

Optimalisasi Rasio Pakan Alami Cacing Laut (*Nereis* sp.) dan Cumi-Cumi (*Loligo* sp.) terhadap Performa Reproduksi Induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada Sistem Hatchery Intensif

Desilina Arif¹, Akbar Falah Tantri^{1*}, Rusli¹, Hendra Poltak¹, Ahmad Yani¹, Mustasim¹

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, Indonesia

*Correspondence E-mail: akbarfalah74@yahoo.com

Article History:

Received: 10 April 2026

Revised: 17 April 2026

Accepted: 18 April 2026

Keywords: Udang Vaname, Hatching Rate, Induk, Nutrisi Reproduksi, Pakan Alami.

Abstrak: Keberhasilan produksi benur pada sistem hatchery intensif sangat bergantung pada kualitas nutrisi induk untuk mendukung proses reproduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai rasio pakan alami cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.) terhadap nilai hatching rate (HR) induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari tiga perlakuan dan tujuh ulangan: P1 (25% cacing laut : 75% cumi-cumi), P2 (50% cacing laut : 50% cumi-cumi), dan P3 (75% cacing laut : 25% cumi-cumi). Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa rasio pakan berpengaruh sangat nyata ($p < 0,05$) terhadap daya tetas telur dengan nilai F -hitung (91,85) > F -tabel (3,55). Perlakuan P2 menghasilkan rata-rata hatching rate tertinggi sebesar 60,91%, diikuti oleh P3 (49,58%) dan P1 (38,27%). Hal ini menunjukkan bahwa keseimbangan antara asupan lipid (HUFA) dari cacing laut untuk vitellogenesis dan protein esensial dari cumi-cumi untuk embriogenesis sangat krusial dalam mengoptimalkan performa reproduksi. Disimpulkan bahwa rasio pakan 50% cacing laut dan 50% cumi-cumi merupakan komposisi optimal untuk meningkatkan produktivitas larva di hatchery.

PENDAHULUAN

Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu komoditas unggulan dalam sektor akuakultur yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta permintaan pasar yang terus meningkat, baik di tingkat domestik maupun internasional. Keunggulan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) antara lain laju pertumbuhan yang cepat, kemampuan beradaptasi terhadap kisaran lingkungan yang luas, serta tingkat kelangsungan hidup yang relatif tinggi. Oleh karena itu, pengembangan teknologi budidaya, khususnya pada tahap pembenihan di hatchery, menjadi aspek penting dalam mendukung keberlanjutan produksi (Rahi *et al.*, 2025). Keberhasilan produksi benur sangat ditentukan oleh kualitas induk dan sistem pemeliharaan yang diterapkan. Induk yang berkualitas mampu menghasilkan telur dengan viabilitas tinggi, sehingga meningkatkan keberhasilan penetasan dan jumlah nauplii yang dihasilkan (Haryati *et al.*, 2010). Dalam hal ini, faktor nutrisi, khususnya manajemen pakan induk, memegang peranan penting karena secara langsung memengaruhi proses pematangan gonad, jumlah telur, kualitas oosit, serta nilai hatching rate (HR).

Nutrisi induk udang, terutama protein dan lipid, memiliki peran penting dalam menunjang

performa reproduksi. Protein berfungsi sebagai komponen utama dalam pembentukan jaringan reproduksi dan perkembangan embrio, sedangkan lipid berperan sebagai sumber energi serta pengatur fisiologis melalui kandungan asam lemak esensial (D'Abramo *et al.*, 1997). Nutrisi memiliki peran substansial dalam proses reproduksi udang penaeid, sementara kebutuhan protein induk udang yang dapat mencapai lebih dari 45–50 % (Barreto *et al.*, 2023). Selain itu, komposisi lemak dalam pakan berpengaruh terhadap keberhasilan pemijahan dan kualitas telur (Barua *et al.*, 2025). Dalam praktik *hatchery* intensif, pakan alami seperti cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.) telah banyak digunakan karena kandungan nutrisinya yang tinggi. Cacing laut diketahui kaya akan *Highly Unsaturated Fatty Acids* (HUFA), khususnya *Arachidonic Acid* (ARA), yang berperan dalam sintesis hormon reproduksi dan pematangan gonad. Sementara itu, cumi-cumi merupakan sumber protein berkualitas tinggi yang mengandung asam amino esensial yang dibutuhkan dalam pembentukan jaringan dan perkembangan embrio. Kombinasi kedua jenis pakan tersebut diduga mampu meningkatkan performa reproduksi induk melalui mekanisme sinergis antara lipid dan protein (Haryati *et al.*, 2010).

