

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Bakteri *Streptococcus pyogenes*

a. Klasifikasi

Klasifikasi bakteri *Streptococcus pyogenes* menurut Pitt (2018) diuraikan sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria

Filum : Firmicutes

Kelas : Bacilli

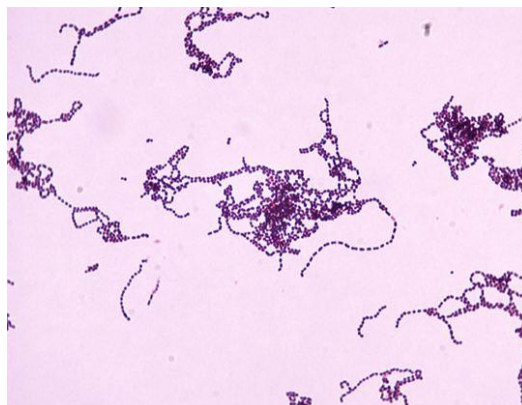
Ordo : Lactobacillales

Famili : Streptococcaceae

Genus : *Streptococcus*

Spesies : *Streptococcus pyogenes*

b. Morfologi dan Karakteristik



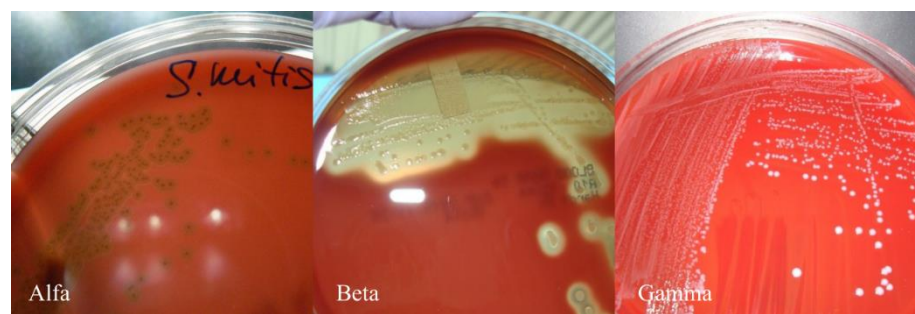
Gambar 1. Mikroskopis *Streptococcus pyogenes*
Sumber: Low, 2019.

Bakteri *Streptococcus pyogenes* merupakan bakteri Gram positif dengan diameter 0,5-1,0 μm yang dapat membentuk rantai pendek maupun panjang, tergantung pada strain dan media tempatnya tumbuh. Rantai panjang umumnya terbentuk pada media cair dibandingkan pada media padat (Octifani dkk., 2024). Bakteri *Streptococcus pyogenes* bersifat nonmotil dan tidak membentuk spora. Beberapa strain dapat menghasilkan kapsul asam hialuronat yang dapat terlihat selama 2-4 jam awal pertumbuhan. Namun, kapsul tersebut mungkin saja tidak terlihat pada kultur yang lebih lama, karena pada fase pertumbuhan berikutnya banyak strain juga menghasilkan enzim hialuronidase (Manglik, 2024).

Bakteri *Streptococcus pyogenes* bersifat aerob dan fakultatif anaerob. Bakteri ini dapat tumbuh pada media agar darah maupun agar serum dalam rentang suhu 22-40°C, dengan suhu optimal 37°C. Setelah diinkubasi selama 24 jam pada media agar darah, terbentuk koloni berukuran kecil, semi-transparan, berwarna abu-abu keputihan dan memiliki permukaan yang kusam atau mengilap (Manglik, 2024).

Koloni mukoid terbentuk oleh strain yang menghasilkan kapsul besar. Kandungan asam hialuronat yang tinggi menyebabkan koloni terlihat mengilap dan berair. Seiring bertambahnya waktu serta kondisi yang mengering, koloni mukoid akan berubah menjadi lebih pipih, kasar dan tampak kusam. Sementara itu, strain *Streptococcus pyogenes* yang tidak menghasilkan asam hialuronat membentuk koloni yang lebih kecil (Manglik, 2024).

