



Effect of Blood Cockle *Anadara granosa* on Spermatozoa Quality and Quantity of Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon*

(Pengaruh Kerang Darah *Anadara granosa* terhadap Kualitas dan Kuantitas Spermatozoa Udang Windu *Penaeus monodon*)

Muhammad Fatratullah Muhsin ^{1,2}, Andi Aliah Hidayani ^{3✉}, Marlina Achmad ³, Dody Dharmawan Trijuno ³, Rosmiati ⁴, Besse Tenri Nurkamilah ³, Nunun Ainun Putri Sari Banun Kaliky ¹ dan Latifa Baharuddin ⁵

¹ Program Studi Budi Daya Laut dan Pantai, Fakultas Vokasi, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.

² Higher Institution Centre of Excellence (HICoE), Institute of Tropical Aquaculture and Fisheries, University Malaysia Terengganu, Terengganu, Malaysia.

³ Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia.

⁴ Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia.

⁵ Dinas Kelautan dan Perikanan, Provinsi Sulawesi Selatan, Makassar, Indonesia.

Email: aliah@fikip.unhas.ac.id

Article Info:

Received : 17 Sept. 2025

Accepted : 30 Okt. 20255

Online : 30 Okt. 2025

Article type:

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword:

Black Tiger Shrimp; Blood Cockle; Spermatozoa; Reproductive Performance, Spermatozoa Abnormality.

Corresponding Author:

Andi Aliah Hidayani
 Universitas Hasanuddin.
 Makassar, Indonesia

Email:

aliah@fikip.unhas.ac.id

Abstract

One of the primary factors contributing to the low natural mating rates of *Penaeus monodon* broodstock in ponds and hatcheries is the poor quality of male spermatozoa. This study aims to determine the optimal concentration of blood cockles (*Anadara granosa*) for improving the quality and quantity of spermatozoa in *P. monodon*. The experimental feeding treatments included 100% pellet, combination feed (50% blood cockle and 50% pellet), and 100% blood cockle. A total of 27 male broodstocks were used in this study, which lasted 30 days to assess the effects of the different feeding. Spermatozoa were collected from the base of the fifth swimming leg, and spermatozoa were extracted, diluted in physiological NaCl solution, and counted using a hemocytometer. Spermatozoa density and abnormality percentage were analyzed using ANOVA, while spermatozoa weight was analyzed using the Kruskal-Wallis test. The color and morphology of spermatozoa were evaluated descriptively. The results indicated that a 100% blood cockle diet was the most effective in enhancing the quality and quantity of spermatozoa. Broodstock fed the 100% blood cockle showed the highest spermatozoa density (83.75×10^6 cells/mL) and the lowest abnormality percentage (25.00%). In comparison, the control group had a spermatozoa density of 37.03×10^6 cells/mL with 36.05% abnormalities, and the 50% blood cockle + 50% pellet group showed 49.69×10^6 cells/mL and 28.70% abnormalities. These findings demonstrate that at a 100% concentration of blood cockle, significantly improve the quantity and quality of spermatozoa in *P. monodon*.



Copyright©2025, Muhammad Fatratullah Muhsin, Andi Aliah Hidayani, Marlina Achmad, Dody Dharmawan Trijuno, Rosmiati, Besse Tenri Nurkamilah, Nunun Ainun Putri Sari Banun Kaliky, Latifa Baharuddin.

I. PENDAHULUAN

Produksi udang budidaya global terus mengalami peningkatan dengan laju sekitar 6% per tahun, di mana udang vaname (*Penaeus vannamei*) mendominasi produksi akuakultur dunia pada tahun 2020, diikuti oleh udang windu (*Penaeus monodon*) (SEAFDEC, 2022). Udang windu (*P. monodon*) masih merupakan komoditas akuakultur yang menjanjikan dengan potensi ekspor yang tinggi (Gopi *et al.*, 2019). Namun demikian, dalam beberapa tahun terakhir banyak pembudidaya beralih ke budidaya *P. vannamei* (Asmild *et al.*, 2024), yang sebagian besar disebabkan oleh berbagai kendala dalam budidaya *P. monodon*, terutama yang berkaitan dengan aspek reproduksi (De Silva *et al.*, 2021; Albalat *et al.*, 2022; Hidayani *et al.*, 2024). Salah satu kendala utama dalam budidaya udang windu adalah penggunaan induk berkualitas rendah, yang secara signifikan menurunkan tingkat keberhasilan pembuahan alami baik di tambak maupun di hatchery. Permasalahan ini umumnya berkaitan dengan rendahnya performa reproduksi induk jantan *P. monodon*, khususnya yang ditandai oleh kualitas spermatozoa yang buruk (Menasveta *et al.*, 2007; Uddin & Rahman, 2016; Ren *et al.*, 2020; Hidayani *et al.*, 2024).

