

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Udang windu (*Penaeus monodon*) merupakan salah satu udang yang populer di Indonesia karena rasanya yang gurih serta nilai gizi yang baik (Alifia *et al.*, 2023). Selain windu, vaname (*Litopenaeus vannamei*) juga menjadi udang yang sangat populer karena lebih cepat tumbuh saat dibudidayakan serta memiliki rasa dan nilai gizi yang serupa, perbedaan fisiknya terletak pada ukuran tubuh dan warna dominan putih kebiruan pada vaname (Darmawan *et al.*, 2022). Aktivitas budidaya udang windu di Indonesia terus mengalami perkembangan dengan baik, provinsi Sulawesi Selatan menjadi daerah sentra budidaya udang windu. Permintaan benih yang terus meningkat menjadi masalah karena produksinya hanya mampu memenuhi permintaan 40% dari kebutuhan masyarakat (Budi & Aqmal, 2021). Kegiatan pembenihan didominasi skala kecil (*backyard*) yang hanya mampu memproduksi 300.000-1.00.000 benih sekali siklus, sedangkan hanya terdapat empat pembenihan skala industri di Kabupaten Barru dengan kapasitas produksi hingga 20 juta benih per siklusnya. Kendala yang sering dihadapi yaitu pada tingkat kelangsungan hidup larva yang rendah (Budi & Aqmal, 2021).

Salah satu faktor rendahnya tingkat kelangsungan hidup larva adalah kualitas induk, khususnya kualitas spermatofor yang dihasilkan oleh sistem reproduksi induk jantan. Spermatofor kualitas rendah memengaruhi keberhasilan fertilisasi dan daya tahan larva udang. Morfologi spermatofor menjadi interpretasi akan kualitasnya, warna spermatofor yang cenderung bening menandakan kualitasnya rendah. Warna bening disebabkan oleh spermatozoa yang belum matang dengan kuantitas sedikit. Spermatozoa yang tidak matang sempurna akan menghasilkan larva yang rawan mati karena nutrisinya bawaan yang belum cukup, untuk bertahan hingga stadia selanjutnya (Laining *et al.*, 2014; Muhsin, 2020). Persoalan masalah dalam spermatofor yaitu warna spermatofor menjadi tidak putih bahkan dibebberapa kasus menjadi hitam. Warna hitam menandakan terjadinya melanisasi yang disebabkan rotein dan juga umur dari induk jantan yang sudah tua (afkir) 8). Kualitas spermatofor dianggap krusial karena merupakan spermatozoa ke induk betina. Spermatozoa merupakan kantung berisikan spermatozoa yang dihasilkan oleh testis yaitu organ reproduksi pembentuk spermatofor, yang menyusun



membran sel dan matriks protein setelah spermatozoa dihasilkan oleh testis dan diagrerasi (Chomphuthawach *et al.*, 2015). Kualitas spermator dipengaruhi oleh asam lemak tak jenuh karena fleksibilitas ikatan rangkapnya yang membantu penguatan membran, yang menjadi penyusun spermatozoa (Wasityatuti, 2020). Selain itu, asam lemak tak jenuh juga penting karena menjadi prekursor perangsang hormon yang mendukung spermatogenesis yaitu proses pembelahan sel hingga menjadi sel gamet berupa spermatozoa (Soler *et al.*, 2023). Prekursor yang dihasilkan asam lemak tak jenuh mendukung proses sperm

Massa dan kualitas spermatozoa juga menjadi peran yang sangat penting terhadap warna spermator, massa rendah memberikan warna transparan terhadap spermator. Spermatozoa abnormal juga menjadi faktor kegagalan proses pembenihan. Salah satu penyebab dari kondisi abnormal spermatozoa ialah rendahnya *polyunsaturated fatty acids* (PUFA) pada nutrisi yang dimakan oleh induk (Harlioğlu *et al.*, 2018). Beberapa metode alternatif untuk mengatasi masalah ini, yaitu salah satunya dengan pengayaan pakan dengan menggunakan suplemen berbasis limbah jeroan teripang.

Teripang merupakan hewan akuatik yang banyak ditemukan pada perairan terbuka. Jeroan teripang merupakan bahan alam yang masih kurang dimanfaatkan sehingga menjadi limbah yang tak bernilai. Kharisma, (2012) menganalisis bahwa teripang memiliki kandungan asam lemak tidak jenuh yaitu *docosahexaenoic acid* (DHA), *eicosapentaenoic acid* (EPA), dan *arachidonic acid* (ARA). Asam lemak tidak jenuh yang diberikan pada induk udang windu dalam bentuk pakan, melalui mekanisme penyerapan oleh usus dan diolah oleh hepatopankreas akan merangsang proses pematangan gonad. Pakan rucah dipilih menjadi pakan campuran karena memiliki kandungan gizi yang cukup baik serta dapat menyerap suplemen. Pakan ikan rucah merupakan pakan segar yang memiliki bau alami yang dapat merangsang nafsu makan udang. Nugraha & Rozi (2020) menyimpulkan bahwa pakan rucah juga menjadi alternatif pakan yang baik karena ketersediaannya



bahan lokal berkesinambungan, dan membantu industri skala t pesisir. Mengingat pakan komersil berupa pelet didominasi ipor.

suplemen jeroan teripang pada pakan rucah secara tidak alalui proses fermentasi. Menurut Ramadhani (2015) organ-

organ reproduksi dan usus merupakan organ *viscera* terbesar pada teripang dan dapat dimanfaatkan. Teripang juga memiliki kandungan senyawa bioaktif sebagai antibiotik dan antibakteri. Senyawa bioaktif berupa antioksidan membantu mengurangi kerusakan sel dan jaringan tubuh. Melalui fermentasi dapat meningkatkan jumlah nutrisi. Proses fermentasi diketahui dapat meningkatkan daya cerna serta memperbaiki kualitas nutrisi melalui aktivitas enzimatik yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Proses fermentasi juga membuat waktu simpan lebih produk bisa bertahan lebih awet (Sari & Purwadaria, 2004).

