mampu membantu memperlambat proses oksidasi pada makanan, sehingga makanan dapat lebih awet tanpa tambahan bahan pengawet sintetis. Dalam eksperimen ini, kami akan mengamati cara pengolahan alga menjadi lapisan pembungkus makanan serta mengevaluasi kelebihan dan kekurangannya sebagai bahan pembungkus makanan. Diharapkan hasil kegiatan ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan biokimia dalam industri pangan dan memberikan alternatif inovatif untuk mengurangi penggunaan plastik.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

1. Apakah pembungkus makanan yang terbuat dari campuran alga dapat terurai secara hayati berhubungan dengan implikasinya terhadap keberlanjutan lingkungan?
2. Bagaimana efektivitas pembungkus makanan berbahan dasar alga dalam menjaga ketahanan dan keamanan pangan jika dibandingkan dengan pembungkus makanan yang terbuat dari bahan dasar lainnya?
3. Bagaimana pengaruh antioksidan dari ekstrak daun sirih, ekstrak teh hijau, dan ekstrak kunyit yang ditambahkan pada pembungkus makanan berbasis alga dalam menghambat proses degradasi makanan?

1.3. Hipotesis

Dari rumusan masalah di atas, dapat diperoleh hipotesis sebagai berikut.

1. Hipotesis nol (H_0): Pembungkus makanan dari alga tidak dapat terurai secara hayati dan penambahan ekstrak daun sirih, teh hijau, dan kunyit tidak menimbulkan dampak terkait antioksidan dan antimikroba.

2. Hipotesis satu (H_1): Pembungkus makanan dari alga dapat terurai secara hayati dan penambahan ekstrak daun sirih, teh hijau, dan kunyit menimbulkan dampak terkait antioksidan dan antimikroba.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, dapat diperoleh tujuan sebagai berikut.

1. Mengetahui kemampuan pembungkus makanan yang terbuat dari campuran alga untuk terurai secara hayati dan implikasinya terhadap keberlanjutan lingkungan.
2. Mengetahui perbandingan efektivitas pembungkus makanan berbahan dasar alga dalam menjaga ketahanan dan keamanan pangan jika dibandingkan dengan pembungkus makanan yang terbuat dari bahan dasar lainnya
3. Mengetahui pengaruh penambahan antioksidan dari ekstrak daun sirih, teh hijau, dan kunyit terhadap proses degradasi makanan dalam pembungkus makanan berbasis alga.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari tujuan di atas, dapat diperoleh manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan wawasan mengenai potensi pembungkus makanan berbahan dasar alga sebagai solusi ramah lingkungan yang dapat mengurangi limbah plastik dan mendukung keberlanjutan.
2. Menyediakan informasi yang berguna bagi produsen dan konsumen mengenai efektivitas pembungkus makanan berbasis alga dalam menjaga kualitas makanan, sehingga dapat meningkatkan kesadaran akan pilihan kemasan yang lebih sehat dan aman.
3. Mendapatkan pemahaman tentang manfaat antioksidan dari ekstrak alami dalam pembungkus makanan, yang dapat berkontribusi pada pengembangan produk kemasan yang lebih inovatif dan berkelanjutan di industri pangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembungkus Makanan

2.1.1. Pengertian Pembungkus Makanan

Pembungkus makanan adalah jenis kemasan yang digunakan untuk melindungi, membungkus, atau menyimpan makanan. Pembungkus ini biasanya terbuat dari bahan-bahan seperti kertas, plastik, aluminium foil, atau daun alami.

Tujuan utama dari pembungkus makanan konvensional adalah menjaga kebersihan makanan, mencegah kontaminasi, memperpanjang umur simpannya, serta memudahkan transportasi dan konsumsi. Namun, beberapa bahan pembungkus konvensional, terutama yang berbahan plastik, memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena sulit terurai secara alami. Oleh karena itu, kini banyak upaya dilakukan untuk mengembangkan pembungkus makanan yang lebih ramah lingkungan.

2.1.2. Jenis-Jenis Pembungkus Makanan

Terdapat beberapa jenis pembungkus makanan konvensional. Pembungkus makanan ini terbuat dari bahan organik atau anorganik.

- 1) Pembungkus Berbasis Kertas
 - a) Kertas Minyak (*Wax Paper*): Tahan minyak, cocok untuk makanan berminyak seperti gorengan.
 - b) Karton atau Kardus: Digunakan untuk makanan cepat saji atau produk kemasan.
 - c) Kertas Bungkus: Digunakan untuk makanan kering seperti nasi bungkus atau roti

- 2) Pembungkus Berbasis Plastik
 - a) Plastik Transparan: Digunakan untuk melindungi makanan dari udara dan kelembaban.
 - b) Plastik Vakum: Digunakan untuk pengemasan kedap udara, seperti daging beku.
 - c) Plastik Sekali Pakai: Seperti kantong plastik atau cling wrap.
- 3) Pembungkus Berbasis Aluminium
 - a) Aluminium Foil: Digunakan untuk menjaga suhu makanan, baik panas maupun dingin.
 - b) Kontainer Aluminium: Cocok untuk makanan yang perlu dihangatkan.
- 4) Pembungkus Daun Alami
 - a) Daun Pisang: Digunakan untuk makanan tradisional seperti lontong atau nasi bakar.
 - b) Daun Jati: Umum digunakan dalam pengemasan makanan khas daerah.
 - c) Daun Pandan: Selain sebagai pembungkus, menambah aroma pada makanan
- 5) Pembungkus Berbasis Kain
 - a) Kain Muslin atau Serbet: Digunakan untuk membungkus makanan seperti roti atau keju.
- 6) Pembungkus Modern dan Ramah Lingkungan
 - a) Beeswax Wraps: Kain yang dilapisi lilin lebah, alternatif plastik sekali pakai.
 - b) Pembungkus *Biodegradable*: Terbuat dari bahan organik seperti pati jagung atau serat bambu.

Setiap jenis pembungkus memiliki keunggulan dan kekurangan, sehingga pemilihannya bergantung pada kebutuhan makanan dan dampaknya terhadap lingkungan.

2.1.3. Fungsi Pembungkus Makanan

Pembungkus makanan memiliki berbagai fungsi penting, baik untuk keperluan sehari-hari maupun dalam industri makanan. Berikut adalah fungsi utama pembungkus makanan:

1. Melindungi Makanan dari Kontaminasi
 - a) Mencegah masuknya debu, kotoran, bakteri, atau zat berbahaya lainnya.
 - b) Menjaga kebersihan dan kualitas makanan selama penyimpanan dan distribusi.
2. Mempertahankan Kesegaran Makanan
 - a) Membantu memperpanjang umur simpan makanan dengan melindunginya dari udara, kelembapan, dan cahaya.
 - b) Mengurangi risiko makanan menjadi basi atau terkontaminasi.
3. Menjaga Bentuk dan Tekstur Makanan
 - a) Mencegah kerusakan fisik seperti penyok, patah, atau hancur selama transportasi.
 - b) Membantu makanan tetap terlihat menarik dan layak konsumsi.
4. Memudahkan Penyimpanan dan Transportasi
 - a) Membuat makanan lebih mudah disusun dan diangkut.
 - b) Mengurangi risiko tumpah atau tercecer.
5. Menjaga Suhu Makanan
 - a) Pembungkus tertentu, seperti aluminium foil atau kotak termal, membantu menjaga makanan tetap panas atau dingin.

6. Meningkatkan Kepraktisan

- a) Memudahkan konsumen dalam mengonsumsi makanan, terutama untuk makanan siap saji.
- b) Sebagai wadah yang ringan, portabel, dan mudah dibuang.

7. Media Informasi dan Branding

- a) Pada pembungkus modern, sering digunakan untuk mencantumkan informasi produk seperti merek, komposisi, dan tanggal kadaluarsa.
- b) Berfungsi sebagai alat promosi untuk menarik perhatian konsumen

Dengan pemilihan pembungkus yang tepat, fungsi ini dapat dimaksimalkan untuk mendukung kualitas dan keamanan makanan.

2.2. Masalah Pembungkus Makanan Konvensional

2.2.1. Dampak Negatif Penggunaan Pembungkus Makanan Konvensional terhadap Lingkungan

Penggunaan pembungkus makanan konvensional, seperti plastik dan styrofoam, memiliki dampak yang sangat besar terhadap lingkungan. Pembungkus ini seringkali berakhir sebagai limbah yang sulit terurai, mencemari lingkungan, dan membahayakan ekosistem.

