

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radikal Bebas

2.1.1 Definisi

Radikal bebas adalah molekul atau atom dengan satu atau lebih elektron tidak berpasangan yang dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan proses patologis dalam tubuh. Penyebab terbentuknya radikal bebas termasuk debu, polusi, dan konsumsi makanan cepat saji dengan keseimbangan nutrisi yang buruk. Masuknya radikal bebas yang berlebihan atau tidak normal ke dalam tubuh dapat merusak lipid dan protein, yang berpotensi menyebabkan berbagai penyakit (Putu Citramas Pradnya Rahmasari et al., 2023).

2.1.2 Sumber

Radikal bebas dapat berasal dari sumber internal dan eksternal. Secara endogen, tubuh menghasilkan radikal bebas melalui proses seperti iskemia, fagositosis, aktivitas enzim oksidatif, dan metabolisme di mitokondria. Mekanisme ini meliputi oto-oksidasi dan aktivitas enzim seperti siklooksigenase dan lipooksigenase. Tubuh mengandung berbagai jenis oksigen reaktif (ROS) seperti hidrogen peroksida (H_2O_2), peroksinitrit (ONOO), oksida nitrit (NO), dan asam hipoklorit (HOCl). ROS dapat berpusat pada oksigen, seperti anion superoksida (O_2^-), radikal hidroksil (OH), radikal alkoksil (RO^*), dan radikal peroksil (ROO^*), atau tidak berpusat pada oksigen, seperti peroksinitril ($OONO^*$) dan nitrit oksida (NO^*). Radikal bebas juga dihasilkan oleh aktivitas enzim prooksidatif, radiasi, inflamasi, merokok, dan polusi udara. Meskipun senyawa seperti hidrogen peroksida dan oksigen tunggal tidak termasuk radikal bebas, mereka berperan dalam produksi radikal bebas (Kesuma Sayuti & Yenrina, 2015)

Tabel 1 Sumber Radikal Bebas

Sumber Internal	Sumber Eksternal
Mitokondria	Rokok
Fagosit	Polutan lingkungan
Xantine oksidase	Radiasi
Reaksi yang melibatkan besi dan logam transisi lainnya	Makanan dan minuman
Arachidonate pathway	Obat-obatan tertentu, pestisida dan anestesi dan
Peroksisom	larutan industri
Olah raga	ozon
Peradangan	
Iskemia/reperfusi	

2.1.3 Tahapan reaksi di mana senyawa radikal bebas dibentuk

Pembentukan reaksi radikal bebas terdiri dari tiga tahap: inisiasi, propagasi, dan terminasi (Kesuma Sayuti & Yenrina, 2015). Pada tahap inisiasi, radikal bebas terbentuk melalui suhu tinggi, tekanan, dan sinar ultraviolet, menghasilkan radikal lemak (R^*) dan radikal peroksida (HOO^*), contohnya reaksi $ROOH \rightarrow RO^* + OH^*$. Tahap propagasi melibatkan perubahan radikal bebas menjadi radikal lain, menghasilkan hidroperoksida yang memecah menjadi radikal baru, seperti dalam reaksi $R^* + O_2 \rightarrow ROO^*$. Akhirnya, pada tahap terminasi, radikal bebas bereaksi untuk membentuk senyawa non-radikal, menghentikan reaksi propagasi, misalnya dalam reaksi $R^* + R^* \rightarrow RR$. Tahap terminasi ini menghasilkan produk stabil seperti alkohol, asam, dan keton.

2.1.4 Tempat dimana senyawa radikal bebas terbentuk

Radikal bebas ada di berbagai bagian sel manusia dan tanaman, termasuk membrane plasma, dinding sel, peroksisom, glikosisom, retikulum endoplasma, kloroplas, mitokondria, dan retikulum endoplasma. Ketika tubuh diinvasi oleh mikroorganisme, sel netrofil dan makrofag diketahui membentuk senyawa radikal bebas. Dengan menambah empat elektron selama proses fosforilasi oksidatif, oksigen direduksi menjadi air. Reaksi reduksi ini menghasilkan anion superoksida

(O₂^{*}), yang kemudian diubah oleh enzim superoksida dismutase menjadi hidrogen peroksida (H₂O₂) (Kesuma Sayuti & Yenrina, 2015).

2.1.5 Dampak Negatif

Radikal bebas yang mengambil elektron dari tubuh dapat mengubah struktur DNA, menyebabkan pembentukan sel mutan dan kerusakan sel. Kerusakan sel yang disebabkan oleh radikal bebas meliputi (Kurniasih et al., 2019):

1. Kerusakan DNA: Radikal bebas dapat merusak DNA di inti sel, mengganggu proses pembelahan sel, dan menyebabkan perubahan genetik yang dapat mengarah pada kanker.
2. Kerusakan membran sel: Radikal bebas dapat merusak asam lemak tak jenuh ganda pada membran sel, mengubah bentuk dan fungsi sel, bahkan menyebabkan kematian sel dalam jaringan tubuh.
3. Kerusakan protein: Radikal bebas dapat mengoksidasi protein, merusak jaringan, seperti menyebabkan katarak pada lensa mata.
4. Kerusakan lipid peroksida: Radikal bebas menyerang asam lemak tak jenuh, menghasilkan peroksida yang merusak sel dan berkontribusi pada penyakit degeneratif.
5. Autoimun: Radikal bebas dapat memicu antibodi melawan sel tubuh sendiri, merusak jaringan tubuh.
6. Penuaan: Ketika tubuh tidak dapat mengatasi radikal bebas, kondisi stres oksidatif terjadi, menyebabkan penuaan dan penyakit berkelanjutan. Keseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan dalam tubuh sangat penting untuk mencegah kerusakan ini..

