

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Rambutan**

##### **1. Uraian tentang tumbuhan rambutan**

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) adalah buah tropis yang berasal dari Asia Tenggara, khususnya Indonesia, Malaysia, dan Thailand. Buah ini memiliki ciri khas kulit berbulu dengan warna merah atau kuning saat matang, serta daging buah yang manis dan berair. Rambutan termasuk dalam keluarga Sapindaceae dan memiliki kesamaan dengan buah leci dan lengkeng.

Pohon rambutan dapat tumbuh hingga mencapai tinggi sekitar 20 meter, dengan daun hijau yang rimbun. Buah rambutan bersifat musiman dan biasanya dipanen dua kali dalam setahun. Selain dikonsumsi dalam keadaan segar, rambutan juga dimanfaatkan dalam berbagai industri, seperti makanan, minuman, dan farmasi, berkat kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif yang ada di dalamnya (Solihin *et al.*, 2022)



Gambar 1 Pohon Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.)



Gambar 2 Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.)

## 2. Sistematika tumbuhan

Sistematika Rambutan sebagai berikut :

|             |                                                              |
|-------------|--------------------------------------------------------------|
| Kingdom     | : Plantae                                                    |
| Subkingdom  | : Tracheobionta                                              |
| Superdivisi | : Spermatophyta                                              |
| Divisi      | : Magnoliophyta                                              |
| Kelas       | : Magnoliopsida                                              |
| Subkelas    | : Rosidae                                                    |
| Ordo        | : Sapindales                                                 |
| Famili      | : Sapindaceae                                                |
| Genus       | : <i>Nephelium</i>                                           |
| Spesies     | : <i>Nephelium lappaceum</i> L. (Putri <i>et al.</i> , 2022) |

## 3. Morfologi tumbuhan rambutan

Rambutan merupakan tumbuhan tropis yang umumnya dibudidayakan sebagai pohon buah dan kadang-kadang tumbuh liar. Tumbuhan ini memerlukan iklim lembab dengan curah hujan tahunan minimal 2000 mm. Rambutan tumbuh dengan baik pada dataran rendah pada ketinggian 300-600 m dpl. Pohonnya dapat mencapai ketinggian antara 15 hingga 25 meter dan memiliki banyak cabang.

Daun rambutan merupakan daun majemuk menyirip yang tersusun berseling dengan 2–4 pasang anak daun. Setiap anak daun berbentuk lonjong, dengan panjang antara 7,5–20 cm dan lebar 3,5–8,5 cm. Ujung dan pangkal daun runcing, serta tepinya rata. Pertulangan daun menyirip dan tangkai daun berbentuk silindris berwarna hijau, yang seringkali mengering.

Bunga rambutan tumbuh dalam tandan di ujung ranting, berwarna hijau muda, berukuran kecil, dan harum. Pada pohon rambutan, bunga jantan dan betina tumbuh secara terpisah. Buah rambutan berbentuk bulat lonjong dengan panjang sekitar 4–5 cm, dilapisi duri-duri bengkok, lemas, atau terkadang kaku. Kulit buah berwarna hijau yang akan berubah menjadi kuning atau merah saat matang. Dinding buahnya tebal, sementara bijinya berbentuk elips dan terbungkus oleh daging buah yang transparan dan berair. Daging buah ini bisa dimakan dengan rasa yang bervariasi, mulai dari manis hingga masam. Kulit bijinya tipis dan bersifat kayu (Solihin *et al.*, 2022)

#### 4. Manfaat dan Kandungan kimia kulit Buah Rambutan

Kulit buah rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) mengandung berbagai senyawa kimia yang berkontribusi terhadap aktivitas antibakterinya. Penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit rambutan mengandung tanin, saponin, flavonoid, alkaloid, dan triterpenoid, yang semuanya memiliki potensi sebagai agen antibakteri.