Meskipun demikian, rasio optimal antara cacing laut dan cumi-cumi dalam pakan induk masih belum diketahui secara pasti, terutama dalam kaitannya dengan peningkatan keberhasilan pemijahan dan daya tetas telur. Hasil penelitian Haryati *et al.* (2010) menunjukkan bahwa perbedaan komposisi nutrisi dapat memengaruhi keseimbangan antara kebutuhan energi dan bahan pembangun, sehingga berdampak pada kualitas telur dan perkembangan embrio Udang Windu (*Penaeus monodon*). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh rasio pemberian pakan cacing laut dan cumi-cumi terhadap keberhasilan reproduksi induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*), khususnya pada parameter *hatching rate* (HR) dalam sistem *hatchery* intensif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan strategi manajemen pakan induk guna meningkatkan produktivitas benur secara optimal dan berkelanjutan.

LANDASAN TEORI

2.1 Biologi dan Reproduksi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan *crustacea* dari famili *Penaeidae* yang memiliki kemampuan reproduksi tinggi dan siklus hidup yang relatif singkat. Reproduksi udang ini bersifat seksual dengan fertilisasi eksternal, di mana spermatofor dari induk jantan ditransfer ke thelycum pada induk betina sebelum proses pemijahan berlangsung (Walker, 1975). Proses reproduksi meliputi beberapa tahapan penting, yaitu pematangan gonad, kopulasi, pemijahan (*spawning*), fertilisasi, dan penetasan telur (*hatching*). Keberhasilan setiap tahapan tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis induk, kualitas lingkungan, serta kecukupan nutrisi. Induk betina yang matang gonad ditandai dengan perubahan warna ovarium menjadi kuning hingga oranye, yang menunjukkan perkembangan oosit yang optimal (D'Abramo *et al.*, 1997). Menurut Haryati *et al.* (2010), kualitas induk sangat menentukan viabilitas telur dan jumlah larva (nauplii) yang dihasilkan. Oleh karena itu, manajemen induk menjadi faktor kunci dalam keberhasilan produksi benur di *hatchery*.

2.2 Nutrisi Induk Udang dan Perannya dalam Reproduksi

Nutrisi merupakan faktor utama yang memengaruhi performa reproduksi induk udang. Kebutuhan nutrisi induk umumnya lebih tinggi dibandingkan fase pertumbuhan, terutama untuk mendukung proses vitellogenesis (pembentukan kuning telur) dan perkembangan embrio. Protein berperan sebagai komponen utama dalam pembentukan jaringan gonad dan embrio. Kebutuhan protein induk udang dilaporkan dapat mencapai lebih dari 45–50% (Barreto *et al.*, 2023).

Kekurangan protein dapat menyebabkan penurunan jumlah telur dan kualitas larva. Selain itu, lipid memiliki fungsi penting sebagai sumber energi dan penyedia asam lemak esensial. Asam lemak tak jenuh seperti *Highly Unsaturated Fatty Acids* (HUFA), termasuk *Arachidonic Acid* (ARA), *Eicosapentaenoic Acid* (EPA), dan *Docosahexaenoic Acid* (DHA), berperan dalam sintesis hormon reproduksi, regulasi ovulasi, serta meningkatkan kualitas telur (Barua *et al.*, 2025). Menurut D'Abramo *et al.* (1997), keseimbangan antara protein dan lipid merupakan faktor kunci dalam meningkatkan performa reproduksi krustasea. Ketidakseimbangan nutrisi dapat menyebabkan gangguan metabolisme dan menurunkan keberhasilan pemijahan.

