

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. *Staphylococcus aureus*

a. Pengertian

Staphylococcus aureus adalah salah satu bakteri patogen penting yang berkaitan dengan virulensi toksin, invasif, dan ketahanan terhadap antibiotik (Rahmi et al, 2015). Menurut Herlina et al. (2015) menyatakan bahwa bakteri *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan terjadinya berbagai jenis infeksi mulai dari infeksi kulit ringan, keracunan makanan sampai dengan infeksi sistemik. Infeksi yang terjadi misalnya keracunan makanan karena *Staphylococcus*, salah satu jenis faktor virulensi yaitu *Staphylococcus enterotoxin*. Gejala keracunan makanan akibat *Staphylococcus* adalah kram perut, muntah-muntah yang kadang-kadang diikuti gejala diare (Karimela dkk, 2017).

Bakteri *Staphylococcus aureus* pertama kali diamati dan dibiakkan oleh Pasteur dan Koch, kemudian diteliti lebih lanjut oleh Ogston dan Rosenbach pada tahun 1880-an. Nama genus *Staphylococcus* diberikan Ogston karena jika diamati dengan mikroskop bakteri ini terlihat seperti setangkai buah anggur. Nama

spesies *aureus* diberikan oleh Rosenbach karena pada biakan murni, koloni bakteri ini terlihat berwarna kuning-keemasan (Yuwono, 2012).

Aptorum Group Limited mengumumkan telah memulai studi *investigational new drug* (IND) untuk ALS-4 yang akan digunakan sebagai pengobatan infeksi bakteri *Staphylococcus aureus* termasuk *methicilin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) berdasarkan pendekatan anti virulensi. ALS-4 dipercaya menghambat desaturasi *dehydrosqualene Staphylococcus aureus* (yang terlibat dalam pembentukan pigmen *Staphyloxanthin*). *Staphyloxanthin* adalah pigmen emas yang menutupi bakteri dan bertanggung jawab atas resistensi bakteri yang menyerang spesies oksigen reaktif (digunakan oleh sel fagositik dan neutrofil). Produksi *Staphyloxanthin* menyebabkan bakteri *Staphylococcus aureus* menjadi sangat rentan terhadap pembersihan kekebalan inang (IMQ, 2019).

b. Klasifikasi dari *Staphylococcus aureus*

Genus *Staphylococcus* memiliki sedikitnya 30 spesies, tetapi terdapat 3 yang paling penting di kedokteran salah satunya *Staphylococcus aureus*. Berikut klasifikasi *Staphylococcus aureus* dari yaitu:

Klasifikasi dari *Staphylococcus aureus*

Domain : Bacteria

Kingdom : Eubacteria

Phylum : Firmicutes

Class : Bacilli
Ordo : Bacillales
Family : Staphylococaceae
Genus : Staphylococcus
Species : *S. aureus*

c. Morfologi

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif berbentuk bulat berdiameter 0,7-1,2 μm , tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak teratur seperti buah anggur, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan tidak berflagel (non motil). Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37°C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25°C). Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau (Jawetz et al., 2008).

Dinding *S. aureus* merupakan pelindung yang kuat, tampak tidak terbentuk, dengan tebal 20-40 nm. Di bawah dinding sel terdapat sitoplasma yang diliputi oleh membran plasma. Lebih dari 90% isolat klinik menghasilkan *S. aureus* yang mempunyai kapsul polisakarida atau selaput tipis yang berperan dalam virulensi bakteri. Polisakarida ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi fagositosis In Vitro (Thakker, 1998; Sulaiman, 2012).

Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37°C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25°C). Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau. Lebih dari 90% isolat klinik menghasilkan *S. aureus* yang mempunyai kapsul polisakarida atau selaput tipis yang berperan dalam virulensi bakteri (Purnomo et al., 2006). *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri koagulase positif, dan memfermentasi manitol, hal ini yang membedakan *Staphylococcus aureus* dengan spesies *Staphylococcus* lainnya. Koloni *Staphylococcus* pada medium padat berbentuk halus, bulat, meninggi, dan berkilau. Koloni berwarna abu-abu hingga kuning keemasan. *Staphylococcus aureus* juga menghasilkan hemolisis pada pertumbuhan optimalnya (Windiaktina, 2018).