Aktivitas antibakteri dari ekstrak kulit rambutan telah diuji terhadap berbagai bakteri patogen. Misalnya, ekstrak etanolik kulit buah rambutan menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 20 mg/mL dengan diameter zona hambat sekitar 7 mm. Namun, ekstrak ini tidak efektif melawan *Escherichia coli*. Selain itu, fraksi etil asetat dari kulit buah rambutan juga menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* dan *Pseudomonas aeruginosa*, dengan zona hambat yang meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi fraksi. Kandungan tanin yang tinggi dalam kulit buah rambutan berperan signifikan dalam aktivitas antibakterinya. Tanin diketahui dapat merusak dinding dan membran sel bakteri, sehingga menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri tersebut. Secara keseluruhan, senyawa-senyawa seperti tanin, saponin, flavonoid, alkaloid, dan triterpenoid dalam kulit rambutan berkontribusi terhadap aktivitas antibakterinya, menjadikannya potensial untuk dikembangkan sebagai agen antibakteri alami (Ni Luh Komang Wahyuni & Ni Putu Eka Leliqia, 2023).

### B. Kombucha

#### 1. Definisi Kombucha

Kombucha merupakan minuman fermentasi yang berasal dari Asia Timur dan menyebar ke Eropa, khususnya Jerman, melalui Rusia pada awal abad ke-20. Di Indonesia, kombucha masih kurang dikenal meskipun masyarakat memiliki tradisi konsumsi teh yang luas. Pengetahuan tentang kombucha dan potensinya sebagai minuman kesehatan diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan teh yang tidak hanya sekadar diseduh, tetapi juga memberikan manfaat kesehatan yang lebih besar. Kombucha dibuat dengan melakukan fermentasi teh manis menggunakan kultur kombucha, yaitu kumpulan mikroorganisme yang terdiri dari berbagai jenis bakteri dan khamir yang hidup secara simbiotik. Proses pembuatan

kombucha dimulai dengan memasukkan sepotong massa sel kultur tersebut ke dalam larutan teh dan gula sebagai media fermentasi.

Kombucha kulit buah rambutan adalah fermentasi yang terbuat dari ekstrak kulit buah rambutan yang difermentasi menggunakan kultur simbiotik bakteri dan ragi (SCOBY). Selama proses fermentasi, yang berlangsung selama 14 hari, gula diubah menjadi alkohol, asam organik, dan gas karbon dioksida, memberikan kombucha rasa asam dan sedikit berkarbonasi. Minuman ini mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti asam asetat, polifenol, dan probiotik seperti *Lactobacillus* dan *Acetobacter*. Kombucha memiliki banyak manfaat kesehatan, termasuk meningkatkan pencernaan dengan menyeimbangkan mikrobiota usus melalui probiotik yang terkandung di dalamnya. Selain itu, kombucha juga memiliki efek antibakteri dan antijamur yang dapat membantu melawan patogen di tubuh. Sebagai sumber antioksidan, kombucha kaya akan polifenol yang dapat membantu melawan radikal bebas dan mengurangi risiko penyakit kronis, seperti kanker dan penyakit jantung. Kombucha juga dikenal dapat memperkuat sistem kekebalan tubuh dan berpotensi membantu menurunkan kadar gula darah, yang bermanfaat bagi penderita diabetes tipe 2 dengan meningkatkan sensitivitas insulin. Meskipun begitu, konsumsi kombucha harus dilakukan dengan hati-hati, terutama bagi individu dengan gangguan pencernaan atau sensitivitas terhadap alkohol yang terkandung dalam minuman ini. Kombucha menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kesehatan pencernaan, sistem kekebalan tubuh, dan mencegah penyakit degeneratif melalui kandungan senyawa bioaktif yang dimilikinya (Kitwetcharoen *et al.*, 2023).

## **2. Kultur Kombucha**

Kultur kombucha merupakan struktur berbentuk piringan datar dengan tekstur menyerupai nata, bersifat liat dan gelatinoid. Struktur ini terbentuk dari matriks selulosa yang dihasilkan oleh aktivitas metabolik bakteri asam asetat. Pada tahap awal fermentasi, lapisan kultur mulai tampak sebagai film tipis di permukaan media cair seperti teh, yang kemudian berkembang menjadi lapisan-lapisan yang lebih tebal seiring waktu. Kultur ini umumnya mengapung di permukaan, namun pada beberapa kondisi, seperti pada fermentasi teh berbahan kulit buah rambutan, dapat pula tenggelam ke dasar media.