2.3 Pakan Alami dalam Pemeliharaan Induk Udang

Dalam sistem *hatchery*, pakan alami masih menjadi pilihan utama karena kandungan nutrisinya yang lengkap dan mudah dicerna. Dua jenis pakan alami yang umum digunakan adalah cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.). Cacing laut (*Nereis* sp.) dikenal memiliki kandungan protein tinggi dan kaya akan asam lemak HUFA, yang berperan penting dalam pematangan gonad dan peningkatan kualitas oosit. Kandungan *Arachidonic Acid* (ARA) pada cacing laut berfungsi dalam sintesis prostaglandin yang berperan dalam proses reproduksi. Sementara itu, cumi-cumi (*Loligo* sp.) merupakan sumber protein hewani berkualitas tinggi yang mengandung asam amino esensial lengkap. Protein ini sangat penting dalam pembentukan jaringan embrio dan perkembangan larva (Li *et al.*, 2021). Kombinasi kedua pakan ini diyakini mampu memberikan efek sinergis, yaitu memenuhi kebutuhan energi dari lipid serta kebutuhan struktural dari protein, sehingga meningkatkan keberhasilan reproduksi induk udang (Haryati *et al.*, 2010). Kandungan nutrisi cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.) (Haryati *et al.*, 2010; Barua *et al.*, 2025) dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel. 2.1 Kandungan Nutrisi Pakan Alami untuk Induk Udang

| Parameter Nutrisi | Cacing Laut (<i>Nereis</i> sp.) | Cumi-cumi (<i>Loligo</i> sp.) |
|----------------------|---|--|
| Protein (%) | 55 – 60 ($\pm 56,29$) | 50 – 55 ($\pm 51,66$) |
| Lemak (%) | 10 – 12 ($\pm 11,32$) | 10 – 13 ($\pm 12,19$) |
| Air (%) | 70 – 80 | 75 – 80 |
| Abu (%) | 8 – 12 | 2 – 5 |
| Karbohidrat (%) | Rendah (<5) | Rendah (<5) |
| Asam Amino | Lengkap (kaya akan lisin dan metionin) | Lengkap (kaya akan asam amino esensial) |
| HUFA (ARA, EPA, DHA) | Tinggi (terutama ARA) | Sedang |

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan, yaitu dari 10 Januari hingga 10 April 2025, bertempat di sebuah hatchery intensif yang berlokasi di Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan.

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pompa air, timbangan pakan, ember, gayung, seser, senter, baskom, termometer, cawan petri, tally counter, refraktometer, pH meter, DO meter, *Secchi disk*, timbangan digital, mikroskop, hemocytometer, pengaduk telur, botol sampling, lampu, kelambu panen, lemari UV, scouring pad, bak fiber, selang, dan batu aerasi.

3.3 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi induk udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), air laut, air tawar, cacing laut (*Nereis* sp.), cumi-cumi (*Loligo* sp.), alkohol, kaporit, suplemen pakan, pakan buatan, probiotik, vitamin, dan iodine.

3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas tiga perlakuan dan tujuh ulangan. RAL digunakan karena kondisi media, alat, dan bahan percobaan dianggap homogen. Perlakuan yang diuji adalah sebagai berikut:

P1: Rasio Pakan Induk Udang berupa 25% cacing laut : 75% cumi-cumi

P2: Rasio Pakan Induk Udang berupa 50% cacing laut : 50% cumi-cumi

P3: Rasio Pakan Induk Udang berupa 75% cacing laut : 25% cumi-cumi

3.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

H0: Rasio pakan tidak berpengaruh terhadap nilai *hatching rate* (HR) induk udang vaname.

H1: Rasio pakan berpengaruh terhadap nilai *hatching rate* (HR) induk udang vaname.

3.6 Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap *hatching rate* (HR). Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) atau *Least Significant Difference* (LSD) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Wadah

Hatchery memiliki 8 unit bak yang terdiri atas 4 bak induk jantan dan 4 bak induk betina. Bak pemeliharaan sekaligus pemijahan terbuat dari bahan fiber berbentuk bulat dengan dasar beton dan dicat berwarna hitam untuk mengurangi stres serta menyerupai habitat alami udang. Setiap bak dilengkapi dengan 15 titik aerasi, saluran *inlet* dan *outlet* air laut, sehingga mendukung sistem *flow-through* dan memudahkan pengontrolan serta sampling induk. Bak memiliki diameter 500 cm dan tinggi 1 m.