1) Pembuangan Limbah

Pembungkus makanan konvensional berkontribusi signifikan terhadap limbah padat kota (*Municipal Solid Waste* atau MSW). Berdasarkan data Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), per 24 Juli 2024 hasil input dari 290 kabupaten/kota se-Indonesia

menyebutkan jumlah timbunan sampah nasional mencapai angka 31,9 juta ton. Selain itu, ketua Kemitraan Indonesia National Plastic Action Partnership (NPAP), Wahid Supriyadi, memprediksi bahwa Indonesia akan menerima 800.000 ton plastik pada 2025. Berdasarkan laporan yang ada, sekitar 31% dari limbah ini berasal dari bahan kemasan, dengan kemasan makanan menyumbang hampir dua pertiga dari total limbah berdasarkan volume. Pembungkus makanan konvensional seperti plastik dan styrofoam sering kali tidak dapat didaur ulang atau terurai dengan baik, sehingga berpotensi mencemari lingkungan.

2) Degradasi Lingkungan

Bahan kemasan konvensional, terutama plastik, memerlukan waktu yang sangat lama untuk terurai sehingga menyebabkan pencemaran tanah dan air. Ketika sampah plastik masuk ke lautan, hal ini dapat merusak ekosistem laut dan membahayakan berbagai spesies, terutama yang mengonsumsi plastik karena mengiranya sebagai makanan. Riset oleh Rohman membuktikan bahwa Indonesia menciptakan nanoplastik pada ikan kembung, ikan layang, ikan herring, ikan tipe carangidae, dan ikan baronang. Nanoplastik dalam jumlah terbanyak ditemui dalam ikan dari keluarga carangidae. Nanoplastik yang ditemui dalam saluran pencernaan ikan ini mempunyai wujud fragmen, film, styrofoam, serta monofilamen. Hal ini memungkinkan plastik untuk dapat masuk ke dalam rantai makanan manusia dan menyebabkan masalah kesehatan, seperti kanker, gangguan kehamilan, dan gangguan saraf pusat.

3) Penggunaan Energi dan Sumber Daya

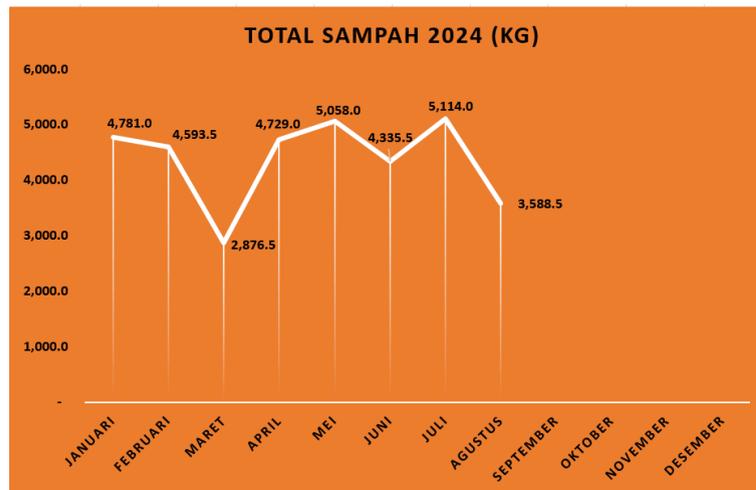
Proses produksi bahan kemasan konvensional memerlukan energi yang besar dan menggunakan sumber daya alam yang tidak terbarukan. Produksi plastik, misalnya, sangat bergantung pada minyak bumi sebagai bahan baku. Selain itu, proses pembuatan dan pengolahan bahan kemasan konvensional ini menghasilkan emisi gas rumah kaca yang signifikan, yang berkontribusi terhadap pemanasan global dan perubahan iklim.



Gambar 2.1 Dampak Negatif Bahan Kemasan Konvensional

4) Penumpukan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Pembungkusan makanan yang sulit terurai dan tidak dapat didaur ulang cenderung menumpuk di tempat pembuangan akhir. Hal ini menyebabkan masalah serius terkait pencemaran tanah dan penggunaan lahan yang tidak efisien. Selain itu, penumpukan sampah di TPA ini dapat menyebabkan pencemaran air tanah dan masalah kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar area tersebut.



Gambar 2.2 Total Sampah 2024

2.2.2. Tantangan Utama dalam Penggunaan Pembungkus Makanan Konvensional

Penggunaan pembungkus makanan konvensional menghadapi sejumlah tantangan utama yang tidak hanya mempengaruhi kualitas produk, tetapi juga memberikan dampak besar terhadap keberlanjutan lingkungan dan kesehatan manusia.

1) Dampak Lingkungan

Pembungkus makanan konvensional, terutama yang berbasis petroleum seperti plastik, memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan. Pembungkus ini tidak mudah terurai, sehingga berkontribusi terhadap akumulasi limbah plastik di tempat pembuangan akhir (TPA) dan mencemari lingkungan. Plastik yang terbuang sering kali masuk ke laut dan membahayakan ekosistem laut. Pencemaran plastik di perairan juga menghasilkan mikroplastik yang lebih sulit diatasi dan dapat masuk ke dalam rantai makanan, merusak organisme laut serta membahayakan manusia yang mengonsumsi produk laut yang terkontaminasi.

2) Kualitas dan Kesegaran Makanan

Meskipun pembungkus makanan konvensional seperti plastik efektif dalam melindungi makanan dari faktor eksternal, beberapa bahan kemasan ini terkadang tidak dapat mempertahankan kesegaran makanan dalam jangka waktu yang lama. Makanan yang terbungkus plastik atau bahan lainnya terkadang mengalami degradasi kualitas lebih cepat, terutama dalam kondisi tertentu seperti paparan cahaya dan suhu tinggi. Hal ini dapat mempengaruhi rasa, tekstur, dan daya tahan makanan, bahkan jika kemasan masih utuh. Beberapa bahan kemasan juga dapat bereaksi dengan makanan dan menghasilkan senyawa yang mengurangi kualitas makanan.

3) Keterbatasan Sumber Daya

Ketergantungan pada bahan baku berbasis minyak bumi untuk membuat pembungkus makanan konvensional, seperti plastik, menciptakan tantangan besar dalam mewujudkan sustainabilitas lingkungan. Bahan baku ini merupakan sumber daya alam tidak terbarukan sehingga ketergantungan jangka panjang pada bahan tersebut berpotensi mengganggu ketersediaan pasokan. Selain itu, proses produksi plastik juga mengkonsumsi banyak energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim.

2.3. Alga sebagai Alternatif Pembungkus Makanan Konvensional

2.3.1. Definisi Alga

Alga adalah sekelompok organisme eukariotik yang memiliki kemampuan untuk melakukan fotosintesis. Meskipun sering dianggap sebagai tumbuhan, alga sebenarnya termasuk

dalam kingdom Protista. Alga memiliki struktur tubuh yang sederhana karena tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati seperti tumbuhan darat. Hasil fotosintesis alga disimpan dalam bentuk cadangan makanan yang berbeda-beda, seperti pati, laminarin, dan minyak. Alga dapat hidup di berbagai habitat, seperti di air tawar, laut, maupun daratan yang lembab. Beberapa alga bahkan dapat hidup dalam kondisi ekstrem, seperti di air panas, salinitas tinggi, atau kedalaman laut yang sangat dalam. Alga memiliki berbagai cara reproduksi, baik secara aseksual, seperti pembelahan biner atau pembentukan spora, maupun secara seksual melalui pelepasan gamet. Selain itu, siklus hidup alga juga sangat bervariasi, mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks dengan pergiliran keturunan.

Alga atau yang lebih dikenal sebagai rumput laut dapat dibagi menjadi dua berdasarkan ukurannya, yaitu makroalga dan mikroalga. Keduanya terdiri atas berbagai divisi yang dikelompokkan menjadi alga cokelat, alga merah dan alga hijau. Alga coklat memiliki pigmen fukosantin yang memberikan warna coklat keemasan. Cadangan makanannya berupa laminarin dan manitol. Hampir semua anggota kelompok ini hidup di laut. Alga merah memiliki pigmen fikoeritrin yang memberikan warna merah. Cadangan makanannya berupa tepung floridean. Umumnya hidup di laut, terutama di daerah tropis. Sedangkan, alga hijau memiliki pigmen klorofil a dan b, serta cadangan makanan berupa pati. Alga hijau umumnya hidup di air tawar, tetapi ada juga yang hidup di laut atau tempat-tempat lembab. Salah satu contoh alga hijau adalah *Ulva* sp.

Ulva atau selada laut (*sea lettuce*) adalah rumput laut makroalga yang tergolong dalam divisi Chlorophyta karena sel-selnya mengandung banyak klorofil a sehingga memberikan

warna hijau. Habitatnya adalah di air laut. *Ulva* tidak mengalami diferensiasi jaringan dan memiliki sel-sel dengan bentuk yang identik, kecuali pada sel-sel basal yang mengalami elongasi membentuk rhizoid penempel. Masing-masing sel pada spesies ini terdiri atas sebuah nukleus, dengan kloroplas berbentuk cangkir, dan sebuah pirenoid. *Ulva* memiliki beberapa jenis, seperti *Ulva lactuca efolia*, *Ulva fenestrata Postels*, dan *Ulva crassa Kjellman*. *Ulva lactuca* memiliki panjang hingga 100 cm, berwarna hijau apel terang, dan memiliki bentuk pedang melipat (*strap-shaped blades*) dengan tepi yang halus dan bergelombang. Bagian tengah dari setiap helaian seringkali berwarna pucat dan semakin gelap ke arah tepi. Alga ini melekat menggunakan alat perekat berbentuk cakram pada batuan atau tangkainya pendek terhubung dengan daun yang tipis. Ketebalan dari jenis alga ini berkisar 0,1 mm dan ukurannya tidak teratur. *Ulva* tumbuh melekat pada substrat karang mati di daerah paparan terumbu karang di perairan dangkal dengan kedalaman 0,5-5 m.