Bakteri *Streptococcus pyogenes* bersifat katalase negatif dan memperoleh energi melalui proses fermentasi karbohidrat yang menghasilkan asam. Media yang paling baik untuk menumbuhkan bakteri ini adalah agar darah, khususnya yang menggunakan darah domba, karena dapat menunjukkan jenis hemolisis yang terjadi. Di sekitar koloni bakteri terlihat area hemolisis pada sel darah merah. Apabila area tersebut terlihat bening, maka disebut beta hemolisis (Korçari dkk., 2023). Zona hemolisis pada media BAP ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Zona Hemolisis pada *Blood Agar Plate*

Sumber: Raymond dkk, 2022.

Hemolisis beta terjadi karena terdapat dua jenis zat penghancur sel darah merah, yaitu streptolisin S dan streptolisin O yang tidak stabil terhadap oksigen. Kedua zat ini dihasilkan oleh sebagian Grup A *Streptococcus* (GAS). Strain yang tidak menghasilkan streptolisin S hanya menunjukkan beta hemolisis pada kondisi anaerob, karena streptolisin O tidak aktif pada kondisi aerob. Hal ini penting diperhatikan karena strain seperti ini mungkin tidak terlihat apabila inkubasi hanya dilakukan pada kondisi aerob (Korçari dkk., 2023).

c. Patogenitas

Patogenitas *Streptococcus pyogenes* berhubungan dengan struktur antigen dan eksotoksin yang dihasilkannya, seperti:

1) Dinding sel (*cell wall*)

Dinding sel terdiri dari lapisan peptidoglikan yang menjaga kestabilan dan bentuk yang tetap pada sel. Bagian lain yang termasuk dalam struktur dinding sel yaitu protein M dan asam lipoteikoat yang melekat pada dinding sel (Korçari dkk., 2023).

2) Protein M

Protein M memiliki struktur kimia yang serupa dengan myosin. Berdasarkan posisinya, protein ini berfungsi sebagai antigen yang merangsang reaksi imun dan sebagai tempat pelekatan fibrinogen (Korçari dkk., 2023).

3) Asam hialuronat (*hyaluronic acid*)

Asam hialuronat yang terdapat pada kapsul berperan penting dalam melindungi bakteri dari proses fagositosis (Korçari dkk., 2023).

Eksotoksin adalah zat yang berhubungan dengan patogenitas dan manifestasi klinis dari infeksi yang disebabkan bakteri. Beberapa toksin yang berperan penting adalah:

1) Streptolisin S

Streptolisin S (SLS) merupakan hemolisin yang stabil terhadap oksigen, tidak memicu respons imun dan dapat menghancurkan sel darah merah, sel darah putih dan trombosit. Toksin ini efektif dalam

membunuh sel fagositik yang menyerang bakteri. Produksi SLS bergantung pada serum. SLS berpengaruh pada terbentuknya hemolisis beta yang tampak pada media BAP (Murray dkk., 2020).

2) Streptolisin O

Streptolisin O (SLO) merupakan toksin yang dapat membentuk pori pada sel dan menghancurkan sel darah putih, jaringan sel dan trombosit. Toksin ini tidak tahan terhadap oksigen dan bersifat antigenik, Jumlah antibodi terhadap toksin ini dapat diperiksa melalui tes serologis yang dikenal dengan nama *Anti-Streptolysin O* (ASO) (Korçari dkk., 2023). Kadar pH pada media dapat memengaruhi ketersediaan dan aktivitas Streptolisin O (SLO), karena pada pH di atas 7,5 eritrosit menjadi lebih sensitif terhadap hemolisis dan SLO lebih mudah berinteraksi dengan sel darah merah. Selain itu, penurunan pH hingga di bawah 6,7 dapat mengaktifkan protease streptokokus yang justru menghambat kinerja (Dierksen dkk., 2000)

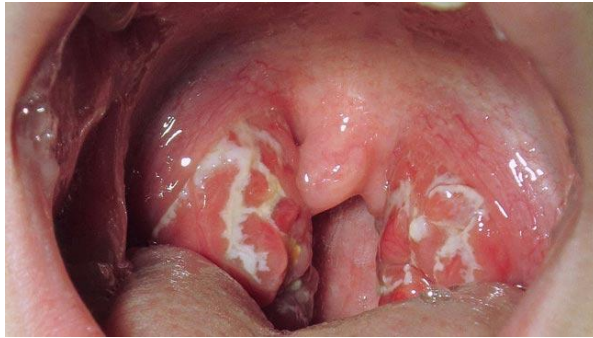
3) Superantigen toksin streptococcus

Toksin ini telah diketahui sejak lama sebagai penyebab beberapa penyakit, seperti demam scarlet (*erythrogenic toxins*) dan *streptococcal toxic shock syndrome*. Toksin ini juga dikenal dengan sebutan *streptococcal pyrogenic exotoxins* (Spe) (Korçari dkk., 2023).