2.2 Antioksidan

2.2.1 Definisi

Secara kimia, antioksidan adalah senyawa yang mendonorkan elektron. Secara biologis, antioksidan adalah senyawa yang mampu mencegah atau mengurangi dampak negatif dari oksidan. Menurut Suhaenah et al (2023), antioksidan dapat menetralkan kekurangan elektron pada radikal bebas dengan mendonasikan proton atau hidrogen. Selain itu, antioksidan juga mampu menghambat pembentukan radikal bebas yang dihasilkan dari reaksi berantai.

2.2.2 Sumber antioksidan

Ada dua jenis antioksidan: antioksidan endogen dan eksogen. Antioksidan yang berasal dari dalam tubuh manusia disebut antioksidan endogen, namun tubuh manusia tidak memiliki cukup banyak antioksidan untuk menangkal radikal bebas secara berlebihan. Antioksidan eksogen yang berasal dari luar tubuh manusia terdiri dari antioksidan sintetik dan alami. Contoh antioksidan sintetik adalah butylated hydroxytoluene (BHT), butylated hydroxyanisole (BHA), tertiary butyl hydroquinone (TBHQ), dan propyl gallate (PG). Di sisi lain, beberapa jenis tanaman, sayuran, buah, dan rempah-rempah menghasilkan tannin, flavonoid, dan alkaloid, yang merupakan sumber antioksidan alami (Addin Akbar, 2020).

2.2.3 Manfaat antioksidan

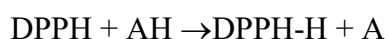
Senyawa oksigen dan nitrogen yang menghasilkan radikal bebas merupakan faktor utama dalam penuaan, akibat gangguan pada regulasi metabolisme pernafasan sel yang melibatkan pembentukan anion superoksida dan radikal hidroksil di mitokondria. Antioksidan memiliki manfaat penting bagi kulit, termasuk menghentikan reaksi radikal bebas (Ani Haerani, 2018):

1. Antipenuaan: Penuaan adalah proses fisiologis kompleks yang sering dikaitkan dengan penyakit seperti demensia, disfungsi kognitif, dan Alzheimer. Stres oksidatif akibat ketidakseimbangan antara pertahanan antioksidan dan produksi radikal bebas berperan penting dalam penuaan, menyebabkan mutasi dan penyakit kronis.
2. Perlindungan ROS: Antioksidan membantu mengontrol ROS dalam tubuh. Antioksidan endogen melawan ROS, sementara antioksidan eksogen membantu mengembalikan keseimbangan. Mereka bekerja dengan menghambat pembentukan ROS, mengurangi oksidan di sekitar sel, dan mencegah stres oksidatif, yang pada akhirnya mencegah penuaan.
3. Perlindungan dari UV: Radiasi ultraviolet (UV) dapat menyebabkan pembentukan radikal bebas yang merusak DNA dan membran keratinosit, mengakibatkan penuaan kulit prematur. UV juga menyebabkan peradangan dan berbagai kelainan kulit. Antioksidan dapat mencegah pembentukan

radikal oksigen akibat sinar UV dan memiliki aktivitas anti-inflamasi serta antipenuaan.

2.2.4 Pengujian antioksidan

Kemampuan suatu bahan atau ekstrak untuk mencegah reaksi oksidasi dikenal sebagai aktivitas antioksidan, yang diukur melalui persen penghambatan. Pengujian antioksidan bertujuan untuk mengevaluasi potensi antioksidan dalam menangkal radikal bebas. Teknik umum yang digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan adalah 1,1-Difenil-2-picrylhydrazyl (DPPH), yang menilai seberapa efektif bahan dalam menghambat radikal bebas dan mentransfer elektron tunggal, seperti transfer hidrogen. (Antioksidan *et al.*, 2020) :



Tabel 2 Penentuan katagori dari kekuatan aktivitas antioksidan (Wati et al., 2022)

Tingkat Aktivitas Antioksidan	IC ₅₀
Sangat Kuat	< 50 µg/mL
Kuat	50-100 µg/mL
Sedang	101-150 µg/mL
Lemah	> 150 µg/mL

