

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.)**

##### **2.1.1 Sejarah belimbing wuluh**

*Averrhoa bilimbi* L. adalah tanaman asli Asia Tenggara, termasuk Malaysia Barat dan Maluku Indonesia. Budidaya tanaman ini dilakukan di berbagai negara seperti Malaysia, Indonesia, Filipina, Thailand, Bangladesh, Myanmar, Singapura, Sri Lanka, China, Vietnam, India, serta menyebar hingga Amerika Serikat, Argentina, Australia, Brazil, Kolombia, Ekuador, Jamaika, Puerto Rico, Tanzania, dan Trinidad dan Tobago. Nama lokal untuk *Averrhoa bilimbi* L. termasuk Belembu atau Belemhuri. Beberapa nama lainnya sesuai dengan negara tempat tumbuhnya, seperti *Bilimbi*, *Cucumber Tree*, *Sorrel Tree*, dan *Pickle Tree* (Inggris); *Kamias*, *Camias*, *Pias* (Filipina); *Taling Pling* (Thailand); *Huangguashu* (China); *Bilimbim*, *Biri-biri*, *Limao de Caiena*, *Azedinha* (Brazil); *Vilimbipuli*, *Irumpanpuli*, *Bilimbi* (India); *Khetay* (Vietnam); *Bilimbingbuluh*, *Belimbingasam* (Malaysia) (Utami, Saragih, & Andini, 2023).

##### **2.1.2 Klasifikasi Belimbing Wuluh**

|              |                                           |
|--------------|-------------------------------------------|
| Kingdom      | : <i>Plantae</i>                          |
| Sub kingdom  | : <i>Tracheobionta</i>                    |
| Super divisi | : <i>Spermatophyta</i>                    |
| Divisi       | : <i>Magnoliophyta</i>                    |
| Kelas        | : <i>Magnoliopsida</i>                    |
| Ordo         | : <i>Geraniales</i>                       |
| Famili       | : <i>Oxalidaceae</i>                      |
| Genus        | : <i>Averrhoa</i>                         |
| Spesies      | : <i>Averrhoa bilimbi</i> L (Saini, 2016) |

### 2.1.3 Morfologi Belimbing Wuluh

Belimbing Wuluh (*Avverhoa bilimbi* L) termasuk dalam family *Oxalidaceae*, memiliki tinggi sekitar 3-10 m dan batangnya cenderung mudah bercabang (Gambar 1), dilengkapi dengan tunas air baik di batang maupun cabang. Daun belimbing wuluh merupakan daun majemuk (*imparipinnate*) dan bergerombol di ujung cabang dengan susunan yang bergantian (*alternate*). Panjang daun berkisar antara 30-60 cm dan anak daun yang tersusun secara hamper berlawanan, memiliki bentuk helaian oblong yang meruncing pada ujungnya. Pangkal daun bulat, berwarna hijau di permukaan atas dan pucat di bagian bawah, sementara daun muda memiliki warna coklat-hijau dengan panjang sekitar 3-10 cm dan lebar 2-2,5 cm.

Bunga belimbing wuluh muncul dalam tandan baik di batang dekat permukaan tanah maupun pada bagian atas cabang. Bunga ini memiliki aroma yang khas, berukuran kecil dengan panjang sekitar 1-1,5 cm, mahkota bunga berwarna ungu yang melekat pada 5 kelopak. Buah belimbing wuluh memiliki bentuk ellipsoid, obovoid atau hampir silindris, dengan sudut yang halus sebanyak 5 dan panjang berkisar antara 4-10 cm.

Ketika belum matang buah berwarna hijau muda, memiliki daging yang renyah. Saat matang buah ini berubah menjadi warna kuning dan dagingnya menjadi lunak. Kulit buah bersifat mengkilap dan tipis, sedangkan daging buah memiliki rasa yang sangat asam. Buah ini memiliki biji sekitar 3-15 biji dengan bentuk pipih, lebar sekitar 0,5 cm dan berwarna coklat (Utami *et al.*, 2023)



**Gambar 1.** *Avverhoa bilimbi* L (Dangat *et al.*, 2014)

#### 2.1.4 Kandungan Kimia Buah Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh adalah buah yang kaya akan vitamin C, yang merupakan antioksidan penting untuk sistem kekebalan tubuh. Vitamin C membantu melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas, yang dapat menyebabkan berbagai penyakit. Belimbing wuluh juga mengandung asam oksalat dan kalium, yang memiliki berbagai manfaat kesehatan. Penelitian telah menunjukkan bahwa belimbing wuluh juga mengandung senyawa metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, saponin, dan steroid. Senyawa-senyawa ini memiliki berbagai potensi manfaat kesehatan, tetapi masih memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan keamanan dan efektivitasnya.

