

**PENGARUH UMUR TERHADAP PERFORMA REPRODUKSI INDUK UDANG
PUTIH, *PENAEUS INDICUS***

***The Effect Of Ages On Reproductive Performances Of Banana Shrimp,
Penaeus Indicus***

Abidin Nur^{1*}, Amri Yudhistira¹, Lisa Ruliaty¹, Moh. Soleh²

¹Balai Besar Perikanan Budidaya Air payau, Jepara-Jawa Tengah, Indonesia

²Pusat Riset Perikanan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia

Jl. Cik Lanang, Rw. IV, Bulu, Kec. Jepara, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59418

Alamat korespondensi : abidinoer2@gmail.com

ABSTRAK

Umur dan berat menjadi target dalam proses domestikasi induk oleh karena berpengaruh terhadap performa reproduksi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh umur terhadap performa reproduksi induk *P. indicus*. Dua seri penelitian telah dilaksanakan di Unit Pembenihan BBPBAP Jepara menggunakan induk hasil domestikasi generasi-1 (G-1) di tambak pada umur 11 bulan (U-11) dan 14 bulan (U-14). Proses maturasi dan pemijahan dilaksanakan dalam ruangan terpisah dan tertutup. Pemeliharaan dan produksi benih menggunakan bak semen kapasitas 10 m⁻³ sesuai dengan protokol sistem produksi benih udang penaeid di BBPBAP Jepara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan umur (U-11 dan U-14) berpengaruh secara signifikan ($p < 0.05$) terhadap laju pemijahan harian (18,78±4,6 %h vs 8,85±3,69 %h-), produksi nauplius (47.000±2.400 N induk vs 27.421±8.555 N induk) dan frekuensi pemijahan (1,67 selama 9 hari vs 1,79 selama 22 hari) serta sintasan benih (26,81±7,30% v 37,27s ± 1,95%). Hasil dari penelitian ini disimpulkan bahwa untuk kepentingan produksi benih secara massal maka induk poduktif yang digunakan berumur 11 bulan. Performa reproduksi induk kurang dari umur tersebut perlu dikaji lebih lanjut.

ABSTRACT

Age and weight were the main target on domesticated shrimp due to affect on their reproductive performances. The objective of the present study was to know the effect of broodstock ages on reproductive performances of *P. indicus*. Two series experiments were conducted in the Hatchery Unit of MCBA Jepara by using the 1st generation (G-1) domesticated broodstocks at two differences ages such as 11 months (U-11) and 14 months (U-14). All maturation and spawning process were carried out under separated room-indoor system. Larva rearing and seed productions were conducted into 10 m⁻³ concrete tanks based on shrimp seed production protocols being developed on MCBA Jepara. Results found that the difference of broodstock ages significantly ($p < 0.05$) affects on daily spawning rate, nauplii productions, spawning frequencies, and larvae survival, were (18.78±4,6 vs 8.85±3,69); (47.000±2.400 vs 27.421±8.555 N spawner-) ; (1.67 for 9 days vs 1.79 for 22 days) and (26.81±7,30% v 37.27s ± 1.95%), respectively. From the experiments it can be concluded that 11 months ages brooders were suggested for mass seed production purposed. However, further research of less than ages mentioned needs to take into account.

Kata Kunci	<i>Domestikasi, Penaeus indicus, Performa reproduksi, Umur</i>
Keywords	<i>Domestication, Penaeus indicus, Reproductive performance, Ages</i>
Tracebility	Tanggal diterima : 15/6/2022. Tanggal dipublikasi : 30/6/2022
Panduan Kutipan (APPA 7th)	Abidin Nur, A., Yudhistira, A., Ruliaty, L., & Soleh, M. (2022). Pengaruh Umur Terhadap Performa Reproduksi Induk Udang Putih, <i>Penaeus Indicus</i> . <i>Jurnal Media Akuakultur Indonesia</i> , 2(1), 65-112. http://doi.org/10.29303/mediaakuakultur.v2i1.1379