Kualitas spermatozoa dapat diidentifikasi berdasarkan karakteristik warna spermatofor. Spermatofor yang tampak transparan umumnya menunjukkan kepadatan spermatozoa yang rendah, yang mengindikasikan bahwa perkembangan spermatozoa belum sempurna. Sebaliknya, spermatofor berwarna putih pekat mencerminkan kepadatan spermatozoa yang tinggi dan menandakan tingkat kematangan yang optimal, yaitu spermatozoa telah berkembang dengan baik (Heitzmann *et al.*, 1993; Chomphuthawach *et al.*, 2015). Kualitas spermatozoa dan spermatofor sangat penting dalam proses pemijahan *P. monodon* karena secara langsung mempengaruhi tingkat fertilitas. Spermatozoa dengan kualitas yang baik akan meningkatkan keberhasilan proses perkawinan alami, baik di tambak maupun dalam sistem budidaya terkontrol (Jiang *et al.*, 2020; Rosmiati *et al.*, 2022). Penilaian kualitas spermatozoa dapat dilakukan melalui pengamatan bobot dan warna spermatofor (Ceballos-Vazquez *et al.*, 2003), sedangkan kuantitas spermatozoa dievaluasi berdasarkan kepadatan sel dan persentase abnormalitas morfologi, yang secara bersama-sama mencerminkan integritas struktural dan kualitas

keseluruhan populasi spermatozoa. Faktor-faktor tersebut sangat krusial karena kuantitas spermatozoa berpengaruh langsung terhadap keberhasilan reproduksi udang (Vuthiphandchai *et al.*, 2007; Yotbuntueng *et al.*, 2022). Kualitas dan kuantitas spermatozoa sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pakan yang diberikan kepada induk. Oleh karena itu, penyediaan pakan dengan kandungan nutrisi yang tepat menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan reproduksi udang windu.

Dalam akuakultur, nutrisi induk yang optimal, khususnya penyediaan protein dan asam lemak, sangat penting untuk meningkatkan performa reproduksi karena berperan dalam proses pematangan spermatozoa (Muhsin *et al.*, 2023; Pandey, 2024; Thiruvassagam *et al.*, 2024). Menurut Hidayani *et al.* (2024), asam lemak esensial, terutama PUFA omega-3 dan omega-6, terlibat dalam pembentukan dan perkembangan spermatozoa yang fungsional. Asam lemak berperan penting dalam perkembangan dan fungsi spermatozoa udang karena berkaitan erat dengan fluiditas membran, reaksi akrosom, serta motilitas dan viabilitas spermatozoa (Yuan *et al.*, 2023). Ketersediaan asam lemak esensial yang cukup berkontribusi terhadap integritas struktural membran spermatozoa, meningkatkan kapasitas pembuahan, dan mendukung performa reproduksi induk udang.

Formulasi pakan berbasis bahan alami, seperti moluska, telah banyak diteliti potensinya dalam meningkatkan keberhasilan reproduksi. Salah satu bahan yang menjanjikan adalah kerang darah (*Anadara granosa*), yang diketahui memiliki nilai nutrisi tinggi, kaya akan lipid dan asam lemak esensial (Permata *et al.*, 2023), yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas spermatozoa *P. monodon* (Li *et al.*, 2024). Penelitian sebelumnya oleh Ferial & Ahmad (2015) pada manusia menunjukkan bahwa suplementasi kerang darah dapat meningkatkan kualitas spermatozoa, yang dikaitkan dengan kandungan senyawa bioaktifnya yang mendukung vitalitas, energi, dan kesehatan sperma. Studi lain pada *Mus musculus* juga melaporkan bahwa pemberian kerang darah mampu meningkatkan kepadatan spermatozoa (Nirmalasari, 2017) serta motilitas spermatozoa (Ischak *et al.*, 2024).

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa manfaat nutrisi kerang darah dapat menjadi solusi terhadap rendahnya kepadatan spermatozoa

pada udang windu (*P. monodon*) melalui penerapan suplementasi pakan segar.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Pengambilan Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kerang darah (*A. granosa*) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari perairan pesisir Kabupaten Barru. Kerang darah segar disediakan selama periode penelitian. Setelah dikoleksi, kerang darah hidup ditempatkan dan direndam dalam wadah berisi air laut untuk memungkinkan kotoran di dalam cangkang keluar. Selanjutnya, cangkang dibersihkan secara menyeluruh dan disimpan di dalam freezer untuk mencegah pembusukan sebelum digunakan.

2.2. Pemeliharaan Induk dan Rancangan Percobaan Pemberian Pakan

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Pembenihan Barru, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan (BRPBAPPP), yang berlokasi di Desa Lawallu, Kecamatan Soppeng Riaja, Kabupaten Barru. Hewan uji yang digunakan adalah induk jantan udang windu (*P. monodon*) yang berasal dari tambak dengan bobot tubuh rata-rata 70–78 g. Sebanyak 27 ekor induk jantan digunakan dan didistribusikan ke dalam 9 wadah pemeliharaan, masing-masing wadah diisi 3 ekor induk.

Wadah pemeliharaan berupa bak plastik berwarna putih berukuran 44 × 36 × 34 cm yang diisi dengan 45 L air laut dan dilengkapi dengan aerasi kontinu. Percobaan disusun menggunakan tiga perlakuan pakan dengan tiga ulangan. Perlakuan A (kontrol) menggunakan pakan pelet komersial 100% yang diberikan dua kali sehari (pagi dan sore) dengan dosis 2% dari total biomassa (berat kering). Perlakuan B menggunakan pakan kombinasi berupa kerang darah segar 50% dan pelet komersial 50%, dengan dosis pemberian masing-masing 15% (berat basah) untuk kerang darah dan 1% (berat kering) untuk pelet berdasarkan total biomassa. Kerang darah diberikan pada pagi hari, sedangkan pelet diberikan pada sore hari. Perlakuan C menggunakan pakan kerang darah segar 100% yang diberikan dua kali sehari (pagi dan sore) selama 30 hari dengan dosis 30% dari total biomassa (berat basah).

