

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Atsiri Pala

2.1.1 Definisi Tanaman Pala

Pala (*Myristica fragrans*) merupakan salah satu tanaman rempah tropis yang termasuk ke dalam famili *Myristicaceae* (Francis *et al.*, 2019). Tanaman pala tumbuh berupa pohon dengan tinggi sekitar 5–13 meter, memiliki daun berwarna hijau tua dengan permukaan mengkilap, bunga berbentuk lonceng berwarna kuning pucat, serta buah berbentuk *drupe* dengan warna kuning kecokelatan dan ukuran sekitar 6–9 cm. Tanaman ini telah lama dikenal sebagai penghasil rempah yang bernilai tinggi, baik dalam bentuk biji pala maupun fuli yang biasanya digunakan sebagai bahan penyedap makanan, minuman, maupun obat tradisional (Ashokkumar, *et al.*, 2022). Tanaman pala terdiri dari daging buah (77,8%), fuli (4%), tempurung (5,1%), dan biji (13,1%). Morfologi buah pala dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Buah Pala (Sumber : Alodokter, 2025)

Pala merupakan tanaman rempah yang dapat menghasilkan minyak atsiri. Biji pala menghasilkan minyak atsiri sebesar 7-14% dan fuli menghasilkan 7-18% minyak atsiri (Ginting, *et al.*, 2018). Biji pala memiliki aril merah di bagian luar yang disebut fuli dan inti berwarna coklat di bagian dalam yang disebut pala, keduanya dimanfaatkan sebagai rempah dan obat tradisional (Abourashed & El-Alfy, 2016).

2.1.2 Kandungan Kimia Buah Pala

Buah pala (*Myristica fragrans*) mengandung senyawa kimia bioaktif yang memiliki karakteristik aroma, rasa, dan aktivitas antibakteri. Komponen senyawa yang ada di dalam biji, fuli, dan daging buah pala yaitu seperti trimiristin, *miristisin*, safrol, dan elemisin (Ashokkumar *et al.*, 2022). Senyawa trimiristin merupakan

komponen senyawa pada biji pala yang termasuk kedalam golongan lipid, sedangkan *miristisin*, safrol, dan elemisin merupakan golongan *fenilpropanoid* yang memberikan karakteristik aroma khas pala serta aktivitas antibakteri.

Selain senyawa *fenolik* dan *fenilpropanoid* buah pala juga mengandung berbagai komponen volatil yang membentuk karakteristik aroma rempah. Kandungan kimia tersebut dipengaruhi oleh faktor varietas, lokasi tumbuh, bagian tanaman, serta metode ekstraksi yang digunakan. Perbedaan bagian tanaman juga menyebabkan variasi kandungan minyak atsiri, di mana biji pala menghasilkan minyak atsiri lebih tinggi dibandingkan daun. Kandungan minyak atsiri biji pala dilaporkan mencapai 7–16%, sedangkan daun menghasilkan minyak atsiri yang lebih rendah yaitu sekitar 1,7% (Rahardiyana *et al.*, 2020).

2.1.3 Kandungan Minyak Atsiri Buah Pala

Minyak atsiri pala merupakan senyawa volatil yang diperoleh dari proses distilasi buah pala. Senyawa minyak atsiri pala terbagi menjadi tiga golongan utama, yaitu hidrokarbon *monoterpena* sebesar 60–80%, *monoterpena* teroksigenasi sebesar 5–15%, dan senyawa *fenilpropanoid* sebesar 15–20% (Jaiswal *et al.*, 2009). Senyawa utama dalam minyak atsiri pala meliputi *4-terpineol*, dan *miristisin*. Berdasarkan analisis GC-MS, *4-terpineol* memiliki konsentrasi sebesar 13,92% dan *miristisin* sebesar 13,57% (Vazquez-Fresno *et al.*, 2019). Selain ketiga komponen tersebut, minyak atsiri pala juga mengandung berbagai senyawa *monoterpene* lain seperti *α -pinena*, *β -pinena*, *myrcene*, *limonena*, *α -Phellandrene*, dan *terpinolen* (Ibrahim *et al.*, 2020).