Kombucha sendiri merupakan komunitas mikroorganisme yang terdiri dari khamir (ragi) dan bakteri yang hidup secara simbiotik. Komposisi mikroorganisme dalam kultur ini tidak selalu sama; hasil penelitian dari berbagai negara menunjukkan bahwa perbedaan kondisi lingkungan tempat kultur dikembangkan, termasuk aerasi yang tidak sepenuhnya tertutup, turut memengaruhi keberagaman mikroba di dalamnya. Kondisi ini memungkinkan masuknya mikroorganisme dari udara bebas ke dalam media fermentasi. Meski demikian, isolasi mikroorganisme dari kultur kombucha umumnya menunjukkan kontaminasi yang rendah dari mikroba patogen dan pembusuk, yang mengindikasikan adanya senyawa antimikroba alami dalam sistem fermentasi kombucha. Selain itu, pH media yang cukup rendah juga berperan penting dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan. (Kitwetcharoen *et al.*, 2023)

### **3. Fermentasi Kombucha**

Proses fermentasi kombucha dimulai dari pemecahan sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa melalui aktivitas enzimatik yang dilakukan oleh khamir. Glukosa hasil hidrolisis selanjutnya difermentasi menjadi etanol dan karbon dioksida. Karbon dioksida tersebut akan berinteraksi dengan air membentuk asam karbonat, sementara etanol yang terbentuk kemudian dioksidasi oleh bakteri dari genus *Acetobacter* yang merupakan mikroorganisme utama dalam kultur kombucha menjadi asetaldehid dan selanjutnya dikonversi menjadi asam asetat. Selain itu, *Acetobacter* juga berperan dalam mengubah glukosa menjadi asam glukonat. Beberapa spesies, seperti *Acetobacter xylinum*, bahkan memiliki kemampuan untuk mensintesis selulosa dari glukosa, yang akan membentuk biomassa selulosa dan dapat dimanfaatkan kembali sebagai inokulum untuk fermentasi berikutnya.

Fruktosa yang terdapat dalam media fermentasi juga dapat mengalami metabolisme menjadi asam asetat dan dalam jumlah kecil membentuk asam glukonat. Sepanjang proses fermentasi berlangsung, kultur kombucha turut memproduksi berbagai senyawa asam organik secara bersamaan. Setelah seluruh gula yang tersedia dalam media habis digunakan, laju pertumbuhan mikroorganisme akan melambat, namun aktivitas metabolik masih berlangsung

dengan memanfaatkan etanol sebagai substrat untuk pembentukan asam asetat. Proses ini berlangsung melalui mekanisme simbiosis antara *Gluconobacter cerevisiae* dan *Saccharomyces*. Konsentrasi asam asetat dalam medium akan meningkat hingga mencapai ambang tertentu, kemudian menurun seiring pemanfaatannya oleh *Acetobacter xylinum*, terutama saat kadar gula mulai menipis dan pH lingkungan fermentasi menjadi semakin rendah.

Proses fermentasi berlangsung secara bertahap dan simultan oleh berbagai mikroorganisme yang berperan secara sinergis. Durasi fermentasi berpengaruh signifikan terhadap akumulasi asam; fermentasi yang berkepanjangan melebihi 14 hari berpotensi menghasilkan kombucha dengan tingkat keasaman yang berbahaya bagi lambung, menyebabkan iritasi. Oleh karena itu, fermentasi dihentikan dengan memindahkan kultur ke media penyimpanan tertutup dan disimpan dalam lemari pendingin guna menghambat aktivitas mikroba lebih lanjut. (Kitwetcharoen *et al.*, 2023)

#### **4. Khasiat kombucha**

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa kombucha memiliki banyak khasiat bagi kesehatan tubuh secara menyeluruh. Konsumsi kombucha dikaitkan dengan peningkatan sistem pencernaan, pengurangan sembelit, pemulihan metabolisme tubuh, penurunan tekanan darah, serta membantu mengurangi gejala stres dan nyeri sendi. Kombucha juga dipercaya mampu mendukung sistem imun, membantu proses detoksifikasi tubuh, dan bahkan memiliki potensi sebagai agen antikanker.