Kerang darah diberikan bersama dengan cangkangnya untuk memastikan daging kerang tetap berada di dasar wadah pemeliharaan, sehingga meminimalkan kehilangan pakan dan memudahkan konsumsi oleh udang. Pembersihan

wadah dan penggantian air dilakukan setiap pagi dan sore menggunakan sistem penyiponan.

2.3. Ekstraksi Spermatorfor

Pengambilan spermatorfor dari *P. monodon* dilakukan menggunakan metode stimulasi listrik dengan tegangan 15 volt/7 mA selama 2–3 menit yang dikombinasikan dengan pembedahan. Prosedur ini dilaksanakan di fasilitas Hatchery Udang Windu (IPUW), Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan (BRPBAPPP), Kabupaten Barru. Stimulasi listrik dilakukan menggunakan transformator listrik yang dilengkapi elektroda positif dan negatif, yang ditempatkan pada pangkal pasangan kaki renang kelima di bagian ventral tubuh udang. Pemberian stimulasi listrik 15 volt/7 mA selama 2–3 menit menyebabkan spermatorfor keluar secara bertahap dari induk jantan (Lante *et al.*, 2014; Farhadi *et al.*, 2019). Namun, untuk memperoleh spermatorfor dengan kualitas yang lebih baik, ekstraksi juga dilakukan melalui pembedahan pada induk.

2.4. Pengamatan Spermatozoa

2.4.1. Bobot dan Warna Spermatorfor

Setelah proses ekstraksi dan pembedahan, spermatorfor diambil secara hati-hati menggunakan pinset, kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g (Jiang *et al.*, 2009). Setelah penimbangan, warna spermatorfor diamati secara visual. Warna spermatorfor diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu transparan (T), putih bening/semi-transparan (*pellucid white*, PW), dan putih pekat (*opaque white*, OW) (Gambar 1.). Spermatorfor dengan warna putih pekat (OW) dikategorikan sebagai kualitas tinggi, putih bening (PW) sebagai kualitas sedang, dan transparan (T) sebagai kualitas rendah (Chomphuthawach *et al.*, 2015).

2.4.2. Kepadatan Total Spermatozoa

Kepadatan total spermatozoa diamati berdasarkan bentuk sel spermatozoa menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100 kali dan alat hitung hemositometer. Spermatorfor yang telah diamati dipindahkan ke dalam mikrotube Eppendorf 1,5 mL yang berisi 1 mL larutan NaCl fisiologis untuk menjaga viabilitas spermatozoa selama pengamatan (Jiang *et al.*, 2009). Spermatozoa diekstraksi dari spermatorfor dengan cara dihancurkan secara perlahan, kemudian diencerkan sebanyak 10 kali. Pengenceran dilakukan dengan mengambil 100 µL suspensi spermatozoa dan menembahkannya ke dalam 900

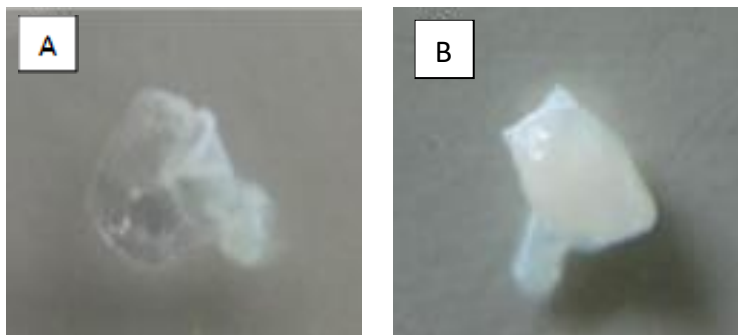
µL larutan NaCl fisiologis. Sebanyak 20 µL suspensi spermatozoa yang telah diencerkan diteteskan ke atas hemositometer untuk diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100× (Hidayani *et al.*, 2024). Kepadatan spermatozoa dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kep. total sperm.} = \frac{\sum(\text{box } 1 + \dots + \text{box } 5)}{5} \times \frac{25}{0,1 \text{ mm}^3} \times 10$$

2.4.3. Persentase Abnormalitas Spermatozoa

Spermatozoa yang telah diamati selanjutnya dihitung untuk menentukan jumlah spermatozoa abnormal. Spermatozoa abnormal ditandai dengan bentuk kepala yang tidak beraturan dan ekor (spike) yang patah, sedangkan spermatozoa normal dicirikan oleh kepala berbentuk bulat dan ekor (spike) yang utuh (Hidayani *et al.*, 2024). Persentase abnormalitas spermatozoa dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ abn. sper.} = \frac{\text{Jumlah sel abnormal}}{\text{Total sel spermatozoa}} \times 100\%$$



Gambar 1. Klasifikasi warna spermator berdasarakan Chomphuthawach *et al.* (2015), (A) transparan; (B) putih pekat

2.5. Analisis Data

Seluruh data diuji kenormalannya menggunakan uji Shapiro–Wilk dan homogenitas menggunakan uji Levene. Data yang berdistribusi normal dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA), kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey untuk membandingkan perbedaan antar perlakuan. Data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata ± simpangan baku (SD). Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS (IBM SPSS Statistics 27) dengan tingkat signifikansi ditetapkan pada P = 0,05 (95%). Warna spermator dianalisis secara deskriptif.

