

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu jenis udang yang menjadi udang sangat disukai untuk dikonsumsi dan diekspor adalah jenis udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) (Sari dan Hafiludin, 2023). Permintaan yang tinggi terhadap udang vaname ini mendorong pengembangan sektor akuakultur, yang tidak hanya berfokus pada pemenuhan kebutuhan domestik tetapi juga memenuhi permintaan pasar global. Untuk memenuhi kebutuhan pangan dan gizi masyarakat di pasar domestik dan internasional, budidaya udang vaname memainkan peran penting dalam meningkatkan produksi perikanan. Budidaya ini juga membantu menjaga kelestarian sumber daya hayati perairan, membuka lapangan kerja, meningkatkan pendapatan, dan kesejahteraan petani ikan serta nelayan. Dengan metode budidaya yang berkelanjutan, udang vaname juga menjadi contoh bagaimana sektor akuakultur dapat tumbuh tanpa merusak ekosistem perairan.

Menurut Harris (2019), sektor perikanan, terutama melalui ekspor udang, memainkan peran penting dalam kontribusi devisa negara. Udang merupakan salah satu produk unggulan ekspor yang mampu bersaing di pasar internasional karena kualitasnya yang tinggi. Selain itu, sektor ini memberikan dampak positif terhadap perekonomian nasional dengan menciptakan lapangan kerja, memperkuat ketahanan pangan, dan meningkatkan hubungan perdagangan internasional. Dengan semakin meningkatnya kesadaran akan praktik akuakultur berkelanjutan, budidaya udang vaname diharapkan dapat terus berkembang sebagai sektor yang strategis dalam mendukung perekonomian dan keberlanjutan lingkungan.

Pada tahun 2017, produksi udang vaname di Provinsi Sulawesi Selatan mencapai 8.542,20 ton. Angka ini secara konsisten mencerminkan besarnya pasokan yang tersedia, baik dari pasar domestik maupun permintaan internasional yang terus meningkat, serta harga yang terus berfluktuasi. Potensi Indonesia sebagai salah satu eksportir udang terkemuka di dunia terhambat oleh kondisi global, seperti prevalensi penyakit EMS (*Early Mortality Syndrome*) di beberapa negara penghasil udang di Asia, termasuk Thailand, Vietnam, dan Malaysia. Hal ini memberikan peluang bagi Indonesia untuk mengevaluasi kebutuhan udang di pasar dunia (Haris, 2019). Bersama dengan provinsi lain seperti Selayar, Pinrang, Barru, dan Luwu Timur, Kabupaten Takalar merupakan salah satu produsen utama udang vaname di Sulawesi Selatan. Pada tahun 2013, jumlah total produksi udang vaname di Kabupaten Takalar mencapai 2.207 ton, sementara udang windu mencapai 1.392 ton (BPS Kab. Takalar, 2018)

Budidaya udang vaname, meskipun memiliki potensi yang besar, tidak lepas dari berbagai tantangan serius, salah satunya adalah kegagalan panen. Salah satu penyebab utama kegagalan ini adalah serangan bakteri vibrio, terutama *Vibrio parahaemolyticus*, yang dapat mengakibatkan kematian udang secara massal dalam waktu singkat. Bakteri *Vibrio sp.* menyerang pada fase zoea, mysis, dan awal post-larva, sehingga menghambat ketersediaan benih udang sehat dalam jumlah besar.

Gejala infeksi biasanya muncul dalam 1 hingga 3 hari, dan jika udang sudah terinfeksi, penyelamatan sulit dilakukan. Seluruh populasi udang yang terinfeksi biasanya dimusnahkan untuk mencegah penyebaran dan mutasi bakteri melalui media seperti air dan udara (Siregar et al., 2021).

Bakteri ini secara alami terdapat di lingkungan perairan payau, tetapi menjadi berbahaya baik bagi hewan maupun manusia ketika kondisi lingkungan berubah drastis atau saat udang berada dalam kondisi yang lemah. Serangan bakteri ini tidak hanya mengancam produksi, tetapi juga memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi petambak. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai langkah seperti peningkatan kualitas lingkungan dan penggunaan antibiotik sebagai agen antibakteri telah diterapkan. Namun, penggunaan antibiotik yang berlebihan atau tidak tepat justru dapat memicu masalah baru, seperti berkembangnya resistensi bakteri terhadap antibiotik tersebut dan menurunnya kualitas lingkungan di sekitar tambak (Fajrani et al., 2018). Kondisi ini tidak hanya memperburuk masalah kesehatan udang, tetapi juga mengancam keberlanjutan budidaya dan ekosistem perairan.