d. Patogenitas

Melakukan isolasi bakteri patogen ke dalam biakan murni merupakan salah satu cara yang harus ditempuh untuk melakukan identifikasi bakteri patogen. Isolasi bakteri dilakukan dengan cara melakukan penanaman bahan yang diduga sebagai penyebab infeksi pada media pembedihan untuk mendapatkan biakan murni bakteri patogen. Isolasi bakteri dilakukan dengan cara melakukan penanaman bahan yang diduga sebagai penyebab infeksi pada media pembedihan untuk mendapatkan biakan murni bakteri patogen. Media yang biasa

digunakan sebagai media isolasi primer adalah media pembenihan padat agar mendapatkan koloni-koloni yang terpisah (Tim Mikrobiologi, 2023).

Staphylococcus aureus dapat menyebabkan infeksi baik pada manusia maupun pada hewan. Bakteri ini tumbuh baik pada suhu tubuh manusia dan juga pada pangan yang disimpan pada suhu kamar serta menghasilkan toksin pada suhu tersebut. Dosis infeksi toksin kurang dari 1,0 µg pada pangan tercemar dapat menimbulkan gejala intoksikasi stafilokokal (BSN, 2009). Ketika memasuki sel dari inang, *S. aureus* akan difagosit oleh imun, yang akan meningkatkan produksi enzim proteolitik dan juga toksin bakteri. Sel endotel yang terinfeksi memproduksi TNF sebagai bagian dari respon imunitas terhadap infeksi, menyebabkan nekrosis dan abses (Timbury et al., 2002; Sulaiman, 2012). Toksin lain yang umumnya dihasilkan oleh *S. aureus* dapat dilihat dalam tabel 1.

Toksin	Efek
Hemolisin	Sitolitik, melisiskan eritrosit
Koagulase	Menumpalkan Plasma
Fibrinogen	Mencerna Fibrin
Leukosit	Merusak Leukosit
Hyaluronidase	Merusak asam hyaluronat
DNase	Hidrolisis DNA
Protein A	Lipolitik
Kapsul	Antifagositik
Toksin Epidermolisis	Pengelupasan epidermidis
Enterotoksin	Diare dan muntah
Roksik syok sindrom toksin 1	Deskuamasi, syok dan resah

Infeksi oleh *S. aureus* ditandai dengan kerusakan jaringan yang disertai abses. Beberapa penyakit infeksi yang disebabkan oleh *S. aureus* adalah bisul, jerawat, impetigo, dan infeksi luka. Infeksi yang lebih berat diantaranya pneumonia, mastitis, plebitis, meningitis, infeksi saluran kemih, osteomielitis, dan endokarditis. *S. aureus* juga merupakan penyebab utama infeksi nosokomial, keracunan makanan, dan sindroma syok toksik (Kusuma, 2009).

Sindroma syok toksik (SST) pada infeksi *S. aureus* timbul secara tiba-tiba dengan gejala demam tinggi, muntah, diare, mialgia, ruam, dan hipotensi, dengan gagal jantung dan ginjal pada kasus yang berat. SST sering terjadi dalam lima hari permulaan haid pada wanita muda yang menggunakan tampon, atau pada anak-anak dan pria dengan luka yang terinfeksi stafilokokus. *S. aureus* dapat diisolasi dari vagina, tampon, luka atau infeksi lokal lainnya, tetapi praktis tidak ditemukan dalam aliran darah (Jawetz et al., 2008).

2. Media BAP

Media pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* salah satunya media agar darah. Menurut *American Public Health Association* (APHA), bahwa penambahan darah atau serum ke dalam media pertumbuhan bakteri menyebabkan media tersebut kaya akan nutrisi yang dibutuhkan mikroba, sehingga dapat menumbuhkan kuman-kuman patogen yang rewel (*fastidious*) (Mudatsir, 2010).

Media agar darah dibuat dari *blood agar base* dengan penambahan darah (defibrinasi) 5-10% pada suhu 50-60°C. Para ahli mikrobiologi dapat menginterpretasikan bakteri tumbuh dengan lebih tepat menggunakan darah domba.