4.2. Induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang digunakan berasal dari American Penaeid Inc. (API) dan didatangkan setiap siklus pemijahan. Induk udang yang digunakan merupakan induk SPF (*Specific Pathogen Free*) yang telah diuji menggunakan metode PCR. Bobot induk jantan berkisar 35–41 g/ekor dengan panjang 16–18 cm, sedangkan induk betina 55–61 g/ekor dengan panjang 18–21 cm. Secara morfologis, seluruh induk menunjukkan kondisi sehat dan aktif, sehingga layak digunakan dalam penelitian. Karakteristik calon induk udang vaname berkualitas menurut SNI 8037.1:2014 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Calon Induk Udang Vaname Berkualitas

| No | Parameter | Ciri-ciri |
|----|--------------|--|
| 1 | Bentuk Tubuh | Anggota tubuh lengkap (appendages utuh), tidak ada cacat fisik, punggung tidak bengkok (<i>scoliosis</i>) atau patah. Kulit (<i>carapace</i>) bersih dari kotoran atau organisme |

| | | |
|---|------------|---|
| | | penempel. |
| 2 | Warna | Tubuh transparan kebiruan atau kecoklatan cerah, tidak pucat/putih susu (indikasi penyakit otot), uropoda transparan, ujung ekor kemerahan normal, tidak ada bercak hitam (<i>melanosis</i>). |
| 3 | Kekenyalan | Tekstur daging padat dan elastis (tidak lunak/lembek). Kulit keras dan tidak keropos (bukan dalam fase <i>moulting</i> atau kekurangan mineral). |
| 4 | Gerakan | Aktif berenang, memiliki respon menghindar yang cepat terhadap rangsangan cahaya atau sentuhan, kaki jalan (<i>pereiopod</i>) dan kaki renang (<i>pleopod</i>) membuka sempurna. |
| 5 | Rostrum | Lurus, simetris, tidak bengkok, dan tidak patah. Gerigi rostrum utuh. |

4.3. Pengelolaan Kualitas Air

Pengelolaan kualitas air dilakukan menggunakan sistem *flow-through* dengan pergantian air sebesar 90% per hari. Parameter kualitas air selama penelitian berada dalam kisaran optimal, yaitu suhu 30–32°C, pH 7,5–8,0, DO 4–6 ppm, dan salinitas 30–31 ppt. Kondisi ini sesuai dengan standar SNI 8037.1:2014 dan mendukung proses pematangan gonad serta keberhasilan reproduksi induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Data parameter kualitas air pada bak induk selama pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Parameter Kualitas Air Pemeliharaan Induk Udang Vaname

| Parameter / Perlakuan | Pengukuran | Hasil | SNI 8037.1:2014 |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------------|
| Suhu | 3 kali/hari | 30-32 °C | 28 - 33 °C |
| pH air | 3 kali/hari | 7,5-8,0 | 7,5 - 8,5 |
| DO | 3 kali/minggu | 4-6 ppm | Min. 4,0 ppm |
| Salinitas | 3 kali/minggu | 30-31 ppt | 30-33 ppt |
| Pergantian air | 90 % | | |

4.4. Pengelolaan Pakan

Pakan induk selama pengamatan menggunakan kombinasi cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.) yang diberikan setiap hari dengan waktu pemberian seperti tersaji dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Pemberian Pakan Induk Udang Vaname

| Induk Udang Jantan (kg per waktu pemberian) | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Perlakuan | 08.00 WITA | 11.00 WITA | 14.00 WITA | 20.00 WITA | 23.00 WITA | 02.00 WITA |
| P1 (25:75) | 0,275 + 0,825 | 0,275 + 0,825 | 0,275 + 0,825 | 0,275 + 0,825 | 0,275 + 0,825 | 0,275 + 0,825 |
| P2 (50:50) | 0,55 + 0,55 | 0,55 + 0,55 | 0,55 + 0,55 | 0,55 + 0,55 | 0,55 + 0,55 | 0,55 + 0,55 |
| P3 (75:25) | 0,825 + 0,275 | 0,825 + 0,275 | 0,825 + 0,275 | 0,825 + 0,275 | 0,825 + 0,275 | 0,825 + 0,275 |
| Induk Udang Betina (kg per waktu pemberian) | | | | | | |
| Perlakuan | 08.00 WITA | 11.00 WITA | 14.00 WITA | 20.00 WITA | 23.00 WITA | 02.00 WITA |
| P1 (25:75) | 0,1125 + 0,3375 | 0,1125 + 0,3375 | 0,1125 + 0,3375 | 0,1125 + 0,3375 | 0,1125 + 0,3375 | 0,1125 + 0,3375 |
| P2 (50:50) | 0,225 + 0,225 | 0,225 + 0,225 | 0,225 + 0,225 | 0,225 + 0,225 | 0,225 + 0,225 | 0,225 + 0,225 |
| P3 (75:25) | 0,3375 + 0,1125 | 0,3375 + 0,1125 | 0,3375 + 0,1125 | 0,3375 + 0,1125 | 0,3375 + 0,1125 | 0,3375 + 0,1125 |

Keterangan : Nilai pemberian pakan menunjukkan jumlah pakan (kg) dalam bentuk kombinasi cacing

laut dan cumi-cumi pada setiap waktu pemberian.