Kombucha menunjukkan efek antibakteri terhadap sejumlah mikroorganisme patogen seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Agrobacterium tumefaciens*, dan *Helicobacter pylori*. Namun, efektivitas kombucha tidak mencakup semua mikroba, karena diketahui bahwa pertumbuhan *Candida albicans* tidak terhambat oleh kombucha. Aktivitas antibakteri ini sebagian besar berasal dari kandungan asam asetat dan asam usnat yang terbentuk selama fermentasi, serta senyawa polifenol seperti katekin yang berasal dari teh dan tetap stabil selama proses fermentasi.

Berbeda dengan obat yang menargetkan organ tertentu, kombucha bekerja secara sistemik. Asam asetat dalam kombucha membantu mengikat racun dan membentuk senyawa yang larut dalam air sehingga lebih mudah dibuang dari tubuh. Asam glukoronat juga berperan dalam proses detoksifikasi dengan mengikat zat beracun dan logam berat, serta dipercaya memiliki aktivitas antikanker dan mampu meningkatkan daya tahan tubuh.

Kandungan asam glukonat pada kombucha turut berkontribusi dalam menurunkan kadar gula darah serta memperkuat perlindungan tubuh terhadap infeksi. Sementara itu, asam laktat yang secara alami juga ada di tubuh manusia, berperan menjaga keseimbangan pH darah dan berpotensi menghambat perkembangan sel kanker, terutama karena penderita kanker umumnya memiliki kadar asam laktat yang rendah. Kombucha juga menghasilkan asam amino yang berfungsi sebagai bahan baku sintesis protein untuk regenerasi sel dan produksi hormon.(Kitwetcharoen *et al.*, 2023).

### **C. Bakteri *Streptococcus pyogenes***

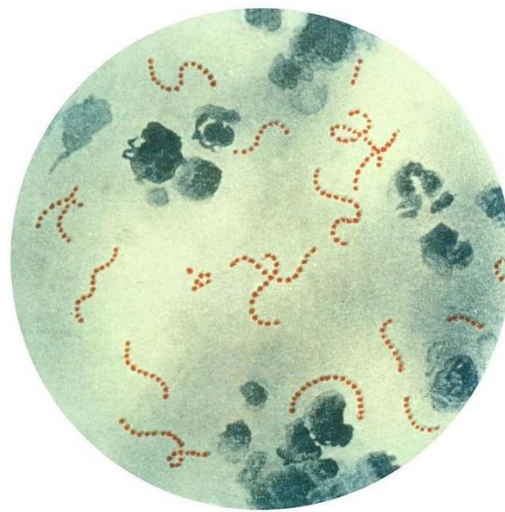
#### **1. Definisi Bakteri *Streptococcus pyogenes***

*Streptococcus pyogenes* adalah bakteri berbentuk kokus yang tersusun menyerupai rantai. Bakteri ini termasuk Gram positif, tidak membentuk spora, serta bersifat nonmotil atau tidak bergerak. *S. pyogenes* merupakan bakteri aerob fakultatif dengan suhu optimal pertumbuhan sekitar 37°C. Koloni bakteri ini berdiameter antara 0,5 hingga 1,0 mm, berbentuk bulat agak cembung, tampak jernih, dan menghasilkan zona hemolisis pada media agar. *Streptococcus pyogenes* tergolong ke dalam kelompok bakteri hemolisis beta dengan ukuran zona hemolisis antara 2 hingga 4 mm.

Bakteri ini memiliki patogenitas yang menyebabkan berbagai infeksi pada saluran pernapasan, khususnya menyerang kerongkongan sehingga menimbulkan rasa nyeri saat menelan serta menyebabkan faringitis. Selain itu, *S. pyogenes* juga dapat menyebabkan penyakit serius lain seperti septikemia, selulitis, erisipelas, impetigo, dan pioderma. Pada ginjal, infeksi dapat memicu glomerulonefritis akut, sementara pada otot dan katup jantung dapat menyebabkan komplikasi seperti penyakit reumatik (Xu & Zhang, 2023).