Senyawa kimia minyak atsiri pala dapat mengalami perubahan tergantung pada metode dan lama proses distilasi. Senyawa volatil dengan titik didih lebih rendah seperti *α -pinena* dan *β -pinena* cenderung lebih banyak ditemukan pada fraksi awal distilasi, sedangkan senyawa dengan titik didih lebih tinggi seperti *miristisin* dan *Terpinolena* mengalami peningkatan konsentrasi pada fraksi akhir distilasi (Ibrahim *et al.*, 2020).

Perbedaan komposisi tersebut dapat memengaruhi karakteristik fisikokimia minyak atsiri pala, meliputi berat jenis, indeks bias, serta kelarutan dalam etanol. Tingginya kandungan hidrokarbon *monoterpena* dengan berat molekul rendah menyebabkan minyak atsiri pala memiliki sifat mudah menguap (*highly volatile*), sedangkan dengan adanya senyawa teroksigenasi seperti *terpineol* dan *miristisin* menyebabkan peningkatan densitas serta perubahan karakteristik fisik minyak atsiri (Rahardiyan *et al.*, 2020).

2.1.4 Manfaat dan Kegunaan Minyak Atsiri Pala

Minyak atsiri pala mengandung senyawa aktif yang memiliki manfaat dalam bidang pangan dan non-pangan. Senyawa seperti *miristisin*, *4-terpineol*, *eugenol*, *limonena*, *pinena*, dan *linalool* memiliki berbagai aktivitas biologis, seperti aktivitas antioksidan, antibakteri, antijamur, antiinflamasi, (Warsito, 2021; Ashokkumar *et al.*, 2022). Aktivitas antibakteri minyak atsiri pala pada senyawa – senyawa tersebut dapat merusak permeabilitas membran sel mikroba, sehingga mengganggu fungsi sel dan menghambat pertumbuhan bakteri. *Miristisin* yang bersifat lipofilik mampu berinteraksi dengan lapisan fosfolipid membran sehingga meningkatkan fluiditas dan permeabilitas membran, yang mengakibatkan kebocoranan ion, ATP, protein, serta komponen intraseluler lainnya (Ashokkumar *et al.*, 2022). *Terpinen-4-ol* bekerja dengan merusak integritas membran dan menghambat sintesis dinding sel sehingga menyebabkan perubahan morfologi, kebocoranan isi sel, dan akhirnya terjadi lisis pada sel bakteri (Lin *et al.*, 2026).

Eugenol meningkatkan permeabilitas membran melalui interaksi gugus hidroksil dengan protein membran sehingga menyebabkan keluarnya ion kalium, ATP, dan protein sel, serta menghambat aktivitas enzim respirasi yang berperan dalam produksi energi bakteri (Marchese *et al.*, 2017). Sementara itu, *limonena* mengganggu membran luar dan membran dalam bakteri serta menghambat sistem respirasi sel sehingga metabolisme energi terganggu (Gupta *et al.*, 2021). Senyawa α -*pinena* dan β -*pinena* bekerja dengan menghambat aktivitas enzim yang berperan dalam mempertahankan integritas membran, sehingga menyebabkan perubahan morfologi sel dan kebocoranan sitoplasma (Kolo *et al.*, 2024). *Linalool* juga memiliki mekanisme

serupa, yaitu berpenetrasi ke dalam lapisan fosfolipid membran, meningkatkan permeabilitas membran, serta menyebabkan kerusakan bertahap pada dinding dan membran sitoplasma hingga sel mengalami lisis (Gao *et al.*, 2019; Blejan, 2021), secara keseluruhan mekanisme tersebut menyebabkan terganggunya homeostasis sel, terhambatnya metabolisme, dan akhirnya menghambat pertumbuhan maupun menyebabkan kematian bakteri. Hal tersebut menjadikan minyak atsiri pala memiliki peluang sebagai bahan antibakteri, termasuk terhadap mikroorganisme penyebab gangguan kesehatan rongga mulut (Ashokkumar *et al.*, 2022; Imran *et al.*, 2024). Selain aktivitas antibakteri, kandungan *miristisin*, *eugenol*, dan *4-terpineol* diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas serta memberikan perlindungan terhadap stres oksidatif (Warsito, 2021).