Pemberian suplemen dalam dosis yang berbeda diperlukan karena kebutuhan nutrisi reproduksi memiliki batas optimal. Dosis yang terlalu rendah dikhawatirkan belum mampu memenuhi kebutuhan fisiologis dalam mendukung spermatogenesis oleh sistem reproduksi induk jantan, sedangkan dosis yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan metabolisme seperti terjadinya peroksidasi lipid akan kelebihan asam lemak yang menyebabkan meningkatnya *reactive oxygen species* (ROS) yang bersifat radikal dan merusak sel (Wasityatuti, 2020). Penelitian sebelumnya yang serupa dilakukan oleh Hibaturrahman, (2022) menyimpulkan bahwa pemberian pengayaan nutrisi pakan ikan rucah dengan menggunakan suplementasi berbasis limbah jeroan teripang, mengalami efek negative terhadap dosis berlebih. Hal tersebut dicurigai terjadi peningkatan radikal bebas perusak sel dengan kelebihan nutrisi spesifik.

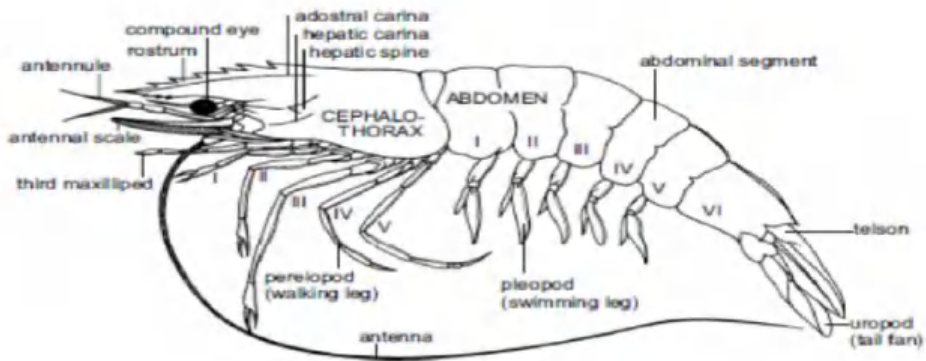
Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukannya penelitian terkait pemanfaatan limbah jeroan teripang dan dicampur pakan ikan rucah dengan perbedaan dosis untuk mengetahui pengaruh serta efektifitas terhadap induk jantan udang windu (*P. monodon*).



## 1.2. Teori

### 1.2.1. Anatomi dan Morfologi Udang Windu

Morfologi udang windu (*P. monodon*) dicirikan oleh dua bagian utama yaitu cephalothorax pada sisi kepala yang keras dan abdomen pada sisi badannya dengan tekstur bersegment. Pada bagian cephalothorax, terdapat antennules dan antena yang berfungsi untuk sensori, sedangkan mandibles atau rahang serta dua pasang maxillae yang juga membentuk menyerupai rahang fungsi penting dalam membantu pengambilan makanan (Agustina, 2013).



**Gambar 1.** Ilustrasi tampak morfologi udang windu *Penaeus monodon*. (Agustina, 2013; Primavera, 1990).

Pada daerah kepala juga terdapat tiga pasang maxillipeds pertama yang memiliki fungsi untuk penanganan makanan. Terdapat dua jenis kaki pada udang windu, yaitu kaki jalan (pereiopods) dan kaki renang (pleopods) dengan jumlah masing-masing lima pasang terdapat dibagian cephalothorax untuk pereiopods dan abdomen untuk pleopods. Pada bagian ujung terdapat ekor yang disebut telson (Agustina, 2013). Alat kelamin Jantan disebut petasama yang terletak pada kaki renang pertama dan kedua, sedangkan alat kelamin betina disebut thelycum yang terletak pada kaki jalan keempat dan kelima (Mufida, 2022).





**Gambar 2.** Perbedaan Organ Reproduksi Induk Udang Windu. A: panah menunjukkan thelycum pada induk betina; dan B: panah menunjukkan petasma pada induk jantan (Dokumentasi Pribadi).

### 1.2.2. Pakan dan Kebiasaan Makan

Udang windu bersifat omnivora, umumnya memakan detritus dan sisa-sisa organik, baik itu hewani atau nabati. Udang windu memiliki kemampuan penyesuaian diri terhadap makanan yang tersedia di lingkungannya, sehingga udang ini mempunyai sifat tidak terlalu memilih makanan. Dalam usaha budidaya sederhana (tradisional), udang windu mendapatkan makanan alami yang tumbuh di tambak seperti klekap, lumut, dan plankton. Udang akan bersifat kanibal jika kekurangan makanan (Mufida, 2022).

Udang windu merupakan organisme nokturnal yaitu aktif mencari makanan pada malam hari. Jenis makanan mereka sangat bervariasi tergantung pada tingkatan umurnya, pada stadia benih umumnya mereka menjadikan plankton seperti fitoplankton dan zooplankton sebagai makanan utamanya. Udang windu yang sudah dewasa cenderung menyukai daging binatang yang lunak, moluska (kerang, tiram, crustasea (Zulfikar, 2016).



media hidup biota akuatik, termasuk udang windu. Kualitas air yang sangat penting untuk di monitoring setiap hari. Parameter, salinitas, oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO), dan

derajat keasaman (pH) merupakan parameter penting yang harus terus dipantau. Kualitas air yang buruk akan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan mortalitas terhadap udang, stres yang disebabkan fluktuasi perubahan kualitas air juga memiliki pengaruh penting terhadap sistem reproduksinya (Ariadi *et al.*, 2019).

Salinitas merupakan jumlah total konsentrasi ion-ion terlarut dalam air, yang mempengaruhi tingkat osmotik udang. Perbedaan tekanan osmotik yang terdapat dalam darah menyebabkan energi udang terfokus untuk digunakan beradaptasi dengan lingkungannya, sehingga membuat energi untuk pertumbuhan dan reproduksi berkurang. Salinitas yang terlalu tinggi menyebabkan udang gagal melakukan pergantian kulit (*molting*) karena energi terfokus untuk proses osmoregulasi (Mufida, 2022). Putri *et al.* (2014) menyimpulkan bahwa salinitas dalam media pemeliharaan memiliki peranan penting, karena memiliki dampak terhadap terhadap tingkat kerja osmotik, efisiensi pemanfaatan pakan serta pertumbuhan biota. Amalia *et al.* (2022) mendeskripsikan bahwa hampir semua spesies udang diketahui sebagai biota yang dapat hidup dengan kisaran salinitas yang luas, namun tidak dalam keadaan tumbuh optimal. Salinitas yang optimal untuk udang windu dewasa adalah berkisar 20-30 ppt.

