

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Aeromonas hydrophila*

2.1.1 Klasifikasi *Aeromonas hydrophila*

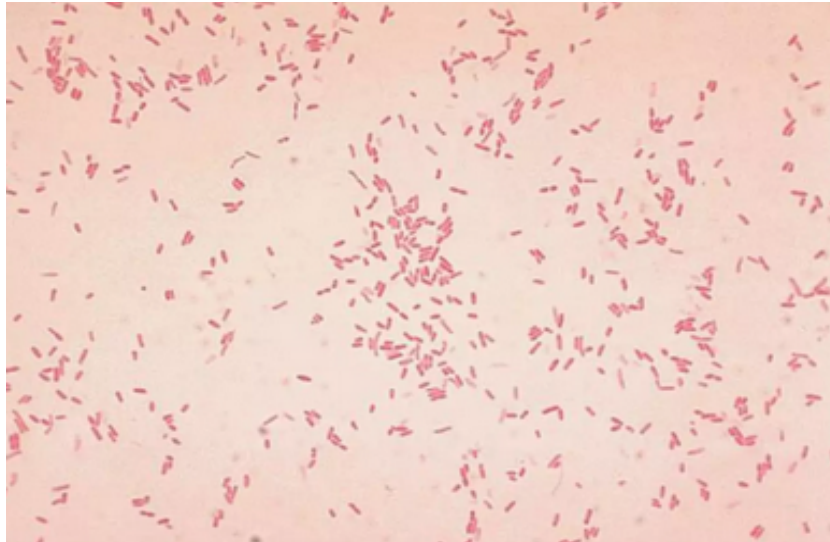
Aeromonas hydrophila adalah bakteri Gram-negatif tanpa terbentuknya suatu spora, yang sifatnya fakultatif anaerob, dan memiliki morfologi berbentuk batang, memiliki lebar sekitar 0,3–1,0 μm dan panjang 1,0–3,0 μm , serta ujung yang membulat, dan ditemukan di lingkungan air tawar dan payau (Mulia *et al.*, 2023).

Bakteri *Aeromonas hydrophila* merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam Kingdom *Bacteria*, filum *Proteobacteria*, kelas *Gammaproteobacteria*, ordo *Aeromonadales*, famili *Aeromonadaceae*, dan genus *Aeromonas*, yang secara umum dikenal sebagai bakteri Gram-negatif dengan kerap tumbuh dalam lingkungan perairan dan berpotensi memiliki sifat patogen pada manusia maupun hewan (Mulia *et al.*, 2023).

2.1.2 Morfologi *Aeromonas hydrophila*

Morfologi bervariasi dengan bentuk batang memiliki lebar antara 0,3 – 1 μm dengan panjang 1 – 3 μm . Bakteri ini adalah bakteri Gram negatif dengan gerak motil (dapat bergerak aktif) menggunakan flagela, dengan pleomorfisme, termasuk sel yang memanjang, terjadi di bawah kondisi stres tertentu. Bakteri ini termasuk dalam kategori mikroorganisme oportunistik (Janda dan Abbott, 2010; Pessoa dkk., 2019, dan Mulia *et al.*, 2023). Genus *Aeromonas* menunjukkan keragaman spesies yang terus berkembang. Jumlah spesiesnya meningkat dari 24 pada tahun 2010 (Janda dan Abbott), menjadi 32 pada tahun 2017 (Figueras *et al.*, 2017), dan mencapai 36 spesies pada tahun 2020 (Fernández-Bravo dan Figueras 2020).

Beberapa spesies *Aeromonas* bersifat patogenik, termasuk *Aeromonas jandaei*, yang belum banyak diidentifikasi di Indonesia (Dong *et al.*, 2017).



