

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radikal Bebas

2.1.1 Definisi

Radikal bebas merupakan salah satu bentuk dari senyawa oksigen reaktif. Senyawa radikal bebas mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital luarnya. Elektron yang tidak berpasangan akan mencari pasangan secara reaktif dengan cara menyerang dan mengikat elektron molekul disekitarnya. Senyawa oksigen reaktif dapat berupa senyawa radikal bebas seperti anion superoksida dan hidroksil, serta dapat berupa senyawa lain yang sebenarnya bukan radikal bebas tetapi mudah berubah menjadi radikal bebas seperti hidrogen peroksida dan ozon (Luh Putu Citramas Pradnya Rahmasari et al., 2023).

2.2.2 Tahapan reaksi pembentukan senyawa

Reaksi rantai oksidasi radikal bebas terdiri dari tahap awal (inisiasi), pada tahap ini mulai melakukan pembentukan radikal bebas yang terjadi secara bertahap. Radikal bebas dapat dihasilkan oleh suhu tinggi, proses ekstrusi, dan tekanan saat memotong bahan polimer. Konsentrasi hidroperoksida meningkat secara signifikan setelah proses oksidasi dimulai. Selanjutnya untuk tahap kedua tahap propagasi (perambatan atau terbentuknya radikal baru), pada tahap propagasi tahap awal reaksi atau perpanjangan rantai radikal. dan tahap terakhir adalah tahap terminasi (pemusnahan atau pengubahan menjadi radikal bebas stabil dan tak reaktif), Pada fase terminasi, senyawa radikal bereaksi dengan senyawa lain atau dengan menangkap radikal, sehingga potensi perambatannya berkurang. Konversi radikal peroksi dan alkil menjadi radikal non-radikal menghentikan reaksi propagasi (Luh Putu Citramas Pradnya Rahmasari et al., 2023).

Reaksi tersebut dapat berlanjut di dalam tubuh dan menimbulkan berbagai penyakit seperti jantung, kanker, katarak, penuaan dini dan penyakit degeneratif lainnya. Antioksidan dibutuhkan untuk menangkap atau mengikat radikal bebas agar tidak menimbulkan penyakit (Werdhasari, 2014).

2.2.3 Tempat pembentukan senyawa

Senyawa radikal bebas dapat terbentuk melalui 2 cara, yaitu :

1. Secara endogen, sebagai respon normal biokimia intrasel maupun ekstrasel.
2. Secara oksigen, seperti paparan polusi, dari sumber makanan yang dikonsumsi, injeksi, serta absorpsi melalui kulit.

Reaksi aktivasi oksigen menghasilkan radikal bebas oksigen yang disebut anion super oksida. Senyawa ini akan membentuk kompleks dengan senyawa organik yang terjadi pada sel yang masih normal maupun yang telah teraktivasi. Radikal bebas juga dapat terbentuk melalui jalur enzimatis maupun metabolik. Proses dari asam arakidonat menjadi prostaglandin dan prostasiklin dipacu oleh enzim lipooksigenase dan siklooksigenase yang menghasilkan komponen atau senyawa oksigen reaktif berupa oksigen dan proksida, serta oksidasi yang selanjutnya akan membentuk radikal anion atau hidroperoksida (Werdhasari, 2014).

2.2.4 Dampak negatif

Radikal bebas yang mengambil electron dari tubuh menyebabkan perubahan struktur DNA (*Deoxy Nucleic Acid*) sehingga terbentuknya sel-sel mutan. Sehingga menimbulkan kerusakan sel akibat serangan radikal bebas (Fakriah et al., 2019).

1. Kerusakan DNA (asam deoksiribonukleat) pada inti sel. Selain penyebab lain seperti virus, radiasi, dan bahan kimia penyebab kanker, radikal bebas menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan kerusakan DNA. Akibatnya, proses pembelahan sel terganggu sehingga menimbulkan perubahan genetik yang tidak biasa hingga berujung pada kanker.
2. Kerusakan membran sel. Membran sel tersusun dari asam lemak tak jenuh ganda yang sangat rentan terhadap kerusakan akibat radikal bebas. Hal ini dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi membran, dan pada kasus yang lebih parah dapat menyebabkan kematian sel pada jaringan tubuh, seperti kerusakan organ.
3. Kerusakan protein: Serangan radikal bebas dapat menyebabkan oksidasi protein yang dapat merusak jaringan. Misalnya saja kerusakan protein pada lensa mata yang dapat menyebabkan katarak.