Media pertumbuhan mikroorganisme adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran zat-zat makanan (nutrisi) yang diperlukan

mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Mikroorganisme memanfaatkan nutrisi media berupa molekul-molekul kecil yang dirakit untuk menyusun komponen sel. Isolasi mikroorganisme untuk menjadi kultur murni dapat dilakukan dengan menggunakan media pertumbuhan (Tenny O, 2014).

Blood Agar Plate (BAP) merupakan salah satu contoh media padat umum, diperkaya dan diferensial karena dalam proses pembuatannya dilakukan penambahan darah yang telah didefibrinasi. Darah merupakan zat yang kaya akan nutrisi sehingga sebagian besar bakteri dapat tumbuh pada media yang mengandung darah. Media BAP digunakan untuk membedakan bakteri patogen berdasarkan kekuatan hemolitiknya pada sel darah merah. Media yang diperkaya ini mendukung pertumbuhan banyak organisme patogen tetapi pada saat yang sama memungkinkan karakterisasi bakteri yang berbeda berdasarkan pola hemolitiknya.

Umumnya media BAP dibuat dengan menambahkan darah domba yang telah didefibrinasi. Darah harus didefibrinasi atau ditempatkan dalam wadah yang berisi antikoagulan untuk mencegah pembekuan. Media agar darah dibuat dari media basal dengan penambahan darah 5-10% (defibrinasi) pada suhu 50-60°C. Agar darah domba menjadi media standar sebagai media pertumbuhan untuk

mengidentifikasi jenis bakteri dan sebagai media uji hemolisis dari berbagai bakteri patogen.

Darah domba mengandung protein, lemak, dan karbohidrat. Kadar gizi dipengaruhi oleh suplai gizi. Kadar glukosa, protein, dan trigliserida sebelum dan sesudah makan mengalami konsentrasi yang berbeda. Kadar protein serum darah domba mempunyai perbedaan yang nyata pada beberapa variasi pakan, sedangkan kadar glukosa serum darah domba tidak berbeda nyata pada beberapa variasi pakan. Darah domba dewasa normal mengandung 9,0 – 11,1 eritrosit, 11,6 – 13,0 hemoglobin, dan 32,0 – 37,0 hematokrit. Jumlah eritrosit juga dipengaruhi oleh nutrisi. Hasil penelitian menunjukkan suplementasi vitamin E berpengaruh signifikan terhadap jumlah eritrosit. Adanya eritrosit menyebabkan darah domba digunakan sebagai bahan tambahan media BAP yang berfungsi untuk melihat hemolisis.

Darah manusia juga mengandung protein, lemak, dan karbohidrat hasil penyerapan pencernaan manusia. Karbohidrat dalam darah diperoleh dari proses pencernaan. Setelah melalui mulut, lambung, dan usus halus, karbohidrat masuk ke cairan limfatik kemudian masuk ke arteri kapiler dan mengalir melalui vena portae menuju hati dan sebagian masuk ke usus besar. Plasma darah

merupakan larutan yang mengandung albumin, antikoagulan, hormon, berbagai jenis protein, dan berbagai jenis garam.

3. Media Pertumbuhan

a. Deskripsi

Media pertumbuhan mikroorganisme merupakan campuran bahan bernutrisi sebagai media tumbuh dan berkembang suatu mikroorganisme. Nutrien berupa molekul-molekul dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk menyusun dan melengkapi komponennya (Putri, dkk, 2017).

Pembiakan mikroorganisme dalam laboratorium memerlukan medium yang berisi zat hara serta lingkungan pertumbuhan yang sesuai dengan mikroorganisme. Zat hara digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan, sintesis sel, keperluan energy dalam metabolisme dan pergerakan. Lazimnya, medium biakan berisi air, sumber energi zat hara sebagai sumber karbon, nitrogen, belerang, dan mineral. Dalam bahan dasar medium dapat pula ditambahkan faktor pertumbuhan berupa asam amino, vitamin atau nukleotida (Waluyo, 2016).

Media biakan yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme dalam bentuk padat, semi-padat dan cair. Media padat diperoleh dengan penambahan agar. Agar berasal dari ganggang merah. Agar digunakan sebagai pematat karena tidak dapat diuraikan oleh

mikroba dan membeku pada suhu diatas 450°C . Kandungan agar sebagai bahan pematat dalam media adalah 1,5- 2,0% (Waluyo, 2016).