2.3.2. Komponen Kimia *Ulva lactuca*

Melalui uji fitokimia, *Ulva lactuca* mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, alkaloid, tokoferol dan melatonin yang berperan sebagai antioksidan, antibakteri, antikanker, antifungi.

1. Alkaloid

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder terbanyak yang memiliki atom nitrogen, yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan dan hewan. Sebagian besar senyawa alkaloid bersumber dari tumbuh-tumbuhan, terutama angiosperma. Alkaloid dapat ditemukan pada berbagai bagian tanaman, seperti bunga, biji, daun, ranting, akar dan kulit batang. Alkaloid umumnya ditemukan dalam kadar

yang kecil dan harus dipisahkan dari campuran senyawa yang rumit yang berasal dari jaringan tumbuhan. Senyawa alkaloid berkhasiat sebagai antidiare, antidiabetes, antimikroba, dan antimalaria. Alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri dengan cara berinterkalasi dengan dinding dan DNA sel bakteri. Alkaloid menghambat sintesis asam nukleat bakteri melalui penghambatan enzim dihidrofolat reduktase pada sel.

2. Tanin

Tanin adalah salah satu senyawa aktif metabolit sekunder golongan polifenol yang dihasilkan oleh tanaman yang mempunyai beberapa khasiat seperti sebagai astringen, antibakteri, antidiare dan antioksidan. Tanin merupakan komponen zat organik yang sangat kompleks, terdiri dari senyawa fenolik yang sangat sukar untuk dipisahkan dan sukar mengkristal, mengendapkan protein dari larutannya dan bersenyawa dengan protein tersebut. Tanin memiliki peranan biologis yang besar karena fungsinya sebagai pengendap protein dan penghelat logam. Oleh karena itu, tanin dapat berperan sebagai antioksidan biologis. Tanin juga merupakan salah satu senyawa aktif metabolit sekunder yang berkhasiat seperti sebagai astringen, antidiare, antibakteri dan antioksidan. Tanin secara umum terdiri dari dua jenis yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Kedua jenis tanin ini terdapat dalam tumbuhan, tetapi yang paling dominan terdapat dalam tanaman adalah tanin terkondensasi. Tanin yang memiliki aktivitas antibakteri adalah tanin terhidrolisis yaitu ellagitanin dan asam tanin. Senyawa ellagitanin mampu

berikatan dengan protein sel bakteri yang menyebabkan lisisnya sel bakteri.

3. Flavonoid

Flavonoid merupakan sekelompok zat alami dengan struktur fenolik yang bervariasi. Zat ini ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, biji-bijian, kulit kayu, akar, batang, bunga, teh, dan anggur. Flavonoid merupakan komponen yang sangat esensial dalam berbagai aplikasi nutraceutical, farmasi, obat-obatan, dan kosmetik. Hal ini disebabkan karena senyawa flavonoid memiliki sifat antioksidatif, antiinflamasi, antimutagenik, dan antikarsinogenik. Flavonoid bertindak sebagai antioksidan dikarenakan memiliki gugus hidroksil yang dapat mendonorkan atom hidrogen pada senyawa radikal bebas dan menstabilkan radikal bebas.

4. Melatonin

Melatonin terkenal akan kemampuan amfifiliknya, yaitu memiliki daerah yang hidrofobik dan hidrofilik. Kemampuan ini memungkinkannya melatonin untuk melintasi hambatan fisiologis sehingga mengurangi kerusakan oksidatif di lingkungan sel lipid atau lingkungan sel yang berair. Selain itu, melatonin berfungsi sebagai antioksidan karena mampu menangkap radikal bebas secara langsung, seperti OH, H₂O₂, radikal peroksil, dan asam hipoklorit.

5. Tokoferol

Tokoferol merupakan salah satu antioksidan fenol alami yang mampu menyeimbangkan dan menstabilkan sel dari radikal bebas serta menghambat proses oksidasi. Tokoferol mampu bereaksi dan menyumbangkan satu atom hidrogen

dari gugus OH kepada senyawa radikal bebas. Hal tersebut menyebabkan terbentuknya radikal tokoferoksil yang bersifat tidak merusak dan stabil. Tokoferol terdapat pada mamalia, bakteri fotosintesis, jamur, alga, dan tanaman. Pada daun, tokoferol terletak di membran kloroplas, plastoglobula, dan membran tolakoid.

2.3.3. Keunggulan *Ulva lactuca* sebagai Bahan Pembungkus Makanan

Penggunaan *Ulva lactuca* sebagai bahan pembungkus makanan menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan dengan pembungkus makanan konvensional. Bahan ini merupakan bahan alami yang dapat terurai secara biologis, sehingga tidak mencemari lingkungan. Selain itu, alga ini memiliki sifat antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur, sehingga dapat memperpanjang masa simpan makanan. *Ulva lactuca* juga dapat membentuk film tipis yang kuat dan fleksibel, sehingga dapat berfungsi sebagai penghalang yang efektif terhadap oksigen, uap air, dan lemak, sehingga mencegah terjadinya oksidasi.

2.4. Biodegradabilitas Alga

2.4.1. Pentingnya Penggunaan Bahan Organik

Bahan makanan pada umumnya sangat sensitif dan mudah mengalami penurunan kualitas karena faktor lingkungan, kimia, biokimia, mikrobiologi, oksigen, air, cahaya, dan temperatur. Untuk menghambat kerusakan tersebut dilakukan pengemasan terhadap produk pangan tersebut dengan bahan kemasan plastik. Sampai saat ini, polimer plastik merupakan bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan pengemas. Penggunaan bahan

kemasan plastik oleh industri pangan dan pelaku usaha pangan lainnya sebagai pengemas bahan pangan di Indonesia telah menempati porsi 80% dan 55%. Hal tersebut tentunya akan mendatangkan bahaya terhadap lingkungan. Alga merupakan salah satu tanaman yang tersedia melimpah di alam dan bersifat mudah terurai (*biodegradable*) sehingga ramah lingkungan. Pengemas dari bahan organik berpotensi dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan kemasan yang aman bagi konsumen dan menunjang *sustainable agriculture* serta mewujudkan Sustainable Development Goal's (SDG's), mengingat melimpahnya bahan-bahan penyusun pengemas ramah lingkungan di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Aplikasi pengemas makanan ramah lingkungan diharapkan dapat memberikan manfaat besar dalam pengembangan teknologi pangan, yakni mempertahankan mutu makanan baik dari sisi nilai gizi maupun keamanan pangan, memperpanjang masa simpan produk, serta meningkatkan nilai tambah bahan penyusun *edible packaging*.

Bahan organik adalah segala sesuatu yang mengandung senyawa karbon yang dibentuk oleh organisme hidup. Sebagian besar bahan organik tanah berasal dari jaringan tanaman. Residu tanaman mengandung 60-90% air. Bahan kering yang tersisa terdiri dari karbon (C), oksigen, hidrogen (H) dan sejumlah kecil belerang (S), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Meskipun terdapat dalam jumlah kecil, unsur hara ini sangat penting untuk pengelolaan kesuburan tanah. Bahan organik tanah adalah bahan yang awalnya diproduksi oleh organisme hidup, seperti tumbuhan atau hewan dan dikembalikan ke tanah melalui proses dekomposisi. Ketika sisa-sisa tanaman kembali ke tanah, berbagai senyawa organik terurai. Degradasi adalah proses biologis yang melibatkan penguraian fisik dan

konversi biokimia molekul organik kompleks dari benda mati menjadi molekul organik dan anorganik yang lebih sederhana. Penambahan tanaman yang membusuk secara terus-menerus ke permukaan tanah meningkatkan bioaktivitas tanah dan siklus karbon. Degradasi bahan organik tanah dan pertumbuhan akar dan pembusukan juga berkontribusi pada proses ini. Siklus karbon adalah transformasi berkelanjutan senyawa karbon organik dan anorganik oleh tanaman dan mikroorganisme antara tanah, tanaman, dan atmosfer.

Praktik penggunaan bahan organik memiliki peranan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dan menjaga kesehatan ekosistem. Penggunaan pembungkus bahan makanan berbasis alga yang ramah lingkungan dan mudah terurai tidak hanya meningkatkan kesuburan tanah dalam jangka panjang, tetapi juga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih sehat. Dengan terurainya sampah organik, keseimbangan tanah dapat terjaga dan degradasi yang menyebabkan penurunan produktivitas dapat dicegah.