- misal: 0,275 + 0,825; menunjukkan pemberian pakan sebanyak 0,275 kg cacing laut dan 0,825 kg cumi-cumi.

Pemberian pakan pada induk udang berkisar antara 20–50% dari biomassa per hari dengan frekuensi 2–6 kali pemberian (Walker, 1975; D'Abramo *et al.*, 1997). Berdasarkan Tabel 4.3, frekuensi pemberian pakan dalam penelitian ini dilakukan sebanyak enam kali sehari, yang menunjukkan penerapan manajemen pakan secara intensif. Jumlah pakan yang diberikan pada induk betina sebesar 1,1 kg per waktu pemberian dengan kombinasi cacing laut dan cumi-cumi sesuai perlakuan, sedangkan pada induk jantan sebesar 0,45 kg. Menurut Haryati *et al.* (2010), pemilihan pakan alami seperti cacing laut dan cumi-cumi didasarkan pada kandungan nutrisinya yang tinggi. Cacing laut memiliki kandungan protein sekitar 56,29% dan lemak 11,32%, sedangkan cumi-cumi mengandung protein sebesar 51,66% dan lemak 12,19%. Kandungan nutrisi tersebut berperan penting dalam mendukung proses pematangan gonad pada induk udang vaname. Selain itu, cacing laut juga diketahui mengandung asam lemak tak jenuh tinggi atau *Highly Unsaturated Fatty Acids* (HUFA), yang berperan dalam sintesis hormon reproduksi, proses vitellogenesis, serta peningkatan kualitas oosit. Kandungan HUFA ini sangat penting dalam mendukung keberhasilan reproduksi pada krustasea dan ikan laut, khususnya dalam meningkatkan kualitas telur dan daya tetas.

4.5 Pemijahan Induk Udang Vaname

Proses pemijahan induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) terjadi ketika induk jantan dan betina yang telah matang gonad dipertemukan (Gambar 4.1). Perilaku kawin diawali dengan pelepasan feromon oleh induk betina matang telur yang merangsang induk jantan untuk mendekat. Selanjutnya, induk jantan mengejar induk betina dan melakukan kopulasi dalam waktu relatif singkat, yaitu sekitar 2–6 detik. Selama proses kopulasi, induk jantan menempel pada bagian ventral tubuh induk betina dengan posisi kepala berada di bawah abdomen betina. Pada saat yang sama, induk jantan mengeluarkan spermatofor melalui organ reproduksi jantan (petasma) dan menempelkannya pada organ penerima sperma betina (thelycum). Spermatofor tersebut kemudian digunakan untuk membuahi sel telur saat proses pemijahan berlangsung (Gambar 4.2). Proses ini sesuai dengan mekanisme reproduksi pada udang penaeid yang telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya (Haryati *et al.*, 2010). Induk betina yang telah terbuahi selanjutnya ditangkap menggunakan seser secara hati-hati untuk menghindari stres, kemudian dipindahkan ke bak penetasan (*hatching tank*) yang telah diberi larutan iodine dengan konsentrasi 100 µL/Liter.



(a) Induk betina matang gonad (TKG IV) dengan ciri berwarna kuning orange dari chepalothorax hingga telson



(b) Spermatofor induk jantan

Gambar 4.1. Pemantauan Induk Udang Matang Gonad



Gambar 4.2 Induk Udang Betina yang Terbuahi

4.6 Hasil Perhitungan Analisis Statistik ANOVA

Berdasarkan perhitungan dari data mentah pada Tabel 4.6, diperoleh tabel perhitungan ANOVA sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perhitungan ANOVA

| Sumber Keragaman | Db | JK (Sum of Squares) | KT (Mean Square) | F hitung |
|------------------|----|---------------------|------------------|----------|
| Perlakuan | 2 | 1789,95 | 894,98 | 91,85 |
| Galat | 18 | 175,39 | 9,74 | |
| Total | 20 | 1965,34 | | |

Karena F Hitung (91,85) > F Tabel (3,55), maka H₁ diterima. Artinya, rasio pemberian pakan cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.) berpengaruh nyata terhadap *hatching*

rate (HR) induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*).