4) Produk ekstraseluler lainnya

Sebagian besar strain Grup A *Streptococcus* (GAS) menghasilkan berbagai macam produk ekstraseluler seperti streptokinase, hialurodinase, nuklease dan C5a peptidase. Peptidase merupakan enzim yang menghancurkan protein komplemen C5a, yaitu faktor utama yang menarik fagosit ke area infeksi. Beberapa enzim lain dapat merusak jaringan dan sebagian digunakan dalam tes serologi, seperti streptokinase (Korçari dkk., 2023).

Grup A *Streptococcus* (GAS) dapat menyebabkan berbagai macam jenis penyakit. Berdasarkan tingkat keparahan dan jenis infeksi, penyakit ini dibagi menjadi tiga kelompok. Pertama, infeksi noninvasif, yaitu infeksi yang terbatas pada jaringan permukaan, seperti faringitis, impetigo dan selulitis. Kedua, infeksi invasif, yaitu kondisi ketika bakteri telah menyebar ke jaringan atau sistem peredaran darah, seperti septikemia, bakteremia dan *streptococcal toxic shock syndrome*. Ketiga, komplikasi nonsupuratif, seperti glomerulonephritis dan demam rematik (*rheumatic fever*) (Korçari dkk., 2023). Faringitis ditunjukkan pada Gambar 3.



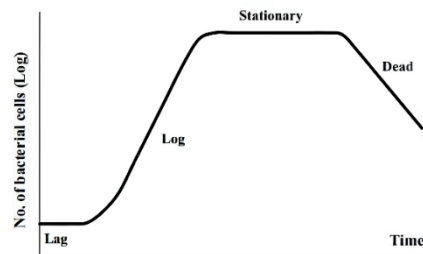
Gambar 3. Faringitis
Sumber: Higuera, 2023.

Grup A *Streptococcus* (GAS) dapat ditularkan melalui berbagai cara. Penularan langsung terjadi dari satu manusia ke manusia lain melalui inhalasi droplet pernapasan atau kontak kulit. Penularan juga dapat terjadi melalui lingkungan, seperti kontak dengan benda atau permukaan yang terkontaminasi serta partikel debu yang mengandung bakteri. Meskipun penularan melalui makanan yang terkontaminasi oleh pembawa *Streptococcus pyogenes* kini jarang ditemukan, kondisi tersebut masih berpotensi menyebabkan terjadinya wabah (Al-bermani, 2020).

d. Pertumbuhan dan Kebutuhan Nutrisi

Pertumbuhan merupakan proses bertambahnya seluruh unsur dalam organisme yang meningkatkan kemampuan individu, serta dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan yang mendukung (Yunita dkk., 2023). Hamdiyati mengatakan bahwa pertumbuhan bakteri dibagi menjadi empat fase, yaitu fase lag, fase pertumbuhan eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Empat tahapan ini menunjukkan pertumbuhan bakteri pada media kultur

(Yunita dkk., 2023). Kurva pertumbuhan bakteri ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Kurva Pertumbuhan Bakteri
Sumber: Anugroho dkk., 2024.

Pertumbuhan *Streptococcus pyogenes* sangat dipengaruhi oleh nutrisi serta lingkungan tempat bakteri tersebut hidup. Dalam tubuh manusia ataupun tubuh inang, terdapat perbedaan yang cukup besar dalam jumlah dan jenis zat yang tersedia, seperti glukosa, protein, asam amino, oksigen, karbon dioksida, pH dan tekanan osmotik. *Streptococcus pyogenes* merupakan kelompok bakteri yang membutuhkan banyak asam amino dari luar (auxotrofik) dan menggunakan glukosa sebagai sumber energi utama. Oleh sebab itu, bakteri ini harus bisa menyesuaikan diri terhadap perubahan kadar nutrisi yang terjadi agar dapat bertahan hidup (Pancholi dan Caparon, 2016).