Gambar 2.1 Bakteri *Aeromonas hydrophila* Dengan Pewarnaan Gram dan perbesaran 1000x (Park *et al.*, 2011)

Sebuah studi sebelumnya melaporkan keberhasilan isolasi *A. jandaei* dari ikan air tawar yang dibudidayakan di Jawa Barat (Kusumawaty *et al.*, 2016). Bakteri ini pertama kali diisolasi dan dikaitkan dengan penyakit pada manusia, kemudian ditemukan juga pada buaya air tawar (*Crocodylus siamensis*) (Pu *et al.*, 2019), serta berbagai jenis ikan, termasuk nila (*Nile tilapia*), pir arucu (*Arapaima gigas*), dan ikan lele (Dong *et al.*, 2017; Assane *et al.*, 2021; Fauzi *et al.*, 2021; Proietti-Junior *et al.*, 2021).

Infeksi yang disebabkan oleh *Aeromonas* pada ikan nila (*O. niloticus*) dapat mengakibatkan penyakit dengan gejala klinis. Gejala tersebut meliputi perubahan warna kulit, kehilangan sisik, mata yang tampak keruh, pendarahan, dan kemerahan pada kulit, serta kerusakan pada sirip, hati yang mengalami nekrosis, ginjal yang berdarah, dan eksudat berwarna kuning (Assane *et al.*, 2021). Penelitian lain

menemukan bahwa ikan gabus (*Anabas testudineus*) yang terinfeksi *Aeromonas* menunjukkan gejala klinis seperti adanya luka borok, kerusakan pada ekor, ginjal dan hati yang mengalami pendarahan, penurunan nafsu makan dan berat badan, serta perilaku yang tidak normal seperti berenang dengan cara yang tidak teratur, yang juga disertai dengan sekresi lendir yang berlebihan pada tubuh ikan (Assane *et al.*, 2021).

2.1.3 Patogenesis *Aeromonas hydrophila*

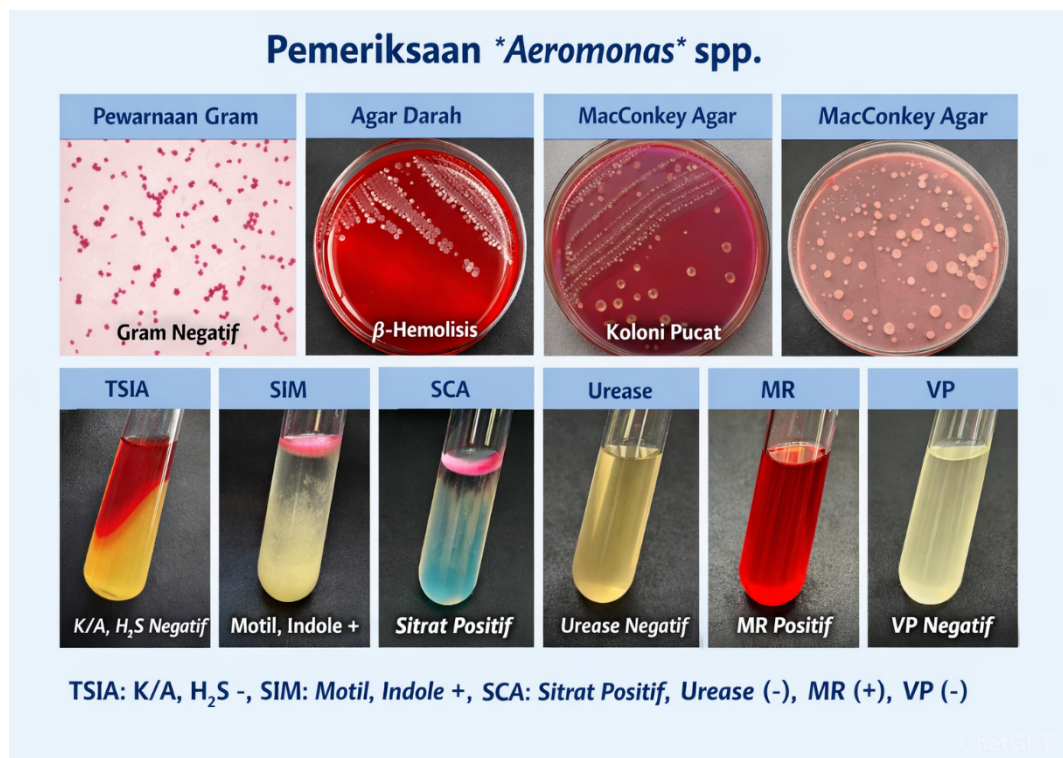
Mekanisme patogenisitas *Aeromonas hydrophila* sangat kompleks dan terkait dengan gen virulensi (Mulia *et al.*, 2020), seperti aer/haem, alt, ast, flaA, lafA, fstA, aspA, vasH, ascV, dan aexT (Beaz-Hidalgo *et al.*, 2013; Aravena-Roman *et al.*, 2014). Namun, perbedaan gen virulensi umumnya diamati, baik antara strain dari satu spesies *Aeromonas* maupun antar spesies *Aeromonas hydrophila*. Dalam studi sebelumnya, strain *A. caviae* MD-01 menunjukkan keberadaan gen virulensi aer/haem, alt, ast, dan flaA terdeteksi, tetapi gen lafA dan fstA tidak terdeteksi (Mulia *et al.*, 2020). Pada strain *A. caviae* Ac-01, gen aer/haem, ast, flaA, lafA, dan fstA terdeteksi, sementara *A. hydrophila* ditemukan memiliki gen aer/haem, alt, ast, dan flaA (Mulia *et al.*, 2023).