Usaha pembiakan mikroorganisme di laboratorium membutuhkan tersedianya media yang tepat. Dalam hal ini yang dimaksud adalah bahan yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme. Ristiati (2015) menjelaskan, secara umum media yang baik untuk pertumbuhan harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. Mempunyai semua nutrisi yang mudah digunakan oleh organisme
 - b. Mempunyai tekanan osmosa, tegangan permukaan dan derajat kemasaman (pH) yang sesuai.
 - c. Tidak mengandung zat-zat yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang dikehendaki
 - d. Steril dan terlindung dari kontaminasi.
- b. Sumber nutrisi pertumbuhan mikroorganisme

Dalam pertumbuhannya mikroba memerlukan nutrisi yang bisa didapatkan pada media biakan. Berikut beberapa nutrisi yang dibutuhkan, antara lain:

1) Karbon

Karbon merupakan nutrisi yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan mikroorganisme. Terdapat dua jenis mikroorganisme yang berbentuk pada karbon, yaitu mikroorganisme autotrof dan

mikroorganisme heterotrof. Autotrof berarti menggunakan CO_2 sebagai karbon organik sedangkan heterotrof menggunakan glukosa sebagai sumber energi organik (Cappucino, 2014).

2) Nitrogen

Kurang lebih 10 persen berat kering bakteri tersusun atas protein dan asam nukleat yang merupakan komponen utama sumber nitrogen.

3) Belerang

Belerang yang kebanyakan digunakan oleh mikroorganisme adalah berupa sulfat yang kemudian direduksi menjadi hydrogen sulfida.

4) Mineral

Media yang digunakan untuk pembiakan mikroorganisme haruslah menyediakan sumber potassium, magnesium, kalsium dan besi yang biasanya diformulasikan dalam bentuk ion-ion (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+}).

5) Faktor Pertumbuhan

Faktor pertumbuhan merupakan senyawa organik untuk pertumbuhan sel mikroorganisme namun tidak dapat disintesis sendiri.

c. Macam-macam media

Menurut (Putri, dkk., 2017) berdasarkan komposisi atau bahan yang digunakan, media terbagi menjadi tiga, yaitu :

1) Media non sintetik

Media non sintetik adalah bentuk media yang berasal dari bahan-bahan alami yang komposisinya sulit diketahui secara pasti dan biasanya langsung diekstrak dari bahan dasarnya.

2) Media Semi Sintetik

Media semi sintetik adalah bentuk media yang berasal dari campuran bahan alami dan bahan sintetik. Contohnya : Kaldu nutrisi tersusun atas : *Beef ekstrak* 10,0 g, *Pepton* 10,0 g dan *NaCl* 5,0g.

3) Media Sintetik

Media sintetik merupakan bentuk media yang tersusun atas senyawa kimia yang takaran dan jenisnya sudah diketahui secara pasti. Contohnya : *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) atau *Potato dextrose Agar* (PDA) (Basarang, dkk., 2020).

4. Pertumbuhan dan Perkembangan Bakteri

a. Deskripsi

Pertumbuhan merupakan penambahan jumlah komponen secara sistematis pada mikroorganisme. Organisme uniseluler seperti bakteri, penambahan jumlah koloni dari suatu bakteri menjadi sebuah kultur merupakan pertumbuhan yang sebenarnya. Jadi penambahan ukuran suatu koloni bakteri buah suatu pertumbuhan (Jawetz, 2005).

b. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan

1) Konsentrasi Ion Hidrogen (pH)

Pada setiap spesies mikroorganisme memiliki pH yang berbeda. Rata-rata mikroorganisme tumbuh dengan baik pH optimum 6,0-8,0.