Demikian juga jika dibandingkan dengan kadar glukosa dalam darah manusia, kadar glukosa yang terdapat pada air liur, sekret hidung serta kulit atau keringat memiliki kadar yang jauh lebih rendah. *Streptococcus pyogenes* merupakan bakteri penghasil asam laktat, seluruh energi yang dibutuhkan diperoleh melalui proses fermentasi yang menghasilkan asam. Oleh karena itu, bakteri ini harus beradaptasi

terhadap dua bentuk stress utama, yaitu kekurangan glukosa dan penurunan pH akibat penumpukan asam organik hasil fermentasi (Pancholi dan Caparon, 2016).

Streptococcus pyogenes termasuk dalam kelompok Bakteri Asam Laktat (BAL) yang mampu memecah glukosa menjadi asam laktat melalui proses fermentasi. Bakteri ini bergantung pada proses fermentasi sebagai sumber utama untuk menghasilkan energi melalui produksi Adenosin Trisfosfat (ATP), sehingga dapat berkembang baik di lingkungan anaerob. Sebagai patogen manusia, *Streptococcus pyogenes* juga terbiasa hidup pada lingkungan kaya nutrisi seperti darah. Secara umum, BAL dapat tumbuh di lingkungan yang kaya nutrisi seperti amino, purin, pirimidin dan vitamin. Beberapa vitamin spesifik juga diperlukan, seperti p-aminobenzoat, biotin, riboflavin, tiamin, vitamin B6, dan vitamin B12, di mana jumlah faktor pertumbuhan yang dibutuhkan berbeda antar organisme. Hal ini menunjukkan bahwa setiap jenis BAL memerlukan media kultur yang disesuaikan untuk mencapai pertumbuhan yang paling optimal (Levering, 2011).

2. Media Pertumbuhan Bakteri

Media kultur adalah gabungan nutrisi yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme, seperti jamur dan bakteri. Media kultur dapat digunakan apabila memiliki beberapa unsur, seperti kelembapan yang cukup, pH sesuai, kadar oksigen baik, media steril dan mengandung nutrisi yang diperlukan mikroorganisme. Unsur lain yang dibutuhkan

mikroorganisme untuk tumbuh adalah karbon, nitrogen, unsur non logam (sulfur dan fosfor), unsur logam (Ca, Zn, Na, K, Cu, Mn, Mg, Fe) serta vitamin, air dan energi (Bastian dkk., 2024).

Media kultur bertujuan untuk menyediakan keseimbangan nutrisi yang dibutuhkan agar mikroorganisme dapat tumbuh secara optimal. Pada dasarnya, media berfungsi sebagai lingkungan buatan yang dirancang semirip mungkin dengan lingkungan alami mikroorganisme hidup. Selain untuk mendukung pertumbuhan, media kultur berperan penting sebagai *gold standard* dalam diagnosis penyakit infeksi. Media kultur juga digunakan untuk mengisolasi, menguji karakter fisiologis dan melakukan perhitungan jumlah mikroorganisme (Atmanto dkk., 2022).

Streptococcus pyogenes merupakan bakteri yang membutuhkan media kultur yang kompleks karena sifatnya sebagai organisme *fastidious* (Ferretti, 2022). Berikut ini merupakan beberapa media kultur yang dapat mendukung pertumbuhan bakteri *S.pyogenes*.

a. *Nutrient Agar* (NA)

Nutrient Agar (NA) termasuk dalam jenis media umum, yaitu media yang dapat mendukung pertumbuhan berbagai jenis bakteri karena memiliki banyak nutrisi yang dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan bakteri. Media ini juga berfungsi sebagai dasar pembuatan media lain yang lebih kompleks (Atmanto dkk., 2022). Secara umum, media ini tersusun atas beberapa komponen utama, yaitu 0,5% pepton sebagai sumber nitrogen bagi pertumbuhan bakteri, 0,3% *beef extract*

atau *yeast extract* yang menyediakan vitamin, karbohidrat, nitrogen serta garam mineral, 1,5% agar sebagai pematat media dan 0,5% NaCl untuk menjaga keseimbangan osmotik sel. Media ini biasanya dibuat menggunakan akuades dengan pH 7,4 pada suhu 25°C (Sari dkk., 2025). Meskipun termasuk media umum, Al-Ameri (2024) melaporkan bahwa *S.pyogenes* dapat tumbuh setelah diinokulasikan pada permukaan media *Nutrient Agar*.