2.4.2. Penggunaan Pembungkus Makanan Alga dan Pembungkus Makanan Plastik

2.4.2.1. Waktu Degradasi

Pembungkus makanan berbasis alga, menunjukkan waktu degradasi yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan plastik konvensional. Plastik yang berasal dari alginat dapat terurai dalam waktu beberapa minggu hingga bulan, tergantung pada kondisi lingkungan seperti kelembaban dan suhu. Sebaliknya, kantong plastik membutuhkan waktu 10 hingga 1.000 tahun untuk terurai secara alami di lingkungan.

2.4.2.2. Dampak terhadap Lingkungan

Penggunaan pembungkus makanan berbasis alga memiliki dampak lingkungan yang sangat positif dibandingkan dengan plastik konvensional. Alga dapat tumbuh dengan cepat tanpa memerlukan lahan pertanian yang luas atau menggunakan pupuk kimia sehingga mengurangi jejak karbon dan dampak negatif terhadap ekosistem. Selain itu, kemasan berbasis alga dapat terurai menjadi kompos dan kembali ke tanah tanpa meninggalkan residu berbahaya. Sementara itu, plastik seringkali berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan berupa mikroplastik yang merusak. Dengan demikian, penggunaan alga membantu penyerapan karbon dioksida serta berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim. Transisi menuju penggunaan kemasan ramah lingkungan seperti alga merupakan langkah strategis dalam menjaga kebersihan dan kelangsungan lingkungan.

2.5. Penambahan Antimikroba dan Antioksidan pada Pembungkus Makanan Alga

2.5.1. Pengertian Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa dengan struktur molekul yang dapat mendonorkan elektronnya kepada molekul radikal bebas sehingga memutus reaksi berantai dari radikal bebas tersebut. Antioksidan adalah senyawa penghambat atau inhibitor yang menangkal reaksi antara radikal bebas dengan target molekulnya. Radikal bebas dikenal sebagai molekul yang sifatnya tidak stabil dan sangat reaktif. Hal ini disebabkan adanya

elektron-elektron yang tidak memiliki pasangan yang berupaya mencari elektron lain untuk menstabilkan dirinya.

Terdapat beberapa macam antioksidan. Berikut klasifikasi antioksidan berdasarkan cara kerja, aktivitas, kelarutan, dan ukurannya.

1. Pembagian antioksidan berdasarkan cara kerjanya dibagi menjadi:

a. Antioksidan Pencegah

Antioksidan pencegah bekerja dengan cara mencegah terjadinya akumulasi antioksidan lain.

b. Antioksidan Pemutus Rantai

Antioksidan pemutus rantai bekerja dengan cara mencegah propagasi dari reaksi berantai yang diinisiasi oleh radikal bebas.

2. Pembagian antioksidan berdasarkan aktivitasnya, dibagi menjadi:

a. Antioksidan Enzimatik

Antioksidan enzimatik bekerja dengan cara membongkar dan menghilangkan radikal bebas. Antioksidan enzimatik ini mengubah produk oksidatif yang berbahaya menjadi hidrogen peroksida, kemudian diubah menjadi air. Contohnya adalah katalase dan superoksida dismutase (SOD).

b. Antioksidan Non-Enzimatik

Antioksidan non-enzimatik bekerja dengan cara memutuskan reaksi berantai radikal bebas.

Antioksidan non enzimatik dibagi lagi menjadi:

1) Antioksidan Metabolik

Antioksidan metabolik merupakan antioksidan endogen, yang diproduksi

melalui proses metabolisme di tubuh. Contohnya adalah asam lipoat, glutathione, asam urat, L-arginin, coenzim Q10, melatonin, dan bilirubin.

2) Antioksidan Nutrisi

Antioksidan nutrisi merupakan antioksidan eksogen yang komposisinya tidak dapat disintesis di dalam tubuh. Antioksidan ini diperoleh dari makanan atau suplemen. Antioksidan nutrisi telah terbukti terlibat dalam detoksifikasi radikal bebas dan berperan penting dalam membantu antioksidan endogen untuk menetralkan stres oksidatif. Namun, antioksidan nutrisi juga berpotensi menimbulkan penyakit kronis dan penyakit degeneratif. Contoh antioksidan nutrisi adalah vitamin E, vitamin C, karoten, polifenol, selenium, dan zinc.

3. Pembagian antioksidan berdasarkan kelarutannya terhadap lemak atau air dibagi menjadi:

a. Antioksidan larut air

Antioksidan ini bersifat hidrofilik/larut air dan terdapat pada cairan sel seperti sitosol atau matriks sitoplasma. Contohnya adalah vitamin C.

b. Antioksidan larut lemak

Antioksidan yang bersifat lipofilik/larut lemak yang terdapat pada membran sel. Contohnya adalah vitamin E.

4. Pembagian antioksidan berdasarkan ukurannya dibagi menjadi:

a. Antioksidan molekul kecil

Antioksidan molekul kecil menetralkan radikal bebas melalui proses yang disebut *radical scavenging*, yaitu bereaksi dengan radikal bebas atau zat pengoksidasi lainnya untuk menetralkannya dan mencegah kerusakan. Contohnya adalah vitamin E, vitamin C, karoten, dan *glutathione*.

b. Antioksidan molekul besar

Antioksidan molekul besar merupakan antioksidan enzim yang mengabsorpsi radikal bebas dan mencegahnya menyerang protein esensial yang lain. Contohnya adalah SOD, katalase, glutathion peroksidase

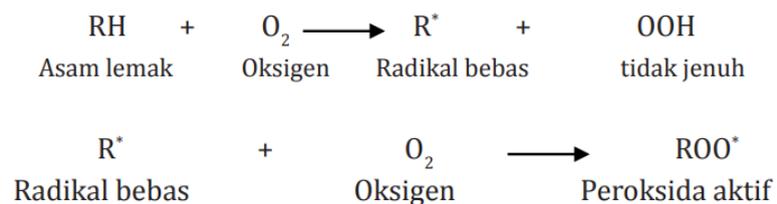
Antioksidan mulai banyak digunakan dalam berbagai bidang, khususnya bidang pangan. Antioksidan mempunyai peran penting dalam mencegah perubahan bahan yang tidak dikehendaki dalam makanan yang mengandung lipid, seperti bau tengik, perubahan warna dan aroma, atau kerusakan fisik lainnya. Antioksidan sangat penting sebagai inhibitor peroksidasi lipid. Peroksidasi lipid merupakan reaksi kimia yang sering terjadi pada bahan pangan yang memproduksi asam, aroma tak sedap, dan toksik selama proses pengolahan dan penyimpanan sehingga mempengaruhi mutu dan keamanan makanan. Untuk mencegah hal tersebut, biasanya digunakan antioksidan sintetik, seperti BHT, BHA, dan TBHQ. Namun, penggunaan dalam waktu lama dan dalam dosis yang berlebihan dapat menyebabkan karsinogenik atau kanker. Dalam mengatasi hal ini maka telah

dilakukan pemanfaatan antioksidan alami yang diharapkan lebih aman bagi kesehatan.

2.5.2. Mekanisme Kerja Antioksidan

Antioksidan bekerja dalam pengawetan makanan melalui pencegahan terjadinya reaksi oksidasi lemak dan minyak yang dapat menyebabkan makanan menjadi berbau dan tengik. Semua jenis antioksidan memiliki struktur yang hampir sama, yaitu memiliki struktur cincin aromatik tak jenuh dengan gugus hidroksil atau gugus amina. Menurut Koechar dan Rossel (1990) dan Foti *et al.*, (1996) sebagian besar antioksidan alami dan sintetis untuk makanan termasuk dalam kelompok fenol.

Prinsip kerja dari antioksidan dalam menghambat autooksidasi pada lemak, yaitu oksigen bebas di udara akan mengoksidasi ikatan rangkap pada asam lemak yang tidak jenuh. Kemudian radikal bebas yang terbentuk akan bereaksi dengan oksigen dari zat antioksidan sehingga akan menghasilkan peroksida aktif.



Apabila dalam suatu minyak, terdapat asam lemak yang tidak mengandung antioksidan, maka peroksida aktif akan bereaksi dengan ikatan rangkap lemak. Apabila ditambah suatu antioksidan, maka peroksida aktif akan bereaksi dengan antioksidan tersebut. Sehingga pembentukan radikal bebas dapat dihentikan dengan penambahan suatu antioksidan.

Terdapat beberapa mekanisme yang mungkin terjadi pada penghambatan oksidasi lipida, yaitu donasi hidrogen oleh

antioksidan pada radikal peroksida, donasi elektron pada antioksidan, dan pembentukan suatu kompleks antara lipida dengan cincin aromatik dari antioksidan. Donasi elektron atau hidrogen merupakan reaksi yang pertama. Sedangkan, pembentukan kompleks antara antioksidan dengan rantai asam lemak merupakan reaksi sekunder.