2.3 Fermentasi Teh Kombucha

2.3.1 Definisi

Fermentasi adalah metode kuno dan ekonomis untuk mengawetkan makanan yang penting dalam memperpanjang masa simpan dan menjaga keamanan pangan. Proses fermentasi menyebabkan perubahan biokimia yang mempengaruhi komposisi nutrisi, daya cerna, dan bioaktivitas produk akhir. Kultur bakteri asam asetat (AAB) seperti *Komagataeibacter*, *Gluconobacter*, dan *Acetobacter*, bakteri asam laktat (BAL) seperti *Lactococcus*, serta ragi seperti *Schizosaccharomyces pombe*, *Saccharomycodes ludwigii*, *Kloeckera apiculata*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Torulaspora delbrueckii*, dan *Brettanomyces*

bruxellensis digunakan dalam media yang mengandung gula, umumnya teh hitam. Selama fermentasi, biofilm terbentuk di permukaan media berkat aktivitas strain AAB tertentu. Asam utama yang dihasilkan meliputi asetat, glukonat, tartarat, malat, dan sedikit asam sitrat, yang berkontribusi pada rasa asam khas. Fermentasi kombucha menghasilkan kombinasi fermentasi alkohol, laktat, dan asetat, dimulai oleh mikroorganisme yang toleran terhadap osmosis dan didominasi oleh spesies yang tahan terhadap asam (Villarreal-Soto et al., 2018).

2.3.2 Komposisi kimia

Pemahaman yang mendalam tentang komposisi dan karakteristik teh kombucha sangat penting untuk memahami kinetika proses fermentasinya. Namun, komposisi dan konsentrasi metabolit dalam kombucha dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti sumber inokulum, konsentrasi gula dan teh, lama fermentasi, serta suhu yang digunakan. Hasil akhir fermentasi dipengaruhi oleh perubahan kondisi-kondisi ini. Tabel berikut menunjukkan bahan utama dan metabolit utama yang dihasilkan selama fermentasi teh kombucha.

Tabel 3 Komposisi Umum Kombucha (Villarreal-Soto et al., 2018)

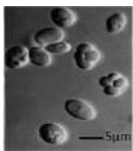
	Senyawa	Komposisi rata-rata	Sukrosa Awal	Waktu Fermentasi (hari)	Referensi
Asam organik	Asam Asetat	5,6 g/L	70 g/L	15 h	Blanc (1996)
	Asam Asetat	8,36 g/L	100 g/L	18 h	Jayabalan <i>et al.</i> (2007)
	Asam Asetat	11 g/L	100 g/L	30 h	Chen and Liu (2000)
	Asam glukonat	39 g/L	100 g/L	60 h	Chen and Liu (2000)
	Asam Glukuronat	0,0160 g/L	70 g/L	21 h	Lončar <i>et al.</i> (2006)
	Asam laktat	0,18 g/L	100 g/L	18 h	Jayabalan <i>et al.</i> (2007)
Vitamin	Vitamin B1	0,74 mg/mL	70 g/L	15 h	Bauer-Petrovska and
	Vitamin B2	8 mg/100 mL	70 g/L	10 h	Petrushevskia-Tozi
	Vitamin B6	0,52 mg/mL	70 g/L	15 h	(2000)
	Vitamin B12	0,84 mg/mL	70 g/L	15 h	Malbašić <i>et al.</i> (2011)
	Vitamin C	25 mg/L	70 g/L	10 h	Bauer-Petrovska and

Komposit Umum	Etanol	5,5 g/L	100 g/L	20 h	Petrushevskaja-Tozi (2000) Bauer-Petrovskaja and
	Protein	3 mg/mL	100 g/L	12 h	
	Polifenol teh	7,8 Mm	100 g/L	15 h	Petrushevskaja-Tozi (2000) Malbařsa <i>et al.</i>
Mineral		GAE			(2011)
	Cu, Fe, Mn, Ni, Zn	1 hingga 0,4	70 g/L	15 h	Chen and Liu (2000) Jayabalan <i>et al.</i> (2007)
	F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ ,	0,04 hingga	100 g/L	7 h	Chu and Chen (2006)
Anion	NO ₃ ⁻ , HPO ₄ ⁻ SO ₄ ⁻	3,20			Bauer-Petrovskaja and Petrushevskaja-Tozi (2000)
					Kumar, Narayan, and Hassarajani (2008)

2.3.3 Komposisi Mikrobiologi

Banyak jenis ragi dapat mengubah gula menjadi etanol, namun fermentasi alkohol modern sering menggunakan kultur starter tunggal, terutama *Saccharomyces cerevisiae* karena efisiensinya. Ragi non-*Saccharomyces* semakin populer dalam fermentasi campuran seperti anggur dan tequila untuk meningkatkan aroma, kompleksitas, dan kinetika produk akhir. Interaksi mikroba antara *Saccharomyces* dan ragi non-*Saccharomyces* dalam fermentasi campuran membawa manfaat seperti menghindari fermentasi terhenti, menambahkan aroma dan rasa, serta menyesuaikan parameter yang tidak diinginkan. Dalam fermentasi Kombucha, terdapat banyak genus dan spesies ragi, termasuk *Zygosaccharomyces*, *Candida*, *Kloeckera/Hanseniaspora*, *Torulaspora*, *Pichia*, *Brettanomyces/Dekkera*, *Saccharomyces*, *Lachancea*, *Saccharomycoides*, dan *Schizosaccharomyces*. Interaksi ragi dalam kultur Kombucha menghasilkan karakteristik akhir yang diinginkan (Villarreal-Soto *et al.*, 2018)