4. Degradasi lipid peroksida Hal ini terjadi ketika asam lemak tak jenuh terkena radikal bebas. Reaksi ini menghasilkan peroksida yang merusak sel. Akibatnya, penyakit ini dianggap sebagai salah satu faktor penyebab berbagai penyakit degeneratif yang mengganggu fungsi tubuh.
5. Dapat menyebabkan autoimunitas. Dalam keadaan normal, antibodi hanya muncul jika ada antigen yang masuk ke dalam tubuh. Namun pada penyakit autoimun, antibodi terbentuk melawan sel tubuh sendiri sehingga dapat merusak jaringan tubuh.
6. Proses penuaan. Dampak paparan radikal bebas pada tubuh manusia bersifat kumulatif dan dapat berkembang menjadi penyakit jika sistem kekebalan tubuh tidak dapat lagi menerima keberadaan senyawa radikal bebas. Hal ini tergantung pada keseimbangan antara aktivitas radikal bebas dalam tubuh dan yang masuk ke lingkungan, dengan kadar antioksidan dalam tubuh. Jika jumlahradikal bebas melebihi kemampuan tubuh dalam mengelolanya, maka dapat terjadi stres oksidatif.

2.2 Antioksidan

2.2.1 Definisi

Antioksidan adalah suatu zat yang dapat memberikan perlindungan endogen dan oksidatif eksogen dengan cara menangkap radikal bebas. Molekul yang mampu menghambat oksidasi molekul lain ialah antioksidan. Antioksidan adalah salah satu senyawa pendonor elektron, cara kerja dari senyawa ini yaitu mendonorkan satu elektron kepada senyawa yang bersifat radikal sehingga dapat menghambat aktivitas radikal tersebut. Senyawa yang bersifat radikal bebas dapat distabilkan oleh antioksidan dengan cara melengkapi kekurangan elektron pada senyawa yang bersifat radikal bebas (Hani & Milanda, 2021).

2.2.2 Sumber antioksidan

Berdasarkan sumbernya manusia memiliki antioksidan di dalam tubuh yang dikenal sebagai antioksidan endogen. Meskipun demikian, tubuh manusiaseringkali tidak memiliki jumlah yang cukup dari antioksidan tersebut untuk mengatasi tingginya kadar radikal bebas. Antioksidan endogen terbagi menjadi dua kategori,

yaitu antioksidan sintetik dan antioksidan alami. Contoh dari antioksidan sintetik melibatkan BHT (*butylated ytoluene*), BHA (*butylated hydroxyanisole*), TBHQ (*tertiary butyl hydroquinone*), dan PG (*propyl gallate*). Sementara itu, antioksidan alami dapat ditemukan pada beberapa jenis tumbuhan, sayuran, buah-buahan, dan rempah-rempah (Isnindar et al., 2017).

2.2.3 Manfaat antioksidan

Atom atau gugus yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan adalah radikal bebas. Hal ini dikarenakan jumlah dari elektron itu ganjil, maka dari itu tidak semua elektron dapat berpasangan. Kemudian dari suatu radikal bebas ini bisa memiliki elektron yang bermuatan positif atau negatif, maka akan sangat reaktif karena adanya elektron yang tidak berpasangan. Radikal bebas ini bisa berasal dari dalam tubuh (endogen), terbentuk dari sisa-sisa pembakaran atau proses metabolisme, protein, lemak dan karbohidrat yang dikonsumsi. Selain itu, radikal bebas juga dapat berasal dari luar tubuh (eksogen), misalnya dari asap kendaraan, polusi udara, makanan, berbagai bahan kimia, dan sinar UV (Nirmala Sari, 2015).

Menurut (Haerani et al., 2018) Antioksidan mempunyai banyak manfaat untuk kesehatan kulit, diantaranya:

1. Antipenuaan

Penuaan, proses fisiologis yang kompleks, sering dikaitkan dengan penyakit seperti demensia, kehilangan memori progresif, disfungsi kognitif, skizofrenia, parkinson, penyakit Alzheimer, dan penyakit lainnya. Stres oksidatif adalah faktor penting dalam penuaan. Metabolisme biologis membutuhkan oksigenasi yang tepat untuk menghasilkan energi. Namun, stres oksidatif yang berlebihan, yang terjadi karena ketidakseimbangan antara sistem pertahanan antioksidan dan produksi radikal bebas yang tidak terkendali selama metabolisme energi, dapat menyebabkan mutasi dan pada akhirnya menyebabkan banyak penyakit kronis

2. Perlindungan dari ROS akibat stress oksidatif

Beberapa senyawa antioksidan berperan dalam menghasilkan senyawa oksigen reaktif (ROS) di dalam tubuh. Untuk menjaga keseimbangan ROS, organisme memiliki mekanisme kontrol. Antioksidan endogen membantu

melawan ROS, sementara antioksidan eksogen dapat membantu mengembalikan keseimbangan jika antioksidan endogen tidak dapat menangkal jumlah radikal bebas yang berlebihan. Cara kerja antioksidan melibatkan berbagai mekanisme, seperti menghambat pembentukan ROS melalui pemecahan langsung radikal, mengurangi jumlah oksidan di sekitar sel, mencegah ROS mencapai target biologis, membatasi distribusi oksidan selama peroksidasi lipid, dan menghambat stres oksidatif untuk mencegah penuaan.