Selain itu, penggunaan antibiotik dapat menyebabkan residu pada udang meningkat. Menurut SNI 01-6366-2000, batas maksimum residu antibiotik yang diperbolehkan adalah 0,01 bagian per juta (ppm), sementara Uni Eropa secara tegas melarang adanya residu antibiotik pada produk udang. Residu ini dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan pada manusia, seperti imunopatologi, alergi, hepatotoksitas, gangguan reproduksi, nefropati, toksisitas sumsum tulang belakang, karsinogenisitas, dan efek negatif lainnya.

Kehadiran residu antibiotik juga dapat berkontribusi pada peningkatan resistensi bakteri pada manusia. Kondisi ini tidak hanya berbahaya bagi kesehatan masyarakat, tetapi juga dapat menurunkan produktivitas dan kualitas hasil budidaya udang vaname. Akibatnya, produk udang dengan residu antibiotik yang melebihi standar akan sulit menembus pasar ekspor (Aziza dan Chaidir, 2024). Penggunaan antibiotik secara terus-menerus memberikan dampak negatif pada larva udang karena dapat meningkatkan residu dalam tubuh dan menyebabkan resistensi (Harlina, 2018). Resistensi antibiotik pada *Vibrio* telah dilaporkan di berbagai negara, termasuk Brasil dan Jepang. Berdasarkan penelitian Rocha et al. (2016), 70 strain *Vibrio* yang diisolasi dari lingkungan udang di Brasil menunjukkan resistensi terhadap berbagai antibiotik, seperti ampicilin, siprofloksasin, dan tetrasiklin. Selain itu, penelitian Yano et al. (2014) juga menemukan bahwa *Vibrio parahaemolyticus* dari lingkungan sekitar menunjukkan resistensi terhadap ampicilin dan oksitetrasiklin, dengan persentase masing-masing sebesar 72% dan 3%.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi resistensi antibiotik pada udang vaname, khususnya dalam kaitannya dengan penurunan standar kebersihan pangan. Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana keberadaan dan tingkat resistensi *Vibrio sp.* terhadap antibiotik amoksisilin pada udang vaname yang berasal dari tambak yang ada di Kabupaten Takalar maupun beberapa supermarket yang ada di Makassar

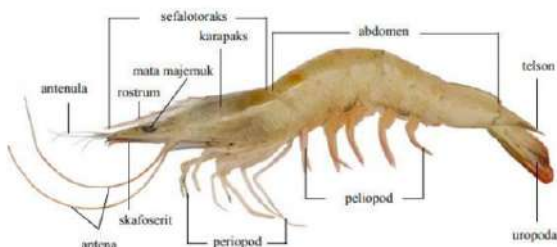
serta apa potensi risiko resistensi antibiotik tersebut terhadap kualitas dan keamanan pangan udang vaname?

1.2 Teori

1.2.1 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah spesies yang diperkenalkan dan telah banyak dibudidayakan di Indonesia. Udang vaname ini merupakan contoh dari jenis udang Latin Amerika yang termasuk dalam keluarga *Penaidae*. Sebagai pengganti udang windu, udang vaname mulai diproduksi setelah terjadinya perubahan lingkungan alami pada tahun 1996.

Udang vaname memiliki sejumlah keunggulan, antara lain daya tahan terhadap penyakit, kepadatan tebar yang tinggi, tingkat kelangsungan hidup yang baik selama pemeliharaan, serta rasio konversi pakan (FCR) yang rendah, juga memiliki karakteristik unik seperti sensitivitas terhadap perubahan salinitas, pertumbuhan yang cepat, dan kemampuannya untuk beradaptasi dengan perubahan suhu rendah (Anam et al., 2016). Oleh karena itu, udang vaname menjadi salah satu komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomi yang besar. Produktivitasnya dapat mencapai lebih dari 13.600 kg per hektar, dan permintaannya terus meningkat di kalangan konsumen (Nurhasanah et al., 2021)



Gambar 1. Morfologi Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*) (Ramadani et al., 2024).

Menurut Ramadani et al. (2023) klasifikasi vaname (*Litopenaeus vannamei*) adalah:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Anthropoda</i>
Kelas	: <i>Crustacea</i>
Ordo	: <i>Decapoda</i>
Famili	: <i>Penaidae</i>
Genus	: <i>Litopenaeus</i>
Spesies	: <i>Litopenaeus vannamei</i>

Tubuh udang vaname terdiri dari kepala dan perut (*abdomen*). Pada bagian kepala, terdapat *periopod* atau kaki jalan lima pasang yang dilengkapi dengan dua pasang *maxillae* dan tiga pasang *maxilliped*. Di bagian perut, terdapat ruas-ruas yang terdiri dari enam ruas dan lima pasang *pleoped* atau kaki renang. Untuk menjaga keseimbangan udang saat berenang, terdapat sepasang *uropods* berbentuk kipas dan tepat di atasnya terdapat *teslon* (Ramadani et al., 2023).