Tabel 4 Beberapa spesies ragi yang ada dalam kultur kombucha (Villarreal-Soto et al., 2018)

Spesies	Morfologi	Karakteristik
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>		• Daya fermentatif tinggi • Kemampuan untuk mengubah asam malat menjadi etanol • Pelepasan polisakarida dalam jumlah besar (Domizio, Liu, Bisson L, & Barile, 2017)
<i>Brettanomyces bruxellensis</i>		• Ketahanan yang tinggi terhadap tekanan osmotik dan etanol • Efisiensi yang lebih tinggi untuk memanfaatkan sumber N yang tersedia daripada • Kecenderungan untuk memfermentasi gula menjadi etanol, dan menghasilkan asam asetat konsentrasi tinggi dalam kondisi aerobik (Steensels <i>et al.</i>, 2015)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		• Toleransi etanol yang tinggi • Laju fermentasi yang cepat • Ketidakpekaan terhadap suhu dan konsentrasi substrat (Choonut, Saejong, & Sangkharak, 2014)
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>		• Sangat toleran terhadap osmo dan halo • Menangkal stres gula dan garam yang lebih baik daripada <i>S. cerevisiae</i> (Dakal <i>et al.</i>, 2014)

2.3.4 Produksi selulosa

Berbagai bakteri, seperti *Aerobacter*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Salmonella*, dan *Gluconacetobacter*, dapat menghasilkan selulosa

mikroba. *Acetobacter xylinum* (*Gluconacetobacter xylinus* dan *Komagataeibacter*) sangat penting dalam proses ini, mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat yang memicu sintesis selulosa dan pembentukan biofilm. Proses ini melibatkan uridin difosfo-glukosa (UDPGlc) yang dipolimerisasi menjadi rantai β -1,4-glukan.

Selulosa mikroba diproduksi ekstraseluler sebagai fibril, dengan bakteri mengeluarkan selulosa melalui pori-pori. Rantai-rantai ini membentuk makrofibril tiga dimensi yang elastis dan mampu menahan air hingga 200 kali massa keringnya. Dua jenis selulosa dihasilkan: selulosa I yang terdiri dari mikrofibril dan selulosa II yang lebih stabil termodinamika.

Bakteri awalnya tumbuh dengan mengonsumsi oksigen terlarut. Selama fermentasi, hanya bakteri di antarmuka udara dan medium yang aktif menghasilkan selulosa. Ketebalan membran meningkat, membentuk lapisan baru dan akhirnya memerangkap bakteri, membuatnya tidak aktif karena kekurangan oksigen. Bakteri dalam media kultur dapat diaktifkan kembali untuk fermentasi berikutnya. Biofilm yang dihasilkan memiliki kristalinitas tinggi, kekuatan tarik tinggi, dan kemampuan menahan air yang luar biasa.

Karakteristik selulosa mikroba bergantung pada strain bakteri, waktu kultur, dan bahan kimia dalam media kultur. Kultur kombucha diharapkan menghasilkan biofilm dengan karakteristik unik. Optimasi faktor seperti volume media, waktu inkubasi, luas permukaan, dan kondisi ketinggian permukaan diperlukan untuk hasil maksimal. Penghilangan bagian amorf dari nanofibril melalui hidrolisis asam dapat menghasilkan nanokristal untuk berbagai aplikasi seperti pengemasan makanan dan aplikasi medis (Villarreal-Soto et al., 2018).

2.3.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi kombucha

1. Substrat

Minuman Kombucha biasanya dihasilkan melalui fermentasi teh hijau atau teh hitam yang telah didinginkan, meskipun ada beberapa penelitian yang menyelidiki bahan tambahan dan menemukan temuan yang menarik, seperti analog teh Kombucha dari *Echinacea* manis dan musim dingin gurih. Penggunaan air kelapa dan jus anggur juga telah diuji sebagai substrat yang menghasilkan aktivitas

biologis yang menarik. Oleh karena itu, penelitian potensi terapeutik minuman Kombucha dari substrat yang berbeda dianggap pendekatan yang menarik.

2. Efek Waktu

Proses fermentasi Kombucha biasanya berlangsung dari 7 hingga 60 hari, dengan hasil terbaik dicapai pada 15 hari. Namun, meskipun aktivitas antioksidan meningkat seiring waktu inkubasi; namun, fermentasi yang berlebihan tidak dianjurkan karena dapat menyebabkan peningkatan kadar CO₂ dan akumulasi asam organik yang merusak. Pemilihan durasi fermentasi juga memengaruhi atribut sensorik, di mana fermentasi yang lebih singkat menghasilkan minuman yang menyegarkan, sementara fermentasi yang lebih lama menghasilkan rasa cuka. Food and Drug Administration merekomendasikan tidak lebih dari 10 hari fermentasi untuk konsumsi manusia.