III. HASIL

3.1. Bobot dan Warna Spermator *Penaeus monodon*

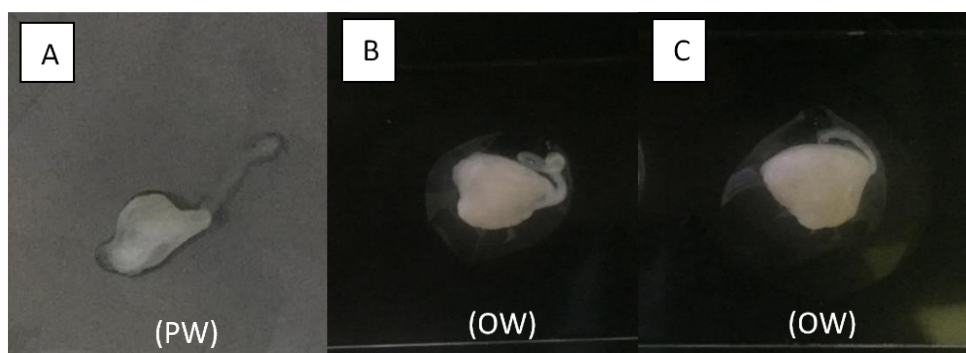
Bobot spermator yang diperoleh selama penelitian disajikan pada Tabel 1, sedangkan warna spermator ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil pengamatan, bobot spermator rata-rata tertinggi diperoleh pada Perlakuan C sebesar 0,23 g, diikuti oleh Perlakuan A sebesar 0,15 g, dan bobot terendah terdapat pada Perlakuan B sebesar 0,14 g. Hasil analisis statistik menggunakan uji non-parametrik Kruskal–Wallis menunjukkan bahwa perlakuan pakan tidak memberikan

pengaruh yang nyata (p>0,05) terhadap bobot spermator.

Tabel 1. Rata-rata Bobot Spermator (± SD, 3 Ulangan)

Perlakuan	Rata-rata Bobot Spermator (g) (±SD, 3 Ulangan)
A	0,15 ± 0,05
B	0,14 ± 0,04
C	0,23 ± 0,06

Pengamatan warna spermator menunjukkan bahwa pada Perlakuan A (pakan pelet), warna spermator cenderung putih bening (*pellucid white*, PW). Sementara itu, pada Perlakuan B dan C yang mendapatkan pakan kerang darah, spermator menunjukkan warna putih pekat (*opaque white*, OW). Hasil ini mengindikasikan bahwa warna spermator berkaitan erat dengan kepadatan spermatozoa. Spermator berwarna putih pekat (OW) yang diamati pada Perlakuan B dan C memiliki kepadatan spermatozoa yang lebih tinggi dibandingkan spermator putih bening (PW) pada Perlakuan A. Pemberian kerang darah baik pada konsentrasi 50% maupun 100% menghasilkan spermator dengan warna putih pekat yang mencerminkan peningkatan kualitas dan kuantitas spermatozoa.



Gambar 2. Warna spermator pada induk jantan *P. monodon*. A: kontrol (pelet); B: pakan kombinasi (50%:50%); C: kerang darah; PW: putih bening (semi-transparan); OW: putih pekat

3.2. Kepadatan Total Spermatozoa *Penaeus monodon*

Kepadatan spermatozoa induk jantan *P. monodon* disajikan pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan spermatozoa tertinggi diperoleh pada perlakuan C (pakan kerang darah 100%) sebesar $83,75 \times 10^6$ sel/mL, diikuti oleh perlakuan B sebesar $49,69 \times 10^6$ sel/mL, sedangkan kepadatan terendah terdapat pada perlakuan A sebesar $37,03 \times 10^6$ sel/mL. Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa Perlakuan C berbeda nyata ($p < 0,05$) dibandingkan dengan Perlakuan A dan B.

Tabel 2. Kepadatan spermatozoa induk jantan udang windu

Perlakuan	Kepadatan Spermatozoa (sel/mL) (\pm SD, 3 Ulangan)
A	$37,03 \times 10^6 \pm 3,09^b$
B	$49,69 \times 10^6 \pm 6,86^b$
C	$83,75 \times 10^6 \pm 10,43^a$

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

3.3. Persentase Abnormalitas Spermatozoa *Penaeus monodon*

Persentase abnormalitas spermatozoa induk *P. monodon* disajikan pada Tabel 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase abnormalitas terendah diperoleh pada perlakuan C sebesar 25,00%, diikuti oleh perlakuan B sebesar 28,70%, sedangkan persentase abnormalitas tertinggi ditemukan pada perlakuan A sebesar 36,05%. Analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan tersebut signifikan ($p < 0,05$).