**Tabel 1.** Hasil penelitian secara kualitatif ekstrak etanol 70% buah belimbing wuluh (Kusuma *et al.*, 2023)

| Jenis uji | Hasil pengujian (+/-) |
|-----------|-----------------------|
| Flavonoid | +                     |
| Alkaloid  | +                     |
| Fenol     | -                     |
| Tanin     | -                     |
| Saponin   | +                     |
| Steroid   | -                     |
| Terpenoid | +                     |

Flavonoid adalah senyawa alami yang terdapat dalam berbagai makanan, seperti buah-buahan, sayuran, dan kacang-kacangan. Flavonoid memiliki sifat antioksidan, yaitu dapat menetralkan radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil dan dapat merusak sel. Kerusakan sel ini dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti kanker, penyakit jantung, dan alzheimer. Flavonoid dapat menetralkan radikal bebas dengan menyumbangkan elektron ke radikal bebas tersebut. Proses ini membantu menghentikan kerusakan sel yang mungkin disebabkan oleh radikal bebas (Knekt *et al.*, 2018).

Senyawa organik yang mengandung nitrogen dan bersifat basa dikenal sebagai alkaloid, dan substansi ini seringkali hadir dalam tanaman, khususnya tanaman obat. Alkaloid memiliki kemampuan untuk berfungsi sebagai antioksidan dengan cara menetralkan radikal bebas. Radikal bebas merupakan molekul yang tidak stabil dan berpotensi menimbulkan kerusakan pada sel. Dampak kerusakan sel dapat berperan dalam berbagai kondisi penyakit, termasuk namun tidak terbatas pada kanker, penyakit jantung, dan alzheimer.

### 2.1.5 Manfaat Buah Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh adalah buah yang kaya akan antioksidan, terutama vitamin C. Antioksidan membantu melindungi tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas, yang dapat menyebabkan berbagai penyakit kronis, seperti kanker, penyakit jantung, dan diabetes. Belimbing wuluh juga mengandung senyawa fitokimia, seperti flavonoid dan polifenol, yang memiliki efek antioksidan tambahan (Kusuma *et al.*, 2023). Belimbing wuluh memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan, seperti meredakan batuk, sariawan, sakit perut, gondongan, rematik, batuk rejan, gusi berdarah, sakit gigi berlubang, jerawat, panu, hipertensi, kelumpuhan, dan memperbaiki fungsi pencernaan.

Buah belimbing wuluh, yang dikenal juga sebagai belimbing sayur, memiliki beragam manfaat kesehatan yang penting. Pertama, buah ini kaya akan vitamin C, yang memiliki peran krusial dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh, menghadapi radikal bebas, dan mendukung kesehatan kulit. Kandungan seratnya juga memberikan kontribusi dalam menjaga kesehatan pencernaan, mengurangi risiko sembelit, dan menjaga berat badan yang seimbang. Selain itu, belimbing wuluh mengandung senyawa antioksidan seperti flavonoid, yang dapat membantu melindungi tubuh dari penyakit degeneratif, seperti penyakit jantung dan kanker (Yanti & Suksmayu Saputri, 2019). Belimbing wuluh tidak hanya bermanfaat untuk kesehatan, tetapi juga dapat dinikmati sebagai makanan dan minuman yang menyegarkan. Rasanya yang asam dan segar cocok untuk salad, jus, atau minuman campuran. Belimbing wuluh juga dapat digunakan dalam masakan untuk memberikan sentuhan unik, tanpa mengurangi kandungan nutrisinya. Dengan kombinasi manfaat kesehatan dan kreativitas kuliner, belimbing wuluh adalah pilihan yang baik untuk gaya hidup sehat dan variatif (Islamiyah *et al.*, 2020).