2) Temperatur

Spesies mikroorganisme memiliki temperatur optimum yang berbeda-beda untuk tumbuh. Bakteri umumnya dibedakan menjadi 3 kelompok. Psikrofil dengan temperatur optimum 0-20°C, mesofil kelompok terbesar dengan pertumbuhan temperature optimum 20-40°C dan termofil dengan pertumbuhan temperature optimum diatas 45°C atau 50°C

3) Aerasi

Beberapa organisme seperti obligat aerob membutuhkan oksigen untuk menerima hidrogen. Sebaliknya, obligat anaerob adalah organisme yang tidak dapat tumbuh pada keadaan ada oksigen.

c. Teknik Pembiakan Bakteri

Biakan murni dilakukan untuk memisahkan sel tunggal dalam populasi dengan teknik tertentu (Cappucino, 2014). Menurut Cappucino (2014) teknik isolasi biakan murni antara lain :

1) Metode lempeng gores

Metode lempeng gores merupakan metode isolasi bakteri dengan menyebarkan satu ose penuh biakan diseluruh permukaan agar lempeng. Metode ini adalah metode isolasi dengan teknik pengenceran yang cepat.

2) Metode lempeng sebar

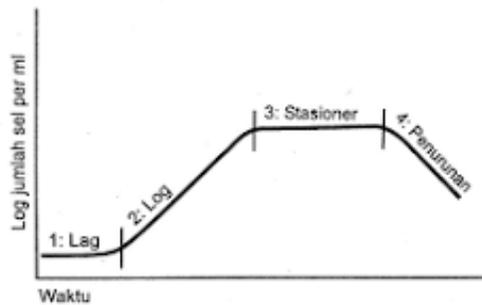
Metode lempeng sebar merupakan metode yang digunakan dengan meratakan biakan pada permukaan media agar padat menggunakan batang bengkok berbentuk L dengan cawan petri diatas meja putar yang sebelumnya biakan sudah diencerkan terlebih dahulu.

3) Metode lempeng tuang

Metode lempeng-tuang digunakan inoculum yang diencerkan dan dituang pada media agar yang masih cair dalam cawan petri, kemudian dibiakan memadat.

d. Kurva pertumbuhan bakteri menurut Cappuccino dan Sherman (2013)

Kurva pertumbuhan digunakan untuk memperjelas siklus pertumbuhan dan mempermudah perhitungan jumlah sel serta kecepatan pertumbuhan mikroorganisme (Cappucino, 2014).



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan Bakteri

Sumber: Cappuccino dan Sherman, 2013.

1) Fase lag

Fase lag adalah fase sel-sel menyesuaikan diri terhadap lingkungan barunya. Fase ini meningkatkan ukuran sel, namun tidak meningkatkan jumlah sel karena tidak ada pembelahan sel. Metabolisme sel dipercepat pada fase ini, sehingga menyebabkan biosintesis makromolekul seluler yang cepat, terutama pada beberapa enzim.

2) Fase logaritmik (log)

Fase logaritmik (log) adalah fase sel-sel bereproduksi secara cepat dan seragam dengan cara pembelahan biner. Hal tersebut menyebabkan adanya peningkatan eksponensial yang cepat pada populasi dan jumlah sel bakteri. Panjang fase ini beragam sesuai pada organisme dan komposisi media.

3) Fase stasioner

Fase stasioner adalah fase jumlah sel mengalami pembelahan sama dengan jumlah sel yang mati. Tidak ada peningkatan jumlah sel dan populasi bertahan secara maksimum selama periode tertentu pada fase ini. Selain itu juga terjadi pengurangan beberapa metabolit dan akumulasi produk akhir asam atau basa yang bersifat toksik di dalam media.

4) Fase penurunan

Fase penurunan adalah penurunan jumlah populasi hampir menyerupai peningkatan fase log. Hal tersebut terjadi karena menurunnya nutrisi berkelanjutan, bertambahnya buangan metabolik serta kematian mikroorganisme secara cepat dan seragam. Secara teori, seluruh populasi harus mati selama interval waktu yang sama dengan fase log, namun tidak berlaku untuk mikroorganisme yang sangat resisten dalam jangka waktu yang tidak ditentukan. Kurva pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada gambar 1.

5. Pelarut media BAP

1. Akuades

Akuades adalah hasil destilasi/penyulingan sama dengan air murni atau H_2O karena H_2O hampir tidak mengandung mineral. Sedangkan air mineral adalah pelarut yang universal. Oleh karena itu

air dengan mudah menyerap atau melarutkan berbagai partikel yang ditemuinya dan dengan mudah menjadi tercemar.