Namun, secara praktis, kombinasi reaksi yang berlainan dapat terjadi sehingga antioksidan dapat teroksidasi secara tuntas dan menjadi inaktif. Antioksidan yang aktif adalah senyawa yang mampu bereaksi dengan radikal bebas membentuk produk yang tidak dapat bereaksi lebih lanjut secara oksidasi.

Antioksidan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu antioksidan primer dan pemutus reaksi oksidasi yang dapat bereaksi dengan radikal-radikal peroksida menghasilkan produk yang lebih stabil dan antioksidan sekunder atau antioksidan yang dapat mencegah atau mengurangi kecepatan reaksi inisiasi pada oksidasi lipida dengan berbagai mekanisme.

Kochhar dan Rossell (1996) mengelompokkan menjadi lima macam antioksidan berdasarkan mekanisme penghambatan.

1. Antioksidan Primer

Antioksidan primer menghentikan reaksi oksidasi radikal bebas berantai dengan memberikan atom hidrogen dari gugus fenolik. Antioksidan yang termasuk golongan ini diantaranya tokoferol alami maupun sintetis, BHT, BHA, TBHQ, TG. Penggunaan antioksidan sintetis ini diijinkan dalam bahan pangan pada level yang tidak melebihi aturan FDA dan USDA, yakni maksimal 200 PPM atau 0,02% dari total lemak atau minyak termasuk minyak esensial yang terkandung dalam bahan pangan.

Komponen tersebut dapat digunakan secara tersendiri atau kombinasi.

2. Pemerangkap Oksigen

Komponen yang termasuk dalam pemerangkap oksigen di antaranya adalah asam askorbat, asam eritorbat, askorbil palmitat, dan sulfit. Komponen tersebut dapat bereaksi dengan oksigen dan menghilangkan oksigen dalam sistem tertutup.

3. Antioksidan Sekunder

Mekanisme kerja antioksidan sekunder adalah dengan cara memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau dengan cara menangkap radikal bebas. Akibatnya radikal bebas tidak akan bereaksi dengan komponen seluler. Antioksidan sekunder terdiri dari antioksidan alami dan antioksidan sintetik. Komponen yang termasuk dalam ini, antara lain dilauril tiopropionat dan asam tiodi-propionat yang berfungsi mendekomposisi hidroperoksida lipid menjadi produk akhir yang stabil. Adapun antioksidan sekunder bekerja dengan satu atau lebih mekanisme, antara lain memberikan suasana asam pada medium (sistem makanan), meregenerasi antioksidan utama, mengkelat atau menonaktifkan kontaminan logam prooksidan, menangkap oksigen, serta mengikat singlet oksigen dan mengubahnya ke bentuk triplet oksigen.

4. Antioksidan Enzim

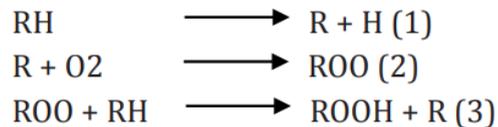
Enzim yang termasuk dalam kelompok ini adalah glukosa oksidase, superoksida dismutase, katalase, dan glutathion peroksidase. Antioksidan ini berfungsi memindahkan oksigen *headspace* atau terlarut, contohnya glukosa oksidase, atau dengan cara memindahkan spesies

oksidatif dari sistem pangan, misalnya superoksida dismutase.

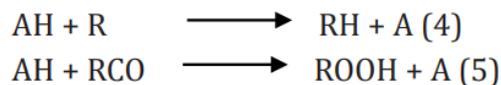
5. Agen Kelating

Agen kelating bukan merupakan antioksidan tetapi sering digunakan dalam kombinasi dengan komponen antioksidan. Komponen ini menangkap dan mengikat atau membentuk kompleks dengan ion logam prooksidatif seperti besi dan tembaga.

Menurut Pokorny (1971), mekanisme kerja antioksidan dalam menghambat proses ketengikan adalah sebagai berikut.



Pengaruh antioksidatif antioksidan:



Reaksi (1) sampai (3) menunjukkan perubahan prinsip yang terjadi selama reaksi oksidasi. Radikal bebas yang terbentuk dari asam lemak tidak jenuh sebagai akibat pengaruh panas, cahaya dan logam berat (1). Radikal bebas bereaksi dengan oksigen membentuk radikal peroksida (2). Radikal peroksida mengikat semua atom hidrogen dari molekul asam lemak membentuk radikal asam lemak yang baru dan hidroperoksida (3). Zat antioksidan bereaksi dengan radikal asam lemak dan radikal peroksida (4) dan (5). Radikal bebas menjadi kurang aktif dan radikal antioksidan yang terbentuk tidak mampu melanjutkan rantai oksidasi lebih lanjut.

2.5.3. Pengertian Antimikroba

Mikroba atau mikroorganisme merupakan salah satu makhluk hidup yang dapat menyebabkan bahaya dan kerusakan bagi makhluk hidup lain seperti hewan dan tumbuhan. Hal tersebut dapat dilihat dari kemampuan mikroba dalam menginfeksi dan menimbulkan penyakit baik yang ringan maupun sampai pada kematian sehingga manusia terus mencari bahan-bahan untuk mengatasi mikroba yang menimbulkan penyakit tersebut (antimikroba).

Antimikroba atau antimikrobia dapat diartikan sebagai suatu bahan yang dapat menghambat atau mengganggu pertumbuhan dan metabolisme mikroba. Istilah-istilah lain seperti antibakterial atau antifungal menyatakan penghambatan pertumbuhan dan metabolisme pada kelompok-kelompok mikroorganisme khusus. Antimikroba dapat bersifat bakterisidal (membunuh bakteri) dan bakteriostatik (menghambat pertumbuhan bakteri). Kerja antimikroba dalam menghambat atau membunuh mikroorganisme dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor.

a. Konsentrasi atau intensitas zat antimikroba

Apabila diibaratkan zat antimikroba adalah peluru dan bakteri adalah target sarannya, peluang tertembaknya target sasaran dengan banyaknya jumlah peluru yang ditembakkan akan semakin besar. Demikian juga dengan zat antimikroba. Semakin banyak intensitas zat antimikroba yang digunakan, maka semakin besar juga peluang bakteri akan mati.

b. Jumlah mikroba

Kerja antimikroba dipengaruhi oleh jumlah mikroba yang ada. Semakin sedikit jumlah mikroba, maka semakin pendek waktu yang diperlukan zat antimikroba untuk membunuh bakteri-bakteri. Semakin banyak jumlah mikroba, maka semakin lama waktu yang diperlukan zat antimikroba untuk membunuh bakteri-bakteri tersebut.

c. Suhu

Kenaikan suhu yang sedang secara bertahap, menyebabkan kenaikan keefektifan zat antimikroba. Hal tersebut dipengaruhi karena zat kimia akan merusak mikroba melalui reaksi kimiawi dan laju kimiawi tersebut dipercepat dengan meningkatkan suhu

d. Spesies mikroba

Setiap mikroba menunjukkan ketahanan yang berbeda-beda terhadap sarana bahan kimia dan fisik. Sel vegetatif yang sedang tumbuh akan lebih mudah dibunuh jika dibandingkan dengan spora. Spora bakteri merupakan spora yang paling resisten diantara spora mikroorganisme atau organisme lain dalam kemampuan bertahan hidup pada keadaan kimiawi dan fisik yang kurang baik.

e. Adanya senyawa organik

Adanya senyawa organik asing akan menurunkan keefektifan antimikroba dengan cara menginaktifkan bahan-bahan tersebut. Adanya senyawa organik dalam campuran zat antimikroba bisa mengakibatkan:

- 1) Antimikroba akan bergabung dengan senyawa organik menjadi produk yang tidak bersifat mikrobisidal.

2) Antimikroba yang bergabung dengan senyawa organik akan membentuk suatu endapan, sehingga antimikroba tersebut tidak bisa mengikat bakteri.

3) Akumulasi senyawa organik di permukaan sel mikroba akan menjadi suatu pelindung yang mengganggu kontak antara antimikroba dan sel.

f. Keasaman atau kebasaaan (pH)

Mikroba yang ada di lingkungan asam dapat dibunuh pada suhu yang lebih rendah dan dengan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan mikroba yang sama di lingkungan basa.

2.5.4. Mekanisme Kerja Antimikroba

Terdapat beberapa cara yang dilakukan oleh antimikroba untuk membunuh mikroorganisme.

a. Merusak dinding sel mikroorganisme

Struktur dinding sel bakteri gram negatif berbeda dengan gram positif. Pada bakteri gram negatif, lapisan luar dinding sel hanya mengandung 5-10% peptidoglikan selebihnya terdiri dari protein, lipopolisakarida, dan lipoprotein. Zat antimikroba akan merusak dinding sel dengan cara menghambat pembentukan atau mengubah dinding sel tersebut. Hal tersebut memudahkan senyawa antimikroba masuk ke dalam sel dan bekerja menemukan sasaran untuk bekerja.

b. Merusak permeabilitas sel bakteri

Membran sitoplasma merupakan membran yang mempertahankan bahan-bahan tertentu di dalam sel serta mengatur aliran keluar masuknya bahan-bahan lain.