Komposisi buah belimbing wuluh dan kandungan asam organiknya dapat ditemukan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 2.** Komposisi Buah Belimbing Wuluh

| Komposisi           | Jumlah kadar |
|---------------------|--------------|
| Berat dapat dimakan | 100          |
| Air                 | 93           |
| Energi              | 32           |
| Protein             | 0,4          |
| Lemak               | -            |
| Karbohidrat         | 7            |
| Serat               | 0,6          |
| Abu                 | 0,3          |
| Kalsium             | 3,4          |
| Fosfor              | 11,1         |
| Zat besi            | 0,4          |
| Natrium             | 4            |
| Kalium              | 148          |
| Vitamin A           | -            |
| Tiamin (Vitamin B1) | 0,01         |
| Vitamin B2          | 0,02         |
| Asam Askorbat       | 25           |

**Tabel 3.** Buah belimbing wuluh mengandung berbagai asam organik (Kusuma *et al.*, 2023).

| Asam organik | Jumlah<br>(mEq asam/100 g total padatan) |
|--------------|------------------------------------------|
| Asam asetat  | 1,6-1,9                                  |
| Asam sitrat  | 92,6-133,8                               |
| Asam format  | 0,4-0,9                                  |
| Asam laktat  | 0,4-1,2                                  |
| Asam oksalat | 5,5-8,9                                  |

## 2.2 Kombucha

### 2.2.1 Definisi

Kombucha adalah minuman yang hasil fermentasi teh, khususnya teh hitam meskipun terdapat varietas lain seperti teh hijau dan oolong dengan penambahan gula sebagai substrat untuk fermentasi. Meskipun minuman ini umumnya berasal dari teh, ada kemungkinan variasi dapat ditemui yang menggunakan infused water seperti mint, lemon balm, atau melati. Rasanya cenderung sedikit asam dan sedikit berkarbonasi, yang membuatnya lebih disukai oleh konsumen (Leal, Suárez, Jayabalan, Oros, & Escalante-Aburto, 2018). Kultur simbiotik kombucha terdiri dari mikroorganisme yang disebut jamur kombucha. Jamur kombucha juga dikenal sebagai jamur dipo atau jamur banteng (Khaerah & Akbar, 2019). Menurut

(Watawana, Jayawardena, Gunawardhana, & Waisundara, 2015), jamur kombucha disebut SCOBY (*Symbiotic Culture Of Bactery And Yeast*). Kombucha adalah minuman yang dibuat dengan cara memfermentasi teh manis menggunakan mikroorganisme, seperti bakteri *Acetobacter Xylinum* dan khamir. Proses fermentasi ini mengubah kandungan gula dalam teh menjadi asam amino esensial yang bermanfaat bagi tubuh. Selain *Acetobacter Xylinum*, mikroorganisme lain yang berperan dalam fermentasi kombucha adalah *Bacterium* sp, *Gluconobacter Glukonikum*, *Acetobacter Aceti*, *Acetobacter Ketogenum*, *Sacharomyces Cerevisae*, dan *Phicia Fermentan* (Wijaya, Muin, & Permata, 2017).

Kombucha adalah minuman fermentasi yang biasanya dibuat dengan menggunakan teh hitam atau teh hijau. Proses fermentasi ini melibatkan kultur simbiotik bakteri, yang terdiri dari sekelompok bakteri asam asetat, sedikit bakteri asam laktat, dan khamir (Alejandra *et al.*, 2019). Proses fermentasi menghasilkan berbagai produk metabolit, termasuk asam asetat, alkohol, dan karbon dioksida (Filippis, Dario, Vitaglione, & Ercolini, 2018). Kombucha memiliki rasa yang unik, yaitu manis, asam, dan sedikit berkarbonasi. Cita rasa inilah yang membuat kombucha digemari oleh banyak orang. Kombucha juga memiliki struktur yang unik, yaitu berbentuk seperti pancake dengan warna putih pucat dan tekstur kenyal seperti karet. Struktur ini disebut pelikel, yang terbentuk dari selulosa hasil metabolisme bakteri asam asetat. Pelikel kombucha dapat mengapung di permukaan cairan atau tenggelam di dalam cairan. Kombucha juga mengandung berbagai nutrisi, seperti asam organik, vitamin B dan C, asam amino, dan enzim. Selain itu, kombucha juga mengandung mikroorganisme probiotik yang bermanfaat untuk kesehatan (Firdaus *et al.*, 2020).