Suhu atau temperatur adalah parameter yang memiliki peranan sangat penting dalam perkembangan dan pertumbuhan udang. Metabolisme udang akan terus meningkat cepat seiring dengan naiknya kondisi suhu perairan. Umumnya, suhu yang optimal terhadap udang windu adalah berada pada kisaran 22-32°C, jika suhu perairan berada pada kondisi yang rendah dapat menyebabkan melambatnya metabolisme dan stress yang mempengaruhi pertumbuhan udang (Mufida, 2022).

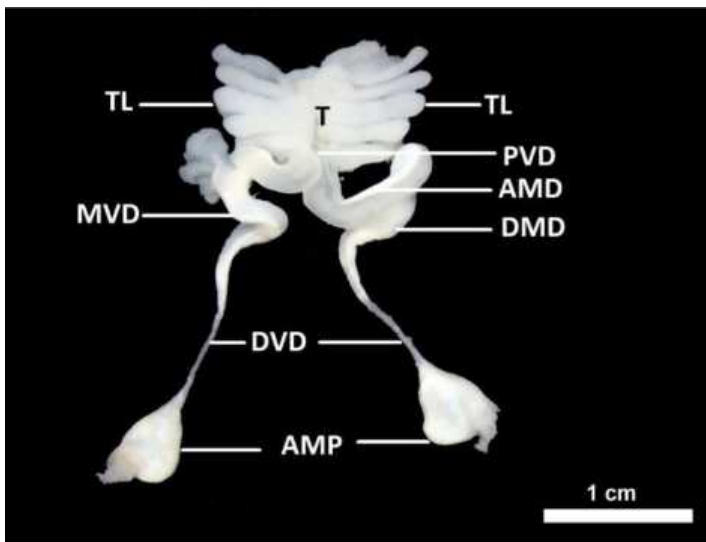
Oksigen terlarut atau DO adalah parameter akan konsentrasi kandungan oksigen dalam air. Pada tambak ekstensif, oksigen hanya didapatkan melalui hasil fotosintesis oleh individu yang memiliki klorofil (zat hijau daun) seperti pada alga dan plankton. Pada tambak intensif dan semi-intensif serta hatchery, DO dihasilkan melalui pemasangan aerator seperti selang aerasi, recirculate aquaculture system (pada tambak) (Li *et al.*, 2006). Oksigen terlarut merupakan variable penting, mempengaruhi resistensi terhadap penyakit dan . Umumnya, semua biota akuatik yang dibudidayakan seperti ikan tidak mampu mentolerir perubahan fluktuasi yang ekstrem oksigen terlarut yang baik berkisar 4–6 ppm (Mufida, 2022).



Derajat keasaman atau pH adalah indikator terhadap sifat kasaman dan kebasahan air. Parameter ini perlu dilakukan monitoring karena memiliki pengaruh penting terhadap proses metabolisme dan sistem fisiologis udang windu. pH yang optimal terhadap daya tahan tubuh dan pertumbuhan udang windu adalah 7,7-8,8 (Mufida, 2022; Yuniarso, 2006).

#### 1.2.4. Sistem Reproduksi Induk Jantan

Organ reproduksi pada induk Jantan udang windu terdiri dari testis, vas deferens, dan terminal ampula. Testis memiliki warna putih dan bertekstur lembut serta transparan tembus Cahaya, dengan sepuluh lobus testits yang terhubung di tepi bagian dalam dan mengarah ke vas deferens. Saluran vas deferens ini terbagi menjadi empat bagian, yaitu vas deferens proksimal yang pendek dan sempit, vas deferens medial yang lebih besar dan menebal, vas deferens distal yang relatif panjang dan tetap sempit, serta bagian akhir yang berotot yang disebut terminal ampula, yang menjadi ruang penyimpanan spermatofor (Rajkumar *et al.*, 2023).



**Gambar 3.** Sistem Reproduksi Induk Udang Jantan. AMD: anterior median deferens; AMP: terminal ampula; DMD: distal median deferens; DVD: distal vas deferens; VD: vas deferens; PVD: proximal vas deferens; T: testis; dan TL: testicular lobes (Rajkumar *et al.*, 2023).



komponen-komponen pembentuk spermatozoa. Pada medial vas deferens, terdapat lumen primer dan lumen sekunder yang mengandung spermatozoa matang dan akan dialirkan menuju bagian akhir yaitu terminal ampula sebagai penampung spermatozor (Arsana, 2007).

Organ reproduksi eksternal terdiri dari petasma. Petasma adalah sebuah pasangan dari endopod pleopod pertama, dengan bentuk menyerupai struktur yang saling berpautan satu sama lain dan menjadi alat untuk mentransfer spermatozoa ke induk betina. (Arsana, 2007).

### 1.2.5. Spermatozor

Spermatozor memiliki peranan penting dalam perpindahan spermatozoa pada udang dari induk jantan ke induk betina, sehingga kualitasnya harus tetap dijaga. Spermatozor memiliki jaringan luar (mukopolisakarida) yang terdiri dari bahan *basophilic* dan *eosinophilic*. Kualitas spermatozor yang kurang baik terdapat melanisasi, warnanya bening, tekstur lembek, sedangkan spermatozor yang baik berwarna putih susu (Lante *et al.*, 2014).

Spermatozor adalah kapsul yang terbentuk dari substansi seluler yang dihasilkan oleh epitel sekretori *vas deferens*. Pada udang windu, fertilisasi dilakukan secara eksternal sehingga spermatozor sangat berperan dalam melindungi spermatozoa hingga fertilisasi terjadi. Struktur spermatozor pada spesies dengan fertilisasi eksternal lebih kompleks dibandingkan spesies dengan fertilisasi internal karena spermatozor terpapar faktor lingkungan dan harus terlindungi saat menunggu fertilisasi di luar tubuh. Bentuk spermatozor bervariasi tergantung pada bentuk dan penyusutan lumen vas deferens serta komposisi substansi seluler pada lapisan spermatozor (Harlioğlu *et al.*, 2018).