Tabel 3. Persentase Abnormalitas Spermatozoa Induk Udang Windu

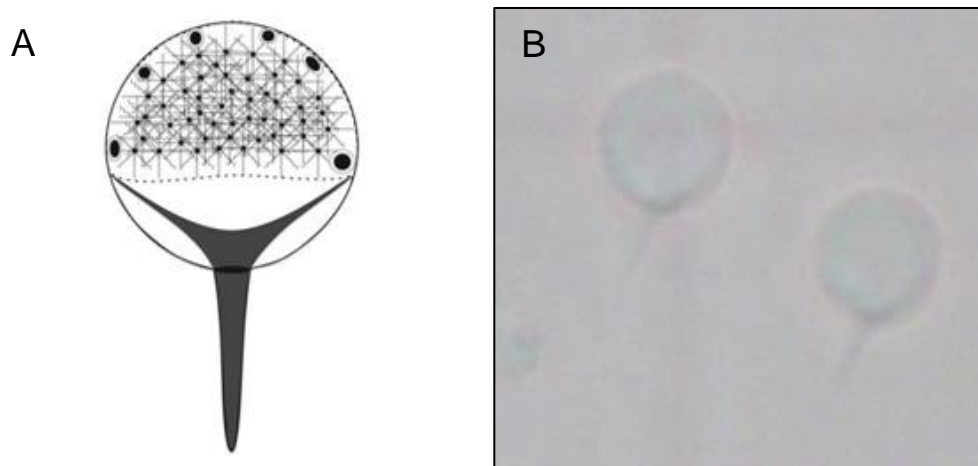
Treatment	Persentase Abnormalitas Spermatozoa (%) (\pm SD, 3 Ulangan)
A	$36.05 \pm 3,63^b$
B	28.70 ± 1.32^a
C	25.00 ± 3.61^a

Keterangan: Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

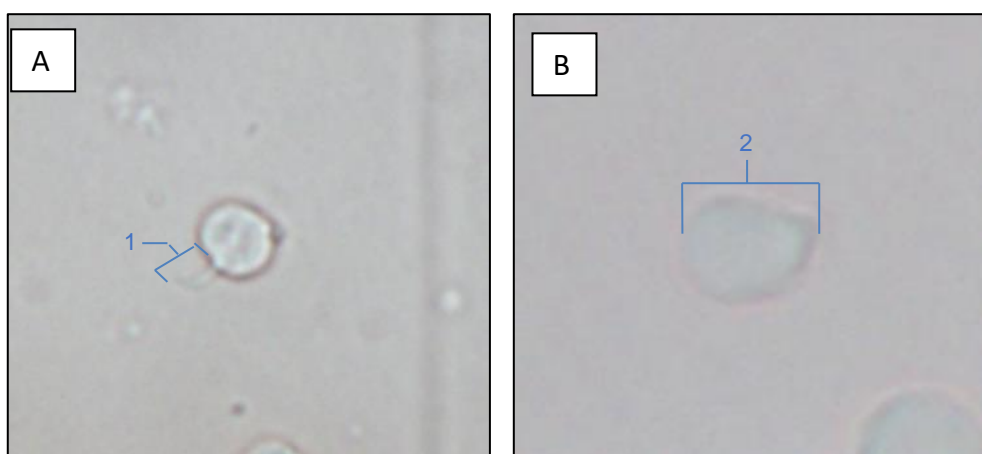
Spermatozoa abnormal ditandai oleh bentuk kepala yang tidak beraturan serta ekor (*spike*) yang patah, sedangkan spermatozoa normal dicirikan oleh kepala berbentuk bulat dan ekor (*spike*) yang utuh. Karakteristik morfologi spermatozoa normal dan abnormal ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

3.4. Pembahasan

Pemberian kerang darah pada konsentrasi 50% dan 100% menghasilkan spermator dengan warna putih pekat, sedangkan induk yang diberi pakan pelet komersial menunjukkan spermator dengan warna lebih bening. Warna spermator putih pekat merupakan indikator kualitas spermatozoa yang lebih baik, sejalan dengan pendapat Vallina et al. (2014) yang menyatakan bahwa spermator transparan mengindikasikan tingkat kematangan yang rendah akibat kepadatan spermatozoa yang rendah. Sebaliknya, spermator berwarna putih pekat (*opaque white, OW*) mencerminkan sistem reproduksi yang lebih berkembang dan jumlah spermatozoa yang lebih tinggi.



Gambar 3. Spermatozoa normal udang windu (*P. monodon*). A: struktur morfologi (diadaptasi dari Feng *et al.*, 2017); B: penampakan mikroskopis.



Gambar 4. Spermatozoa abnormal udang windu (*P. monodon*). A: bentuk kepala tidak beraturan; B: ekor hilang dan bentuk kepala tidak beraturan; 1: ekor (*spike*); 2: kepala spermatozoa.

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak adanya hubungan linier antara bobot spermatofor dan jumlah spermatozoa, yang sejalan dengan temuan Trisnawati *et al.* (2018) dan Jiang *et al.* (2009), yang melaporkan bahwa bobot spermatofor tidak selalu mencerminkan kuantitas spermatozoa yang terkandung di dalamnya. Wang *et al.* (2023) menjelaskan bahwa spermatofor tidak hanya tersusun atas spermatozoa, tetapi juga dilapisi oleh mukopolisakarida yang berfungsi sebagai struktur pendukung, sehingga bobot spermatofor dapat dipengaruhi oleh komponen tersebut tanpa berkorelasi langsung dengan jumlah spermatozoa. Dalam penelitian ini, spermatofor transparan tidak ditemukan. Chomphuthawach *et al.* (2015) menyatakan bahwa spermatofor transparan menandakan tidak adanya massa spermatozoa dan menunjukkan bahwa saluran reproduksi belum berkembang secara optimal. Warna putih bening (*pellucid white, PW*) yang ditemukan pada perlakuan pakan pelet menunjukkan bahwa proses perkembangan saluran reproduksi masih

berlangsung, namun dengan kepadatan spermatozoa yang lebih rendah. Transparansi ini diduga berasal dari sekresi cairan oleh vas deferens, yang berfungsi melindungi spermatozoa dari patogen lingkungan (Chomphuthawach *et al.*, 2015; Beirão *et al.*, 2019).