Minyak atsiri pala dalam bidang pangan banyak dimanfaatkan sebagai pemberi aroma alami (*flavor*) serta bahan tambahan yang berpotensi meningkatkan keamanan pangan melalui aktivitas antibakterinya. Salah satu aplikasinya yaitu pada produk *hard candy* sebagai sumber aroma khas pala sekaligus memberikan nilai fungsional terhadap produk (Maryati *et al.*, 2023). Penggunaan minyak atsiri pala perlu memperhatikan konsentrasi yang digunakan karena beberapa komponen seperti *miristisin* dan safrol pada dosis tinggi dapat menimbulkan efek toksik (Rahardiyani *et al.*, 2020).

2.2 Hard Candy

2.2.1 Deskripsi *hard candy*

Hard candy merupakan salah satu permen non-kristalin yang mempunyai tekstur keras dan tampak bening serta mengkilap. Bahan utama pembuatan *hard candy* adalah sukrosa, glukosa, dan air. Sedangkan bahan tambahannya adalah *flavor*. Menurut SNI 3547-1-2008 *hard candy* merupakan jenis makanan selingan berbentuk padat yang dibuat dari gula dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan Bahan Tambahan Pangan (BTP) yang diizinkan, bertekstur keras, tidak menjadi lunak jika dikunyah. Permen banyak digemari karena menyukai tekstur keras dan tampak bening serta mengkilap atau *glossy* (Ozel *et al.*, 2024).

Hard candy mengandung total solid sebanyak 97% yang memberikan tekstur baik dan memberikan umur simpan yang optimal. Namun, jika semua bahan terdiri dari sukrosa maka akan menjadi lewat jenuh sehingga karbohidrat tidak stabil. Masalah ini dapat di atasi dengan menggunakan campuran bahan sukrosa dan sirup glukosa. Sirup glukosa dapat meningkatkan viskositas permen, sehingga permen tetap tidak lengket dan mengurangi migrasi molekul karbohidrat. Permen jernih dapat dihasilkan dari kandungan air yang rendah dan penambahan sirup glukosa akan mempertahankan viskositas tinggi (Hutajulu, 2020).

Pembakaran sukrosa atau gula pasir di dalam tubuh hanya mempunyai efisiensi 98%, karena kalori yang dihasilkan oleh tubuh dari 1 gram sukrosa adalah 3,78 kkal (Sigit, 2016). Permen digunakan sebagai salah satu sumber kalori sehingga sering dimakan ketika beraktivitas seperti bekerja, belajar, berolahraga. Aktivitas mengunyah permen dapat merangsang produksi saliva secara signifikan sehingga meningkatkan lama kontak zat aktif dengan permukaan gigi dan jaringan di dalam rongga mulut (Yeung *et al.*, 2023). *Hard candy* dapat larut perlahan – lahan di dalam rongga mulut dalam waktu 30 menit atau kurang (Aprilia, 2020). Durasi tersebut membuat zat aktif yang berada pada permen lebih lama di dalam rongga mulut dibandingkan produk lain, seperti obat kumur yang hanya berkontak dengan jaringan mulut selama beberapa detik saat berkumur – kumur (Aspinall *et al.*, 2021). Adapun syarat mutu kembang gula keras (*hard candy*) menurut SNI No. 01-3547 tahun 2008 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Syarat mutu *hard candy* menurut SNI No. 01-3547 tahun 2008