3. Efek Suhu

Pertahankan suhu optimal selama fermentasi, berkisar antara 22°C hingga 30°C, dapat meningkatkan pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suhu antara 37°C dan 42°C dapat menghasilkan aktivitas antioksidan tertinggi. Suhu fermentasi yang lebih tinggi juga dapat meningkatkan jumlah asam, metabolit, dan vitamin C yang dihasilkan.

4. pH

Parameter lingkungan yang penting untuk fermentasi Kombucha adalah pH. Asam-asam seperti asetat dan glukonat yang terbentuk mempengaruhi aktivitas biologis dan aktivitas antioksidan. Meskipun pH rendah dapat meningkatkan fungsi antioksidan, nilai pH yang paling rendah yang dapat diterima adalah 3, yang sesuai dengan pH saluran pencernaan. Oleh karena itu, ketika keasaman total mencapai tingkat yang ideal, fermentasi harus dihentikan., yaitu 4 hingga 5 g/L, untuk mendapatkan minuman asam yang menyenangkan. Periode waktu untuk mencapai nilai ini dapat bervariasi tergantung pada substrat dan kondisi fermentasi.

2.4 Belimbing Wuluh (*Avverhoa Bilimbi L.*)



Gambar 1 Buah Belimbing Wuluh (*Avverhoa Bilimbi L.*)

2.4.1 Klasifikasi Belimbing Wuluh (*Avverhoa Bilimbi L.*)

Kerajaan	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan berpembuluh darah)
Superdivisi	: <i>Spermatophyta</i> (Tumbuhan berbiji)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tanaman berbunga)
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Subkelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Oxalidales</i>
Keluarga	: <i>Oxalidaceae</i>
Genus	: <i>Averrhoa</i>
Spesies	: <i>blimbi L.</i>
Sumber	: (Naveena & Latha, 2013)

2.4.2 Deskripsi tanaman

Belimbing wuluh merupakan pohon tropis yang membutuhkan sinar matahari langsung dan iklim lembab musiman dengan curah hujan yang merata sepanjang tahun, namun juga memerlukan musim kemarau selama 2-3 bulan. Varietas belimbing wuluh hampir seragam di berbagai tempat tumbuhnya, namun varietas manis dilaporkan ditemukan di Filipina. Tumbuhan ini tumbuh lambat di bawah

sinar matahari penuh dan lebih cocok di tanah subur, lembab, dengan drainase baik seperti tanah pasir atau batu kapur. Perbanyakan biasanya dilakukan melalui biji, meskipun metode okulasi, pertunasan, dan pelapisan udara juga telah dicoba. Tanaman ini tumbuh subur tanpa perawatan hortikultura khusus.

Berbagai bagian dari belimbing wuluh, seperti daun, bunga, dan buahnya, memiliki kegunaan medis. Buahnya digunakan untuk mengobati batuk, beri-beri, dan penyakit empedu. Sirup buahnya efektif sebagai obat demam, peradangan, menghentikan pendarahan, dan meredakan wasir. Daunnya dioleskan untuk mengatasi gatal-gatal, pembengkakan akibat gondongan dan rematik, serta erupsi kulit. Di Malaysia, daunnya digunakan untuk mengobati penyakit kelamin, sedangkan infus daunnya berguna sebagai obat batuk dan tonik setelah melahirkan. Bunga belimbing wuluh dalam bentuk infus efektif melawan batuk dan sariawan. Di India, buahnya digunakan dalam pengobatan tradisional untuk mengendalikan obesitas dan memiliki potensi sifat antihiperlipidemik yang menarik untuk penelitian lebih lanjut (Naveena & Latha, 2013).

2.4.3 Morfologi

Belimbing wuluh adalah tanaman liar yang tumbuh di dataran rendah hingga ketinggian 500 meter. Pohon ini memiliki batang kecil dan bisa mencapai tinggi hingga sepuluh meter. Daunnya lebar dan menyirip, terdiri dari 21 hingga 45 pasang anak daun yang berwarna hijau muda di bagian bawah. Anak daun berbentuk bulat telur dengan ujung runcing, pangkal bulat, dan tepi rata, berukuran panjang 2-10 cm dan lebar 1-3 cm.

Buah belimbing wuluh berukuran panjang 4-10 cm, berbentuk lonjong dengan tepi bersegi menyerupai torpedo. Buah muda berwarna hijau dengan kelopak bunga yang masih menempel di ujungnya, sedangkan buah matang berwarna kuning atau kuning pucat. Buahnya memiliki rasa asam, banyak air, kulit tipis, dan berkilau. Bijinya datar dan berbentuk bulat telur (Darwis et al., 2018).