Perubahan warna pada spermatozor dipengaruhi secara langsung oleh kepadatan serta kualitas spermatozoa. Pemberian pakan juga mempengaruhi warna spermatozor, dengan pemberian pakan berprotein tinggi (>40-45%) mendukung sintesis organel (mitokondria), protein kondensasi kromatin, dan pembentukan



yang kuat. Pemberian pakan yang mengandung nutrisi yang menyebabkan kekurangan asam amino esensial yang memicu lemah, sehingga massa pada spermatozor akan berkurang (Harlioğlu *et al.*, 2018). Harlioğlu *et al.* (2018) juga menganalisa bahwa warna spermatozor dipengaruhi oleh umur dan pakan dengan nutrisi yang buruk,

sedangkan warna transparan terjadi saat kondisi spermatofor kekurangan massa spermatozoa, warna transparan juga disebabkan oleh terisinya spermatofor dengan banyak cairan berwarna bening yang dihasilkan oleh proximal vas deferens.

### 1.2.6. Spermatozoa

Spermatozoa adalah bagian yang berada didalam dan dilindungi spermatofor. Terdapat tiga tahap pematangan Jantan yaitu pematangan testis dengan memproduksi sperma muda, pematangan vas deferens dimana terjadinya pematangan spermatozoa ditandai dengan pembentukan spike, dan pembentukan spermatofor pada terminal ampula sebagai produk final (Arsana, 2007). Proses pembentukan sel sperma dimulai dari spermatogonia yang berkembang di saluran seminiferus melalui pembelahan mitosis, sehingga jumlahnya terus meningkat. Sebagian spermatogonia kemudian tumbuh menjadi spermatosit primer yang memiliki inti bulat dan terlihat jelas dengan pewarnaan. Spermatosit primer ini mengalami pembelahan meiosis pertama dan menghasilkan spermatosit sekunder yang secara morfologi serupa, namun berukuran dua kali lebih besar. Selanjutnya, spermatosit sekunder menjalani meiosis kedua dan membentuk spermatid, yang ditandai dengan perubahan bentuk inti menyerupai sabit. Tanpa pembelahan lebih lanjut, spermatid mengalami diferensiasi menjadi spermatozoa, disertai penyusutan nukleus dan hilangnya sitoplasma. Bentuk akhir sel sperma yang matang menyerupai kepala peniti, siap untuk menjalankan fungsi reproduksi. (Arsana, 2007)

Morfologi spermatozoa memiliki perbedaan saat dalam kondisi normal dan abnormal, menurut Harlioğlu *et al.* (2018), spermatozoa normal tidak memiliki falgela atau motil serta memiliki spike (tonjolan) yang berasal dari sitoplasma. Harlioğlu *et al.* (2018) juga menyatakan bahwa morfologi spermatozoa yang tidak normal adalah hilangnya bagian kepala atau tidak utuh, spike bengkok atau hilang, dan tubuh yang tidak berbentuk dengan baik. Jumlah spermatozoa juga dipengaruhi oleh asal induk Jantan, udang tambak memiliki kuantitas spermatozoa rendah dibandingkan induk dari alam (Lante & Haryanti, 2005). Induk alam memiliki kualitas spermatozoa lebih

... pakan yang lebih heterogen atau beranekaragam, sedangkan ...nbak memiliki makanan yang homogen (Lante *et al.*, 2014).



### 1.2.7. Limbah Jeroan Teripang

Teripang adalah salah satu sumber hayati laut yang penting dan memiliki banyak manfaat sebagai bahan makanan dan juga obat-obatan. Kandungan senyawa bioaktif yang dimiliki oleh teripang menjadikannya sebagai biota laut yang memiliki potensi di pasar global (Hartati *et al.*, 2009). Meskipun demikian, jeroan teripang merupakan limbah yang sering dibuang karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomi dan manfaat mendalam. Jeroan teripang merupakan bahan alam limbah industry karena tidak bernilai ekonomis, organ-organ yang jeroan teripang diantaranya adalah organ pencernaan seperti faring, esofagus, lambung, dan usus panjang, serta organ reproduksi gonad, juga organ *respiratory tree* yang merupakan organ bercabang pertukaran gas bagi teripang (Bahrami *et al.*, 2014)

Teripang merupakan hewan yang lambat, menjadikannya memiliki mekanisme pertahanan tubuh yang efisien, yaitu memproduksi holothurin bersifat toksik untuk melumpuhkan makanannya. Penelitian holothurin sudah aktif lama dilakukan, karena memiliki sifat sebagai penyembuh luka dan antifungi (saponin) (Kustiariyah, 2007). Menurut Mahmudah *et al.* (2017) senyawa bioaktif yang dimiliki teripang juga mengandung antioksidan. Senyawa bioaktivitas metabolik yang terkandung antara lain adalah fenolik, steroid, terpenoid, dan saponin.

### 1.2.8. Kandungan Nutrisi Jeroan Teripang

Jeroan teripang memiliki komposisi nutrisi yang sangat potensial untuk mendukung fungsi reproduksi, khususnya pada induk udang windu. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhsin *et al.* (2023) menganalisis bahwa kandungan utama jeroan teripang meliputi protein sebesar 16,69%, lipid 8,62%, serta berbagai asam amino esensial seperti arginin, isoleusin, dan leusin. Selain itu, kandungan mikronutrien pada jeroan teripang juga cukup berlimpah, mencakup vitamin A (4,16 µg/g), vitamin C (84,67 µg/g), serta mineral seperti zat besi (47,22 mg/L), kalium (210,32 mg/L), kalsium (1.701,72 mg/L), magnesium (542,38 mg/L), dan seng (0,96 mg/L).



juga memiliki kandungan asam lemak jenuh dan tak jenuh, 41,62% asam lemak jenuh, 6,39% asam lemak tak jenuh rantai asam lemak tak jenuh rantai ganda termasuk EPA (6,73%) dan dikenal berperan penting dalam kualitas sel sperma. Kandungan potensi meningkatkan jumlah spermatozoa serta memperbaiki

kualitas reproduksi, serta hormon androgen yang penting bagi induk jantan udang windu untuk menstimulus gonad induk.