3. Perlindungan dari sinar UV

Faktor lingkungan, khususnya radiasi ultraviolet, akan terus memiliki dampak pada kulit. Radiasi UV dapat mengakibatkan pembentukan radikal bebas di kulit, yang berpotensi merusak DNA dan mempengaruhi protein membran keratinosit, menyebabkan penuaan sel kulit secara dini. Paparan radiasi UV mengakibatkan perubahan pada kulit, termasuk peradangan, penuaan karena paparan sinar matahari, dan berbagai gangguan kulit. Timbulnya kerutan, penurunan elastisitas, peningkatan kerapuhan, dan kelambatan proses penyembuhan luka merupakan beberapa tanda penuaan kulit. Antioksidan memiliki kemampuan untuk mencegah pembentukan oksigen dalam reaksi yang dipicu oleh sinar ultraviolet, yang selanjutnya meningkatkan aktivitas anti-inflamasi dan anti-penuaan.

2.2.4 Pengujian antioksidan

Tujuan dari dilakukannya pengujian antioksidan yaitu untuk mengetahui aktivitas antioksidan sehingga dapat mengevaluasi potensi antioksidan dalam meredam suatu radikal bebas. Prosedur antioksidan ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode peredaman radikal bebas atau DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Keunggulan metode peredaman radikal bebas adalah dapat menganalisis data sampel dengan tingkat kepekaan dengan cepat dan mudah (Wulansari, 2018). Selain itu, metode ini sudah terbukti akurat, terpercaya, dan praktis (Isnindar et al., 2017). Penentuan dari kategori kekuatan aktivitas antioksidan dapat dilihat pada tabel:

Tabel 1. Klasifikasi Antioksidan

Tingkat Aktivitas Antioksidan	IC₅₀
Sangat kuat	<50µg/mL
Kuat	50-100µg/mL
Sedang	101-150µg/mL
Lemah	>150µg/mL

Sumber : (Wati et al., 2022)

2.3 Belimbing Wuluh

2.3.1 Klasifikasi

Berikut klasifikasi tanaman buah Belimbing Wuluh:

Kingdom : *plantae*-plants,
 Sub kingdom : Tracheobionta-vascular plants
 Super divisi : Spermatophyta-flowering plants
 Divisi : Magnoliophyta-flowering plants
 Kelas : Dicotyledonae
 Sub kelas : Rosidae
 Ordo : Oxalidales
 Famili : Oxalidaceae
 Genus : *Averrhoa*
 Species : *Averrhoa bilimbi* L. (Isaac et al., 2013).



Gambar 1. Buah Belimbing Wuluh

2.3.2 Deskripsi

Salah satu tumbuhan di Indonesia yang berguna bagi kehidupan adalah belimbing wuluh. Belimbing wuluh merupakan tumbuhan yang tidak mengenal musim. Tumbuhan ini berasal dari negara Amerika tropis, biasanya tumbuhan ini tumbuh ditempat lembab dan terkena langsung sinar matahari. Tumbuhan ini umumnya dipelihara sebagai pohon buah-buahan dan dapat tumbuh secara liar didaerah dataran lebih rendah hingga 500m (Setyo Wibowo et al., 2020).

2.3.3 Morfologi

Tumbuhan ini memiliki karakteristik yaitu batag yang tidak begitu besar, daunnya berbentuk majemuk, memiliki tulang daun yang menyirip. Tumbuhan ini memiliki anak daun yang berjumlah 21 hingga 45 pasang dengan batang pendek, berbentuk bulat, seperti telur dan runcing. Bagian pangkal daunnya membulat, bagian tepinya rata, memiliki panjang 7 hingga 10 cm dan lebar 1 hingga 3 cm, warna daunnya hijau, warna bawah permukaanya lebih terang pada bagian atasnya. Buah yang dimiliki buah ini berbentuk oval dengan panjang 4 hingga 6 cm, memiliki berat buah sekitar 20 gram, warna yang dimiliki buah ini sewaktu muda adalah hijau, dan akan menjadi kuning setelah tua. Berakar tunggang dengan warna cokelat kehitaman, kulit dari buah ini mengkilap dan tipis. Tumbuhan belimbing wuluh memiliki biji buah dengan bentuk bulat telur dan gepeng (Setyo Wibowo et al., 2020).

2.3.4 Kandungan aktif

Kandungan fitokimia Ekstrak buahnya mengandung flavonoid, saponin dan triterpenoid. Kandungan kimia dari belimbing wuluh terdiri dari Asam amino, asam sitrat, sianidin-3-O- β -D-glukosida, fenolat, ion kalium, gula, vitamin A. Ekstrak Kulit Kayu mengandung Alkolids, saponin, flavonoid.