a. Gejala klinis

Infeksi oleh *Aeromonas hydrophila* paling sering mengenai saluran cerna dan kulit/jaringan lunak. Secara klinis dapat menimbulkan gastroenteritis akut berupa diare cair atau diare berdarah, nyeri perut, mual, muntah, dan demam. Pada luka yang terpapar air tawar atau air tercemar, bakteri ini dapat menyebabkan selulitis, abses, hingga *nekrotizing fasciitis*. Pada pasien

imunokompromais atau dengan penyakit komorbid (misalnya sirosis atau diabetes), dapat terjadi bakteremia dan sepsis yang berpotensi fatal (Fernández-Bravo and Figueras, 2020).

b. Diagnosis Laboratorium Berdasarkan Media, Pewarnaan, dan Uji Biokimia



Gambar 2.2 Pemeriksaan Bakteri *Aeromonas hydrophila* (Fernández-Bravo and Figueras, 2020)

Untuk Mengidentifikasi bakteri aeromonas secara spesifik perlu dilakukannya uji laboratorium yang terdiri dari Pewarnaan Gram, Uji Media *Blood Agar*, *MacConkey Agar* dan Uji Biokimia.

1) Pewarnaan Gram

Bakteri *Aeromonas hydrophila* terlihat pada objek gelas pengamatan secara mikroskopis tampak basil gram-negatif, bentuknya ialah batang pendek dengan

warna merah. Suatu bakteri dengan tidak dipertahankannya zat warna kristal violet saat proses gram diwarnakan ialah bakteri gram-negatif, yang memberikan warna merah apabila diamatinya melalui mikroskop (Rofiani dkk.,2017)

2) Media Kultur

Pada media *Blood Agar*: koloni biasanya bulat, halus, berwarna putih ke abu-abuan dapat menunjukkan hemolisis (Putri dkk., 2022).

Suatu jenis keselectifan instrument serta penggunaan diferensialnya guna isolasi dan identifikasi bakteri gram negatif ialah Media *MacConkey Agar*, yang umumnya tidak terjadi fermentasi laktosa koloni pucat (Rahmaniar dkk.,2025).

3) Identifikasi *Aeromonas hydrophila* Berdasarkan Uji Biokimia

TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*) pengujiannya ini agar dilakukan determinasi bakteri dengan digunakannya karbohidrat-karbohidrat khusus serta kemampuannya bakteri untuk dihasilkan suatu gas H_2S . Biasanya K/A (slant pada bagian atas miring merah, butt bagian dasar media kuning), yang artinya warna merah tidak ada fermentasi gula dan kuning glukosa difermentasi. pada bakteri *Aeromonas hydrophila* akan terlihat negatif karena tanpa produksi gas yang menonjol, dan umumnya tidak menghasilkan H_2S (Kusen dkk.,2015)

SIM (*Sulfide Indole Motility*), pada bakteri *Aeromonas hydrophila* motilitas positif (keruh menyebar), indole sering positif yang dimana bakteri tersebut membentuk indol dan terdapat motilitas, dengan adanya terlihat cincin berwarna merah di permukaan (Rahmaniar dkk.,2025).