Pemberian kerang darah secara signifikan meningkatkan kepadatan spermatozoa, yang ditunjukkan oleh nilai tertinggi pada Perlakuan C (pakan kerang darah 100%) sebesar $83,75 \times 10^6$ sel/mL, diikuti oleh Perlakuan B (50% kerang darah + 50% pelet) sebesar $49,69 \times 10^6$ sel/mL, dan nilai terendah pada Perlakuan A (pelet 100%) sebesar $37,03 \times 10^6$ sel/mL. Peningkatan kepadatan spermatozoa akibat pemberian kerang darah diduga berkaitan erat dengan kandungan asam lemak esensial yang tinggi, yang berperan penting dalam peningkatan kualitas spermatozoa. Hasil ini sejalan dengan laporan Yuan *et al.* (2023) dan Nirmalasari (2017) yang menyatakan bahwa asam lemak esensial berkontribusi positif terhadap kualitas dan kepadatan spermatozoa.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, kepadatan spermatozoa yang diperoleh dalam penelitian ini tergolong lebih tinggi. Shailender *et al.* (2012) melaporkan kepadatan spermatozoa berkisar antara 32,48–39,47 × 10⁶ sel/mL pada induk udang windu yang diberi pakan cumi-cumi, cacing laut, dan tiram. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan komposisi nutrisi pakan yang digunakan, karena kualitas dan jenis pakan sangat menentukan output spermatozoa (Barral-Pintos *et al.*, 2023). Kepadatan spermatozoa yang diperoleh pada perlakuan kerang darah 100% dalam penelitian ini telah melampaui ambang batas minimal sebesar 75,6 × 10⁶ sel/mL yang dibutuhkan untuk keberhasilan pembuahan alami pada sistem pemeliharaan *P. monodon* (Laining *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penggunaan kerang darah berpotensi meningkatkan peluang keberhasilan pemijahan alami pada induk jantan udang windu.

Selain meningkatkan kepadatan spermatozoa, pemberian kerang darah juga mampu menurunkan persentase abnormalitas spermatozoa. Persentase abnormalitas terendah diperoleh pada Perlakuan C (25,00%), diikuti Perlakuan B (28,70%), sedangkan nilai tertinggi ditemukan pada Perlakuan A (36,05%). Tingginya proporsi spermatozoa normal sangat penting dalam menjamin keberhasilan fertilisasi, sebagaimana dikemukakan oleh Harlioglu *et al.* (2018). Abnormalitas spermatozoa yang ditemukan pada penelitian ini meliputi bentuk kepala yang tidak beraturan dan ekor (*spike*) yang patah, sedangkan spermatozoa normal memiliki kepala berbentuk bulat dan ekor yang utuh, sesuai dengan deskripsi Rodriguez *et al.* (2007). Persentase abnormalitas spermatozoa yang lebih tinggi pada perlakuan pakan pelet diduga disebabkan oleh kandungan nutrisi yang kurang optimal dalam mendukung

proses spermatogenesis (Lante *et al.*, 2014). Ceballos-Vazquez *et al.* (2007) melaporkan bahwa tingginya proporsi spermatozoa abnormal akan menurunkan kapasitas fertilisasi dan menunjukkan adanya hubungan terbalik antara jumlah spermatozoa normal dan abnormal.

IV. PENUTUP

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pakan kerang darah (*Anadara granosa*) pada induk jantan udang windu (*Penaeus monodon*) dengan konsentrasi 50% dan 100% mampu meningkatkan kualitas spermatozoa secara signifikan, yang ditunjukkan oleh meningkatnya kepadatan spermatozoa serta menurunnya persentase abnormalitas dibandingkan dengan pakan pelet komersial. Kepadatan spermatozoa tertinggi diperoleh pada perlakuan pakan kerang darah 100%, yang mengindikasikan bahwa kerang darah yang kaya akan asam lemak esensial berperan penting dalam meningkatkan performa reproduksi induk jantan *P. monodon*. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan positif antara warna spermatofor dan kepadatan spermatozoa, di mana spermatofor berwarna putih pekat berkorelasi dengan jumlah spermatozoa yang lebih tinggi. Temuan ini menegaskan potensi kerang darah sebagai bahan pakan alami yang efektif untuk meningkatkan kualitas spermatozoa dan keberhasilan fertilisasi pada budidaya udang windu. Pemberian kerang darah sebagai pakan induk jantan dapat menjadi strategi yang menjanjikan dalam mendukung keberhasilan pemijahan alami dan meningkatkan produktivitas budidaya udang windu. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi pengaruh jangka panjang suplementasi kerang darah terhadap daya tahan induk serta kualitas dan viabilitas larva yang dihasilkan.