## 2. Klasifikasi Bakteri *Streptococcus pyogenes*

|         |                                 |
|---------|---------------------------------|
| Kingdom | : Bacteria                      |
| Filum   | : Firmicutes                    |
| Kelas   | : Bacili                        |
| Ordo    | : Lactobacillales               |
| Famili  | : Streptococaceae               |
| Genus   | : <i>Streptococcus</i>          |
| Spesies | : <i>Streptococcus pyogenes</i> |



Gambar 3 Bakteri *Streptococcus pyogenes*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/xbXYq9q2eTfAg7gZA>

## 3. Identifikasi *Streptococcus pyogenes*

### a. Bentuk Sel

- 1) *Streptococcus pyogenes* adalah bakteri berbentuk kokus, yang biasanya tampak dalam rantai atau pasangan. Rantai tersebut terbentuk akibat pembelahan sel yang tidak sepenuhnya terpisah setelah proses pembelahan. Ketika dilakukan pemeriksaan mikroskopik dengan menggunakan pewarnaan Gram, bakteri ini akan tampak berwarna ungu, yang menunjukkan bahwa bakteri ini adalah gram positif.
- 2) Sebagai bakteri kokus gram positif, bentuknya dapat ditemukan pada berbagai lokasi tubuh manusia, baik pada permukaan maupun pada jaringan tubuh yang lebih dalam.

b. Ukuran Sel

Bakteri *Streptococcus pyogenes* memiliki ukuran yang relatif kecil, dengan diameter sekitar 0,6 hingga 1,0 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ). Ukuran yang kecil ini memberikan keuntungan dalam proses adaptasi dan infeksi terhadap inang, memudahkan bakteri ini untuk menyebar melalui jaringan tubuh manusia.

c. Pewarnaan Gram

*Streptococcus pyogenes* adalah bakteri gram positif yang berwarna ungu ketika diperiksa menggunakan pewarnaan Gram. Warna ini menunjukkan bakteri *Streptococcus pyogenes* termasuk golongan bakteri gram positif. Hal ini disebabkan karena bakteri menyerap zat warna dasar yaitu kristal violet dan warnanya tidak terhapuskan oleh pencucian alkohol, sehingga sel bakteri ini tidak menyerap warna safranin yang merupakan warna kontras. Warna violet (ungu) ini timbul karena bakteri gram positif mempunyai lapisan peptidoglikan yang tebal dan kandungan lipidnya rendah sehingga akan mengikat lebih banyak kompleks zat warna sehingga warnanya menjadi violet (ungu).

d. Struktur Dinding Sel

- 1) Dinding sel bakteri *Streptococcus pyogenes* terbuat dari peptidoglikan yang tebal, yang berfungsi untuk memberikan kekuatan mekanis dan stabilitas pada sel bakteri. Dinding sel ini juga mengandung asam teichoic dan *lipoteichoic acid*, yang berperan dalam proses perlekatan bakteri pada permukaan sel inang, meningkatkan kemampuannya untuk menyebabkan infeksi.
- 2) Salah satu elemen penting dalam dinding sel bakteri ini adalah protein M, yang berfungsi sebagai salah satu faktor virulensi utama. Protein ini membantu bakteri dalam menghindari fagositosis oleh sistem kekebalan tubuh dengan menghambat pengaktifan sistem komplemen.

e. Karakteristik Kultural

- 1) *Streptococcus pyogenes* dapat tumbuh dengan baik pada media agar darah, yang memungkinkan peneliti untuk mengamati pola hemolisis

yang dihasilkan. Pada media agar darah, koloni bakteri ini berwarna putih keabu-abuan dengan tepi halus dan permukaan yang rata.

- 2) Koloni bakteri ini menunjukkan hemolisis beta, yaitu kemampuan untuk merusak sel darah merah di sekitar koloni. Zona hemolisis yang dihasilkan berwarna transparan hingga kekuningan, yang diakibatkan oleh pemecahan hemoglobin oleh eksotoksin yang diproduksi oleh bakteri tersebut.

f. Reaksi Biokimia

- 1) Katalase: *Streptococcus pyogenes* merupakan bakteri katalase negatif, artinya bakteri ini tidak menghasilkan enzim katalase yang berfungsi memecah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Sifat ini menjadi salah satu ciri pembeda *S. pyogenes* dengan bakteri dari genus *Staphylococcus*, yang umumnya bersifat katalase positif.
- 2) Uji Bacitracin: *Streptococcus pyogenes* memiliki sensitivitas terhadap bacitracin, yang digunakan dalam identifikasi laboratorium untuk membedakannya dari spesies bakteri lain dalam genus *Streptococcus*.
- 3) Fermentasi Karbohidrat: Bakteri ini dapat memfermentasi karbohidrat seperti glukosa dan laktosa, menghasilkan asam, tetapi tidak menghasilkan gas selama proses fermentasi tersebut.