SCA (*Simmons Citrate Agar*), pada bakteri *Aeromonas hydrophila* sering kali positif (berubahnya biru pada medianya), memperlihatkan mampu dimanfaatkannya pada bakteri tersebut dalam sitratnya yang menjadi sumber karbonnya (Rahmaniar dkk., 2025).

Urease pada bakteri *Aeromonas hydrophila* umumnya negatif karena bakteri ini tidak memiliki atau tidak mengekspresikan enzim urease yang diperlukan untuk menguraikan urea (Rofiani., dkk., 2017).

MR (*Methyl Red*) pada bakteri *Aeromonas hydrphila* biasanya positif, media akan berwarna merah karena bakteri menunjukkan fermentasi asam campuran sebagai hasil fermentasi glukosa (Mutia dkk., 2024).

VP (*Voges Proskauer*) pada bakteri *Aeromonas hydrophila* biasanya negatif, tidak ada perubahan warna kombinasi hasil tersebut membantu membedakan *Aeromonas hydrophila* dari bakteri gram negatif lain seperti *Vibrio* atau *Enterobacteriaceae* (Mutia dkk., 2024).

c. Terapi

Terapi tergantung pada beratnya infeksi:

Gastroenteritis ringan:

Rehidrasi oral, biasanya *self-limiting* dan tidak selalu memerlukan antibiotik.

Infeksi sedang-berat atau pasien risiko tinggi:

Antibiotik yang umumnya efektif antara lain:

- 1) Fluoroquinolone (misalnya ciprofloxacin)
- 2) Cefalosporin generasi ketiga (misalnya ceftriaxone, ceftazidime)
- 3) Trimethoprim-sulfamethoxazole

Catatan: *Aeromonas hydrophila* sering resisten terhadap penisilin dan ampicilin karena produksi β -laktamase. Pada kasus berat seperti sepsis atau nekrotizing fasciitis, diperlukan terapi antibiotik intravena dan tindakan bedah bila ada jaringan nekrotik.

2.2 Bajakah Tampala

Bajakah adalah tanaman yang banyak ditemukan di hutan-hutan Kalimantan, terutama di Kalimantan Tengah. Tanaman ini juga dikenal dengan beberapa nama ilmiah, seperti *Butea littoralis* (Hassk.) Blatt dan *Derris leytensis* Merr. Pohon ini mempunyai batang kuat dan besar, serta dengan akar merambat hingga 5 meter jaihnya. Bajakah tampala merupakan tanaman yang termasuk dalam Kingdom *Plantae*, *Angiospermae*, *Eudicot*, *Rosids*, *ordo Fabal*, family *Fabaceae*, subfamily *Faboidae*, tribe *Phaseoleae*, dan genus *Spatholobus* Hassk (Putra, 2019).



Gambar 2.3 Tanaman Bajakah Tampala (Sam, 2020).

2.2.1 Ciri-Ciri Morfologi

Ciri dari tanaman Bajakah Tampala (*Spatholobus littoralis* Hassk) ialah batangnya yang menyerupai tanaman merambat yang menempel tanaman lain.

Ukuran batangnya tidak terlalu besar, seukuran genggam tangan, dan berwarna coklat, dengan daun dominan berwarna kuning, coklat, serta berbentuk tajam dan terletak dibagian ujung bagian atas, bunganya memiliki warna ungu berukuran lebih kecil dari daunnya. Ketika batang pohon bajakah terpotong, air bening akan menetes dari bagian tersebut. Tanaman ini tumbuh subur di area yang rimbun, di mana sinar matahari sulit menembus. Bajakah dapat merambat hingga lebih dari 5 meter, menjulang tinggi pada kepada puncak pohon lainnya. Akar tanaman ini tumbuh kuat dalam dasar air lahan gambut yang mengalir, memberikan dukungan yang kokoh. Dengan batang sulur yang menjulang tinggi dan struktur yang kuat serta besar, bajakah benar-benar mencolok di habitatnya (Putra, 2019).