Akuades bermanfaat untuk kegiatan pendidikan dan lainnya. Dalam dunia pendidikan akuades digunakan untuk kegiatan praktikum seperti praktikum kimia, biologi dan juga untuk keperluan penelitian. Akuades dapat diperoleh di pasaran dengan mudah hanya saja jika keperluannya tinggi maka biaya yang dikeluarkan juga cukup besar. Laboratorium dapat memproduksi sendiri akuades untuk kebutuhannya dengan menggunakan alat khusus pembuatan aquades.

Proses pembuatannya tidak terlalu rumit, akan tetapi memerlukan waktu yang cukup lama dan sumber daya yang cukup besar (air dan listrik). Sifat dari akuades yaitu merupakan hasil air sulingan yang murni dan tidak mengandung kandungan logam-logam ataupun anion, dan mempunyai pH 7 atau netral. Karena akuades merupakan air murni yang sering disebut dengan liquid. Air buangan dari AC atau limbah AC tidak mempunyai kandungan apa, baik itu kation (logam-logam berbahaya) ataupun anion, serta mempunyai pH 7 atau netral. Berdasarkan kesamaan sifat antara air AC dan akuades, maka dapat dinyatakan bahwa air AC dapat digunakan sebagai pengganti akuades.

2. Air AC

Air buangan AC merupakan hasil dari proses pengembunan udara dari ruangan yang didinginkan, pada waktu AC dinyalakan maka

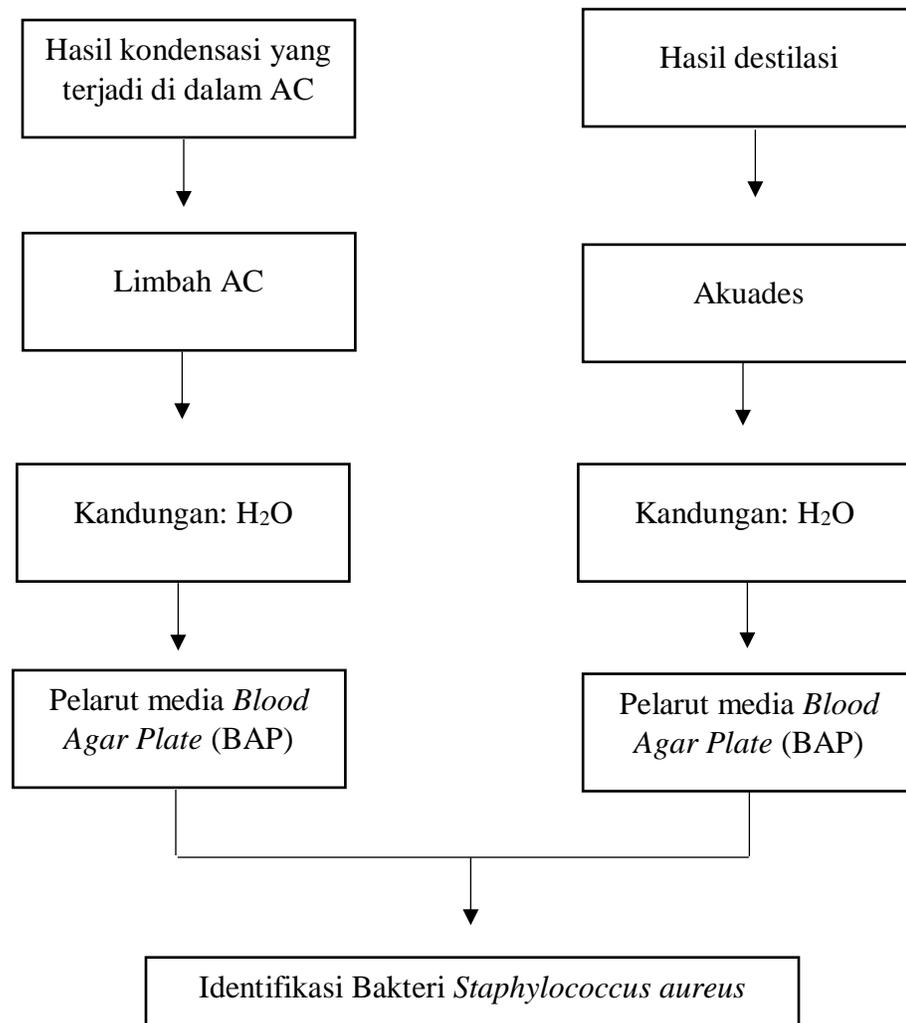
akan menghasilkan limbah cair yang berupa air jernih yang mengalir melalui pipa pembuangan. Pada umumnya tempat pembuangan limbah AC ini belum mendapat perhatian yang baik, sehingga sering menimbulkan genangan di beberapa tempat, sering kita jumpai selang saluran pembuangan limbah AC mengalami pelapukan dan pecah sehingga air tumpah membasahi dinding menimbulkan lumut pada dinding gedung dan menyebabkan pelapukan kusen di jendela ruangan sehingga menimbulkan pemandangan yang tidak sedap.