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	keadaan	-	Normal
1.1	Bau	-	Normal (sesuai label)
1.2	Rasa	%fraksi massa	Maks. 3,5
2	Kadar air	%fraksi massa	Maks. 2,0
3	Kadar abu	%fraksi massa	Maks 24
4	Gula reduksi (dihitung sebagai gula inversi)	%fraksi massa	Min. 35
5	Sakarosa	%fraksi massa	Maks. 2,0
6	Cemaran logam	Mg/kg	
6.1	Timbal (Pb)	Mg/kg	Maks. 2,0
6.2	Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maks.40
6.3	Timah (Sn)	Mg/kg	Maks. 0,03
6.4	Raksa (Hg)	Mg/kg	Maks. 1,0

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
7	Cemaran arsen (As)	Mg/kg	
8	Cemaran mikroba	Mg/kg	
8.1	Angka lempeng total	Koloni/g	Maks. 5×10^2
8.2	Bakteri <i>coliform</i>	APM/g	Maks. 20
8.3	<i>E.coli</i>	APM/g	<3
8.4	<i>Staphylococcus aureus</i>	Koloni/g	Maks. 1×10^2
8.5	<i>Salmonella</i>		Negatif/25 g
8.6	Kapang/khamir	Koloni/g	Maks. 1×10^2

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2008).

2.2.2 Bahan pembuatan *hard candy*

a. Sukrosa

Sukrosa merupakan polimer molekul glukosa dan fruktosa. Sukrosa berfungsi sebagai bahan utama pembuatan *hard candy* dan membuat permen menjadi keras. Penggunaan sukrosa dalam pembuatan *hard candy* adalah 50-70% dari berat total (Rakhmayanti, & Hastuti, 2019). Gula sukrosa adalah non-reduksi. Tingkat kemanisan gula sederhana yang memiliki tingkat kemanisan yang berbeda. Kelompok oligosakarida atau polisakarida merupakan susunan karbohidrat yang mengandung gula sederhana seperti monosakarida dan disakarida yang memberikan rasa manis. Jenis gula sederhana yang paling sering digunakan sebagai bahan tambahan pangan sebagai pemanis adalah sukrosa. Tingkat kemanisan pada sukrosa lebih tinggi dibandingkan gula sederhana lainnya seperti laktosa, glukosa, galaktosa, maltosa dan gula invert (Kusno, 2019).

Sifat higroskopis pada gula sederhana merupakan sifat yang dapat mengikat air karena adanya gugus polihidroksil yang membantu ikatan hidrogen. Pada gula sederhana memiliki sifat higroskopis yang berbeda, karena dipengaruhi oleh kelembaban relatif (RH) dan suhu lingkungan. Pada sukrosa memiliki sifat higroskopis yang lebih kuat dibandingkan gula lainnya, sehingga dalam mengikat air lebih kuat. Semakin tinggi kadar sukrosa pada suatu bahan, maka kadar air akan semakin rendah (Ridhani, & Aini, 2021).

b. Glukosa

Glukosa adalah gula pereduksi yaitu gula monosakarida yang berasal dari karbohidrat yang berfungsi sebagai pemberi rasa manis pada permen dan dapat menjadi sumber energi. Sirup glukosa yang digunakan dapat meningkatkan viskositas

dari permen sehingga permen tetap tidak lengket dan mengurangi migrasi molekul karbohidrat (Rakhmayanti, & Hastuti, 2019). Menurut SNI 01-2978-1992, sirup glukosa adalah cairan jernih dan kental dengan komponen utama glukosa yang diperoleh dari hidrolisis pati dengan cara kimia atau enzimatik. Sirup glukosa merupakan substansi kompleks yang terdiri dari dekstrin, maltosa, dekstrosa dan berbagai polisakarida yang mempunyai sifat viskos dan tidak berwarna. Sirup glukosa mengandung *D-glukosa*, maltosa, dan polimer *D-glukosa* yang dibuat melalui proses hidrolisis pati. Selain itu, glukosa adalah *D-glukosa* yang disebut dengan dekstrosa (Dewi, & Gz, 2014).