### 1.2.9. Asam Lemak

Asam lemak merupakan bahan bakar utama dalam proses metabolisme dan menjadi cadangan energi. Asam lemak juga komponen esensial untuk membran sel dan sebagai regulator gen. Terdapat tiga jenis asam lemak jika diklasifikasikan berdasarkan jumlah atom karbon dan ikatan rangkapnya, yaitu asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*; SFA), asam lemak tidak jenuh tunggal (*monounsaturated fatty acids*; MUFA), dan asam lemak tidak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acids*; PUFA). Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap, sedangkan asam lemak tidak jenuh memiliki satu ikatan rangkap (MUFA) atau lebih (PUFA). Selain perbedaan ikatan rangkap MUFA dan PUFA, klasifikasi pada PUFA juga spesifik diberikan asam lemak dengan jumlah atom karbon sebanyak 20 atau lebih dengan sebutan *Highly Unsaturated Fatty Acids* (HUFA) seperti (Wasityatuti, 2020). Pada jeroan teripang terdapat HUFA yakni *docosahexaenoic acid* (DHA 22:6 n-3), *eicosapentaenoic acid* (EPA / 20:5 n-3), dan *arachidonic acid* (ARA / 20:4 n-6).

Asam lemak tak jenuh ganda berantai Panjang atau HUFA akan diserap melalui *midgut* (usus tengah) dan menjadi struktur lipoprotein, yaitu gabungan lemak dan protein yang dapat larut dalam hemolimfa. Peredaran darah akan menyalurkan HUFA kedalam hepatopankreas untuk diolah dan beberapa disimpan dalam bentuk fosfolipid dalam sel-sel hepatopankreas yang bisa pecah sesaat testis membutuhkan jika reproduksi meningkat. Asam lemak juga akan diproses secara elongasi (perpanjangan atom karbon) dan desaturase (penambahan ikatan rangkap) sehingga lebih aktif secara biologis, karena tidak semua organ dapat menerima semua jenis asam lemak (Soler *et al.*, 2023). Namun, perlu diketahui bahwa udang tidak kaya akan enzim elongasi dan desaturase, sehingga kelimpahan HUFA merupakan indikasi yang baik agar hepatopankreas telah memiliki fosfolipid dengan rantai Panjang.



ARA dan DHA serta ARA tidak memiliki mekanisme kerja yang sama dengan DHA, berfungsi sebagai komponen struktural membran sel. Asam lemak dengan ikatan rangkap yang banyak memberikan sifat fleksibilitas dan kemampuan untuk membentuk kepala spermatozoa beserta akrosom serta ekor spermatozoa. Sedangkan ARA akan menjadi prekursor

prostaglandin dan tidak berfokus dalam memberikan perlindungan membran bagi spermatozoa, ARA menjadi bahan penting bagi enzim siklooksigenase (COX) untuk mengubahnya menjadi prostaglandin. Prostaglandin yang dihasilkan kemudian menjadi molekul sinyal local dalam testis yang merangsang proses spermatogonia, yaitu pembentukan sel calon spermatozoa yang terbelah secara mitosis, dan merangsang diferensiasi yang dilakukan oleh spermiogenesis (spermatid menjadi spermatozoa) agar lebih berjalan dengan baik (Soler *et al.*, 2023).

### 1.2.10. Hormon Androgen

Hormon adalah sekresi zat kimia dari kelenjar endokrin dari sel-sel khusus yang ada pada organ tertentu dan menggunakan peredaran darah untuk bersirkulasi dalam mencapai target tubuh tertentu (Utomo & Hidayat, 2017). Hormon androgen adalah hormon steroid yang dihasilkan oleh kelenjar androgen dan memiliki peran penting dalam menstimulasi proses spermatogenesis dan memperbaiki kualitas spermatozoa. Hormon testosteron merupakan hormon yang merangsang dan mempengaruhi sistem reproduksi hewan itu sendiri (Saleh, 2018). Pada kurustasea seperti udang, berbagai proses fisiologisnya dikendalikan oleh neurohormone misalnya mendeteiksi ritme pasang surut, pengaturan gerak badan, mengatur fungsi metabolic seperti keseimbangan air dan ion (osmoregulasi), molting, pertumbuhan, perkembangan gonad, dan fisiologi reproduksi. Organ neurohaemal atau endokrin utama pada krustasea adalah susunan kelenjar X-organ, Y-organ, organ mandibularm ovary, dan kelenjar androgen yang menjadi organ penghasil hormon androgen (Saleh, 2018). Secara alami, induk menghasilkan hormon steroid untuk mendukung spermatogenesis.

Testosteron merupakan salah satu homron androgen yang umumnya digunakan untuk penelitian dalam memberi efek maskulinisasi. Penelitian oleh Riani *et al.* (2008) menunjukkan bahwa kadar hormon testosteron pada teripang segar secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan teripang yang telah mengalami proses pengeringan. Selain itu, distribusi hormon ini tidak merata di seluruh bagian ana jaringan daging memiliki konsentrasi testosteron tertinggi an testis maupun organ dalam lainnya. Temuan ini wa bagian tubuh tertentu dari teripang, khususnya jaringan otot, i besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber testosteron alami,



yang dapat berperan penting dalam mendukung fungsi reproduksi pada organisme target seperti udang windu (Riani *et al.*, 2007).

Hormon androgen berfungsi untuk menentukan jenis kelamin jantan beserta perilakunya, serta perkembangan saluran reproduksi. Meskipun secara alami hormon testosteron dihasilkan oleh testis, pengayaan pakan dengan kandungan testosteron dapat memberikan kelimpahan testosteron pada jantan. Fungsi utama dari hormon testosteron ialah mengatur pertumbuhan organ kelamin jantan, fisiologis reproduksi, serta perilaku seksual (Riani *et al.*, 2007).