Kerusakan membran ini akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel atau matinya sel bakteri.

c. Mengubah molekul protein dan asam nukleat

Denaturasi protein dan asam nukleat dapat mengubah molekul protein dan asam nukleat dalam sel. Hal ini menyebabkan sel tidak bisa diperbaiki lagi.

d. Menghambat kerja enzim

Enzim yang berbeda di dalam sel merupakan sasaran potensial bagi bekerjanya suatu zat penghambat (antimikroba). Banyak zat kimia yang sudah diketahui bisa mengganggu reaksi biokimia. Proses penghambatan ini akan mengakibatkan metabolisme sel terganggu dan bisa mengalami kematian.

e. Menghambat sintesis asam nukleat dan protein

DNA, RNA, dan protein merupakan pemegang peranan sangat penting dalam proses kehidupan setiap sel yang normal. Gangguan yang terjadi pada ketiganya akan mengakibatkan sel bakteri rusak total.

2.5.5. Pemilihan Antioksidan pada Pembungkus Makanan Alga

2.5.5.1. Ekstrak Daun Sirih

Tanaman sirih (*Piper betle L*) merupakan tanaman yang bersifat antifungi, antimikroba dan antioksidan. Hal ini disebabkan karena didalam ekstrak daun sirih mengandung minyak atsiri, tanin, fenoil, flavonoid, riboflavin, asam nikotinat sehingga dapat digunakan sebagai pengawet alami. Komponen-komponen ini mampu mencegah adanya bakteri patogen dalam makanan yang diketahui sebagai pembusuk pada makanan. Selain itu, daun sirih juga mengandung

senyawa polifenol seperti *allyl pyrocatechol* dan *chavicol*. Adanya senyawa tersebut pada ekstrak daun sirih menunjukkan pengendalian terhadap proses peroksidasi lipid. Senyawa polifenol pada ekstrak daun sirih lebih dominan dibandingkan senyawa polifenol teh.

2.5.5.2. Ekstrak Teh Hijau

Teh yang berasal dari *Camellia sinensis L.*, merupakan salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Teh dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama berdasarkan tingkat oksidasinya, yaitu teh hijau, teh oolong, dan teh hitam. Teh hijau adalah tanaman hijau abadi yang tumbuh terutama di wilayah tropis dan daerah beriklim sedang di Asia, termasuk Cina, India, Sri Lanka, dan Jepang. Teh hijau adalah semak kecil yang dapat tumbuh hingga setinggi 30 kaki, tetapi biasanya dipangkas menjadi 2–5 kaki saat dibudidayakan untuk diambil daunnya. Teh hijau diproduksi dengan menonaktifkan enzim polyphenol oxidase yang tidak tahan panas dalam daun segar dengan menerapkan panas atau uap. Langkah ini mencegah oksidasi enzimatik katekin, senyawa flavonoid yang paling melimpah dalam ekstrak teh hijau. Setelah itu, daun teh digulung, dikeringkan, dan dikemas.

Komponen utama daun teh adalah polifenol. Daun teh segar mengandung kafein (sekitar 3,5% dari berat kering total), theobromine (0,15–0,2%), theofilin (0,02–0,04%), lignin (6,5%), asam organik (1,5%), klorofil (0,5%) dan pigmen lainnya, theanine (4%) serta asam amino bebas (1–5,5%), dan berbagai senyawa

penyedap rasa (Graham, 1992). Selain itu, terdapat berbagai komponen lain seperti flavon, asam fenolat, dan depsida, karbohidrat, alkaloid, mineral, vitamin, dan enzim.

Teh juga mengandung flavonol, terutama quercetin, kaempferol, myricetin, dan glikosidanya. Efek menguntungkan teh hijau sebagian besar dikaitkan dengan polifenol teh hijau, terutama katekin, yang membentuk 25–35% dari berat kering daun teh hijau.

2.5.5.3. Ekstrak Kunyit

Kunyit merupakan tumbuhan daerah subtropis sampai tropis dan tumbuh subur di dataran rendah lebih kurang 90 meter sampai ketinggian 2000 meter di atas permukaan laut. Buah daging rimpang kunyit berwarna merah jingga kekuning-kuningan. Komposisi kimia pada rimpang kunyit berbeda-beda, tergantung daerah pertumbuhan serta kondisi pra panen dan pasca panen. Beberapa kandungan kimia dari rimpang kunyit yang telah diketahui yaitu minyak atsiri sebanyak 6%, zat warna kuning yang disebut kurkuminoid sebanyak 5% (meliputi kurkumin 50-60%, monodesmetoksikurkumin dan bidesmetoksikurkumin), protein, fosfor, kalium, besi dan vitamin C. Dari ketiga senyawa kurkuminoid tersebut, kurkumin merupakan komponen terbesar. Kandungan utama di dalam rimpangnya terdiri dari minyak atsiri, kurkumin, resin, oleoresin, desmetoksikurkumin, bidesmetok-sikurkumin, damar, gom, lemak, protein, kalsium, fosfor, dan besi. Kandungan kimia minyak atsiri kunyit terdiri dari

ar-tumeron, α dan β -tumeron, tumerol, α -atlanton, β -kariofilen, linalool, 1,8 sineol. Kunyit merupakan sumber antioksidan alami yang dapat membantu mencegah dan menangani oksidasi sel-sel tubuh yang dapat menyebabkan penyakit. Ekstrak kunyit memiliki aktivitas antioksidan. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak kunyit maka daya antioksidan yang dimiliki kunyit juga semakin tinggi. Daya antioksidan ini berasal dari senyawa kurkumin, demetoksi kurkumin, dan bisdemetoksi kurkumin. Kandungan lain yang berperan sebagai antioksidan pada kunyit adalah saponin, beta karoten, polifenol, dan flavonoid.e

2.5.6. Pemilihan Antimikroba pada Pembungkus Makanan Alga

2.5.6.1. Ekstrak Daun Sirih

Daun sirih mempunyai berbagai jenis sifat bioaktif, salah satunya adalah aktivitas antimikroba. Sifat antimikroba daun sirih juga berperan sebagai pengawet makanan mengandung banyak senyawa bioaktif seperti Chavicol, Chavibetol, ally pyrocatechol, chavibetol asetat, dan sekutu pyrocatechol diacetate, dll. Ini memberikan perlindungan bahan makanan dari mikroorganisme yang tidak diinginkan atau berbahaya. Aktivitas antimikroba sirih daun bekerja melawan *E. coli*, *streptococcus pyrogen*, *pseudomonas aeruginosa*, *staphylococcus aureus proteus vulgaris*, dll. Molekul bioaktif sterol bertanggung jawab atas aktivitas antimikroba. Sejumlah besar molekul sterol terdapat pada ekstrak daun sirih.

2.5.6.2. Ekstrak Teh Hijau

Ekstrak teh hijau memiliki kemampuan sebagai antimikroba pada berbagai mikroorganisme patogen. Teh telah terbukti memiliki efek antimikroba terhadap berbagai bakteri gram positif dan gram negatif (misalnya, *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus sp.*), beberapa jamur (misalnya, *Candida albicans*), dan varietas virus (misalnya, HIV, herpes simpleks, influenza). Selain efek antimikroba langsung dari katekin yaitu kerusakan pada membran sel bakteri, penghambatan sintesis asam lemak, penghambatan aktivitas enzim, dll, terdapat beberapa efek yang dapat berkontribusi terhadap efek antimikroba total pada individu yang terinfeksi. Terdapat bukti yang menunjukkan bahwa komponen katekin teh hijau bertanggung jawab atas aktivitas antibakteri. *Epigallocatechin* (EGC), EGCG dan ECG merupakan agen antibakteri yang paling penting. Kerentanan strain bakteri terhadap ekstrak teh telah terbukti terkait dengan perbedaan komponen dinding sel. Terdapat hipotesis bahwa aktivitas antimikroba ekstrak teh dapat disebabkan oleh fakta bahwa EGCG yang bermuatan negatif berikatan kuat pada *lipid bilayer* positif dari bakteri Gram-positif. Partisi katekin dalam membran *lipid bilayer* menghasilkan hilangnya struktur dan fungsi sel dan akhirnya menghasilkan kematian sel. Selanjutnya, aktivitas antimikroba berasal dari polifenol yang terkandung dalam teh hijau, yaitu dengan mengikat

dengan protein polimer poliamida terkait. Penghambatan mikroorganisme oleh senyawa fenolik mungkin juga karena kekurangan zat besi atau ikatan hidrogen dengan protein penting seperti enzim mikroba. Senyawa fenolik terutama *proanthocyanidins* rentan terhadap polimerisasi di udara melalui reaksi oksidasi. Oleh karena itu, faktor penting yang mengatur toksisitas adalah ukuran polimerisasi. Kondensasi oksidasi dari fenol dapat menyebabkan toksisitas mikroorganisme. Di sisi lain, polimerisasi dapat menghasilkan detoksifikasi fenol. Hal ini mendukung fakta polifenol bertanggung jawab atas aktivitas antimikroba dari ekstrak teh. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak teh hijau memiliki aktivitas antimikroba, di antaranya :