Bagian tubuh udang vaname terdiri dari dua cabang *biramous*, yaitu *eksopodit* dan *endopodit*. Udag vaname menjalani proses pergantian kulit (*moulting*) atau eksoskeleton secara berkala. Struktur tubuh udang vaname telah beradaptasi sedemikian rupa sehingga memungkinkan mereka untuk makan, bergerak, melakukan *burrowing* atau membenamkan diri ke dalam lumpur, serta menopang insang. Organ sensorik utama pada udang vaname adalah *antennula* dan antena. Sementara itu, *maksiliped* yang terletak di bagian kepala (*thorax*) telah mengalami modifikasi sehingga berfungsi sebagai alat makan (Muzahar, 2020).

Secara alami, udang vaname cenderung bersembunyi di dalam lumpur atau substrat selama siang hari dan menjadi lebih aktif pada malam hari. Udag ini bersifat *dioecious* atau heteroseksual, sehingga dapat dibedakan antara jantan dan betina. Meskipun demikian, pada usia yang sama, udang betina biasanya memiliki ukuran yang lebih besar dan tingkat pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan udang jantan. Selain itu, udang vaname tergolong sebagai organisme *euryhaline*, yang mampu beradaptasi dengan berbagai tingkat salinitas air. Dalam proses budidaya, petambak sering memberikan pakan dengan frekuensi tinggi untuk mendukung percepatan pertumbuhan dan meningkatkan hasil produksi (Ramadani et al., 2023).

1.2.2 Siklus Hidup Udag Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

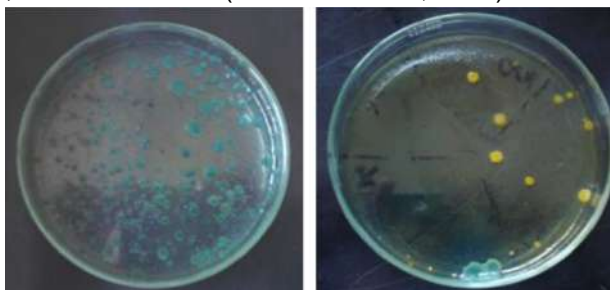
Musim kemarau dan hujan memiliki dampak signifikan terhadap organisme laut, termasuk udang. Udag vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan spesies *euryhaline* yang menjalani siklus hidupnya di lingkungan pesisir dan laut. Spesies udang ini tidak hanya mampu menghuni berbagai habitat, tetapi juga dapat bertahan di wilayah yang dipengaruhi oleh proses evaporasi dan curah hujan sepanjang tahun. Perubahan ini memengaruhi suhu perairan dan tingkat salinitas, yang berdampak pada kelangsungan hidup mereka (Hadi et al., 2018). Secara alami, siklus hidup udang vaname berlangsung di laut dan estuari, sehingga spesies ini memiliki kemampuan adaptasi terhadap berbagai tingkat salinitas. Kemampuan osmoregulasi udang vaname dipengaruhi oleh tekanan.

1.2.3 Bakteri *Vibrio* sp.

Vibrio sp. umumnya ditemukan di lingkungan perairan payau, seperti pantai dan muara sungai, dan sering terdeteksi dalam kegiatan budidaya udang. Keberadaan bakteri ini berkaitan erat dengan fluktuasi bahan organik dan kadar oksigen terlarut di area budidaya. Salah satu jalur masuk bakteri *Vibrio parahaemolyticus* ke tubuh manusia adalah melalui konsumsi udang vaname. Pada budidaya udang, bakteri *Vibrio* spp. menyerang pada fase *zoea*, *mysis*, dan awal post-larva, sehingga menghambat ketersediaan benih udang sehat dalam jumlah besar. Gejala infeksi biasanya muncul dalam 1 hingga 3 hari, dan jika udang sudah terinfeksi, penyelamatan sulit dilakukan. Seluruh populasi udang yang terinfeksi biasanya dimusnahkan untuk mencegah penyebaran dan mutasi bakteri melalui media seperti air dan udara (Siregar et al., 2021).

Vibrio sp. adalah bakteri gram negatif yang bersifat fakultatif anaerob, artinya bakteri ini dapat hidup baik dengan adanya oksigen maupun tanpa oksigen. Bakteri

ini dapat menyebabkan kematian massal pada budidaya udang, karena infeksiya dapat berkembang dengan cepat dan mempengaruhi kesehatan udang dalam jumlah besar. (Mahulauw et al., 2022). Bakteri *Vibrio* sp. tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi pH optimum antara 7,0–7,5 dan suhu optimum pertumbuhan 37°C. Bakteri dari genus *Vibrio* yang telah diidentifikasi meliputi *V. anguillarum*, *V. alginolyticus*, *V. ordalli*, *V. salmonicidavi*, *V. damsela*, *V. carchariae*, *V. cholera*, *V. fluvialis*, *V. parahaemolyticus*, *V. metchnikovii*, dan *V. furnisii*. Beberapa spesies *Vibrio* diketahui bersifat patogen, antara lain *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *V. carchariae*, *V. damsela*, *V. ordalli*, dan *V. vulnificus*. Selain itu, tiga spesies *Vibrio* yang dapat mengakibatkan foodborne diseases pada manusia adalah *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus*, dan *V. vulnificus* (Hikmawati et al., 2019).