Testosteron yang terkandung dalam suplemen bersifat lipofilik yang diberikan kepada media pakan, sehingga udang tidak memanfaatkan hormon tersebut secara langsung namun perlu penyerapan difusi pasif oleh epitel usus dan masuk ke hemolimfa. Sistem peredaran darah (hemolimfa) yang mendistribusikan hormon menuju organ yang memiliki reseptor androgen (Omran, 2012). Organ *Androgenic Gland* (AG) memiliki reseptor androgen, hormon testosteron yang diperoleh akan menstimulasi AG untuk memproduksi *Androgenic Gland Hormone* (AGH), hormon androgen utama pada udang. Selanjutnya, AGH mempengaruhi testis dalam mendukung spermatogenesis, proses pembentukan spermatozoa melalui pembelahan dan diferensiasi sel (Maheswarudu *et al.*, 2015).

Hormon merupakan kandungan penting pada limbah jeroan teripang, selain itu jeroan teripang merupakan sumber biokomponen laut yang kaya akan nutrisi esensial, meliputi protein, lipid, asam amino, vitamin, mineral, serta hormon testosteron. Kandungan tersebut berperan penting dalam mendukung proses spermatogenesis dan meningkatkan kualitas serta jumlah spermatozoa pada udang windu. Pemanfaatan limbah ini sebagai suplemen pakan fermentasi menunjukkan potensi aplikatif dalam optimalisasi fungsi reproduksi secara fisiologis dan struktural, namun harus dengan dosis yang tepat untuk mendukung kinerja fisiologisnya.

#### 1.2.11. Perbedaan Dosis

Pemberian suplemen berbasis limbah jeroan teripang dalam dosis yang



ini didasarkan pada prinsip bahwa setiap senyawa bioaktif s optimal yang memberikan manfaat fisiologis maksimal bagi sis yang terlalu rendah dikhawatirkan tidak mampu memenuhi roduksi secara optimal (Winantoro *et al.*, 2021). Dosis yang berpotensi melampaui kapasitas metabolisme sehingga

memberikan efek negatif yang tidak sesuai. Penentuan kisaran dosis yang tepat menjadi sangat penting karena respons biologis organisme terhadap suatu suplemen bersifat tidak linier, artinya peningkatan dosis tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kualitas yang dihasilkan.

Penentuan kisaran dosis dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hibaturrahman (2022), yang menggunakan suplemen berbasis jeroan teripang pada induk jantan udang windu dengan dosis 0, 25, 50, dan 75 ml/kg pakan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dosis 50 mL/kg memberikan hasil terbaik terhadap kualitas reproduksi, sedangkan dosis 75 mL/kg justru menunjukkan penurunan kualitas yang mengindikasikan adanya batas ambang dosis yang apabila dilampaui akan memicu respons negatif. Meskipun demikian, perbedaan komposisi nutrisi suplemen akibat perbedaan spesies teripang yang digunakan, metode fermentasi, dan bahan tambahan dalam proses pembuatan menyebabkan konsentrasi senyawa bioaktif per mililiter suplemen pada penelitian ini berbeda dengan penelitian Hibaturrahman (2022), sehingga dosis optimal yang ditemukan sebelumnya tidak dapat langsung diadopsi tanpa pengujian ulang dengan menggunakan perlakuan dosis berbeda, yakni 0, 30, dan 60 ml/kg pakan.

### 1.3 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis suplementasi limbah jeroan teripang yang optimal dalam meningkatkan performa reproduksi induk jantan udang windu (*P. monodon*).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi penting dalam membantu kegiatan pembenihan dan peningkatan produktifitas hatchery udang dengan memperoleh induk jantan yang berkualitas. Serta menjadi acuan untuk penelitian-penelitian yang akan dilaksanakan dimasa mendatang.



## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September sampai Oktober 2025 yang berlokasi di Instalasi Tambak Percobaan (ITP) Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluh Perikanan (BRPBAPP), Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan dan pengamatan hasil akan dilakukan di Laboratorium Parasit dan Penyakit Ikan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

### 2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yang tersaji dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Alat yang digunakan

Alat	Fungsi
Bak Pemeliharaan (Akuarium)	Wadah pemeliharaan hewan uji
Aerasi	Menyuplai oksigen terlarut
Cawan petri	Wadah sampel
Timbangan digital skala 0.1g	Menimbang hewan uji
Timbangan digital skala 0.001g	Menimbang spermatofor
Gelas ukur 100ml	Mengukur bahan
Pengukur kualitas air	Memonitoring kualitas air (Suhu, DO, pH, dan Salinitas)
Seser	Membersihkan bak dan memindahkan hewan uji
Mikroskop	Melakukan pengamatan parameter
Gunting bedah	Membedah hewan uji
Pinset	Mengambil spermatofor
Haemocytometer	Memudahkan pengamatan terhadap spermatozoa
Mikropipet	Memindahkan larutan dengan skala spesifik
	Mengukur panjang hewan uji
	Wadah pencampuran suplemen dan pakan



**Lanjutan Tabel 1.** Alat yang digunakan

Selang	Menyipon wadah pemeliharaan
Pisau	Memotong dan membersihkan pakan
Instalasi resirkulasi air	Mengurangi fluktuasi parameter kualitas air
Botol reagen 1000ml	Wadah fermentasi
Blender	Menghaluskan jeroan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yang tersaji dalam Tabel 2 berikut ini:

**Tabel 2.** Bahan yang digunakan

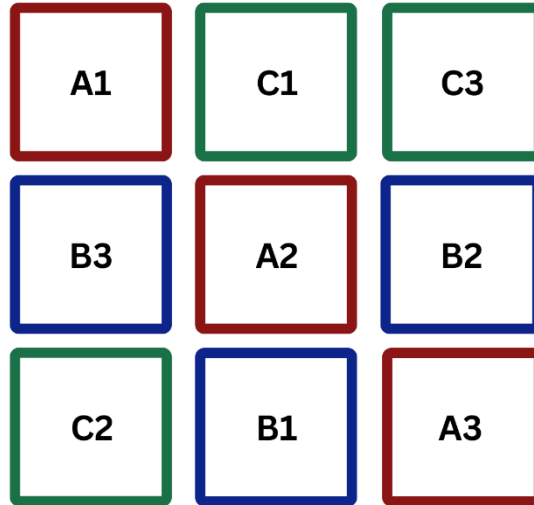
Bahan	Fungsi
Suplemen jeroan teripang	Bahan utama penelitian
Ikan rucah	Pakan hewan uji
PCR tube	Wadah spermatofor
Larutan garam bebas kalsium (Salin CF)	Menjaga kelembaban terhadap spermatofor yang
Es batu	Anastesi terhadap udang sebelum dilakukan pembedahan
Penggerus streil	Mengeluarkan spermatozoa dari spermatofor
Cover glass	Meratakan larutan diatas <i>haemocytometer</i>
Tip biru (50-1000 $\mu\text{m}$ )	Wadah larutan mikropipet
Tip kuning (2.0-200 $\mu\text{m}$ )	Wadah larutan mikropipet
Plastik Zip	Menyimpan pakan yang telah disuplementasi

### 2.3. Rancangan Percobaan dan Perlakuan



cang dengan menggunakan metode rancangan acak lengkap as 3 perlakuan dan setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan, tal 9 satuan percobaan. Adapun perlakuan yang diuji adalah igan suplemen limbah jeroan teripang dengan perbedaan dosis,

Perlakuan A : Pemberian pakan segar ikan rucah (kontrol)  
 Perlakuan B : Pemberian pakan segar ikan rucah + suplemen 30ml/kg pakan  
 Perlakuan C : Pemberian pakan segar ikan rucah + suplemen 60ml/kg pakan  
 Tata letak satuan percobaan yang dilakukan dengan metode rancangan acak lengkap (RAL) tersaji pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Acakan Wadah-Wadah Pemeliharaan Hewan Uji.

## 2.4. Pelaksanaan Penelitian

### 2.4.1. Wadah Pemeliharaan

Wadah pemeliharaan yang digunakan berupa akuarium yang terbuat dari kaca bening dengan ukuran 50 cm x 40 cm x 40 cm dan berjumlah 9 buah, sebelum dilakukan pengisian air, akuarium dicuci terlebih dahulu dengan menggunakan air bersih, lalu dikeringkan. Wadah pemeliharaan dilengkapi dengan sistem resirkulasi air berfilter dan aerasi untuk memberikan oksigen terlarut kedalam wadah. Wadah penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



### 2.4.2. Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan merupakan induk udang windu jantan sebanyak 27 ekor dengan bobot rata-rata 81,3g yang berasal dari salah satu tambak masyarakat Desa Cikoang. Jumlah penebaran hewan uji ialah masing-masing 3 ekor per bak (9 ekor per perlakuan).

### 2.4.3. Pakan

Pakan yang digunakan berupa ikan layang (*Decapterus spp.*) rucah yang dibeli dari nelayan setempat, pakan dibersihkan dengan membuang bagian kepala serta isiannya, lalu dipotong kecil-kecil dan dikumpulkan dalam wadah hingga mencapai 1 kilogram. selanjutnya direndam dengan suplemen dengan dosis yang berbeda-beda hingga suplemen menyerap ke pakan dan dikemas dengan plastik zip untuk dimasukkan kedalam kulkas demi menjaga kualitas pakan ikan rucah. Adapaun kandungan nutrisi suplemen limbah jeroan teripang yang dapat dilihat pada Table 3.

**Tabel 3.** Kandungan nutrisi suplemen.

Komposisi (%)				
Protein Kasar	Lemak Kasar	Air	Abu	Karbohidrat
39,31%	26,85%	94,95%	17,08%	16,75%

## 2.5. Pembuatan Larutan Limbah Jeroan Teripang

### 2.5.1. Persiapan Jeroan Teripang

Jeroan teripang diperoleh dari rumah industri yang memanfaatkan teripang, berlokasi di Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Jeroan yang diperoleh kemudian dicuci dengan air mengalir dan memisahkan garam serta pasir pada organ jeroannya. Setelah bersih, selanjutnya jeroan akan dihaluskan menggunakan blender sebelum dimasukkan ke botol reagen 1000ml sebagai wadah fermentasi.

Bahan lain seperti rumput laut, EM-4 perikanan, molase, bawang putih, dan air dicampurn dan diaduk terlebih dahulu hingga terhomogen. Bahan tersebut dimasukkan ke botol reagen lalu ditutup dengan plastik serta tutup botol reagen.



perlu dibuka sedikit 15-20 detik untuk mengeluarkan gas hasil terakumulasi berlebih dan merusak suplemen.

itian

can Uji

Ikan layang yang telah dibeli selanjutnya dibersihkan dan dipotong-potong menjadi ukuran kecil, kemudian pakan dicampur dengan suplemen limbah jeroan teripang sesuai dosis perlakuan. Campuran tersebut akan didiamkan beberapa saat agar suplemen dapat terserap kedalam pakan, disimpan dalam lemari pendingin dengan suhu rendah untuk menjaga kualitas pakan.