4.7 Uji Lanjut (LSD/BNT 5 %)

Untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan, dilakukan uji lanjut menggunakan metode Beda Nyata Terkecil (BNT) atau Least Significant Difference (LSD). Uji ini bertujuan untuk membandingkan rata-rata antar perlakuan setelah hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan. Perhitungan nilai LSD digunakan uji Duncan dengan nilai kritis ($SSR \times \sqrt{KTG/n}$):

Tabel. 4.5 Perbandingan Antar Perlakuan

| Perlakuan | Mean \pm SD | Notasi Duncan |
|-------------------------------------|--------------------|---------------|
| P1 (25% Cacing Laut: 75% Cumi-cumi) | 38,27% \pm 4,14% | a |
| P3 (75% Cacing Laut: 25% Cumi-cumi) | 49,58% \pm 1,60% | b |
| P2 (50% Cacing Laut: 50% Cumi-cumi) | 60,91% \pm 3,36% | c |

Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain. Perlakuan P2 menghasilkan nilai *hatching rate* (HR) tertinggi, diikuti oleh P3 dan P1. Hal ini menunjukkan bahwa rasio pakan 50% Cacing Laut (*Nereis* sp.) dan 50% Cumi-Cumi (*Loligo* sp.) memberikan pengaruh optimal terhadap performa reproduksi induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*).

4.8 Analisa Data Penelitian

Tabel 4.6. Data *Hatching Rate* (HR) Induk Udang Vaname

| Perlakuan | Ulangan | Induk Udang (<i>Spawning</i>) | Telur (Butir) | Nauplii (Ekor) | <i>Hatching Rate</i> (%) |
|------------------|---------|------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| P1 | 1 | 15 | 3251 | 1296 | 39,86 |
| P1 | 2 | 20 | 5634 | 1825 | 32,39 |
| P1 | 3 | 14 | 3616 | 1237 | 34,21 |
| P1 | 4 | 16 | 4321 | 1523 | 35,25 |
| P1 | 5 | 20 | 5723 | 2343 | 40,94 |
| P1 | 6 | 20 | 5632 | 2312 | 41,05 |
| P1 | 7 | 20 | 4935 | 2182 | 44,21 |
| Rata-rata | | | 4730,29 | 1816,86 | 38,27 |
| Perlakuan | Ulangan | Induk Udang (<i>Spawning</i>) | Telur (Butir) | Nauplii (Ekor) | <i>Hatching Rate</i> (%) |
| P2 | 1 | 19 | 4815 | 2756 | 57,24 |
| P2 | 2 | 15 | 3216 | 1843 | 57,31 |
| P2 | 3 | 19 | 5116 | 3123 | 61,04 |
| P2 | 4 | 17 | 4421 | 2732 | 61,8 |
| P2 | 5 | 18 | 4536 | 2863 | 63,12 |
| P2 | 6 | 19 | 4832 | 3222 | 66,68 |
| P2 | 7 | 14 | 3261 | 1930 | 59,18 |
| Rata-rata | | | 4313,86 | 2638,43 | 60,91 |
| Perlakuan | Ulangan | Induk Udang (<i>Spawning</i>) | Telur (Butir) | Nauplii (Ekor) | <i>Hatching Rate</i> (%) |
| P3 | 1 | 20 | 5245 | 2522 | 48,08 |

| | | | | | |
|------------------|---|----|----------------|-------------|--------------|
| P3 | 2 | 20 | 5823 | 2832 | 48,63 |
| P3 | 3 | 20 | 5431 | 2642 | 48,65 |
| P3 | 4 | 22 | 5372 | 2642 | 49,18 |
| P3 | 5 | 19 | 5916 | 2932 | 49,56 |
| P3 | 6 | 16 | 4001 | 2000 | 49,99 |
| P3 | 7 | 17 | 4211 | 2231 | 52,98 |
| Rata-rata | | | 5142,71 | 2543 | 49,58 |

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *hatching rate* (HR) rata-rata tertinggi diperoleh pada perlakuan P2 sebesar 60,91%, diikuti oleh perlakuan P3 sebesar 49,58%, dan terendah pada perlakuan P1 sebesar 38,27%. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa rasio pemberian pakan alami berupa cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.) berpengaruh nyata terhadap performa reproduksi induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Berdasarkan analisis sidik ragam (ANOVA), nilai F hitung sebesar 91,85 menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat signifikan ($p < 0,05$) terhadap *hatching rate* (HR). Hasil uji lanjut BNT juga menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain, sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi rasio pakan menghasilkan respons biologis yang berbeda secara signifikan.