Sirup glukosa merupakan larutan kental yang termasuk golongan monosakarida yang diperoleh dengan cara hidrolisis menggunakan katalis asam atau enzim lalu dimurnikan dan dikentalkan. Sirup glukosa memiliki derajat kemanisan yang lebih rendah dibandingkan dengan sukrosa. Sirup glukosa termasuk golongan monosakarida yang terdiri dari monomer yaitu glukosa (Fratiwi, 2017). Sirup glukosa memiliki tingkat kemanisan lebih rendah dari sukrosa (gula pasir), tetapi sirup glukosa stabil pada suhu tinggi, resisten terhadap kristalisasi dan tidak mudah mengalami kecoklatan saat pemanasan (Hutajulu, 2020).

2.3 Pembuatan *Hard Candy*

Pembuatan *hard candy* dimulai dengan melarutkan 120 g sukrosa (gula pasir) ke dalam 20 mL air, kemudian dipanaskan hingga suhu 100°C. Penambahan air bertujuan untuk mempermudah pelarutan sukrosa (gula pasir), sehingga diperoleh larutan gula yang homogen. Setelah seluruh sukrosa larut, pemanasan dilanjutkan hingga suhu 110°C dan ditambahkan 60 g sirup glukosa. Penambahan sirup glukosa bertujuan untuk mencegah terjadinya kristalisasi gula. Proses pemanasan kemudian dilanjutkan hingga mencapai suhu 140°C (Maryati, 2023). Setelah suhu 140°C tercapai, pemanasan dihentikan dan adonan didinginkan hingga suhu 135°C. Setelah suhu 135°C tercapai, penambahan minyak atsiri pala dilakukan sesuai perlakuan (0%; 0,5%; 1%; 1,5%; 2%; dan 2,5%). Penurunan suhu sebelum penambahan minyak atsiri bertujuan untuk meminimalkan kehilangan senyawa volatil sehingga aroma, cita rasa, dan aktivitas antibakteri minyak atsiri tetap dapat dipertahankan. Selanjutnya adonan

diaduk hingga homogen dan adonan segera dituangkan ke dalam cetakan kemudian didinginkan. Pemadatan yang cepat saat proses pendinginan membantu menghasilkan massa permen yang kaku sehingga mencegah pembuatan kristal gula dalam permen (Engka, 2016).

2.4 Bakteri *Streptococcus mutans*

Streptococcus mutans merupakan bakteri gram positif yang bersifat non-motil, dan anaerob fakultatif yang dapat memetabolisme karbohidrat. *Streptococcus mutans* adalah bakteri gram positif berbentuk kokus, seperti rantai diameter 0,5- 0,7 mikron, non-motil, anaerob dan tidak berspora. Bakteri ini bersifat kariogenik dan dapat bertahan pada media dengan tingkat keasaman yang kuat (Niken, & Telaumbanua, 2024).

Bakteri *Streptococcus mutans* adalah penyebab utama karies gigi (Hasanuddin & Salnus, 2020). Bakteri ini memiliki kemampuan untuk mengolah karbohidrat, menempel pada permukaan gigi, dan membentuk biofilm (Marsyadewi, 2024). Biofilm atau plak ini memberikan tempat yang ideal bagi kolonisasi dan perkembangan berbagai bakteri, terutama *Streptococcus mutans* lapisan biofilm tipis yang terdiri dari sel-sel bakteri, saliva, dan sisa makanan yang menempel pada gigi (Pratiwi, 2022). *Streptococcus mutans* dapat mengfermentasi karbohidrat menjadi asam yang menurunkan pH rongga mulut. Penurunan pH ini menyebabkan demineralisasi pada permukaan gigi yang merupakan langkah awal terjadinya karies gigi (Pujoraharjo & Herdiyati, 2018; Sholekhah, 2021).