b. *Brain Heart Infusion* (BHI)

Brain Heart Infusion (BHI) adalah medium cair yang terdiri dari karbohidrat dan protein, berfungsi sebagai media pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* (Indrayati dkk., 2018). Bakteri *S.pyogenes* juga dapat diinokulasikan pada BHI cair kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Abdel-Shafi dkk., 2019). Media BHI termasuk ke dalam media kaya nutrisi yang banyak digunakan untuk menumbuhkan bakteri *fastidious*. Media BHI sering digunakan pada pengujian mikrobiologi klinis, biofarmasi, ilmu hayati, uji keamanan air dan pangan serta uji sensitivitas antibiotik (Ali dkk., 2023). Komposisi media BHI terdiri dari *brain-heart infusion* 37 gram, glukosa 20 gram, *L-cysteine hydrochloride* 1 gram, agar 20 gram dan air suling 900 gram (Chander, 2017).

c. *Chocolate Agar*

Media *chocolate agar* termasuk media diperkaya (*enrichment media*) karena mendukung pertumbuhan mikroorganisme tertentu

(Atmanto dkk., 2022). Media *chocolate agar* atau agar cokelat pada dasarnya merupakan agar darah yang dipanaskan sampai sel darahnya pecah (lisis), sehingga warnanya berubah menjadi cokelat. *Chocolate agar* mampu mendukung pertumbuhan bakteri, termasuk bakteri gram positif dan gram negatif yang *fastidious*. Komponen utama dari media ini adalah *beef extract* yang menyediakan nutrisi nitrogen, vitamin dan mineral (Wanger dkk., 2017).

d. *Blood Agar*

Darah merupakan komponen utama dalam media *blood agar*, sedangkan komponen lainnya sama seperti media *nutrient agar* (Parija, 2023). Secara umum, *blood agar* mengandung darah mamalia yang terdefibrinasi (Turista dkk., 2021). Darah yang biasa digunakan berasal dari domba, kuda, sapi atau babi. *Blood agar* merupakan media padat yang diperkaya (*enriched*) dan bersifat nonselektif. Media ini digunakan dalam pemeriksaan diagnostik karena mampu mendukung pertumbuhan bakteri aerob, anaerob, serta beberapa jenis jamur (Parija, 2023). *Blood agar* juga berfungsi sebagai media diferensial yang dapat memperlihatkan zona hemolisis, sehingga membantu dalam identifikasi bakteri yang memiliki kemampuan hemolitik (Sari dkk., 2025).

Media pertumbuhan seperti NA, BHI dan *chocolate agar* memang mampu untuk mendukung pertumbuhan *Streptococcus pyogenes*. Namun, *blood agar* merupakan media yang paling sesuai untuk mengamati karakteristik khas *Streptococcus pyogenes*, yaitu hemolisis beta. *Blood agar*

tidak hanya menyediakan nutrisi yang diperlukan, tetapi juga memperlihatkan morfologi koloni dan pola hemolisis yang lebih jelas. Hal ini menjadikan *blood agar* sebagai media yang relevan untuk digunakan pada penelitian.

3. Darah

Yulianto menjelaskan bahwa hewan ternak dikelompokkan menjadi ternak kecil dan ternak besar. Hewan seperti kuda dan domba termasuk ke dalam kelompok ternak besar (Kahfi dkk., 2024). Darah ternak mengandung nutrisi yang tinggi, seperti protein, peptide, zat besi, vitamin dan senyawa bioaktif lainnya (Cao dkk., 2025). Pada prinsipnya, kandungan darah hewan ternak tidak berbeda dengan darah pada manusia yang tersusun atas plasma, sel-sel darah dan trombosit (Arifin dkk., 2021). Darah terdiri dari plasma dan sel darah yang meliputi eritrosit, leukosit dan trombosit. Plasma darah terdiri dari 90% air dan berbagai zat terlarut. Zat terlarut tersebut mencakup protein plasma seperti albumin, globulin dan fibrinogen (Hasanah dkk., 2023).