Bajakah Tampala merupakan tanaman yang kerap dimanfaatkan untuk mengobati secara herbal di Indonesia. Tanaman ini kaya akan senyawa bermanfaat, seperti komponen fenolik, flavonoid, tannin, dan saponin. Senyawa fenolik bekerja dengan merusak membran luar bakteri Gram-negatif seperti *Aeromonas hydrophila* melalui interaksi dengan fosfolipid dan protein membran, menyebabkan peningkatan permeabilitas dan kebocoran komponen intraseluler. Fenolik dapat menghambat enzim respirasi dan mengganggu keseimbangan oksidatif sel bakteri (Fernández-Bravo and Figueras, 2020; Bernabè *et al.*, 2022).

Flavonoid ialah turunan polifenol dengan dimilikinya kegiatan anti-bakteri melalui beberapa jalur. Flavonoid menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Aeromonas hydrophila* dengan menghambat enzim DNA gyrase dan topoisomerase, sehingga mengganggu replikasi DNA dan sintesis asam nukleat. Beberapa flavonoid juga terbukti menghambat pembentukan biofilm serta menekan

ekspresi faktor virulensi, yang penting dalam patogenesis *Aeromonas hydrophila* (Xie *et al.*, 2023; Cushnie *et al.*, 2020).

Tanin bekerja melalui mekanisme presipitasi protein dan inaktivasi enzim bakteri. Pada *Aeromonas hydrophila*, tanin mampu memiliki kaitannya terhadap protein dinding sel serta adhesin permukaan, sehingga mampu memperlambat kolonisasi serta mengurangi kemampuan bakteri melekat pada jaringan inang. Tanin dapat mengganggu sistem transport membran serta metabolisme energi bakteri (Daglia, 2020; Liu *et al.*, 2021).

Saponin memiliki struktur seperti deterjen alami karena memiliki bagian hidrofilik dan lipofilik. Saponin mempunyai sifat surfaktan dengan dapat membuat kerusakan integritas membran sel bakteri Gram-negatif dengan berinteraksi dengan lipid membran, menyebabkan lisis sel. Pada *Aeromonas hydrophila*, saponin dilaporkan meningkatkan permeabilitas membran luar sehingga memperkuat efek antibakteri senyawa lain atau antibiotik konvensional, menunjukkan potensi efek sinergis dalam terapi kombinasi (Madduluri *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2022).

Secara keseluruhan, keempat kelompok senyawa fitokimia tersebut bekerja melalui mekanisme multipel-disrupsi membran, inhibisi enzim, gangguan sintesis DNA, dan hambatan biofilm yang menjadikannya kandidat potensial sebagai agen antibakteri alami terhadap *Aeromonas hydrophila*, terutama dalam menghadapi peningkatan resistensi antibiotik. Berikut adalah beberapa manfaat dari Bajakah:

1. Meningkatkan Imunitas Tubuh

Akar bajakah tidak hanya efektif dalam melawan kanker, tetapi juga memiliki khasiat guna ditingkatkannya imunitas tubuh serta daya tahan tubuhnya.

Kandungan antioksidannya yang tinggi sangat bermanfaat untuk melawan radikal bebas dan melindungi kesehatan tubuh. Masyarakat setempat menggunakan obat tradisional ini dengan cara meminum air yang direbus dari batangnya (Hafifah dan Suparno, 2023).

2. Mengobati Gangguan Pencernaan

Air yang berasal dari rebusan bajakah tampala banyak digunakan oleh orang Kalimantan sebagai obat untuk diare dan perut yang sakit karena mengandung senyawa tanin, flavonoid dan senyawa antibakteri yang membantu mengurangi peradangan dan menghambat bakteri penyebab diare (Saputera dan Ayucheceria, 2018).