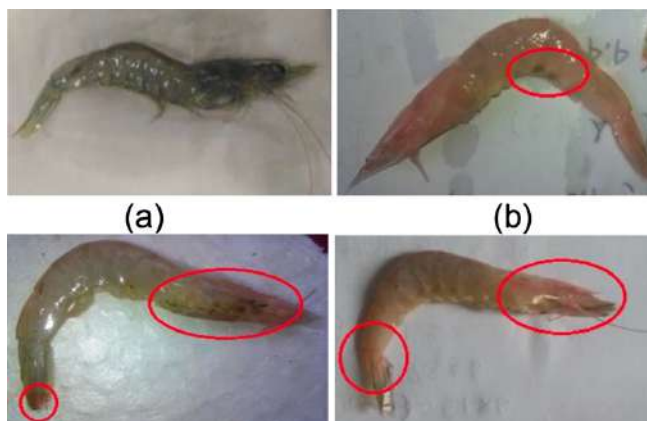
Gambar 2. Koloni Bakteri *Vibrio* sp. (Idami dan Nasution, 2020).

Pengamatan morfologi dari bakteri *Vibrio* sp. dilakukan dengan pewarnaan gram. Dibawah mikroskop terlihat koloni *Vibrio* yang tumbuh menyebar di permukaan kaca objek berbentuk batang bengkok (koma) dan berkoloni. Warna yang terlihat dibawah mikroskop yaitu berwarna merah. Ini artinya *Vibrio* merupakan salah satu bakteri gram negatif (Idami dan Nasution, 2020).

1.2.4 Penyakit yang Disebabkan Oleh *Vibrio* sp.

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) rentan terhadap serangan berbagai patogen, termasuk bakteri, jamur, dan virus. Infeksi bakteri *Vibrio* sp. sering menjadi penyebab utama penyakit pada udang, yang kerap berujung pada kematian massal. Beberapa spesies *Vibrio* yang diketahui menginfeksi udang meliputi *Vibrio harveyi*, *Vibrio alginolyticus*, dan *Vibrio parahaemolyticus*. Bakteri-bakteri ini berperan signifikan dalam menurunkan produktivitas budidaya udang (Mahulauw et al., 2022).

Bakteri *Vibrio* merupakan penyebab utama infeksi pada udang vaname. Bakteri ini dapat menyebabkan lisis pada sel darah tubuh inang, yang ditandai dengan perubahan warna tubuh udang menjadi merah dan akhirnya berujung pada kematian. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio*, dikenal sebagai vibriosis, memiliki tingkat fatalitas tinggi, bahkan dapat menyebabkan kematian total hingga 100% dalam kurun waktu satu hingga dua hari. Berdasarkan data Ditjen P2HP-KKP (2010), Uni Eropa menolak 26 ton ekspor udang dari Indonesia pada tahun 2005 dan 2007 akibat infeksi *V. parahaemolyticus*. Selain itu, laporan juga mencatat bahwa ekspor ikan dari Indonesia ditolak oleh Tiongkok pada tahun 2009 dan 2010 karena infeksi bakteri serupa (Jannah et al., 2018).



Gambar 3. Kondisi Udang Vaname yang terinfeksi oleh *V. parahaemolyticus*.

Gambar 3 menggambarkan kondisi udang vaname pada berbagai tahap infeksi akibat serangan bakteri. Pada gambar (a), udang terlihat dalam kondisi normal tanpa tanda-tanda penyakit. Gambar (b) menunjukkan udang dengan nekrosis di bagian kepala dan bercak hitam pada kaki renang, indikasi awal infeksi. Selanjutnya, gambar (c) memperlihatkan bercak hitam yang lebih parah, meliputi kaki jalan dan ekor, serta nekrosis yang meluas pada kepala. Pada tahap lebih lanjut, sebagaimana terlihat pada gambar (d), terjadi kerusakan parah pada kulit, nekrosis hampir di seluruh tubuh udang, bercak hitam pada kepala, dan usus yang kosong. Kondisi ini menggambarkan dampak serius infeksi bakteri terhadap kesehatan udang, sebagaimana dilaporkan oleh Jannah et al. (2018).

Infeksi *Vibrio* pada udang vaname ditandai dengan sejumlah gejala khas yang menunjukkan kerusakan fisik dan fisiologis. Gejala awal meliputi perubahan warna tubuh udang menjadi pucat, diikuti dengan kaki dan ekor yang memerah. Selanjutnya, ekor menjadi merah kecokelatan dan mengalami kerusakan atau geripis. Selain itu, karapas udang menjadi lunak, usus terlihat kosong, serta muncul bercak hitam yang diiringi nekrosis pada tubuh. Gejala-gejala ini mencerminkan tingkat keparahan infeksi yang dapat menyebabkan kerugian signifikan dalam budidaya udang (Jannah et al., 2018).