Nutrisi di Belimbing wuluh adalah buah bertepung kaya nutrisi yang sebagian besar tumbuh di batang pohon tinggi. Ini adalah sumber yang kaya akan Vitamin C. Selain vitamin dan mineral, buahnya juga daundan buah *A. bilimbi* menunjukkan aktivitas antibakteri terdiri dari serat, abu, protein dan kelembaban serta mineral.

Nilai gizi untuk 100 g porsi yang dapat dimakan:

- Vitamin B1 (tiamin) 0,010 mg
- Asam Askorbat 15,6 mg
- Vitamin A 0,036 mg
- Kelembapan 94,2-94,7g
- Protein 0,61g
- Serat 0,6g
- Abu 0,31-0,40g
- Kalsium 3.4g
- Fosfor 11.1mg
- Besi 1,01mg
- Karoten-e 0.035mg
- Tiamin 0,010mg
- Riboflavin 0,302mg
- Niasin 0,302mg, (Polimerase & Pcr, 2020).

2.3.5 Manfaat buah belimbing wuluh

Belimbing wuluh digunakan sebagai obat tradisional seperti bunganya dapat digunakan sebagai obat sariawan dan batuk. Daunnya digunakan sebagai obat rematik, sakit perut dan gondongan. Buahnya dapat digunakan sebagai obat untuk sariawan, sakit perut, batuk rejan, jerawat, panu, hipertensi, kelumpuhan, radang rektum, gondongan, rematik, gusi berdarah, sakit gigi berlubang, memperbaiki fungsi pencernaan, serta bahan kosmetika untuk mencegah penuaan (anti aging) (Saputra & Anggraini, 2016).

2.4 Kombucha

2.4.1 Definisi kombucha



Gambar 2. Kombucha

Kombucha merupakan produk dari proses fermentasi yang melibatkan bakteri dan jamur. Kombucha telah dikenal di Cina dalam kurun waktu yang cukup lama sebagai jamur teh manchuria, serta di kenal luas dengan berbagai macam nama sepeerti, cajnyj kvas, heldenpilz, mandarin teh mashroom, fungus japonicum, tea kwass, olinka, mogu, kargasok tea, zauberpilze, olga spring. Di Indonesia lebih dikenal dengan nama jamur Dipo yang berarti jamur benteng. Pada kombucha terjadi proses fermentasi yang terjadi karena adanya peranan bakteri dan jamur, jamur yang berperan yaitu jamur dari golongan ragi (Suhardini & Zubaidah, 2016).

Koloni jamur dan bakteri pada kombucha disebut dengan nama SCOBY (*Symbiosis Colony of Bactery and Yeast*) yang bentuknya menyerupai lembaran gelatin yang berwarna putih dengan ketebalan 0,3-1,2 cm terbungkus selaput. Bentuknya yang seperti gelatin menyebabkan bentuk koloni SCOBY mengikuti atau sesuai dengan bentuk tempat pembiakannya dan membentuk lapisan-lapisan. Lapisan pertama berada pada posisi paling atas dan setelah menutupi bagian atas wadah maka akan terbentuk lapisan selanjutnya (Khaerah & Akbar, 2019).

2.4.2 Karakteristik mikroorganisme penyusunan kombucha

Komposisi mikroba dapat berubah-ubah tergantung pada berbagai faktor seperti asal, kondisi iklim, lokasi geografis, dan jenis media fermentasi yang digunakan. Bakteri dari genus *Acetobacter* dan *Gluconobacter* cenderung menjadi dominan dalam kultur simbiosis (Pakravan et al., 2018).

Tabel 2. Mikroorganisme dalam kombucha

Bakteri			Khamir	
<i>Acetobacter xylinum</i> ,	<i>Acetobacter pasteurianus</i> ,	<i>Acetobacter acetic</i> ,	<i>Torula spp.</i> ,	<i>Torulopsis spp.</i> ,
<i>Bacterium gluconicum</i> ,	<i>Gluconobacter oxydans</i> ,	<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Torulaspora delbrueckii</i> ,	
<i>Acetobacter intermedius</i> ,	<i>Acetobacter nitrogenerans</i> ,	<i>Gluconacetobacter kombucha</i> .	<i>Mycoderma</i> ,	
			<i>Schizosaccharomyces spp.</i> ,	
			<i>Saccharomyces spp.</i>	<i>Pichia membranefaciens</i> ,
			<i>Kloeckera apiculata</i> ,	<i>Kluyveromyces spp.</i>

Sumber : (Pakravan et al., 2018)

Mikroorganisme yang lebih dominan dalam proses fermentasi kombucha mencakup khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan bakteri *Acetobacter spp.*,

termasuk *Gluconobacter oxydans*. Selama fermentasi kombucha, khamir (*S. cerevisiae*) bertanggung jawab mengubah sukrosa dalam medium fermentasi menjadi fruktosa dan glukosa melalui aktivitas enzim invertase. Glukosa kemudian menjadi substrat bagi bakteri (*G. oxydans* dan *A. intermedius*) yang menghasilkan asam organik seperti asam asetat, glukonat, glukuronat, dan sejenisnya melalui oksidasi oleh glukosa oksidase, sementara fruktosa diubah menjadi asam asetat (Pakravan et al., 2018).