3. Obat Luka

Tanaman ini dipercaya memiliki sifat penyembuhan yang efektif, membantu mempercepat proses pemulihan dan mencegah infeksi. Dari penelitian Saputera dan Ayucheceria pada tahun 2018 mengungkapkan bahwa batang bajakah tampala terkandungnya flavonoid, fenolik, tanin, serta saponin yang berperan pada kesembuhan luka. Dalam studi sebelumnya, dijelaskan tentang penyembuhan luka menggunakan bajakah tampalah yaitu dengan mengolahnya jadi obat oles pada luka sayatan (Saputera dan Ayucheceria, 2018).

2.2.2 Akar Bajakah Tampala Sebagai Antibakteri

Akar Bajakah Tampala diketahui memiliki berbagai aktivitas farmakologi, termasuk efek antiinflamasi, sifat antivirus, kemampuan imunostimulan, efek antioksidan, penurunan tekanan darah, dan sifat antibakteri (Saputera dan Ayucheceria, 2018). Dalam pengobatan tradisional, akar kayu bajakah sering

digunakan untuk mengatasi berbagai masalah kesehatan, seperti terganggunya permasalahan saraf, hipertensi, infeksi mikrobakteri, gastrointestinal, serta mendukung proses penyembuhan (Ravipati *et al.*, 2014). Kajian sebelumnya menunjukkan akar kayu bajakah kaya akan senyawa kimia, termasuk metabolit sekunder meliputi tannin, flavonoid, alkaloid, dan saponin, yang keseluruhan senyawanya tersebut memiliki macam-macam kegiatan farmakologinya yang bermanfaat, meliputi sifat anti-malaria, anti-kanker, anti-oksidan, dan anti-bakteri serta manfaat lain. Dengan potensi yang dimilikinya, bajakah menjadi salah satu tanaman yang menarik untuk diteliti lebih lanjut dalam dunia kesehatan (Hasna *et al.*, 2021).

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, penggunaan konsentrasi ekstrak bajakah tampala (*Spatholobus littoralis Hassk.*) kepada bakteri Gram positif serta Gram negatif cukup bervariasi. Penelitiannya Habibi *et al.* (2022) menggunakan ekstrak bajakah tampala dengan konsentrasi 12,5%, 25%, dan 50% kepada bakteri gram positif *Staphylococcus aureus*. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi dapat memberikan hambatan bagi bakteri tumbuh melalui diameter zona yang terhambatnya dengan berurut, sejumlah 13,25 mm; 14,10 mm; serta 15,40 mm. Kian tingginya konsentrasi ekstraknya, kian besar juga pembentukan zonanya.

Penelitian oleh Saputera *et al.* (2019) menggunakan ekstrak etanol batang bajakah tampala melalui kadar 3,12%; 6,25%; 12,5%; 25%; dan 50% kepada bakteri *Escherichia coli*. Penelitiannya ini menghasilkan dengan kemampuan dari konsentrasi minimumnya memberikan penghambat pertumbuhan bakteri

(KHM/MIC) adalah 6,25%, sementara perolehan atas pembesaran zona hambatan terhadap konsentrasinya 50% melalui rata-rata diameternya 20,32 mm.

Penelitian Setyowati *et al.* (2023) menguji ekstrak etanol bajakah tampala kepada *Staphylococcus aureus* (Gram positif) serta *Escherichia coli* (Gram negatif). Kajiannya ini memperlihatkan konsentrasi 1% (b/v) sudah memberikan aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap kedua bakteri, dengan persentase penghambatan masing-masing sebesar 88,33% pada *S. aureus* dan 84,83% pada *E. coli*.