Tabel 1. Komposisi Plasma Protein (g/100 mL Plasma) pada Hewan Ternak

Ternak	Total Plasma Protein	Fibrinogen	Total Serum Protein	Albumin	Globulin
Kuda	6,84	0,34	6,50	3,25	3,25
Sapi	8,32	0,72	7,60	3,63	3,97
Domba	5,74	0,36	5,38	3,07	2,31
Kambing	7,27	0,60	6,67	3,96	2,71
Anjing	6,72	0,52	6,20	3,57	2,63

Sumber: Sonjaya, 2013.

a. Darah Domba

Astuti menyatakan bahwa darah domba mengandung komponen nutrisi seperti protein, lemak dan karbohidrat, dimana kandungannya dipengaruhi oleh tingkat nutrisi hewan tersebut. Konsentrasi glukosa, protein dan trigliserida dapat berbeda sebelum dan sesudah pemberian pakan (Turista dan Puspitasari, 2019). Wahjuni juga melaporkan bahwa kadar protein dalam serum darah domba mengalami perubahan signifikan pada beberapa variasi pemberian pakan, sedangkan kadar glukosa tidak menunjukkan adanya perbedaan (Turista dan Puspitasari, 2019).

Proses metabolisme pada domba berfungsi mengubah nutrisi yang dicerna, seperti asam amino, asam lemak dan glukosa menjadi senyawa penting yang diperlukan untuk mendukung kelangsungan hidup domba (Wijaya dkk., 2016). Domba dapat mensintesis vitamin C (Pugh, 2020). Secara fisiologis, darah domba dewasa memiliki kisaran jumlah eritrosit 9,0 – 11,1 juta/ μ L, kadar hemoglobin 11,6 – 13,0 g/dL dan hematokrit 32,0 – 37,0% (Astuti dalam Turista dan Puspitasari, 2019). Kadar glukosa normal pada darah domba adalah 44 – 81 mg/dL (Chyntia dalam Faisal dkk., 2018).

Darah domba yang telah mengalami proses defibrinasi merupakan bahan yang paling ideal untuk pembuatan media agar darah, karena dapat menghasilkan zona hemolisis yang jelas dan optimal (Ellen dalam Nurhidayanti, 2019). Hal ini menjadikan darah domba banyak

digunakan dalam pembuatan BAP untuk identifikasi bakteri hemolitik seperti *S.pyogenes*.