1.2.5 Antibiotik Amoksisilin

Penyakit infeksi merupakan salah satu masalah kesehatan utama yang sering ditemui, terutama di negara berkembang. Untuk mengatasi kondisi ini, antimikroba, seperti antibiotik dan antibakteri, antijamur, antivirus, serta antiprotozoa, menjadi pilihan pengobatan yang paling efektif (Sholih et al., 2015). Antibiotik adalah senyawa antibakteri yang dapat berasal dari mikroorganisme atau dihasilkan melalui sintesis senyawa non-organik. Berdasarkan jenisnya, antibiotik dikategorikan menjadi delapan kelompok utama, yaitu Penisilin, Sefalosporin, Aminoglikosida, Quinolon, Tetrasiklin, Makrolida dan Linkomisin, Polipeptida, serta kategori lainnya (Chusna et al., 2018).

Pada tahun 2010, penggunaan antibiotik didominasi oleh golongan penisilin sebesar 40,2%, diikuti oleh amoksisilin dengan 38,9%. Pola penggunaan antibiotik menunjukkan perubahan setiap empat bulan. Pada caturwulan pertama dan kedua,

terjadi peningkatan penggunaan penisilin yang tidak terlalu signifikan, namun pada caturwulan ketiga mengalami penurunan. Penisilin sering digunakan sebagai langkah awal untuk menghentikan pertumbuhan bakteri sebelum hasil pemeriksaan mikrobiologi tersedia. Akibatnya, penggunaan antibiotik definitif untuk infeksi dengan bakteri penyebab yang telah diketahui beserta pola resistensinya masih sangat terbatas (Sholih et al., 2015).

1.2.6 Penggunaan Antibiotik pada Budidaya Tambak Udang

Industri budidaya, khususnya budidaya udang, telah lama memanfaatkan berbagai jenis antibakteri sebagai bakterisida untuk mengendalikan penyakit. Antibiotik adalah senyawa kimia yang dihasilkan oleh organisme hidup atau dibuat secara sintetik dalam bentuk analognya, yang mampu menghambat proses vital mikroorganisme tertentu bahkan pada konsentrasi rendah. Penyakit pada udang windu biasanya diatasi menggunakan antibiotik seperti kloramfenikol, oksitetrasiklin, prefuran, dan lainnya. Namun, penggunaan antibiotik secara terus-menerus berpotensi menyebabkan resistensi bakteri terhadap obat, sehingga efektivitasnya menurun. Sebagai alternatif, penggunaan bahan alami mulai diperkenalkan, meskipun sejauh ini masih terbatas pada senyawa seperti saponin, rotenon, dan nistatin (Harlina, 2018).

Usaha yang telah dilakukan untuk mengontrol penyakit bakterial pada pembenihan maupun pemeliharaan udang di tambak, masih terus mengandalkan penggunaan obat-obatan atau bahan kimia seperti formalin dan *malachite green* serta antibiotik, seperti kloramfenikol, oxytetracyclin dan prefuran. Namun penggunaan antibiotik yang tidak tepat dan tidak terkendali telah mengakibatkan resistensi antibiotik yang telah menjadi masalah utama di seluruh dunia. Oxytetracycline yang efektif terhadap berbagai bakteri baik gram positif maupun gram negatif biasanya digunakan sebagai aditif pakan untuk pengendalian infeksi alami dalam budidaya. Penggunaan antibiotik ini memang manjur dan berkhasiat mematikan jenis bakteri ini, namun karena bahaya residu dan terjadinya resistensi terhadap antibiotik tertentu, maka penggunaannya mulai dilarang dan dibatasi terutama terhadap jenis antibiotik tertentu misalnya *Cloramphenicol*, *Penicillin*, Furazolidon dan turunannya. Telah dilakukan uji resistensi sedikitnya 691 isolat bakteri *Vibrio* terhadap beberapa jenis antibiotik dengan tingkat resistensi mencapai 94,6 %, bahkan sebelumnya Taslim menyatakan bahwa lebih dari 250 strain *Vibrio* telah resisten terhadap antibiotik (Harlina, 2018).

1.2.7 Pola Resistensi Antibiotik Terhadap Bakteri

Berdasarkan hasil penelitian (Kusmarwati et al., 2017), secara keseluruhan, isolat bakteri yang diuji menunjukkan resistensi terhadap enam dari delapan antibiotik yang diperiksa, yaitu doksisisiklin, nitrofurantoin, asam nalidiksik, amoksisilin-asam klavulanat, streptomisin, dan eritromisin. Semua isolat *V. parahaemolyticus* dari berbagai lokasi menunjukkan resistensi terhadap streptomisin, eritromisin, dan amoksisilin-asam klavulanat. Sebaliknya, sebagian besar isolat sensitif terhadap siprofloksasin dan kloramfenikol. Rendahnya resistensi terhadap siprofloksasin dan kloramfenikol diduga karena jaranganya penggunaan kedua antibiotik tersebut.