2.4.4 Kandungan aktif

Menurut Naveena & Latha, (2013), belimbing wuluh mengandung berbagai fitokimia dalam ekstrak buahnya, termasuk flavonoid, saponin, dan triterpenoid. Zat kimia yang ditemukan dalam belimbing wuluh meliputi asam amino, asam

sitrat, sianidin-3-O- β -D-glukosida, fenolat, ion kalium, gula, dan vitamin A. Ekstrak kulit kayu belimbing wuluh juga mengandung alkaloid, saponin, dan flavonoid. Buah belimbing wuluh dikenal sebagai buah bertepung yang kaya nutrisi, termasuk vitamin C, mineral, serat, abu, protein, dan kelembapan, serta memiliki sifat antibakteri. Komposisi gizi per 100 gram porsi yang dapat dimakan adalah sebagai berikut: vitamin B1 (0,010 mg), asam askorbat (15,6 mg), vitamin A (0,036 mg), kelembapan (94,2-94,7 g), protein (0,61 g), serat (0,6 g), abu (0,31-0,40 g), kalsium (3,4 mg), fosfor (11,1 mg), besi (1,01 mg), karoten-e (0,035 mg), tiamin (0,010 mg), riboflavin (0,302 mg), niasin (0,302 mg), dan asam askorbat (15,5 mg).

Buah belimbing wuluh memiliki banyak manfaat, terutama sebagai sumber vitamin C. Buah ini dapat diolah menjadi manisan, sirup, serta digunakan sebagai obat untuk berbagai penyakit seperti sariawan, sakit perut, gondongan, rematik, batuk rejan, gusi berdarah, sakit gigi, dan masalah pencernaan. Selain itu, belimbing wuluh juga berguna dalam kosmetika, membersihkan tangan, menghilangkan karat pada keris, noda pada kain, dan bau botol, serta mengkilapkan kuningan. Buah ini juga digunakan untuk mengobati diabetes, jerawat, hipertensi, serta batuk. Di Indonesia, belimbing wuluh sering digunakan untuk mengatasi batuk, demam, radang, perdarahan rektal, dan sembelit (Naveena & Latha, 2013).

2.5 Kosmetik

Kosmetik adalah bahan atau sediaan yang diaplikasikan pada bagian luar tubuh manusia (seperti epidermis, rambut, kuku, bibir, dan organ genital bagian luar) dengan tujuan membersihkan, mewangikan, mengubah penampilan, memperbaiki bau badan, serta melindungi atau menjaga tubuh dalam kondisi baik. Kata "kosmetikos" dan "kosmos" berasal dari bahasa Yunani yang berarti "susunan" dan "berhias," mengindikasikan kemampuan untuk menyusun dan menghias diri. Awalnya, kosmetik adalah bagian dari ilmu kesehatan, dan para ahli kosmetik juga merupakan pakar kesehatan. Seiring waktu, kosmetik dan obat mulai dibedakan berdasarkan jenis, efek samping, dan faktor lainnya. Pada masa lalu, bahan kosmetik sebagian besar terdiri dari bahan alami yang tersedia di lingkungan

sekitar, namun kini lebih banyak menggunakan bahan buatan untuk meningkatkan kecantikan (Lex Suprema et al., 2009).

Kosmetik dibagi menjadi beberapa kategori. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 445/MENKES/PER/V/1998 tentang bahan, zat warna, zat pengawet, dan tabir surya pada kosmetik, kosmetik diklasifikasikan sebagai berikut: kosmetik bayi (minyak bayi, bedak bayi), kosmetik mandi (sabun mandi, botol mandi), kosmetik mata (maskara, eye shadow), wewangian (parfum), kosmetik rambut (cat rambut, hair spray), kosmetik make up (lipstik, bedak), kosmetik kebersihan mulut (pasta gigi, mouthwash), kosmetik perawatan kulit (pelembab, pelindung kulit, pembersih kulit), kosmetik kebersihan badan (deodoran), kosmetik perawatan kuku (cat kuku), kosmetik cukur (sabun cukur), dan kosmetik tabir surya (sunscreen foundation).

Berdasarkan sifat dan pembuatannya, kosmetik dibagi menjadi kosmetik modern yang diramu dengan bahan kimia dan diproduksi oleh perusahaan yang diizinkan, serta kosmetik tradisional yang terdiri dari kosmetik alami yang diwariskan turun-temurun (seperti mangir, lulur), dan kosmetik semi-tradisional yang menggunakan zat warna mirip tradisional namun tidak sepenuhnya alami. Menurut kegunaannya bagi kulit, kosmetik dibagi menjadi kosmetik perawatan kulit yang meliputi pembersih kulit (sabun, krim pembersih, susu pembersih, penyegar), pelembab kulit (krim pelembab, krim malam, krim anti-penuaan), pelindung kulit (krim pelindung mata, sunblock, lotion), dan pengempelas kulit (scrub cream). Perawatan ini bertujuan menjaga kesehatan kulit wajah secara bertahap. Kosmetik riasan (dekoratif) digunakan untuk merias dan menutupi cacat pada kulit, terbagi menjadi kosmetik dekoratif jangka pendek (bedak, lipstik, eyeliner, eyeshadow) dan kosmetik dekoratif yang memiliki efek mendalam dan bertahan lama (pemutih kulit, cat rambut, pengeriting rambut) (Dyera Forestryana* Wahyudin Bin Jamaludin Ratna Restapaty Hafiz Ramadhan, 2021).