2.4.3 Faktor-faktor pengaruh fermentasi kombucha

1. Substrat

Minuman Kombucha biasanya dihasilkan melalui fermentasi teh hijau atau teh hitam yang dimaniskan, meskipun beberapa penelitian mengeksplorasi substrat alternatif dengan hasil menarik, seperti analog teh Kombucha dari Echinaceamanis 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 (Zuraida, 2018).

2. Efek Waktu

Durasi fermentasi Kombucha biasanya berkisar antara 7 hingga 60 hari, dengan hasil terbaik diperoleh pada rata-rata 15 hari. Meskipun aktivitas antioksidan cenderung meningkat seiring waktu inkubasi, fermentasi yang berkepanjangan tidak disarankan karena dapat menyebabkan akumulasi asam organik yang merusak dan terlalu banyak CO₂. 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 (Zuraida, 2018).

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 (Zuraida, 2018).

4. pH

pH adalah parameter lingkungan yang penting dalam fermentasi Kombucha. Asam-asam seperti asetat dan glukonat yang terbentuk mempengaruhi aktivitas biologis dan aktivitas antioksidan. Meskipun pH rendah dapat meningkatkan aktivitas antioksidan, nilai pH terendah yang dapat diterima adalah 3, yang sesuai dengan pH saluran pencernaan. Oleh karena itu, fermentasi harus dihentikan ketika keasaman total mencapai nilai optimum, yaitu 4 hingga 5 g/L, untuk mendapatkan minuman asam yang menyenangkan (Zuraida, 2018).

2.4.4 Kandungan kombucha dan manfaatnya

Kombucha adalah minuman fermentasi yang terbuat dari teh, gula, dan bakteri asam laktat (*Lactobacillus*) serta khamir (*Acetobacter*). Proses fermentasi ini menghasilkan berbagai macam kandungan yang bermanfaat bagi kesehatan, di antaranya:

1. Bakteri Probiotik

Kombucha kaya akan bakteri probiotik yang bermanfaat untuk kesehatan usus. Probiotik ini membantu menjaga keseimbangan microbiota usus, sehingga dapat meningkatkan system pencernaan, mengurangi diare, dan bahkan memperkuat system kekebalan tubuh.

2. Asam Organik

Kombucha mengandung berbagai macam asam organik, seperti asam asetat, asam laktat, asam butirat, dan asam sitrat. Asam-asam ini memiliki berbagai macam manfaat, termasuk: membantu meningkatkan penyerapan nutrisi, membantu menurunkan kadar kolesterol, membantu melawan bakteri dan virus, dan membantu mengurangi peradangan.

3. Vitamin

Kombucha mengandung berbagai macam vitamin, termasuk vitamin B, vitamin C, dan vitamin K. Vitamin-vitamin ini penting untuk berbagai macam fungsi tubuh, termasuk: metabolisme tubuh, system kekebalan tubuh, kesehatan kulit, dan kesehatan tulang.

4. Polifenol

Kombucha mengandung berbagai macam polifenol, yang merupakan senyawa antioksidan yang baik untuk kesehatan. Polifenol dalam kombucha dapat membantu melawan radikal bebas yang dapat merusak sel dan jaringan tubuh, sehingga dapat mencegah penuaan dini dan mengurangi resiko penyakit kronis seperti kanker dan jantung (Firdaus et al., 2020).

2.5 Fermentasi

Fermentasi termasuk ke dalam bidang bioteknologi konvensional di bidang pangan. Kata fermentasi berasal dari kata latin "fervere". Ini berarti memasak (direbus). Arti Latin mungkin terkait dengan keadaan cairan yang mendidih. Keadaan ini diakibatkan oleh aktivitas ragi dalam ekstraksi buah-buahan dan biji-bijian. Dalam biokimia, fermentasi berkaitan dengan produksi energi dengan pemecahan senyawa organik. Fermentasi sangat penting dalam bidang mikrobiologi industri dan merupakan proses untuk memperoleh suatu produk dari suatu kultur mikroorganisme (Kursia et al., 2019)