b. Darah Kuda

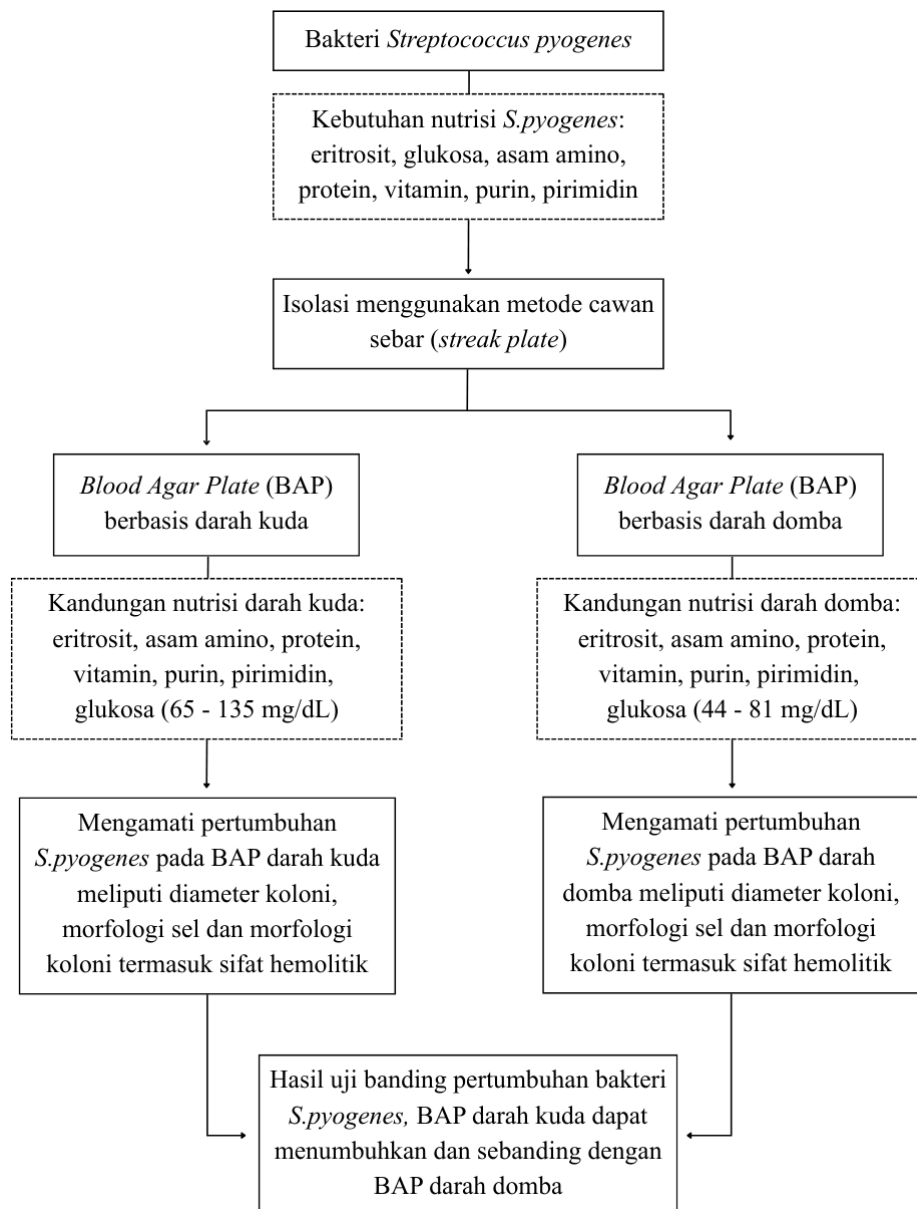
Profil biokimia darah kuda secara umum sangat beragam dan ditentukan oleh berbagai macam faktor. Aros menyatakan bahwa rentang nilai referensi biokimia darah kuda seringkali tidak konsisten antar literatur. Perbedaan ditemukan dalam nilai referensi normal antara kuda pekerja yang dibandingkan dengan kuda yang digunakan untuk olahraga. Kuda atlet yang sehat secara klinis menunjukkan kadar protein total, fosfat anorganik, magnesium dan kalium yang lebih rendah. Sedangkan kadar bilirubin total justru lebih tinggi apabila dibandingkan dengan nilai referensi umum yang ada (Dharmawan dkk., 2024).

Kuda sama seperti mamalia lainnya, yaitu hanya menggunakan 22 dari 500 jenis asam amino yang ada di bumi. Kuda mampu mensintesis 12 jenis asam amino non-esensial, sedangkan 10 asam amino esensial lainnya seperti lisin, metionin, arginin dan treonin harus disuplai melalui pakan (Prax, 2023). Kuda memiliki kadar kalsium yang lebih tinggi dan kadar fosfor yang lebih rendah di dalam serum apabila dibandingkan dengan spesies mamalia lainnya. Kadar vitamin D pada kuda tidak dipengaruhi oleh usia karena setelah usia 6 bulan, kadar vitamin D ditentukan oleh pakan (Alemi dkk., 2025). Nilai hemoglobin kuda yang dipelihara secara intensif berkisar 8 - 15.5 g/dL dengan standar normal 10.1 - 16.1 g/dL. Rentang normal glukosa darah pada

kuda berbeda-beda tergantung sumbernya, yaitu antara 62 - 134 mg/dL, 76 - 131 mg/dL dan 70 – 135 mg/dL (Ngarang, 2022).

B. Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kerangka Teori

C. Hipotesis

Tidak ada perbedaan hasil pertumbuhan bakteri *Streptococcus pyogenes* pada media *Blood Agar Plate* (BAP) darah kuda dan darah domba. Media BAP darah kuda dapat digunakan sebagai alternatif BAP darah domba untuk isolasi dan identifikasi bakteri *Streptococcus pyogenes*.