2.6 Sediaan Lotion



Gambar 2 Sediaan lotion

Jenis sediaan topikal pada umumnya seperti gel, lotion, krim, emulgel, dan masker. Obat yang menarik perhatian untuk dipilih karena penggunaannya yang mudah adalah sediaan lokal. Sediaan ini sangat cocok untuk penyakit kulit lokal dikarenakan dapat langsung terserap dan meresap pada kulit dengan baik. Lotion tangan adalah produk kosmetik yang digunakan pada kulit tangan dan tubuh. Lotion biasanya emulsi yang dimaksudkan untuk digunakan di luar tubuh dan berfungsi sebagai pelindung. Lotion dapat diterapkan secara merata pada kulit dengan bentuk cairnya, yang membuatnya lebih mudah disebarluaskan dan mengering dengan cepat (Syaputri et al., 2023).

Sediaan lotion terdiri dari empat komponen: zat pengemulsi, air, zat berlemak, dan humektan. Minyak tanaman atau lemak tanaman adalah sumber zat berlemak, dan surfaktan pengemulsi dapat kationik, nonionik, atau anionik. Humektan mengikat air. Emulsi, bahan dasar kosmetik, terdiri dari dua fase, hidrofilik dan lipofilik. Fase hidrofilik biasanya terdiri dari air atau cairan yang dapat dicampur dengannya, sementara fase lipofilik dapat terdiri dari minyak mineral, minyak tumbuhan, atau lemak. Dua jenis emulsi yang tersedia untuk bahan dasar kosmetik adalah minyak dalam air (O/W) dan air dalam minyak (W/O).

Proses pembuatan emulsi kosmetika melibatkan pemanasan dua fase pada suhu yang sama, kemudian menuangkan satu fase ke dalam fase lainnya dan memanaskannya dengan pengadukan. Pengadukan berlanjut hingga emulsi dapat didinginkan pada suhu kamar. Proses ini umumnya dilakukan pada suhu 70-75 °C, di mana pencampuran fase air dapat berlangsung efisien. Waktu, variasi temperatur,

dan proses pencampuran mempengaruhi kompleksitas proses emulsifikasi, di mana pengocokan diperlukan untuk membentuk tetesan-tetesan yang stabil. Koalisi antara tetesan-tetesan dapat terjadi selama pengocokan, memungkinkan penggabungan yang lebih baik (Eka et al., 2020).

Sediaan lotion terdiri atas beberapa Komposisi yaitu :

2.6.1 Fase lipofil

1. Setil alkohol

Senyawa dengan rumus $C_{16}H_{34}O$, berat molekul 242 g mol^{-1} , digunakan dalam produk kosmetik dan farmasi seperti emulsi, krim, dan salep. Setil alkohol, dengan konsentrasi umumnya 2-5%, digunakan untuk meningkatkan stabilitas emulsi minyak dalam air (M/A). Setil alkohol adalah lempengan licin, butiran, kubus, atau sisik berwarna putih yang memiliki rasa tawar dan bau khas. Sebaliknya, senyawa ini tidak larut dalam air, meskipun larut dalam pelarut seperti eter dan etanol (95%). Setil alkohol menghaluskan, menstabilkan, merawat, emolien, menambah kekentalan air, dan pembusa kulit.

2.6.2 Fase hidrofil

1. Asam Stearat

Rumus molekul $C_{18}H_{36}O_2$, berbentuk kristal putih atau sedikit kekuningan, dengan rasa dan bau seperti lemak. Asam stearat sering digunakan baik dalam produk yang dapat dikonsumsi secara oral maupun topikal. Pada produk topikal, asam stearat berfungsi sebagai emulgator atau pelarut dengan konsentrasi antara satu hingga dua puluh persen. Dalam formulasi krim, asam stearat sering dikombinasikan dengan trietanolamina.

2. Gliserin

Gliserin adalah cairan kental dan manis yang tidak berwarna dan tidak berbau, densitas sebesar $1,261 \text{ gr/}$, titik lebur 182°C , dan titik didih 290°C . Zat ini dihasilkan dari proses pemisahan asam lemak.

2.6.3 Emulgator

1. Tretanolamin (TEA)

Dengan berat molekul 149,1, trietanolamin adalah campuran dari dietanolamina, monoetanolamina, dan trietanolamina dengan rumus molekul

CCO, CH_2CH_3 . Kandungan trietanolaminnya tidak kurang dari 99,0% dan tidak lebih dari 107,4%. Selain itu, terdapat zat anhidrat yang disebut trietanolamina N ($\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$)₃. Dalam bentuk fisik, itu adalah cairan kental yang higroskopik yang tidak berwarna hingga kuning pucat dengan bau yang mirip amoniak.