Fermentasi dideskripsikan sebagai perubahan bertahap enzim bakteri, ragi atau khamir tertentu dalam media nutrisi. Fermentasi adalah proses kimia yang mengubah substrat organik di bawah aksi enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Contoh perubahan kimia yang disebabkan oleh fermentasi yaitu pengasaman susu, hidrolisis pati, dan konversi gula menjadi alkohol dan karbon dioksida (CO₂). Proses fermentasi mengubah sifat-sifat substrat. Misalnya, fermentasi sari buah menghasilkan rasa dan aroma alkohol, sedangkan fermentasi beras menghasilkan rasa dan keasaman alkohol yang unik (dalam bentuk pita). Dalam fermentasi susu, ia memiliki rasa asam dan bau. Tujuan dari fermentasi adalah untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme dan meningkatkan aktivitas fermentasi (Yayan Rizikiyan et al., 2022).

Menurut (Kursia et al., 2019) Fermentasi dibagi menjadi 2 yaitu fermentasi aerob & anaerob sebagai berikut:

2.5.1 Fermentasi Aerob

Fermentasi merupakan produksi energi pada sel dalam bentuk respirasi yang terjadi pada saat anaerobik (tanpa adanya O_2). Ketika respirasi aerob terjadi dalam sistem metabolisme energi, respirasi aerob terhambat karena beberapa alasan. Fermentasi ini bisa terjadi pada hewan dan tumbuhan, yaitu proses pelepasan energi tanpa adanya oksigen. Berarti pernapasan yang terjadi bersifat aerob, tetapi dapat bersifat anaerob.

2.5.2 Fermentasi Anaerob

Dalam kondisi normal, respirasi seluler dalam suatu organisme terjadi melalui proses fosforilasi oksidatif yang membutuhkan oksigen bebas. Akibatnya, hasil respirasi ATP sangat tergantung pada oksigenasi yang memadai ke sel. Fosforilasi oksidatif dihentikan tanpa adanya oksigen bermuatan negatif untuk menarik elektron ke rantai transpor elektron. Namun, fermentasi menyediakan mekanisme di mana beberapa sel dapat mengoksidasi makanan tanpa bantuan oksigen untuk menghasilkan ATP. Sebagai contoh, pada tanaman terestrial di mana akar tidak dapat melakukan respirasi aerob karena penggenangan tanah, kadar oksigen merupakan kelanjutan dari glikolisis dengan fosforilasi pada tingkat substrat, kecuali pasokan kecil dipasok ke rongga tanah dan hanya dapat menghasilkan ATP. ada. Secara teknis, NAD^+ difermentasi cukup untuk menerima elektron dari tahap oksidasi glikolisis, tetapi mekanisme fermentasi tidak termasuk oksidator (kondisi anaerob), sehingga mendaur ulang NAD^+ dari $NADH$. Artinya, $NADH$ menyumbangkan elektron ke asam piruvat atau turunan asam piruvat. Menurut (Pamungkas, 2011), Fermentasi adalah proses kimia yang mengubah senyawa organik (karbohidrat, lemak, protein dan zat organik lainnya) di bawah kondisi aerobik dan anaerobik dibawah aksi enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Makanan ataupun produk fermentasi seringkali dapat teruraikan secara hayati dan lebih bergizi daripada bahan awal.

Fermentasi dapat terjadi dalam dua cara: fermentasi spontan dan tidak spontan. Fermentasi tidak spontan adalah fermentasi yang terjadi pada makanan yang sudah diberi starter atau ragi. Mikroorganisme berkembang selama proses fermentasi dan mengubah bahan fermentasi menjadi produk yang diinginkan.

Dalam fermentasi misalnya, hal ini dilakukan dengan menambahkan starter seperti, kapang, khamir, atau ragi (Pamungkas, 2011).

Sedangkan fermentasi spontan atau disebut fermentasi alami adalah fermentasi yang tidak menambahkan mikroorganisme berupa starter atau ragi selama proses produksi. Fermentasi alami mengurangi jumlah protein, lemak, serat kasar, abu, pati, gula pereduksi, pH, densitas curah dan penyerapan lemak dari tepung yang dihasilkan dan meningkatkan sudut volume, keputihan dan penyerapan air. Fermentasi spontan atau disebut juga fermentasi alami (Villarreal-Soto et al., 2018) fermentasi teh kombucha berlangsung secara alami dan spontan tanpa ada penambahan starter dari kultur mikroba murni.

2.6 Kosmetik

Menurut Peraturan BPOM (2019) yang dimaksud dengan kosmetik merupakan setiap bahan atau sediaan yang digunakan pada seluruh bagian luar tubuh manusia (epidermis, rambut, kuku, bibir, dan organ genital bagian luar) atau gigi ataupun membran mukosa disekitar mulut. Tujuan dari penggunaannya yaitu untuk membersihkan, mengubah penampilan, mewangikan, memperbaiki bau badan. Melindungi serta memelihara tubuh pada kondisi yang baik. Kosmetik dapat berbentuk cairan, krim, srbuk emulsi (seperti bedak, berbentuk padat maupun tabur), sistem dispersi dan krim anhidrat atau stik (Ukkasah, Aritya et al., 2019).