Menurut Stoecker (1996) menyatakan bahwa Air Conditioning adalah suatu sistem pengkondisian udara dimana udara yang berada di lingkungan dimasukkan ke dalam sistem dan dikondisikan pada suhu yang diinginkan pengguna sementara air AC yang diperoleh berasal dari proses pengembunan akibat adanya suhu udara lebih rendah dari suhu jenuhnya. Air yang berasal dari AC merupakan hasil kondensasi dan besar kemungkinan dapat dimanfaatkan (Hari B.P, Anakorin D, Retno T.M., 2016).

Air Conditioner (AC) menghasilkan air yang merupakan hasil kondensasi atau pengembunan udara dari lingkungan sekitar sehingga mengandung sedikit mineral dan memiliki suhu rendah. Pada penelitian terdahulu G. A. Siwabessy mengatakan air bebas mineral digunakan sebagai pemasok air pendingin primer Reaktor Serba Guna. Dan

karakteristik air murni dapat diketahui dengan pengukuran konduktivitas, pH dan TDS.

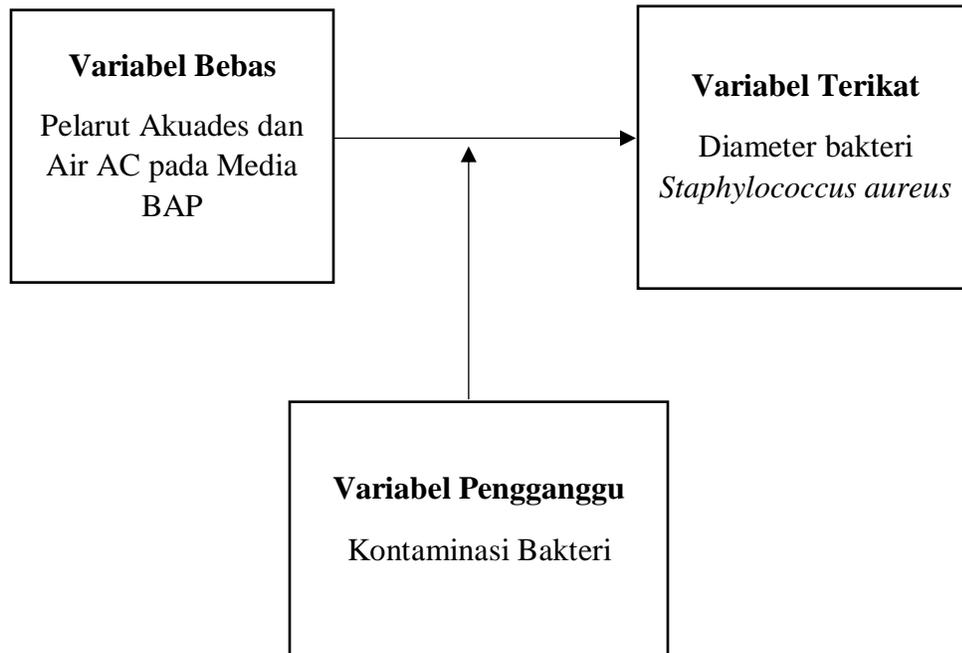
B. Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka Teori

C. Hubungan Antar Variabel

Hubungan antar variabel penelitian ini ditunjukkan pada



Gambar 3. Hubungan Antar Variabel

D. Pertanyaan Penelitian

Bagaimana efektifitas limbah AC sebagai pelarut dalam pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*?