REFERENSI

- Albalat, A., Zacarias, S., Coates, C. J., Neil, D. M., Planellas, S. R. 2022. Welfare in farmed decapod crustaceans, with particular reference to *Penaeus vannamei*. *Frontiers in Marine Science*, 9: 886024. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.886024>.
- Asmild, M., Hukom, V., Nielsen, R., Nielsen, M. 2024. Is economies of scale driving the development in shrimp farming from *Penaeus monodon* to *Litopenaeus vannamei*? The case of Indonesia. *Aquaculture*, 579: 740178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740178>.
- Barral-Pintos, X., Arevalo, M., Escalante, K., Arenas, M., Morones, R., Velazquez, E., Gaxiola, G., Sperm quality of *Litopenaeus vannamei* fed fresh or experimental food in two culture system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(2): e13025. <https://doi.org/10.1111/jwas.13025>.
- Beirao, J., Boulais, M., Gallego, V., O'Brien, J. K., Peizoto, S., Robeck, T. R., Cabrita, E. 2019. Sperm handling in aquatic animals for artificial reproduction. *Theriogenology*, 133, 161-178. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.05.004>.

- Ceballos-Vazques, B. P., Rosas, C., Racotta, I. 2003. Sperm quality in relation to age and weight of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 228(1-4): 141-151.
- Chomphuthawach, S., Samosorn, T., Juntaban, J., Nuangsaeng, B., Preechaphol, R., Yuvanatemiya, V., Nimrat, S., Vuthipandchai, V. 2015. Evaluation of morphological and ultrastructural changes of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) spermatophore. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology, and Food Technology*, 9(7): 34-40. <https://doi.org/10.9790/2402-09713440>.
- De Silva, M. L. I., Ranjula, M. A. S., Thanuja, M., Katuwawala, D. M., Sumanapala, A. P. 2021. Review on impacts of *Litopenaeus vannamei* on aquaculture. *WILDLANKA*, 9(1): 149-170.
- Farhadi, A., Harlioglu, M. M., Gur, S. 2019. Artificial extrusion of spermatophores for insemination of the narrow-clawed crayfish *Pontastacus leptodactylus* (Eschsholtz, 1823). *Aquaculture Reports*, 14: 100200. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100200>.
- Ferial, E. W., Ahmad, A. 2015. Macroscopic examination of semen quality from infertile patients fed with supplement from *Anadara granosa* L. *International Journal of Nutrition and Food Science*, 4(4): 453-458. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20150404.16>.
- Feng, T., Paterson, B., Johnston, S. D. 2017. New insights into the spermatogenesis of the black tiger prawn, *Penaeus monodon*. *Journal of Morphology*, 278(5): 689-703. <https://doi.org/10.1002/jmor.20664>.
- Gopi, K., Mazumder, D., Sammut, J., Saintilan, N., Crawford, J., Gadd, P. 2019. Combined used of stable isotope analysis and elemental profiling to determine provenance of black tiger prawns (*Penaeus monodon*). *Food Control*, 95: 242-248. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.08.012>.
- Harlioglu, M. M., Farhadi, A., Gur, S. 2018. Determination of sperm quality in decapod crustaceans. *Aquaculture*, 490: 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.031>.
- Heitzmann, J. C., Diter, A., AQUACOP. 1993. Spermatophore formation in the white shrimp, *Penaeus vannamei* Boone 1931: dependence on the intermoult cycle. *Aquaculture*, 116(1): 91-98. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90225-N](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90225-N).
- Hidayani, A. A., Achmad, M., Fujaya, Y., Permatasari, N. U., Lante, S., Baharuddin, L., Suwanmala, J., Azzahra, S. F., Jannati, A. N. 2024. Effectiveness of sea cucumber viscera waste to improve reproductive performance of male tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquacultura Indonesiana*, 25(1): 6-11.
- Ischak, N. I., Judijanto, L., Ferial, E. W. 2024. Impact of *Anadara granosa* L. and *Spirulina platensis* on sperm morphology and motility in *Mus musculus*. *Journal of Angiotherapy*, 8(8): 1-7. <https://doi.org/10.25163/angiotherapy.889934>.
- Jiang, S., Huang, J., Zhou, F., Chen, X., Yang, Q., Wen, W., Ma, Z. 2009. Observations of reproductive development and maturation of male *Penaeus monodon* reared in tidal and earthen ponds. *Aquaculture*, 292(1-2): 121-128. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.03.054>.
- Jiang, S., Liu, D., Zhou, F., Mo, X., Yang, Q., Huang, J., Yang, L., Jiang, S. 2020. Effect of vitamin E on spermatophore regeneration and quality of pond-reared, black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture Research*, 51(6): 2197-2204. <https://doi.org/10.1111/are.14524>.
- Lainig, A., Lante, S., Kamaruddin. 2014. Improvement of reproductive performances of pond-reared male tiger shrimp, *Penaeus monodon* by supplementing feed additive for maturation diet. *Journal of Fisheries Science*, 16(2): 53-58.
- Lante, S., A. Lainang, dan A. Parenrengi. 2014. Performa Reproduksi Induk Udang Windu (*Penaeus monodon* fab.) Jantan Alam dan Domestikasi Tambak. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, 693 – 700.
- Li, Y., Chen, J., Jiang, S., Huang, J., Jiang, S., Yang, Q., Yang, L., Shi, J., Zhou, F. 2024. A comprehensive study on nutritional quality, physiological enzyme activity and genetic diversity in six populations of *Penaeus monodon*. *Aquaculture International*, 32: 10141-10157. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01654-6>.
- Menasveta, P., Sangpradub, S., Piyatiratitivorakul, S., Fast, A. W. 2007. Effects of broodstock size and source on ovarian maturation and spawning of *Penaeus monodon* Fabricius from the Gulf of Thailand. *Journal of The World Aquaculture Society*, 25(1): 41-49. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1994.tb00802.x>.
- Muhsin, M. F., Fujaya, Y., Hidayani, A. A., Fazhan, H., Wan Mahari, W. A., Lam, S. S., Shu-Chien, A. C., Afiah-Aleng, N., Waiho, K. 2023. Bridging the gap between sustainability and profitability: unveiling the untapped potential of sea cucumber viscera. *PeerJ*, 11: e16252.