### 2.2.2 Karakteristik Mikroorganisme Penyusunan Kombucha

Komposisi mikroorganisme dalam kombucha dapat berbeda-beda, tergantung pada berbagai faktor, seperti asal, iklim, lokasi, dan jenis substrat yang digunakan. Bakteri yang paling sering ditemukan dalam kombucha adalah *Acetobacter* dan *Gluconobacter* (Coelho, Almeida, Amaral, Mota, & Sousa, 2020)

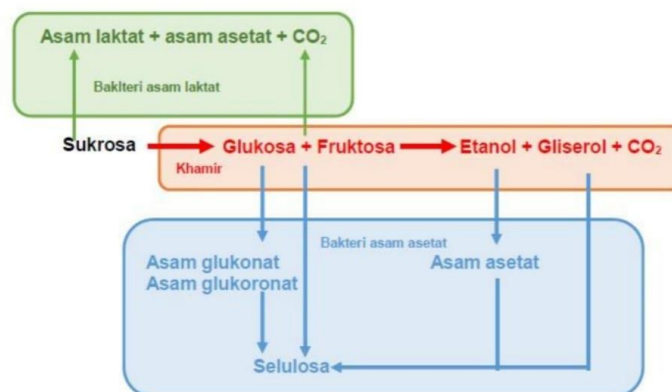
**Tabel 4.** Mikroorganisme dalam kombucha

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

Mikroorganisme yang dominan dalam fermentasi kombucha adalah khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan bakteri *Acetobacter* spp., termasuk *Gluconobacter oxydans*. Khamir mengubah sukrosa dalam larutan teh manis menjadi fruktosa dan glukosa dengan bantuan enzim invertase. Glukosa kemudian dioksidasi oleh bakteri menjadi asam organik, seperti asam asetat, glukonat, dan glukuronat. Fruktosa juga diubah menjadi asam asetat oleh bakteri (Laavanya, Shirkole, & Balasubramanian, 2021).

Selama fermentasi kombucha, gula pasir atau sukrosa dipecah menjadi glukosa dan fruktosa oleh khamir. Proses ini dilakukan dengan bantuan enzim invertase. Glukosa dan fruktosa yang telah dipecah lebih mudah digunakan oleh mikroorganisme selama fermentasi. Selama fermentasi, khamir mengubah glukosa dan fruktosa menjadi etanol, karbon dioksida, dan gliserol (Gagg *et al.*, 2018).

Penting untuk dicatat bahwa dalam beberapa kasus, Kadar etanol yang tinggi dalam kombucha dapat membahayakan mikroba di dalamnya. Oleh karena itu, bakteri asam asetat akan mengubah etanol menjadi asam asetat, yang lebih aman bagi mikroba (Saichana, Matsushita, Adachi, Frébort, & Frébortová, 2014). Bakteri asam asetat ini akan membentuk biofilm selulosa pada permukaan kombucha dalam kondisi statis (May *et al.*, 2019).



**Gambar 2.** Proses Perubahan Kimia yang terjadi dalam Kombucha (Laureys *et al.*, 2020)

### 2.2.3 Faktor-faktor Pengaruh Fermentasi Kombucha

Fermentasi dapat terpengaruh oleh berbagai faktor seperti suhu, pH, kadar oksigen, kandungan  $\text{CO}_2$  yang terlarut, serta karakteristik dan komposisi dari medium. Setiap variasi pada faktor-faktor tersebut mungkin memengaruhi kecepatan fermentasi, pola, performa, karakteristik organoleptik, kualitas nutrisi, dan sifat fisikokimia produk. Perbedaan dalam jenis tanaman, Jumlah gula, durasi fermentasi, dan komposisi SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*) dapat memberikan penjelasan atas variasi dalam komposisi dan aktivitas biologis.

#### 1. Substrat

Kombucha biasanya dibuat dengan fermentasi teh hijau atau teh hitam yang manis. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, orang mulai menggunakan substrat lain, seperti jus anggur. Jus anggur dapat meningkatkan nilai nutrisi kombucha dan mengurangi produksi asam organik yang dapat memberikan rasa cuka pada minuman (Ayed, Ben Abid, & Hamdi, 2017). Penting untuk diingat bahwa substrat yang digunakan untuk membuat kombucha dapat mempengaruhi potensi terapeutiknya.

#### 2. Waktu

Proses fermentasi kombucha dapat berlangsung selama 7 hingga 60 hari. Selama proses fermentasi, aktivitas biologis dan antioksidan kombucha meningkat. Namun, hasil terbaik biasanya diperoleh setelah fermentasi selama 15 hari.