Cara pengendalian infeksi akibat bakteri *Streptococcus mutans* yaitu dengan pemberian antibiotik. Namun penggunaan antibiotik dalam jangka panjang dapat menyebabkan kuman kebal terhadap antibiotik (*multi drug resistance*) sehingga menjadi suatu permasalahan yang susah di atasi. Solusi dengan risiko minimal yaitu pemanfaatan bahan alam yang mengandung senyawa antibakteri. Salah satu bahan alam yang memiliki kemampuan memproduksi bahan bioaktif yang bisa dikembangkan menjadi bahan baku obat adalah tanaman pala (Niken, & Telaumbanua, 2024).

Streptococcus mutans merupakan bakteri kokus tunggal berbentuk bulat atau bulat telur dan tersusun dalam rantai. Rantai – rantai *Streptococcus mutans* tampak sebagai diplokokkus dan berbentuk kadang – kadang menyerupai batang (Lemos, *et al.*, 2019). Bakteri ini disebut mikroorganisme kariogenik karena karakteristik dari *Streptococcus mutans* dapat memecah gula untuk dijadikan energi dan menghasilkan lingkungan asam, yang berpengaruh pada demineralisasi struktur gigi. Gambar bakteri *Streptococcus mutans* dapat dilihat pada Gambar 2.2.

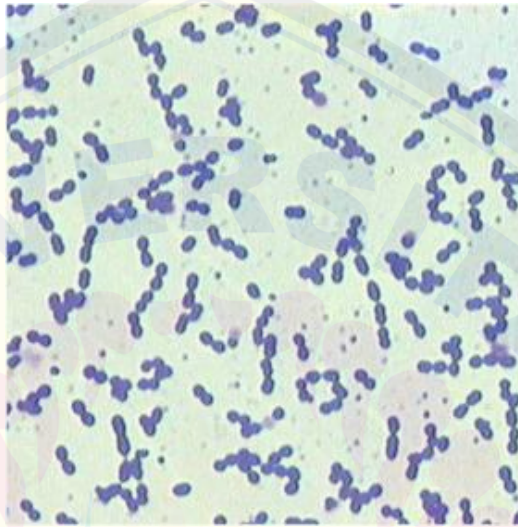


Gambar 2.2 Bakteri *Streptococcus mutans* (Sumber: Alchetron, 2023)

2.5 Bakteri *Enterococcus faecalis*

Enterococcus faecalis merupakan jenis bakteri *Enterococci* yang dapat menyebabkan infeksi saluran akar gigi. Bakteri ini termasuk bakteri anaerob fakultatif gram positif dan patogen oportunistik yang umumnya ditemukan di rongga mulut dan saluran cerna manusia. *Enterococcus faecalis* merupakan salah satu mikroorganisme patogen yang paling umum ditemukan pada saluran akar dengan periodontitis apikal refraktori (RAP), karena sering di isolasi dari saluran akar yang mengalami kegagalan endodontik (Deng, *et al* 2023). *Enterococcus faecalis* dapat bertahan lama di saluran akar karena dapat mentoleransi lingkungan yang memiliki pH basa dan oligotrofik untuk membentuk biofilm (Fan, *et al.*, 2018). *Enterococcus faecalis* termasuk bakteri gram positif yang berbentuk oval, berbentuk koloni tunggal, berpasangan, atau rantai pendek, dan membentuk koloni hemolitik. *Enterococcus faecalis* dapat hidup di lingkungan pH 11,5 (Safitri, 2021). *Enterococcus faecalis* dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya dalam waktu yang cukup lama karena resisten terhadap radiasi

UV, panas, natrium hipoklorit, hidrogen peroksida, etanol, dan asam. *Enterococcus faecalis* dapat masuk ke dalam saluran akar gigi melalui kerusakan gigi yang telah mencapai bagian pulpa (Alghamdi, F., & Shakir, M., 2020). *Enterococcus faecalis* dapat membentuk biofilm di intrakanal, periapikal, dan pada biomaterial (Gopalakrishnan, *et al.* , 2014). Gambar bakteri *Enterococcus faecalis* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bakteri *Enterococcus faecalis*
(Sumber: *Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Public Health Image Library (PHIL)*).