Hasil penelitiannya menunjukkan kesesuaian dengan laporan sebelumnya

yang menyebutkan bahwa sebagian besar isolat *V. parahaemolyticus* sensitif terhadap antibiotik tertentu, seperti kloramfenikol. Namun, terdapat pula laporan bahwa beberapa strain dari sampel lingkungan tambak udang menunjukkan resistensi, terutama terhadap siprofloksasin dan kloramfenikol. Resistensi terhadap siprofloksasin menjadi permasalahan serius, mengingat antibiotik ini merupakan salah satu pilihan utama untuk mengobati infeksi yang disebabkan oleh bakteri gram negatif.

1.2.8 Penyebab dan Dampak Resistensi Antibiotik

Bakteri dapat berkembang menjadi resisten terhadap antibiotik jika penggunaannya tidak dilakukan dengan tepat, misalnya ketika dosis atau durasi pemberian tidak sesuai. Resistensi juga dapat muncul dari gen-gen tertentu yang berasal dari strain penghasil antibiotik, yang secara alami melindungi diri mereka dari produk yang berbahaya. Gen-gen ini sering kali mengkodekan mekanisme resistensi dan dapat berpindah ke bakteri lain melalui transfer gen horizontal, mempercepat penyebaran resistensi. Transfer ini menjadi salah satu faktor utama dalam meningkatnya ancaman resistensi antibiotik secara global (Kusmarwati et al., 2017).

Caroll et al. (2016) mengidentifikasi beberapa mekanisme utama yang memungkinkan bakteri menjadi resisten terhadap obat-obatan. Mekanisme tersebut meliputi: (1) bakteri menghasilkan enzim yang mampu menghancurkan zat aktif dalam obat, (2) bakteri mengubah permeabilitas membrannya terhadap obat sehingga mengurangi efektivitasnya, (3) bakteri mengembangkan struktur target baru yang tidak terpengaruh oleh obat, (4) bakteri menciptakan jalur metabolisme alternatif yang memungkinkan mereka tetap berfungsi meskipun proses penghambatan oleh obat terjadi, dan (5) bakteri menghasilkan enzim baru yang dapat menjalankan fungsi metabolisme mereka dengan lebih tahan terhadap pengaruh obat.

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis tingkat resistensi bakteri *Vibrio sp.* terhadap antibiotik amoksisilin pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang berasal dari tambak dan pasar ritel.

2. Tujuan Khusus

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri *Vibrio sp.* dari udang vaname yang berasal dari kedua sumber, menentukan tingkat sensitivitas atau resistensinya terhadap antibiotik amoksisilin melalui uji kepekaan antibiotik, membandingkan tingkat resistensi antara sampel dari tambak dan pasar ritel, serta menganalisis faktor-faktor yang berpotensi memengaruhi perbedaan tingkat resistensi tersebut.

1.3.2 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan kepada petambak udang mengenai dampak penggunaan antibiotik secara berlebihan, termasuk risiko

terjadinya resistensi bakteri *Vibrio sp.* Pemahaman tersebut diharapkan mampu membantu meminimalkan kerugian akibat penurunan kualitas udang, serta meningkatkan keamanan pangan produk perikanan melalui penerapan penggunaan antibiotik yang lebih bijak dan terkontrol dalam kegiatan budidaya.

2. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan ilmu mikrobiologi dan kesehatan perikanan, khususnya terkait pola resistensi bakteri *Vibrio sp.* terhadap antibiotik amoksisilin pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dan data dasar bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan resistensi antibiotik pada produk perikanan, serta memperkaya literatur mengenai perbandingan tingkat resistensi antara udang yang berasal dari tambak dan pasar retail. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi bahan kajian akademik dalam upaya pengendalian penggunaan antibiotik secara rasional di bidang budidaya perikanan.