1. Ekstrak air teh hijau dengan konsentrasi 0,1% dapat menghambat bakteri *Staphylococcus epidermidis* dan *Shigella dysenteriae*
2. Ekstrak daun teh hijau dengan konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 100% dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus mutans*
3. Ekstrak teh hijau dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*

2.5.6.3. Ekstrak Kunyit

Ekstrak kunyit memiliki sifat antimikroba karena mengandung senyawa aktif seperti kurkuminoid, terpenoid, saponin, dan tanin. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma domestica* Val.) memiliki kemampuan sebagai antimikroba, terutama

terhadap berbagai jenis bakteri seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas sp.* Pada mekanisme kerja ekstrak kerjanya, ekstrak kunyit mengandung senyawa aktif seperti kurkumin, yang memiliki aktivitas antibakteri. Kurkumin bekerja dengan mengganggu membran sel bakteri, merusak struktur protein dan lipid, sehingga menghambat metabolisme bakteri. Kurkumin juga dapat menghambat enzim siklooksigenase-2 (COX-2), yang berperan dalam proses inflamasi, sehingga efektif dalam melawan bakteri penyebab penyakit seperti diare akut. Hasil uji laboratorium terhadap ekstrak kunyit sebagai berikut :

1. Pada uji terhadap *Escherichia coli*, ekstrak kunyit menunjukkan zona hambat dengan diameter yang menunjukkan daya hambat sedang hingga kuat, tergantung pada konsentrasi ekstraknya. Hal ini membuktikan efektivitasnya dalam mengurangi pertumbuhan bakteri gram negatif.
2. Pada *Staphylococcus aureus* (bakteri gram positif), ekstrak kunyit dengan konsentrasi 5%-40% menunjukkan penghambatan pertumbuhan yang signifikan. Konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan zona hambat yang lebih luas, menunjukkan bahwa ekstrak kunyit memiliki efek antimikroba yang lebih kuat pada konsentrasi tinggi.
3. Pada *Pseudomonas sp.*, hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kunyit pada konsentrasi tertentu efektif dalam menciptakan zona hambat, meskipun aktivitasnya masih lebih rendah dibandingkan antibiotik seperti ciprofloxacin.

Penelitian-penelitian ini mengindikasikan bahwa ekstrak kunyit berpotensi untuk dikembangkan sebagai agen antimikroba yang aman dan efektif, terutama dalam mengatasi infeksi bakteri yang umum terjadi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tanggal : Senin, 16 Desember 2024

Waktu : 09.00 s.d. selesai

Tempat : Laboratorium Biologi dan Kimia, SMA Katolik St. Louis
1 Surabaya

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat:

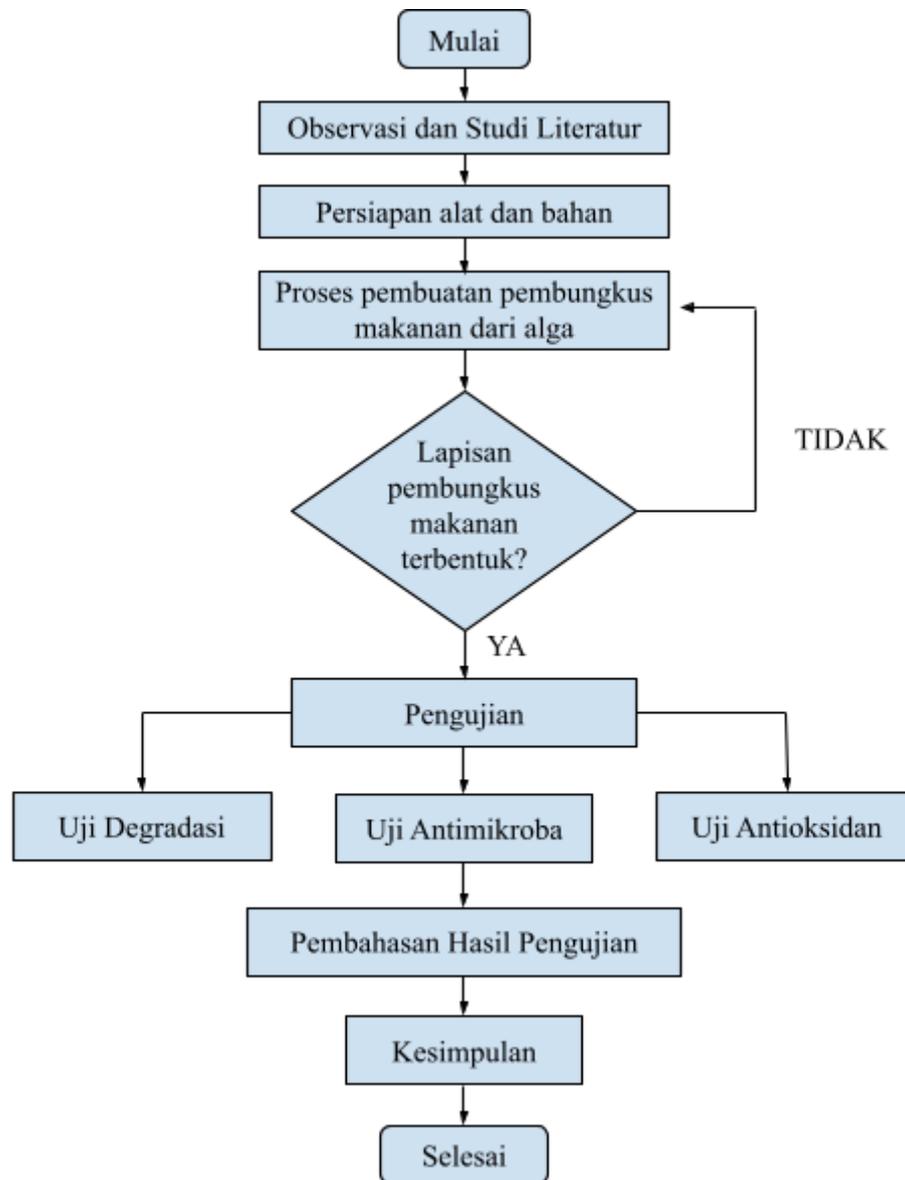
1. Loyang/cetakan
2. Kompor

Bahan:

1. 200 gram rumput laut *Ulva lactuca*
2. Asam asetat (CH_3COOH) 1%
3. Gliserol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)
4. Aquades
5. 20 gram ekstrak daun sirih
6. 20 gram ekstrak teh hijau
7. 20 gram ekstrak kunyit
8. Daging ayam rebus
9. Buah apel

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Diagram Alir



3.3.2. Langkah-Langkah Penelitian

1. Mencuci rumput laut *Ulva lactuca* hingga bersih.
2. Memasukkan rumput laut dan 200 ml asam asetat (CH_3COOH) 1% ke dalam blender sehingga diperoleh bubur rumput laut basah.

3. Memanaskan bubur rumput laut pada suhu 70°C selama 10 menit.
4. Memeras cairan filtrat dengan kain saring.
5. Menambahkan 1 ml gliserol pada filtrat.
6. Membagi filtrat menjadi tiga bagian.
7. Menambahkan ekstrak daun sirih pada bagian 1, ekstrak teh hijau pada bagian 2, dan ekstrak kunyit pada bagian 3.
8. Memanaskan masing-masing filtrat pada suhu 60°C selama 5 menit.
9. Mengeringkan filtrat hingga terbentuk lembaran pembungkus makanan.
10. Menguji pembungkus makanan dari alga terkait degradabilitas, antioksidan, dan antimikroba.

3.3.3. Variabel Penelitian

1. Variabel terikat : Daging ayam dan buah apel
2. Variabel bebas : Ekstrak daun sirih, ekstrak teh hijau, dan ekstrak kunyit
3. Variabel kontrol : Pembungkus makanan dari alga

3.3.4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Data yang terkumpul dari observasi dan studi literatur akan disusun dan dikelompokkan berdasarkan tema-tema utama yang muncul. Hasil analisis akan memberikan pemahaman mendalam tentang kemampuan penguraian pembungkus makanan dari alga, pengaruh pembungkus makanan terhadap ketahanan dan keamanan daging ayam dan apel, serta perbandingan efektivitas antioksidan dari ekstrak sirih, ekstrak teh hijau, dan ekstrak kunyit terhadap keawetan daging ayam dan buah apel.