Secara fisiologis, perbedaan nilai *hatching rate* (HR) ini erat kaitannya dengan keseimbangan energi reproduksi, khususnya peran lipid dan protein dalam mendukung proses vitellogenesis dan embriogenesis. Pada krustasea, lipid berfungsi tidak hanya sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai komponen utama dalam pembentukan kuning telur (yolk) melalui mekanisme vitellogenesis. Lipid, khususnya dalam bentuk *Highly Unsaturated Fatty Acids* (HUFA) seperti *Arachidonic Acid* (ARA), berperan dalam sintesis hormon reproduksi, termasuk prostaglandin, yang mengatur pematangan gonad dan perkembangan oosit. Ketersediaan lipid yang cukup akan meningkatkan akumulasi vitellogenin dalam oosit, sehingga menghasilkan telur dengan cadangan energi yang tinggi dan mendukung keberhasilan penetasan (Barua *et al.*, 2025). Di sisi lain, protein memiliki peran utama sebagai bahan struktural dalam proses embriogenesis, yaitu pembentukan dan perkembangan embrio setelah fertilisasi. Protein menyediakan asam amino esensial yang dibutuhkan untuk sintesis jaringan embrio, diferensiasi sel, serta pembentukan organ larva. Ketersediaan protein yang cukup dan berkualitas tinggi akan menentukan keberhasilan perkembangan embrio hingga menetas menjadi nauplii yang normal dan viabel (Li *et al.*, 2021).

Keunggulan perlakuan P2 (50% cacing laut : 50% cumi-cumi) diduga karena mampu menyediakan keseimbangan optimal antara lipid dan protein. Cacing laut (*Nereis* sp.) berperan sebagai sumber lipid dan HUFA yang mendukung proses vitellogenesis, sementara cumi-cumi (*Loligo* sp.) menyediakan protein berkualitas tinggi yang mendukung embriogenesis. Keseimbangan ini memungkinkan terjadinya sinkronisasi antara pembentukan cadangan energi dalam telur dan pemanfaatannya selama perkembangan embrio, sehingga menghasilkan nilai *hatching rate* (HR) yang paling tinggi (D'Abramo *et al.*, 1997; Walker, 1975). Sebaliknya, pada perlakuan P1 (25% cacing laut : 75% cumi-cumi), rendahnya proporsi cacing laut menyebabkan keterbatasan asupan lipid esensial, sehingga proses vitellogenesis tidak berlangsung optimal. Akibatnya, telur yang dihasilkan memiliki cadangan energi yang rendah dan berdampak pada rendahnya daya tetas (Fahrudin *et al.*, 2023). Sementara itu, pada perlakuan P3 (75% cacing laut : 25% cumi-cumi), meskipun kandungan lipid relatif tinggi dan mendukung vitellogenesis, keterbatasan protein menyebabkan proses embriogenesis tidak berlangsung secara optimal.

Kondisi ini mengakibatkan perkembangan embrio kurang sempurna, sehingga menurunkan keberhasilan penetasan (Rahi *et al.*, 2025). Fenomena ini menunjukkan bahwa keberhasilan reproduksi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan energi dalam bentuk *lipid*, tetapi juga oleh kecukupan protein sebagai bahan penyusun utama embrio. Ketidakseimbangan antara kedua komponen tersebut dapat menyebabkan ketidaksinkronan antara proses vitellogenesis dan embriogenesis, yang pada akhirnya berdampak pada rendahnya kualitas telur dan larva (D'Abramo *et al.*, 1997; Walker, 1975).