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Pengambilan sampel dilaksanakan pada Februari hingga Oktober 2025 di tambak budidaya udang vaname di Kabupaten Takalar serta di beberapa supermarket di Kota Makassar. Seluruh rangkaian penelitian dilakukan di Laboratorium Farmakologi Rumah Sakit Hewan Pendidikan dan Laboratorium Mikrobiologi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin. Lokasi pasar ritel meliputi Galael *Signature*, Pelelangan Ikan Rajawali, dan Hypermart Panakkukang, yang dipilih untuk merepresentasikan variasi sistem pemasaran udang serta potensi penurunan kualitas akibat proses distribusi dan penanganan. Sementara itu, lokasi tambak berpusat di Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Takalar sebagai sumber udang hasil budidaya.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cawan petri, tabung reaksi, ose steril, pinset, gunting bedah, timbangan analitik, mikropipet beserta tip, inkubator, autoklaf, laminar air flow, jangka sorong atau penggaris milimeter untuk pengukuran zona hambat, serta alat tulis laboratorium. Bahan yang digunakan meliputi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang diperoleh dari tambak di Kabupaten Takalar dan pasar ritel di Kota Makassar dengan umur pemeliharaan 53–108 hari, organ hepatopankreas udang sebagai sampel, media TCBS Oxoid (*Thiosulfate Citrate Bile Salts Sucrose*), MHA Oxoid (*Mueller Hinton Agar*), NB Oxoid (*Nutrient Broth*), NA Himedia (*Nutrient Agar*), akuades steril, serta cakram antibiotik merk Oxoid amoksisilin 10 µg/disk yang digunakan untuk uji sensitivitas bakteri.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan pendekatan *cross-sectional comparative* yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat resistensi bakteri *Vibrio sp.* terhadap antibiotik amoksisilin pada udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang berasal dari tambak di Kabupaten Takalar dan pasar ritel di Kota Makassar. Pemilihan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan metode non-probability sampling menggunakan pendekatan purposive sampling berdasarkan kriteria inklusi, guna memastikan bahwa sampel yang dianalisis relevan dan sesuai dengan tujuan penelitian. Proses pengambilan sampel dilakukan secara *convenience* atau *accidental sampling*, disesuaikan dengan ketersediaan sampel di masing-masing lokasi penelitian, baik yang berasal dari tambak maupun pasar ritel. (Kamaruddin et al., 2019).

2.4 Materi Penelitian

2.4.1 Populasi dan Sampel

Penentuan besar sampel dalam penelitian ini didasarkan pada pendekatan power analysis untuk perbandingan dua rerata independen, yang umum digunakan pada penelitian dengan variabel luaran berskala kontinu. Pendekatan ini bertujuan untuk menentukan jumlah sampel yang memadai berdasarkan kekuatan uji (*statistical power*) dalam mendeteksi perbedaan rerata antara dua kelompok yang tidak berpasangan (Clifton et al., 2019).

Menurut Clifton et al. (2019), perhitungan besar sampel untuk perbandingan dua rerata independen dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$n = \frac{2(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 \sigma^2}{\Delta^2}$$

$$n = \frac{2(Z_{1-0,5/2} + Z_{1-0,20})^2 5^2}{3^2}$$

$$n = \frac{2(Z_{0,975} + Z_{0,80})^2 5^2}{3^2}$$

$$n = \frac{2(1,96+0,84)^2 5^2}{(3)^2}$$

$$n = \frac{2 \times 7,84 \times 25}{9}$$

$$n = \frac{392}{9}$$

$$n = 43,56 \approx 45$$

Keterangan

n	= jumlah sampel per kelompok
α	= tingkat signifikansi (0,05 → dua sisi)
β	= resiko kesalahan 20%
$1 - \beta$	= power (0,80)
σ	= standar deviasi (5 mm)
Δ	= perbedaan rerata minimal yang ingin dideteksi (3 mm)
$Z_{1-\alpha/2}$	= nilai Z distribusi normal pada taraf signifikansi dua sisi
$Z_{1-\beta}$	= nilai Z berdasarkan power penelitian

Penelitian ini menggunakan total 90 ekor udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), dengan masing-masing kelompok perlakuan terdiri atas 15 ekor. Sampel tersebut dibagi menjadi enam kelompok perlakuan, yaitu tiga kelompok yang berasal dari tambak (Tambak 1, Tambak 2, dan Tambak 3) serta tiga kelompok yang berasal dari market (Market 1, Market 2, dan Market 3). Rincian jumlah sampel pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Pengolompokan Udang Vaname

Kode Perlakuan	Sumber Sampel	Asal Sampel (Lokasi)	Jumlah Sampel
T1	Tambak	Tambak 1	15
T2	Tambak	Tambak 2	15
T3	Tambak	Tambak 3	15
M1	Market	Pasar	15
M2	Market	Hypermart	15
M3	Market	Gelael	15

2.5 Pelaksanaan Penelitian

2.5.1 Pengambilan Sampel dan Identifikasi Sampel Udang Vaname

Sebanyak 90 sampel udang vaname dikumpulkan dari tambak di Kabupaten Takalar dan pasar di Kota Makassar untuk mengetahui perbedaan tingkat resistensi terhadap antibiotik amoksisilin. Masing-masing sampel memiliki berat sekitar 12,1–15,0 gram dan ukuran $\pm 9 - 12$ cm. Setelah itu, sampel disimpan dalam plastik steril yang telah diberi kode (Kusmarwati et al., 2017).