3.3.5. Metode Penelitian

3.3.5.1. Observasi

Dilakukan dengan mengadakan pengamatan dan pencatatan secara sistematis mengenai efektivitas pembungkus makanan dari alga terkait aktivitas antimikroba dan keawetan daging ayam dan apel.

3.3.5.2. Studi Pustaka

Literatur atau pustaka adalah merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku, majalah, atau literatur lainnya yang berkaitan dengan masalah dan tujuan penelitian. Dalam penelitian ini, kelompok mempelajari tentang kemampuan degradasi pembungkus makanan dari alga, antimikroba, dan antioksidan dengan meneliti data yang berasal dari berbagai macam sumber, seperti artikel, jurnal, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityawan, O., Rahadi, P. F., & Azaria, S. I. (2021). RUMPUT LAUT SEBAGAI BAHAN BAKU KEMASAN, BENTUK DUKUNGAN DESAIN TERHADAP GAYA HIDUP BERKELANJUTAN. *Wacadesain*, 2(2), 80–89. <https://doi.org/10.51977/wacadesain.v2i2.357>
- ANGGRENI, D. P. (2020). *EFEKTIVITAS EKSTRAK ALGA HIJAU (Ulva lactuca) TERHADAP PENYEMBUHAN LUKA:KAJIAN LITERATUR*. Universitas Hasanuddin.
- Apriliantisyah, W., Haidir, Ki., Rasfayanah, R., Sodiqah, Y., & Said, M. F. M. (2021). Daya hambat ekstrak kunyit (*Curcuma domestica val*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 2.
- Armelia, A., Djarot, I. N., Paminto, A. K., Nurfaiz, I., Nuha, N., & Handayani, T. (2023). Analisis Limbah Media Zarrouk Modifikasi yang Digunakan untuk Budidaya *Spirulina platensis* dan Analisis Kualitas Biomassanya sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 315–322. <https://doi.org/10.55981/jtl.2023.300>
- Cahyani, A., Anggraini, D. I., Soleha, T. U., & Tjiptaningrum, A. (2019). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica Val.*) terhadap Pertumbuhan *Propionibacterium acnes* In Vitro. *Jurnal Kesehatan*, 11.
- Dewi, E. N. (2018). *Ulva Lactuca* (Vol. 1).
- Donkor, L., Kontoh, G., Yaya, A., Bediako, J. K., & Apalangya, V. (2023). Bio-based and sustainable food packaging systems: relevance, challenges, and prospects. *Applied Food Research*, 3(2), 100356. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100356>
- Dwiwahyu R, E., Suryani, M., Dwi W, R., & Rohaeti, E. (2008). PEMANFAATAN ALGINAT DARI ALGA COKLAT (*SARGASSUM SP*) UNTUK PRODUKSI PLASTIK YANG BIODEGRADABLE. *Pelita*, III.

- Firmansyah, Y. W., Fuadi, M. F., Ramadhansyah, M. F., S, F. S., Widyantoro, W., Lewinsca, M. Y., Diyana, S., Marlina, N. I. V., Arumdani, I. S., Pratama, A. Y., Azhari, D., Sukaningtyas, R., & Hardiyanto, A. (2021). Keberadaan Plastik di Lingkungan, Bahaya terhadap Kesehatan Manusia, dan Upaya Mitigasi: Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4). <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3471>
- Greeners.Co. (2024, January 3). *Alga Berpotensi Menjadi Bahan Kimia di Indonesia*. <https://www.greeners.co/aksi/alga-berpotensi-jadi-bahan-kimia-di-indonesia/>
- Habiburrohman, D., & Sukohar, A. (2018). Aktivitas Antioksidan dan Antimikrobia pada Polifenol Teh Hijau. *Jurnal Agromedicine*, 5(02), 587–591. <https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/agro/article/download/2116/pdf>
- Hartoyo, N. B. (2024). Potensi Pengemas Ramah Lingkungan Untuk Mempertahankan Mutu Dan Keamanan Pangan. *Jurnal Agrifoodtech*, 2(1), 35–48. <https://doi.org/10.56444/agrifoodtech.v2i1.1560>
- Herwin, H., & Maryam, S. (2017). AKTIVITAS ANTIMIKROBA EKSTRAK DAUN TEH HIJAU (*Camellia sinensis*) DAN JATI BELANDA (*Guazuma ulmifolia* Lamk.) TERHADAP MIKROBA PATOGEN SECARA BIOAUTOGRAPHY-TLC. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*, 9(1), 92–98. <https://doi.org/10.33096/jifa.v9i1.259>
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging? Roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- Nurkhasanah, N., Bachri, M. S., & Yuliani, S. (2023). *Antioksidan dan stress oksidatif* (G. A. Salsabila, Ed.; 1st ed.). UAD Press.
- Oktarina, E. & Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian. (n.d.). Alga: Potensinya pada Kosmetik dan Biomekanismenya. In

- Majalah Teknologi Agro Industri (Tegi).*
<https://media.neliti.com/media/publications/452202-none-27aa0b9e.pdf>
- Open Graph Title. (n.d.). SiteName.*
<https://brin.go.id/drid/posts/kabar/113-juta-ton-sampah-di-indonesia-tidak-terkelola-dengan-baik>
- Pangemanan, A., Fatimawali, & Budiarmo, F. (2016). Uji daya hambat ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma longa*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas sp.* *Jurnal e-Biomedik*, 4(1).
<https://doi.org/10.35790/ebm.4.1.2016.10840>
- Ramadhani, P. (2014). *PEMANFAATAN EKSTRAK KUNYIT SEBAGAI BAHAN PENGAWET ALAMI UNTUK MEMPERPANJANG MASA SIMPAN MIE BASAH*. Poltekkes Padang.
- Sayuti, K., & Yenrina, R. (2015). *ANTIOKSIDAN ALAMI dan SINTETIK* (1st ed.). Andalas University Press.
- Senanayake, S. N. (2013). Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications – A review. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1529–1541. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.011>
- Singh, T., Singh, P., Pandey, V. K., Singh, R., & Dar, A. H. (2023). A literature review on bioactive properties of betel leaf (*Piper betel* L.) and its applications in food industry. *Food Chemistry Advances*, 3, 100536. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100536>
- Sukardi, S. (2001). Antioksidan alami sebagai pengawet makanan dan pemeliharaan kesehatan tubuh. *Bestari*.
- Wardani, E. K., Kurniawaty, E., & Saputra, O. (2023). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Rimpang Kunyit *Curcuma domestica* Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Shigella dysenteriae*. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 10(2), 1494–1502. <https://doi.org/10.33024/jikk.v10i2.9056>
- Wijaya, S., Purba, M. R., & Suryantika, T. (2021). Efektivitas antibakteri ekstrak daun teh hijau terhadap bakteri *Streptococcus mutans*. *Efektivitas*

Antibakteri Ekstrak Daun Teh Hijau Terhadap Bakteri Streptococcus Mutans, 4, 39–44. <https://doi.org/10.34012/primajods.v4i2.2469>

Yulianti, C. (2024, October 29). 800 Ribu Ton Sampah Plastik Masuk RI pada 2025, Pemerintah Tampung Saran Inovasi. *Detikedu*. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-7611827/800-ribu-ton-sampah-plastik-masuk-ri-pada-2025-pemerintah-tampung-saran-inovasi>

LAMPIRAN

FORM KONSULTASI PEMBUATAN KARYA TULIS SMA KATOLIK ST. LOUIS 1 SURABAYA

Judul Penelitian : Inovasi Pembungkus Makanan Berbasis Alga sebagai Upaya Preservasi Makanan dalam Mewujudkan Sustainability Lingkungan

Pembimbing 1 : F.X. Novan Ali, ST.

Pembimbing 2 : Irma Indiyanti, S.Pd

Penyusun : XII MIPA - 2 / Kelompok 4.

Nama	No. Absen	Nama	No. Absen
1. Clarence Chavella	7	4. Mica Ananta Afandi	26
2. Felix Hugo Chandra	12	5. Orlando Wiyatta	31
3. Jesslyne Devina Heriyanto	18	6. Shallomia Jollyn Frelia	33

No.	Hari, Tanggal	Kegiatan Konsultasi	Tanda Tangan
1	Rabu, 6 November 2024	konsultasi konsep: Nudging System	
2	Selasa, 12 November 2024	konsultasi konsep : Air purifier dari alga foodwrap dari alga	
3	Selasa, 12 November 2024	Konsultasi konsep : foodwrap dari alga, variabel bebas yang bisa dibandingkan	 ✓
4	Kamis, 14 November 2024	Konsultasi rumusan masalah	 ✓
5	Senin, 2 Desember 2024	Konsultasi keseluruhan proposal.	 ✓
6	Senin, 2 Desember 2024	Konsultasi keseluruhan proposal.	