Fermentasi yang lebih lama dapat menyebabkan akumulasi asam organik yang tinggi. Asam organik yang tinggi dapat berbahaya bagi kesehatan, sehingga FDA merekomendasikan agar fermentasi kombucha tidak lebih dari 15 hari untuk konsumsi manusia.

### 3. Temperatur

Suhu yang tepat selama fermentasi kombucha penting untuk pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim, sehingga menghasilkan minuman dengan kualitas yang kurang baik. Suhu fermentasi kombucha yang ideal adalah 22-30°C. Pada suhu ini, mikroba akan tumbuh dengan baik dan menghasilkan asam, metabolit, dan vitamin dalam Jumlah yang optimal.

### 4. pH

Suhu yang tepat selama fermentasi kombucha penting untuk pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim, sehingga menghasilkan minuman dengan kualitas yang kurang baik. Suhu fermentasi kombucha yang ideal adalah 22-30°C. Pada suhu ini, mikroba akan tumbuh dengan baik dan menghasilkan asam, metabolit, dan vitamin dalam Jumlah yang optimal.

## 2.2.4 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

Teh kombucha mengandung antioksidan yang dapat membantu melindungi tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil yang dapat merusak sel dan jaringan tubuh, sehingga dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk penuaan dini dan penyakit kronis (Firdaus *et al.*, 2020).

Teh kombucha adalah minuman yang populer di seluruh dunia karena dipercaya memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Minuman ini mengandung probiotik dan antioksidan yang dapat membantu meningkatkan fungsi pencernaan, kekebalan tubuh, dan metabolisme. Selain itu, teh kombucha juga aman dikonsumsi karena telah lulus uji keamanan oleh FDA (Lestari & Sa'diyah, 2020).

Komposisi serta konsentrasi metabolit sekunder dalam kombucha dapat bervariasi tergantung pada inokulum yang digunakan, konsentrasi gula dan teh, durasi fermentasi, serta suhu fermentasi. Modifikasi apapun dalam kondisi fermentasi memiliki potensi untuk memengaruhi hasil akhir. Komponen utama pada kombucha dapat ditemukan dalam Tabel 5.

**Tabel 5.** Komponen utama kombucha (Villarreal-Soto *et al.*, 2018)

|                | Senyawa       | Kandungan  | Sukrosa Awal (g/L) | Waktu Fermentasi (Hari) |
|----------------|---------------|------------|--------------------|-------------------------|
| Asam organi    | Asam asetat   | 5,6 g/L    | 70                 | 15                      |
|                | Asam asetat   | 8,36 g/L   | 100                | 18                      |
|                | Asam asetat   | 11 g/L     | 100                | 30                      |
|                | Asam glukonat | 39 g/L     | 100                | 60                      |
|                | Asam glukonat | 0,0160 g/L | 70                 | 21                      |
|                | Asam laktat   | 0,18 g/L   | 100                | 18                      |
| Vitamin        | Vitamin B1    | 0,74 mg/mL | 70                 | 15                      |
|                | Vitamin B2    | 8 mg/mL    | 70                 | 10                      |
|                | Vitamin B6    | 0,52 mg/mL | 70                 | 15                      |
|                | Vitamin B12   | 0,84 mg/mL | 70                 | 15                      |
|                | Vitamin C     | 25 mg/mL   | 70                 | 10                      |
| Komposisi umum | Etanol        | 5,5 g/L    | 100                | 20                      |
|                | Protein       | 3 mg/mL    | 100                | 12                      |
|                | Polifenol     | 7,8 Mm     | 100                | 15                      |
|                | GAE           |            |                    |                         |

Minuman teh kombucha merupakan hasil fermentasi yang melibatkan pembentukan alkohol dalam Jumlah tertentu karena, selama proses fermentasi tersebut, khamir *S. cerevisiae* menghasilkan alkohol secara anaerobik. Gula yang terdapat dalam media fermentasi diolah oleh *S. cerevisiae* sebagai nutrisi, kemudian diubah menjadi alkohol.