g. Faktor Virulensi dan Patogenesis

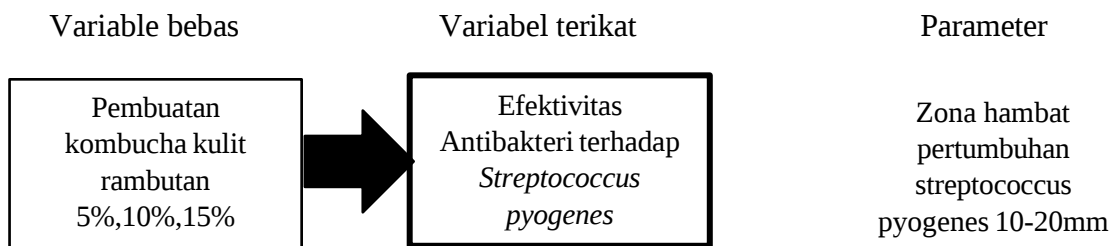
- 1) Protein M adalah faktor virulensi utama yang memungkinkan *Streptococcus pyogenes* untuk menghindari fagositosis oleh sistem imun tubuh manusia. Protein ini mengikat faktor penghambat komplemen, sehingga sistem imun tidak dapat mengenali dan menghilangkan bakteri tersebut dari tubuh.
- 2) Selain itu, asam teichoic pada dinding sel bakteri membantu dalam proses adhesi bakteri ke sel-sel tubuh manusia, yang memungkinkan bakteri untuk menempel pada jaringan inang dan menginfeksi.
- 3) *Streptococcus pyogenes* juga menghasilkan eksotoksin seperti Toksin Eksotoksin A, yang berperan dalam sindrom syok toksik, yang dapat menyebabkan gejala seperti demam, ruam, dan kegagalan organ.

#### h. Peran dalam Penyakit

*Streptococcus pyogenes* adalah penyebab utama sejumlah infeksi pada manusia, termasuk:

- 1) Faringitis streptokokus yang ditandai dengan radang tenggorokan, demam, dan pembengkakan kelenjar getah bening.
- 2) Skarlatina (campak merah), yang disebabkan oleh toksin eksotoksin A, menghasilkan ruam merah dan demam tinggi.
- 3) Impetigo, yaitu infeksi kulit yang menyebabkan munculnya lepuhan atau nanah yang dapat menyebar dengan cepat.
- 4) Penyakit Jantung Rematik, yang dapat terjadi setelah infeksi tenggorokan dan merusak katup jantung.
- 5) Glomerulonefritis pasca-infeksi, yaitu gangguan ginjal yang terjadi setelah infeksi oleh *Streptococcus pyogenes*.

#### D. Kerangka konsep



Gambar 4 Kerangka konsep

#### E. Definisi Operasional

##### 1. Variabel Bebas: Konsentrasi Kombucha

- a. Kombucha 5%: Larutan fermentasi kulit buah rambutan yang dibuat dengan menambahkan 5% (v/v) Kombucha ke dalam medium.
- b. Kombucha 10%: Larutan fermentasi kulit buah rambutan yang dibuat dengan menambahkan 10% (v/v) Kombucha ke dalam medium.
- c. Kombucha 15%: Larutan fermentasi kulit buah rambutan yang dibuat dengan menambahkan 15% (v/v) Kombucha ke dalam medium.

2. Variabel Terikat : Uji efektivitas terhadap *Streptococcus pyogenes*  
Efektivitas Kombucha diukur berdasarkan kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus pyogenes* yang diuji dengan metode difusi cakram atau sumur agar.
3. Parameter : Zona Daya Hambat (mm)
  - a. Zona jernih yang terbentuk di sekitar cakram atau sumur yang berisi larutan Kombucha, diukur dalam satuan milimeter (mm).
  - b. Semakin besar zona daya hambat, semakin efektif Kombucha dalam menghambat pertumbuhan *Streptococcus pyogenes*.

#### **F. Hipotesis**

Kombucha Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum L*) memiliki potensi daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus pyogenes*