Kosmetik merupakan campuran bahan yang telah disiapkan atau siap pakai yang diterapkan pada permukaan luar tubuh, seperti kulit, rambut, kuku, bibir, organ kelamin eksternal, gigi, dan mulut untuk melakukan berbagai fungsi seperti membersihkan, meningkatkan daya tarik, mengubah penampilan, memberikan perlindungan, menjaga kondisi optimal, serta mengatasi masalah bau tubuh. Penting dicatat bahwa kosmetik tidak dirancang untuk penggunaan medis atau untuk mengobati penyakit (Ukkasah, Aritya et al., 2019).

Kata "kosmetik" berasal dari Bahasa Yunani, yaitu "kosmetikos" dan "kosmos," yang merujuk pada susunan, hiasan, serta keterampilan dalam mengatur dan memperindah diri. Sejak awal, kosmetik dianggap sebagai bagian dari ilmu pengobatan atau ilmu kesehatan, sehingga para ahli kosmetik pada masa lalu juga

merupakan ahli kesehatan. Namun, seiring berjalannya waktu, terjadi pemisahan antara kosmetik dan obat, baik dari segi jenis, efek samping, maupun penggunaannya (Ukkasah, Aritya et al., 2019).

Dahulu, bahan yang digunakan dalam usaha mempercantik diri diramu dari bahan-bahan alami yang tersedia di sekitar. Namun, saat ini, kosmetik tidak hanya terbuat dari bahan alami, tetapi juga dari bahan buatan dengan tujuan meningkatkan kecantikan. Upaya ini dilakukan untuk menambah daya tarik dan menyembunyikan kekurangan yang mungkin ada. Setiap individu selalu menginginkan penampilan yang sempurna, dan berbagai cara dilakukan untuk tampil menarik, mulai dari pemilihan pakaian yang bagus hingga penggunaan produk kosmetik (Ukkasah, Aritya et al., 2019). Umumnya, orang menggunakan kosmetik untuk mencegah kelainan kulit dan mempertahankan kondisinya. Selain terkait dengan penampilan, kosmetik juga bermanfaat untuk membantu pengelupasan tanduk, yang merupakan bagian dari lapisan epidermis. Pengelupasan sel-sel kulit mati dari lapisan tanduk dapat dipercepat dengan bantuan kosmetik. Proses ini membantu regenerasi sel-sel kulit baru, yang pada gilirannya membuat kulit terlihat lebih baik (Ukkasah, Aritya et al., 2019).

Setiap individu memiliki kebutuhan yang berbeda-beda terkait dengan kosmetik, namun banyak orang menggunakan berbagai macam produk kosmetik setiap hari. Penggunaan kosmetik telah menjadi kebiasaan sejak zaman dulu dan tetap dipercayai sebagai alat untuk mempercantik diri, baik oleh pria maupun wanita di seluruh dunia. Penggunaan kosmetik ini mencakup produk tradisional hingga produk modern (Ukkasah, Aritya et al., 2019).

Jenis-jenis kosmetik modern terus berkembang. Dimulai dari kosmetik untuk badan, seperti sabun, parfum, dan sebagainya, hingga kosmetik untuk wajah seperti bedak, eye shadow, foundation, sunscreen, eye cream, eye liner serta gel (Ukkasah, Aritya et al., 2019).

2.7 Sediaan Gel



Gambar 3. Sediaan Gel

Beberapa jenis sediaan topikal umumnya seperti gel, lotion, krim, emulgel dan masker. Obat yang paling menarik untuk dipilih karena kemudahan penggunaannya adalah sediaan lokal. Sediaan ini sangat cocok untuk penyakit kulit lokal, karena langsung meresap ke dalam kulit dan terserap dengan baik. Selain itu, sediaan gel ini dipercaya paling efektif dan tidak beracun (Tsabitah et al., 2020). Gel merupakan sediaan setengah padat yang terbuat dari partikel organik kecil atau molekul organik besar yang telah terurai dengan cairan. Penggunaan produk gel sangat dianjurkan karena memiliki efek mendinginkan saat dioleskan ke kulit, selain itu dari segi penampilan, sediaan yang jernih, penampilannya yang elegan, mudah dalam penggunaannya, mudah untuk dicuci, daya lengket sediaan ini tinggi serta tidak menyumbat pori-pori kulit. Kelebihan sediaan gel dalam sediaan farmasi yaitu viskositasnya yang tidak berubah secara signifikan pada suhu penyimpanan, tidak lengket, transparan, lembut, dan tidak menyebabkan kulit menjadi kering. Maka dari itu sediaan ini lebih efektif sebagai sarana pemberian obat topikal dibandingkan dengan sediaan topikal lainnya, karena jika berkontak dengan langsung dengan kulit gel ini akan langsung mencair dan akan membentuk suatu lapisan serta tingkat dari penyerapan gel oleh kulit lebih tinggi dibandingkan dengan sediaan topikal lainnya (Fahlevi et al., 2021).