Trietanolamin mudah larut dalam kloroform dan air, serta etanol (95%). Namun, perlu diperhatikan bahwa trietanolamin tidak kompatibel dengan asam dan tembaga, karena dapat bereaksi membentuk garam. Dalam aplikasinya sebagai pengemulsi, trietanolamin digunakan dalam konsentrasi 2-4%, sementara pada asam lemak dapat digunakan dalam konsentrasi 2-5 kali lipat.

2.6.4 Pengawet

1. DMDM Hydantion

DMDM hydantoin adalah pengawet yang banyak digunakan dalam produk kosmetik dan perawatan pribadi karena sifat antimikrobanya. Bahan ini bekerja dengan melepaskan sejumlah kecil formaldehida, yang membantu mencegah pertumbuhan jamur, ragi, dan bakteri berbahaya, sehingga memperpanjang masa simpan produk. Meskipun efektif, penggunaan DMDM hydantoin menimbulkan kekhawatiran karena formaldehida yang dilepaskan, yang dikenal sebagai karsinogen dan alergen. Namun, badan regulasi seperti Cosmetic Ingredient Review (CIR) dan Direksi Kosmetik Uni Eropa telah menyimpulkan bahwa bahan ini aman digunakan dalam kosmetik pada konsentrasi hingga 0.6%.

Keamanan DMDM hydantoin telah ditegaskan kembali melalui berbagai studi. Menurut International Journal of Toxicology, ketika digunakan dalam batas keamanan yang ditetapkan, formaldehida yang dilepaskan oleh DMDM hydantoin tidak menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan. Studi-studi ini menunjukkan bahwa jumlah formaldehida yang dilepaskan dalam kosmetik sebanding dengan jumlah yang secara alami ditemukan dalam makanan umum seperti apel dan pir, memastikan bahwa penggunaannya dalam produk perawatan pribadi tetap dalam batas yang aman (Dorthe Nørgaard Andersen, 2015).

2.6.5 Pengaroma

Pengaroma diperlukan dalam pembuatan emulsi, dengan pertimbangan yang diperlukan sesuai dengan penggunaannya. Formulasi alami memberikan berbagai campuran asam aromatik yang digunakan dengan efek yang positif. Karena pengaruhnya yang lebih lembut, minyak tidak menyerap aroma dan rasa yang tajam.

2.6.6 Pewarna

Sebagian besar emulsi berwarna putih atau kuning gelap karena refleksi cahaya yang dihasilkan oleh minyak dan air. Warna ini juga dapat disebabkan oleh larutan gelap atau suspensi emulgator yang juga gelap. Jika larutan yang terbuat dari bahan-bahan yang transparan diberikan pencahayaan pada refleksi yang sama dengan minyak dan air, emulsi dapat mengalami warna, seperti yang terjadi pada minyak hati ikan jika bahan-bahan yang transparan ditambahkan ke dalam larutan. Efek serupa juga dapat ditemukan pada emulsi minyak yang transparan dengan penambahan gliserin dalam jumlah yang signifikan.

2.7 Evaluasi Sediaan Lotion

2.7.1 Uji organoleptik

Uji ini dilakukan untuk mengamati bentuk, perubahan warna, dan aroma pada sediaan lotion (Mardikasari et al., 2017)

2.7.2 Uji homogenitas

Uji ini dilakukan untuk melihat adanya butiran kasar pada sediaan dan tercampurnya bahan aktif dan eksipien secara homogen (Syaputri et al., 2023).

2.7.3 Uji pH

Uji ini dilakukan untuk memastikan bahwa lotion yang telah dibuat memenuhi syarat PH sediaan topikal antara 4,5 dan 8,0. Sediaan topikal dengan nilai PH yang asam dapat menyebabkan iritasi kulit, sedangkan sediaan topikal dengan nilai PH yang basa dapat menyebabkan kulit kering dan bersisik (Dominica et al., 2019).

2.7.4 Uji daya sebar

Proses uji ini dilakukan untuk menentukan apakah penyebaran sediaan pada kulit memenuhi persyaratan, yaitu sebesar 5-7 cm (Antolak et al., 2021)

2.7.5 Uji viskositas

Untuk mengetahui sifat alir dan kekentalan lotion, uji ini dilakukan. Nilai viskositas lotion yang baik adalah 2000-50.000 cP (Ulandari & Sugihartini, 2020).

2.7.6 Uji Stabilitas

Uji stabilitas merupakan pengujian untuk mengetahui stabilitas sediaan pada suhu ruang selama penyimpanan. Perlakuan pada uji dilakukan selama satu bulan dengan menyimpan sediaan pada suhu kamar. Pada hari ke-0, 7, 12, 21, 28 dilakukan uji organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar dan Viskositas (Ulandari & Sugihartini, 2020).

2.7.7 Cycling test

Cycling test merupakan uji dipercepat dimana sediaan disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam, kemudian dipindahkan ke oven pada suhu 40°C selama 24 jam. Perlakuan ini adalah satu siklus. Perlakuan diulang selama 5 siklus dan diamati dengan parameter sensorik, keseragaman, pH, dispersibilitas dan viskositas (Ulandari & Sugihartini, 2020).