Selain itu, jumlah nauplii *Litopenaeus vannamei* yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan yang searah dengan nilai *hatching rate* (HR), dimana perlakuan dengan rata-rata *hatching rate* (HR) lebih tinggi menghasilkan jumlah larva yang lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas telur yang ditentukan oleh kecukupan cadangan energi (lipid) dan bahan struktural (protein) berperan langsung dalam meningkatkan keberhasilan penetasan dan produktivitas larva (Haryati *et al.*, 2010; Barua *et al.*, 2025). Dengan demikian, *hatching rate* (HR) tidak hanya mencerminkan keberhasilan fertilisasi, tetapi juga menjadi indikator penting dalam menilai keberhasilan produksi benur secara keseluruhan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa keseimbangan rasio protein dan lipid merupakan faktor kunci dalam meningkatkan performa reproduksi induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*), dibandingkan dengan peningkatan salah satu komponen nutrisi secara parsial.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi rasio pakan alami antara cacing laut (*Nereis* sp.) dan cumi-cumi (*Loligo* sp.) berpengaruh sangat nyata terhadap daya tetas telur (*hatching rate*) induk Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan nilai F-hitung (91,85) yang jauh lebih besar dari F-tabel (3,55).
2. Perlakuan P2 (50% cacing laut : 50% cumi-cumi) memberikan hasil terbaik dengan nilai *hatching rate* tertinggi sebesar 60,91%, yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya berdasarkan uji lanjut Duncan.
3. Keberhasilan reproduksi didorong oleh keseimbangan antara asupan lipid (khususnya asam lemak HUFA) dari cacing laut untuk pematangan oosit (vitellogenesis) dan asupan protein esensial dari cumi-cumi untuk perkembangan embrio (embriogenesis). Ketidakseimbangan pada rasio pakan (seperti pada P1 dan P3) menyebabkan penurunan kualitas telur dan daya tetas yang signifikan.

DAFTAR REFERENSI

- Barreto, A., Silva, A., Peixoto, D. Fajardo, C., Pinto, W., Rocha, R. J. M., Conceicao, L. E. C., Costas, B. (2023). Dietary protein requirements of whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) post-larvae during nursery phase in clear-water recirculating aquaculture systems. *Frontiers in Marine Science*. DOI 10.3389/fmars.2023.1172644.
- Barua, H., Acharjee, M. R., Giteru, S. G., Chowdhury, M., Wu, H., Kumar, L., Ahmmmed, M. K. (2025). Dietary Phospholipids and Their Impact on Crustacean Physiology: Growth, Metabolism, Immunity, and Beyond, *Aquaculture Nutrition*, 8180797, 35 pages, 2025. <https://doi.org/10.1155/anu/8180797>
- D'Abramo, L. R., Conklin, D. E., Akiyama, D. M. (1997). *Crustacean Nutrition*. Volume 6 dari *Advances in world aquaculture*. International Working Group on Crustacean Nutrition, World Aquaculture Society. World Aquaculture Society- Cornell University. 587 halaman.

ISBN: 978-1-88880-700-4.

- Fahrudin, A. M., Subandiyono, Chilmawati, D. (2023). Pengaruh Protein dalam Pakan terhadap Efisiensi Pemanfaatan Pakan dan Pertumbuhan Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Jurnal Sains Akuakultur Tropis. Ed.Maret 1:114-126. eISSN: 2621-0525.
- Haryati, Zainuddin, Syam, M. (2010). Pengaruh Pemberian Berbagai Kombinasi Pakan Alami pada Induk Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.) terhadap Potensi Reproduksi dan Kualitas Larva. ILMU KELAUTAN September. vol. 15 (3) 163-169. ISSN 0853-7291.
- Li, X, Han, T, Zheng, S, Wu, G. (2021). Nutrition and Functions of Amino Acids in Aquatic Crustaceans. Adv Exp Med Biol.;1285:169-198. doi: 10.1007/978-3-030-54462-1_9. PMID: 33770407.
- Rahi, O. A., Valentine, R. Y., Amalo, P. (2025). Studi Kasus: Praktik Pemberian Pakan dan Dampaknya terhadap Kinerja Budidaya Udang Vaname di Tambak Intensif Perusahaan Swasta Di Nusa Tenggara Barat (NTB). Jurnal Megaptera Vol 4. (1) Mei: 51-60. p-ISSN: 2986-2310. e-ISSN: 2986-0903. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jmtr.v4i1.15613>
- Standar Nasional Indonesia. (SNI) 8037.1:2014. Produksi induk udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) – Bagian 1: model indoor. Badan Standardisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Walker, A. (1975) Crustacean Aquaculture. Proc Nutr Soc. May; 34 (1): 65-73. doi: 10.1079/pns19750012. PMID: 1096155.