**Tabel 6.** Hasil pengujian kadar alkohol pada teh kombucha

| Kadar Alkohol | Referensi                                     |
|---------------|-----------------------------------------------|
| 1,61-5,12%    | (Kimia, Kombucha, Pistia, & Fermentasi, 2016) |
| 0,2-3,5%      | (Kochman, Janda, Jakubczyk, & Kaldu, 2020)    |
| 0,06-1,95%    | (Tan, Muhiaddin, Shobirin, & Hussin, 2020)    |
| 0,7-1,3%      | (Kapp & Sumner, 2019)                         |

Pendapat mengenai kehalalan alkohol bervariasi, di mana beberapa orang berpendapat bahwa keberadaan alkohol dalam suatu produk, apa pun kadarnya, tetap dianggap haram. Terdapat pula pandangan yang memperhatikan syarat kadar alkohol dalam produk, seperti yang diatur oleh Jabatan Kemajuan Islam Malaysia (JAKIM) yang menetapkan batas maksimal alkohol 0,5% dan *Association Researches for the Inspection and Certification of Food and Supplies* (GIMDES) di Turki yang Pendapat mengenai kehalalan alkohol bervariasi, di mana beberapa orang berpendapat bahwa keberadaan alkohol dalam suatu produk, apa pun

kadarnya, tetap dianggap haram. Terdapat juga pandangan yang memperhatikan syarat kadar alkohol dalam produk, seperti yang diatur oleh Jabatan Kemajuan Islam Malaysia (JAKIM) yang menetapkan batas maksimal alkohol 0,5% dan *Association Researches for the Inspection and Certification of Food and Supplies* (GIMDES) di Turki yang mengharuskan batas maksimal alkohol 0,3% agar produk dianggap halal. Menurut fatwa Majelis Ulama Indonesia (MUI) Nomor 10 Tahun 2018, minuman yang dihasilkan dari proses fermentasi dan mengandung alkohol/etanol kurang dari 0,5% dihukumi halal jika tidak membahayakan secara medis. Namun, literatur penelitian menunjukkan bahwa kadar alkohol dalam beberapa produk dapat melebihi 0,5%, sehingga tidak memenuhi syarat sebagai produk minuman yang halal (Majidah, Gadizza, & Gunawan, 2022).

## **2.3 Antioksidan**

### **2.3.1 Definisi**

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat oksidasi. Oksidasi adalah proses alami yang terjadi di dalam tubuh, tetapi jika berlebihan dapat menyebabkan kerusakan sel. Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil yang dapat menyebabkan oksidasi. Antioksidan dapat menetralkan radikal bebas, sehingga mencegah kerusakan sel (Kusuma *et al.*, 2023).

### **2.3.2 Manfaat Antioksidan**

Antioksidan adalah senyawa yang dapat menetralkan radikal bebas. Radikal bebas adalah molekul yang tidak stabil dan dapat merusak sel-sel tubuh. Kerusakan sel-sel tubuh dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit degeneratif dan penurunan fungsi sistem kekebalan tubuh. Berikut adalah beberapa manfaat antioksidan terhadap sistem kekebalan tubuh:

1. **Perlindungan sel-sel imun:** Antioksidan membantu melindungi sel-sel imun, seperti limfosit dan makrofag, dari kerusakan yang dapat disebabkan oleh radikal bebas. Ini dapat mempertahankan integritas dan efisiensi sel-sel yang diperlukan untuk respon kekebalan tubuh.

2. Stimulasi produksi sel-sel kekebalan: Beberapa antioksidan, seperti vitamin C dan vitamin E, telah dikaitkan dengan stimulasi produksi sel-sel kekebalan, seperti sel darah putih (leukosit) dan antibodi.
3. Reduksi peradangan: Antioksidan dapat membantu mengurangi peradangan dalam tubuh. Peradangan yang berlebihan dapat menghambat fungsi sistem kekebalan, sehingga mengurangi peradangan dapat mendukung respons kekebalan tubuh yang optimal.
4. Pemeliharaan keseimbangan oksidan-antioksidan: Keseimbangan yang baik antara radikal bebas dan antioksidan dalam tubuh penting untuk menjaga fungsi sistem kekebalan. Antioksidan membantu menjaga keseimbangan ini dengan menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel-sel tubuh.
5. Perbaikan sel-sel yang rusak: Antioksidan dapat membantu dalam proses perbaikan sel-sel yang mengalami kerusakan akibat stres oksidatif. Ini penting untuk menjaga integritas struktural dan fungsional sel-sel kekebalan (Smith, J., & Johnson, A. B. 2019)

### 2.3.3 Pengujian Antioksidan

Aktivitas antioksidan suatu senyawa yang dapat diuji secara *in vitro* menggunakan metode DPPH. Metode ini mengukur kemampuan senyawa untuk menangkap radikal bebas. DPPH adalah senyawa radikal stabil yang berwarna violet gelap. Ketika ditangkap oleh radikal bebas, DPPH akan menjadi tidak stabil dan kehilangan warnanya (Lung & Destiani, 2017). Keunggulan metode peredaman radikal bebas adalah dapat menganalisis data sampel dengan tingkat kepekaan yang cepat dan mudah (Wulansari, 2018).