Pada tahap ini, dilakukan Seluruh sampel dianalisis untuk mengidentifikasi potensinya sebagai *Vibrio spp.*, dengan perhitungan konsentrasi bakteri dilakukan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN). Dalam penelitian ini, metode MPN dilakukan dengan 3 seri tabung pada media *Alkaline Peptone Water* (APW) *enrichment broth*, masing-masing dilakukan sebanyak 3 ulangan. Sampel yang menunjukkan kekeruhan pada media APW kemudian digores pada media chrom agar *vibrio* dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 18-24 jam.

2.5.2 Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan untuk mengetahui morfologi serta karakteristik dinding sel bakteri. Prosedur dimulai dengan pembuatan preparat pada kaca objek, dilanjutkan dengan fiksasi, pewarnaan menggunakan kristal violet, penambahan larutan lugol, proses dekolorisasi dengan alkohol, dan diakhiri dengan pewarnaan tandingan menggunakan safranin. Preparat yang telah selesai kemudian diamati di bawah mikroskop untuk menentukan bentuk sel dan sifat Gram bakteri. Berdasarkan hasil pengamatan, *Vibrio sp.* memiliki bentuk batang melengkung dan termasuk dalam kelompok Gram-negatif. Sisa kultur cair disimpan dengan penambahan gliserol steril dan dipreservasi dalam freezer untuk menjaga viabilitas isolat. Seluruh rangkaian identifikasi dilakukan secara aseptik di bawah *laminar air flow*, sementara pH media dipantau menggunakan pH meter untuk memastikan hasil yang akurat dan bebas kontaminasi.

2.5.3 Uji Sensitifitas Bakteri Terhadap Antibiotik Amoksisilin

Uji sensitivitas antimikroba dilakukan menggunakan metode difusi cakram (*disc diffusion*) pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA). Isolat bakteri *Vibrio sp.* diuji menggunakan antibiotik Amoksisilin (AMX: 10 µg/disk). Koloni murni *Vibrio sp.* hasil pemurnian pada media *Nutrient Agar* + NaCl kemudian diinokulasikan ke dalam media cair *Nutrient Broth* (NB) dan diinkubasi hingga terbentuk suspensi bakteri yang homogen. Suspensi tersebut dihomogenkan menggunakan *vortex*, lalu tingkat

kekeruhannya disesuaikan dengan standar *McFarland* 0,5 yang setara dengan $\pm 1,5 \times 10^8$ CFU/mL sebagai acuan kepadatan bakteri. Suspensi bakteri kemudian diinokulasikan secara merata pada permukaan MHA menggunakan swab steril dengan teknik rotasi, sehingga distribusi bakteri merata di seluruh permukaan media.

Setelah inokulasi, media dibiarkan selama sekitar 10 menit untuk memastikan permukaan agar mengering, kemudian cakram antibiotik amoksisilin ditempatkan pada permukaan media menggunakan pinset steril dengan jarak yang teratur. Selanjutnya, media diinkubasi pada suhu 37°C selama 18–24 jam. Setelah inkubasi, zona hambat berupa area bening di sekitar cakram antibiotik diamati dan diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter. Hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan standar sensitivitas antibiotik dari *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) untuk menentukan kategori respons bakteri terhadap amoksisilin, yaitu sensitif, intermediet, atau resisten.

Menurut Triani et al. (2017), perhitungan diameter zona hambat menggunakan rumus sebagai berikut:

Menurut Triani et al. (2017), rumus menghitung zona hambat adalah :

$$\frac{d1 + d2}{2} - X$$

Keterangan :

- d1 : Diameter vertikal zona bening pada media
- d2 : Diameter horizontal zona bening pada media
- x : Diameter kertas cakram (6 mm)

2.5.4 Parameter Zona Hambat

Pengukuran zona hambat dilakukan menggunakan mistar berskala atau jangka sorong untuk memperoleh diameter daerah hambatan pertumbuhan mikroba (mm), termasuk diameter cakram antibiotik. Setiap zona hambat diukur sebanyak tiga kali dari arah berbeda untuk memastikan tingkat akurasi hasil. Nilai yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan kelompok kontrol positif sebagai acuan interpretasi (Kusmarwati et al., 2016).

Berdasarkan kriteria menurut CLSI (*Clinical and Laboratory Standards Institute*) (2016), standard zona hambat amoksisilin terhadap bakteri gram negatif (*enterobacteriaceae*) dikategorikan resisten jika zona hambat berdiameter ≤ 14 mm, intermediet jika zona hambat berdiameter 14-16 mm dan sensitif jika zona hambat berdiameter ≥ 17 mm. Hal ini menunjukkan bahwa kontrol positif amoksisilin 10 µg/ml dikategorikan sebagai zona hambat “sensitif” karena mampu menghambat pertumbuhan bakteri sehingga menimbulkan sensitivitas terhadap bakteri tersebut dengan cara menghambat sintesis peptidoglikan yang menyebabkan terjadinya lisis osmotik pada bakteri.