Berdasarkan penelitian terdahulu, rentang konsentrasi yang digunakan umumnya berada pada 1–50%, tergantung jenis ekstrak, metode pengujian, dan bakteri target. Di samping itu, penggunaan konsentrasi 20%, 30%, dan 40% pada penelitian sekarang terhadap *Aeromonas hydrophila* (bakteri Gram negatif) berada dalam rentang yang relevan dan didasarkan pada bukti bahwa konsentrasi menengah hingga tinggi cenderung menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih kuat.

2.3 Uji Kepekaan Antimikroba

Penggunaan metodenya secara umum untuk pengujian anti-mikrobanya ialah metode difusi cakram. Dalam metode ini, pemberian beberapa obat tertentu terhadap cakram kertas saring yang diberikan di atas permukaan media padat yang sudah diinokulasikan melalui organisme yang akan diujinya. Sesudah proses inkubasinya, diameter zona hambat yang jernih di sekitar cakram diukur.

Diperlihatkannya pada zona ini mengenai keefektifan obatnya itu guna melakukan penghambatan organisme yang tumbuh yang diujinya (Riedel et al., 2019).

Metode difusi cakram mini berprinsip dasar melalui penjuatan obat dalam cakram kertas saring, yang cakramnya ini terkandung obat yang kemudian ditaruk di atas instrument agar padat dengan sudah diinokulasi melalui mikroba yang akan diuji, setelahnya, diinkubasikan dalam suhu 37°C di waktu 18-24 jam. Sesudah proses inkubasinya, peneliti akan mengamati terdapatnya area jernih pada sekitaran cakram kertasnya, yang areanya ini dikenal sebagai zona hambat, memperlihatkan ketiadaan mikroba yang tumbuh dalam sekitarnya, menandakan efektivitas obat dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme tersebut (Tarigan, 2020).

2.4 Kloramfenikol

Suatu antibiotik berspektrum meluas dengan awalnya diperoleh dari bakteri *Streptomyces venezuelae*, tetapi kini lebih banyak diproduksi secara sintetis ialah kloramfenikol, yang mempunyai keefektifan dalam melawan macam-macam jenis bakterinya, yakni Gram positif serta Gram negatif, juga penggunaannya di medis sudah banyak dimanfaatkan dan dalam kedokteran hewan. Salah satu alasan mengapa kloramfenikol masih digunakan dalam penelitian dan uji laboratorium adalah kemampuannya yang sangat baik dalam menghambat sintesis protein mikroba. Ini terjadi karena kloramfenikol dapat mengikat pada subunit ribosom 50S, yang menghentikan proses translasi dan mengganggu kebutuhan produksi protein bakterinya agar tetap hidup (Rossi et al., 2020).

Tabel 2.1 Zona Hambat Chloramphenicol (CLSI, 2025).

Diameter Zona Hambat (mm)	Interpretatif
< 12	Resistensi (R)
13-17	Intermediate (I)
>18	Sensitif (S)

Kloramfenikol bekerja melalui penghambatan sintesis protein bakterinya dengan ikatan terhadap subunit ribosom 50S, yang membuat ikatan peptide yang terbentuk ini menjadi terhambat. Pada *Aeromonas hydrophila*, terutama *A. hydrophila*, berbagai penelitian menunjukkan bahwa kloramfenikol memiliki aktivitas bakteristatik yang baik terhadap isolat klinis maupun isolat dari lingkungan perairan. Studi molekuler menunjukkan bahwa hambatan pertumbuhan terjadi akibat gangguan translasi protein esensial yang diperlukan untuk metabolisme dan virulensi bakteri (Fernández-Bravo and Figueras, 2020).

Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar isolat *Aeromonas hydrophila*, *A. caviae*, dan *A. veronii* masih menunjukkan tingkat sensitivitas yang baik terhadap kloramfenikol, dengan nilai Minimum Inhibitory Concentration (MIC) yang relatif rendah pada isolat klinis tertentu (Fernández-Bravo and Figueras, 2020). Uji difusi cakram (Kirby–Bauer) pada berbagai studi juga menunjukkan zona hambat yang signifikan, menandakan efektivitas kloramfenikol dalam menghambat pertumbuhan *Aeromonas hydrophila*, terutama pada isolat non-multidrug resistant.