**Tabel 7.** Kategori Kekuatan Aktivitas Antioksidan (Nasution *et al.*, 2015)

| Kategori    | Nilai IC <sub>50</sub> (ppm) |
|-------------|------------------------------|
| Sangat kuat | <50                          |
| Kuat        | 50-100                       |
| Sedang      | 101-150                      |
| Lemah       | 151-200                      |

## 2.4 *Ready to Drink*

### 2.4.1 Definisi

Minuman Siap Minum (*Ready to Drink*) merujuk pada teh yang sudah siap dikonsumsi, biasanya berwarna hitam atau hijau, dan dapat dinikmati dalam keadaan panas maupun dingin. Dengan perhatian pasar yang semakin meningkat terhadap kesehatan dan kebugaran, diharapkan bahwa pasar minuman non-alkohol akan menjadi basis untuk pertumbuhan dan perkembangan di masa mendatang. Produk RTD yang beragam di pasaran mencakup aspek pengolahan dan manufaktur, manfaat kesehatan, bioavailabilitas, serta strategi untuk meningkatkan produksi dan daya tarik konsumen RTD. RTD, yang secara harfiah berarti siap untuk diminum, mencakup jenis minuman yang dijual dalam kemasan khusus seperti botol atau gelas cup, memungkinkan konsumen untuk menikmatinya tanpa perlu diolah terlebih dahulu (Dubey, Janve, Ray, & Singhal, 2020).

### 2.4.2 Manfaat *Ready to Drink*

Minuman siap minum telah menjadi pilihan populer bagi banyak konsumen karena kenyamanan dan aksesibilitasnya. Keberagaman jenis minuman siap minum meliputi teh, kopi, jus, dan minuman fungsional lainnya. Manfaat utama dari minuman siap minum adalah ketersediaan yang instan, memungkinkan konsumen menikmati rasa dan kualitas yang konsisten tanpa memerlukan persiapan tambahan. Selain itu, minuman siap minum juga dapat memenuhi kebutuhan gizi dengan varian yang diperkaya dengan vitamin, mineral, atau bahan-bahan fungsional lainnya (Rohman, Lukitasari, & Nugroho, 2019).

Minuman *ready to drink* (RTD) adalah minuman yang siap minum dan tidak perlu dimasak atau diolah terlebih dahulu. Minuman ini biasanya terbuat dari buah-buahan, sayuran, atau bahan-bahan lainnya. Manfaat lainnya minuman *ready to drink* sistem bagi kekebalan tubuh dapat terkait dengan keberadaan nutrisi spesifik dalam komposisinya. Beberapa minuman siap minum yang mengandung bahan-bahan tertentu dapat memberikan dukungan terhadap sistem kekebalan tubuh, namun efeknya dapat bervariasi tergantung pada jenis minuman dan kandungannya. Berikut beberapa manfaat potensialnya:

1. Antioksidan

Minuman siap minum yang memuat antioksidan dapat membantu melawan radikal bebas yang dapat merusak sel-sel tubuh. Senyawa antioksidan seperti vitamin C, vitamin E, dan polifenol dapat ditemukan dalam minuman buah-buahan, teh hijau, atau minuman herbal.

2. Vitamin dan Mineral

Minuman siap minum yang diperkaya dengan vitamin dan mineral dapat mendukung fungsi sistem kekebalan tubuh. Contohnya, vitamin C, vitamin D, zinc, dan selenium memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan dan respons kekebalan tubuh.

3. Probiotik

Beberapa minuman siap minum dapat mengandung probiotik, bakteri baik yang bermanfaat untuk menjaga keseimbangan flora usus. Keseimbangan flora usus dapat berperan dalam mendukung sistem kekebalan tubuh.

4. Ekstrak Herbal

Minuman siap minum herbal yang mengandung ekstrak tumbuhan tertentu dapat memiliki sifat antiinflamasi dan immunomodulator, yang dapat membantu memperkuat sistem kekebalan tubuh.