<https://doi.org/10.7717/peerj.16252>.

- Nirmalasari, R. 2017. The effect of feeding blood cockle *Anadara granosa* L. on the spermatozoa density of *Mus musculus* L. *Jurnal Biologi Makassar*, 2(1): 9-14.
- Pandey, A. 2024. Role of broodstock nutrition and its impacts on fish reproductive output: An overview. *Agricultural Reviews*, 45(4): 699-704. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2464>.
- Permata, Y. M., Liesna, A. T., Rangkuti, F. M., Insyra, K., Dayanti, Y. 2023. Proximate composition of *Anadara granosa* and *Paphia undulata*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6(1):001-005. <https://doi.org/10.32734/idjpcr.v6i1.9196>.
- Ren, S., Mather, P. B., Tang, B., Hurwood, D. A. 2020. Comparison of reproductive performance of domesticated *Litopenaeus vannamei* females reared in recirculating tanks and earthen ponds: An evaluation of reproductive quality of spawns in relation to female body size and spawning order. *Frontiers in Marine Science*, 7: 560. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00560>.
- Rodriguez, S. R., Regalado, E. M., Perez, J. A. C., Pasten, A. N., Ibarra, R. S. 2007. Comparison of some reproductive characteristics of farmed and wild white shrimp males *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae). *Revista de Biología Tropical*. 55(1): 199-206. <https://doi.org/10.15517/rbt.v55i1.6071>.
- Rosmiati, R., Parenrengi, A., Suryati, E., Lante, S., Harlina, H., Tenriulo, A., Sahabuddin, S. 2022. Improved reproductive performance of captive male broodstock of tiger shrimp *Penaeus monodon* with 17 α -methyltestosterone induction. *The Israeli Journal of Aquaculture*, 74, 1548102. <https://doi.org/10.46989/001c.31616>.
- Shailender, M. S., Babu, S., Krishna, P. V. 2012. Determine the competence of different fresh diets to improve the spermatophore superiority of giant black tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *International Journal of Bioassays*, 1(12): 170-176.
- Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC). 2022. The southeast Asian state of fisheries and aquaculture. Available at <http://repository.seafdec.org/handle/20.500.12066/6752>.
- Thiruvassagam, T., Chidambaram, P., Ranjan, A., Komuhi, N. B. 2024. Significance of fatty acids in fish broodstock nutrition. *Animal Reproduction Science*, 268: 107573. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107573>.
- Trisnawati, I., Nawang, A., Laining, A. Salmone gonadotropin releasing hormone analogue stimulation of spermatophore maturation in *Penaeus monodon* broodstock without ablation. *Media Akuakultur*, 13(2): 67-74. <http://dx.doi.org/10.15578/ma.13.2.2018.67-74>.
- Uddin, S. A., Rahman, M. M. 2016. Gonadal maturation, fecundity, and hatching performance of wild caught tiger shrimp *Penaeus monodon* using unilateral eyestalk ablation in captivity. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 13(2): 315. <https://doi.org/10.3329/jbau.v13i2.28804>.
- Vallina, M., Moyano, M. P. S., Cuartas, E. I., Gavio, M. A. 2014. Reproductive system and size maturity of the paddle crab *Ovalipers trimaculatus* (Brachyura: Portunidae) along the Argentine Coast. *Journal of Crustacean Biology*, 34(3): 357-366. <https://doi.org/10.1163/1937240X-00002239>.
- Vuthipandchai, V., Nimrat, S., Kotcharat, S., Bart, A. N. 2007. Development of a cryopreservation protocol for long-term storage of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) spermatophores. *Theriogenology*, 68(8): 1192-9. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.08.024>.
- Wang, D., Yu, Y., Gao, W., Xiang, Z., Zhao, Z., Fazhan, H., Waiho, K., Ikhwanuddin, M., Ma, H. 2023. Dynamic changes characteristics of the spermatozoon during the reproductive process of mud crab (*Scylla paramamosain*): from spermatophore formation, transportation to dispersion. *Aquaculture Reports*, 33: 101866. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101866>.
- Yotbuntueng, P., Jiemsup, S., Deenarn, P., Tobwor, P., Yongkiettrakul, S., Vichai, V., Pruksatrakul, T., Sittikankaew, K., Karoonuthaisiri, N., Leelatanawit, R., Wimuttisuk, W. 2022. Differential distribution of eicosanoids and polyunsaturated fatty acids in the *Penaeus monodon* male reproductive tract and their effects on sperm counts. *PLoS One*, 17(9): e0275134. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275134>.
- Yuan, C., Wang, J., Lu, W. 2023. Regulation of semen quality by fatty acids in diets, extender, and semen. *Frontiers in Veterinary Science*, 10: 1119153. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1119153>.