### 2.6.2. Pemeliharaan Hewan Uji

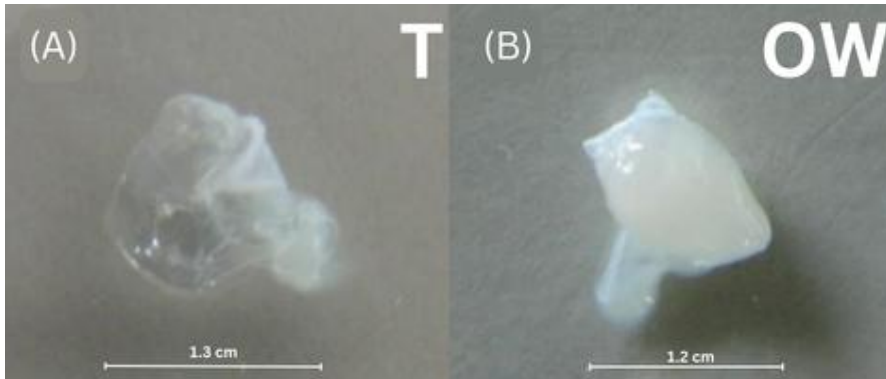
Hewan uji ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui bobot awal masing-masing. Udang kemudian diterbar pada bak penelitian, pemeliharaan dilakukan selama 30 hari, pemberian pakan dilakukan dengan frekuensi dua kali dalam sehari yaitu pada pagi dan sore hari (08:00 dan 18:00) dengan dosis 10% dari bobot tubuh udang. Sebelum melakukan pemeliharaan, hewan uji terlebih dahulu diberikan tagging sebagai upaya menghindari kesalahan pendataan. Pengecekan kualitas air dilakukan sebelum pemberian pakan setiap pagi dan sore hari. Sisa pakan yang tidak dikonsumsi oleh hewan uji diambil dengan menggunakan seser, ini merupakan salah satu upaya dalam mempertahankan kualitas air yang optimal bagi udang windu.

## 2.7. Pengamatan Parameter Penelitian

### 2.7.1. Warna Spermatofor

Pengamatan warna spermatofor dilakukan menggunakan alat bantu mikroskop. Spermatofor diambil pada hewan uji yang telah dianestesi, lalu dilakukan pembedahan. Pengambilan spermatofor dilakukan dengan bantuan alat berupa pinset berbahan stainless steel steril dengan berhati-hati, keudian disimpan diatas kaca preparat atau slide glass. Hewan uji dibedah lalu dimasukkan ke dalam PCR tube dengan larutan salin untuk meminimalisir degradasi morfologi yang disebabkan oleh paparan angin secara langsung. Pengamatan warna spermatofor dilakukan dengan membandingkannya secara subjektif sesuai tingkatan. Terdapat 2 tingkatan yaitu bening (T) dan putih pekat (OW) berdasarkan metode yang digunakan oleh Chomphuthawach *et al.* (2015). Namun, terdapat tambahan tingkatan pada pengamatan penelitian ini, yaitu putih bening atau *pellucid white* (PW) yang menjadi putih pekat berindikator baik, dan bening berindikator tidak baik.





**Gambar 6.** Pengamatan warna spermator metode (Chomphuthawach *et al.*, 2015). T: *transparent* / bening (A); dan OW: *opaque white* / putih pekat (B).

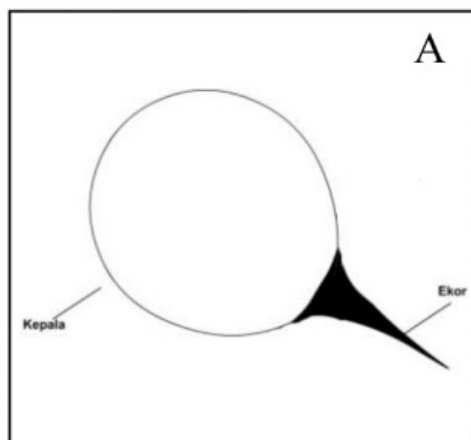
### 2.7.2. Persentase Abnormalitas Spermatozoa

Identifikasi abnormalitas spermatozoa dilakukan melalui pengamatan terhadap morfologi. Spermator yang berada dalam PCR tube berkapasitas 1.5ml dengan larutan salin 1ml digerus lalu dilakukan pengenceran 1:10. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan 100µl suspensi spermatozoa menggunakan mikropipet ke dalam PCR tube yang berisi 900µl larutan NaCl. Larutan kemudian diambil 20µl menggunakan mikropipet dan ditetaskan pada haemocytometer. Haemocytometer tersebut selanjutnya diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400x untuk evaluasi morfologi spermatozoa. Perhitungan indeks abnormalitas spermatozoa dilakukan dengan rumus:

$$\text{Persentase Abnormalitas (\%)} = \frac{\text{Jumlah Sperma Abnormal}}{\text{Total Sperma Diamati}} \times 100$$

Kriteria abnormalitas meliputi kelainan kepala sperma misalnya hilang atau tidak terbentuk sempurna, kerusakan pada spike (ekor) yang menyerupai tonjolan bengkok bahkan tidak muncul, dan gangguan pada tubuh utama sperma (deofrmasi). Tampak morfologi spermatozoa normal yang dijelaskan pada Gambar 7, oleh Anwar *et al.* (2007) dalam penelitiannya adalah terdapat bagian kepala berbentuk bulat tanpa kelainan, serta memiliki spike yang lurus.





**Gambar 7.** Morfologi spermatozoa normal pada induk udang (Anwar *et al.*, 2007)

### 2.7.3. Kualitas Air

Sebagai data tambahan dalam penelitian serta menjadi suatu upaya dalam mencegah agar hewan uji tetap merasa berada dalam kondisi lingkungan yang optimal. Terdapat beberapa pengukuran terhadap parameter-parameter kualitas air yaitu suhu, pH, oksigen terlarut, dan salinitas. Pengukuran dilakukan setiap hari pada pagi dan sore hari sebelum pemberian pakan harian, yaitu pada pukul 07:00 WITA dan 16:00 WITA.

### 2.8. Analisis Data

Analisis data pada parameter abnormalitas spermatozoa dilakukan dengan pendekatan kuantitatif. Data abnormalitas spermatozoa yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan aplikasi *statistical package for the social science* (SPSS) versi 25.0 untuk melakukan uji *analysis of variance* (ANOVA) agar mengetahui pengaruh pemberian pakan ikan rucah dengan campuran suplemen jeroan teripang terhadap persentase abnormalitas spermatozoa pada induk jantan udang windu. Jika terdapat perbedaan nyata ( $p < 0,05$ ), maka dilanjutkan dengan uji lanjut W-Tukey untuk mengetahui perlakuan yang paling optimal.

Parameter karakteristik warna spermatofor diamati secara deskriptif kualitatif.



an pada lokasi dan kondisi pencahayaan yang serupa untuk daan persepsi warna. Dokumentasi dilakukan menggunakan < mendukung analisis visual lanjutan. Perbandingan warna in antar perlakuan berdasarkan perbedaan dosis suplemen