Gelling agent, humektan, dan alkalizing agent merupakan bahan penting dalam formulasi gel yang secara signifikan meningkatkan konsistensi dan stabilitas gel. Sifat fisik diantaranya organoleptis, viskositas, daya sebar, dan pH. Sedangkan perubahan viskositas dan perubahan pH adalah stabilitas. Komponen kritis yang

memiliki pengaruh pada sifat fisik gel yang dihasilkan adalah bahan pembentukgel atau gelling agent (In Lidia Putama Mursal et al., 2019).

Dalam penelitian ini bahan dari gelling agent yang digunakan adalah Viscolam®MAC. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya viscolam memiliki stabilitas baik dalam penyimpanan suhu ruang maupun climatic chamber dan pH yang mendekati pH kulit manusia. Penggunaan viscolam sebagai basis gel memiliki keuntungan lebih dari sekedar pembawa (Andy Suryadi et al., 2021).

Humektan berperan untuk penstabil kehilangan air dari sediaan gel. Humektan yang digunakan adalah propilenglikol. Propilen glikol merupakan cairan jernih dengan tekstur kenyal dan tidak berwarna serta selain berperan sebagai humektan, selain itu propilen glikol dapat digunakan sebagai, ekstrak, disinfektan, pengawet dan pelarut (Tsabitah et al., 2020). Gliserin digunakan sebagai emolien untuk menjaga kulit tetap lembab (Andaryekti et al., 2015). Sediaan gel terdiri dari beberapa bahan tambahan yang diantaranya:

- a. Emolien (Humektan) berfungsi untuk menjaga kelembaban kulit dan daya sebar yang baik. Contoh bahan: Gliserin.
- b. Humektan, berfungsi untuk meningkatkan kestabilan formula gel dengan mengurangi gelembung udara yang terbentuk pada formulagel. Contoh bahan: Propilen glikol.
- c. Pengawet, digunakan untuk mencegah kontaminasi mikroba pada sediaan. Contoh bahan: DMDM Hydantoin
- d. Gelling agent, berfungsi untuk meningkatkan viskositas dan menstabilkan sediaan gel. Contoh bahan: Carbopol 940, Na CMC, Viscolam®MAC.
- e. Pengemulsi dan Alkalizing agent, berfungsi untuk menstabilkan pH sediaan yang cenderung bersifat asam (pembasa). Contoh bahan: Trietanolamin (TEA).
- f. Pelarut, contoh bahan: Aquadest.

2.8 Evaluasi Sediaan Gel

2.8.1 Uji organoleptik

Pengujian secara visual dengan cara mengamati warna, tekstur, dan aroma dari gel yang dihasilkan (Suryani et al., 2019).

2.8.2 Uji homogenitas

Untuk melihat tidak didapatkannya butiran-butiran yang menggumpal pada formulasi sediaan (Nur Endah & Suhardiana, 2020).

2.8.3 Uji pH

Untuk menjamin sediaan tidak mengiritasi kulit dengan melihat tingkat keasaman dari sediaan gel. Syarat sediaan topikal yang baik bagi kulit menurut SNI 16-3449-1996 yaitu 4,5-8,0 pH ini tidak akan membuat kulit menjadi iritasi (Syam et al., 2021).

2.8.4 Uji daya sebar

Untuk memastikan pemerataan gel pada saat diaplikasikan pada kulit. Syarat pemerataan yang paling baik apabila nilai daya sebar antara 5-7 cm (Wasiaturrahmah & Jannah, 2018).

2.8.5 Uji viskositas

Untuk mengetahui kekentalan sediaan gel menggunakan viskometer brookfield. Syarat viskositas sediaan gel yang baik berdasarkan persyaratan SNI 16-4380-1996 yaitu 3.000-50.000 cPs (Sulastri & Zamzam, 2018).

2.9 Uji Kesetabilan Fisik

2.9.1 Uji stabilitas fisik (Selama 28 hari)

Sediaan Gel di uji stabilitasnya dengan memperhatikan perubahan warna, bentuk, bau, homogenitas, pH, viskositas dan daya sebar (Karliah, 2019)..

2.9.2 Uji aktivitas antioksidan

Sediaan gel diuji aktivitas antioksidannya dengan menggunakan metode peredam radikal bebas atau DPPH (*1,1- diphenyl-2-picrylhydrazil*) (Darwis et al., 2018).