PENDAHULUAN

Domestikasi udang putih, *P. indicus* di BBPBAP Jepara sejak tahun 2000 sebagai upaya diversifikasi komododitas budidaya udang di Indonesia. Species tersebut merupakan satu diantara enam species (*P. vannamei*, *P. monodon*, *P. Chinensis*, *P. Japonicus*, *P. merguensis* dan *P. indicus*) yang berkontribusi terhadap produksi global udang budidaya (Vance & Rothlisberg, 2020). Namun demikian, produksi mulai menurun setelah tahun 2006 akibat penyakit dan beralihnya pembudidaya ke udang *P. vannamei* dan *P. monodon* (Vance & Rothlisberg, 2020). Sebagai species lokal tentunya lebih adaptif terhadap lingkungan perairan di Indonesia, bahkan dilaporkan tahan terhadap temperature tinggi (Hoang et al., 2020) dan toleransi salinitas yang lebar (Yousif, Kumar, and Ali A 2003; Sajeela et al. 2019).

Pemilihan species budidaya yang tahan terhadap perubahan iklim global menjadi perhatian saat ini. Didukung oleh ketersediaan lahan tambak, maka pengembangan pada level teknologi sederhana (tradisional) akan berdampak secara signifikan pada produksi udang nasional. Hal penting lainnya adalah memiliki variasi genetik yang tinggi (Regunathan, 2008), kebutuhan protein pakan lebih rendah (30%-35%) dan terbukti lebih profitable dibandingkan dengan kadar protein yang lebih tinggi (Panigrahi et al., 2020; Lalramchhani et al., 2020; Estante-Superio et al., 2022).

Produk domestikasi dimaksudkan untuk perbaikan genetik suatu species serta pengendalian sistem produksi dan status kesehatan benih yang dihasilkan. Selain itu, domestikasi dipandang sebagai suatu pendekatan ekologi dan ekonomi untuk kelangsungan industri budidaya udang (Regunathan, 2008). Dalam akuakultur, inti domestikasi adalah pengendalian total dari siklus hidup suatu organisme termasuk kegiatan pembenihannya (Liao and Huang 2000).

Berat dan umur induk menjadi target dalam proses domestikasi oleh karena berpengaruh terhadap performa reproduksi (Coman and Crocos 2003; Racotta et al., 2003). Umumnya, induk yang berukuran besar cenderung memiliki performa reproduksi yang lebih baik dibanding berukuran kecil (Hoang et al., 2002). Akan tetapi studi pada udang *P. merguensis* menunjukkan bahwa induk umur 13 bulan dengan berat yang sama dengan umur 10 bulan, memiliki performa reproduksi dan sintasan benih yang lebih rendah (Hoang et al., 2002). Hal yang sama dilaporkan pada udang *P. semiculcatus* bahwa induk yang lebih tua (12-14 bulan) menghasilkan telur lebih sedikit dibandingkan dengan induk yang lebih muda (Coman & Crocos, 2003). Pengalaman di India dilaporkan tren yang sama bahwa *P. indicus* (alam) dengan berat induk 20-25g menghasilkan telur yang lebih banyak (telur/gram berat induk) dibandingkan dengan ukuran induk yang lebih besar (Anand et al., 2019). Pengaruh umur terhadap performa reproduksi induk *F. indicus* hasil domestikasi terbatas sehingga pengujian ini perlu dilakukan.

METODE PENELITIAN

Materi Uji

Produksi induk generasi-1 (G-1) dilakukan di tambak NSBC, BBPBAP Jepara pada tahun 2020-2021. Benih yang digunakan berasal dari hasil pemijahan induk alam (Prigi, Jawa Timur) dan dinyatakan SPF (*specific pathogen free*) untuk WSSV, IMNV, IHNV, TSV. Berat dan panjang induk masing-masing sebesar 43,0±10,2g ; 16,02±1,05 cm (betina) dan 28,8±5,4g ; 14,0±0,79 cm (jantan). Produksi nauplius per ekor induk rata-rata 80.000 ekor dengan sintasan benih

(<PI-10) kurang dari 25%. Prinsip umum pemeliharaan dan produksi induk G-1 meliputi seleksi individu, pemindahan dan penjarangan populasi serta pemilahan jantan dan betina hingga mencapai ukuran induk.

Pelaksanaan Uji

Pengujian performa reproduksi induk G-1 dari dua kelompok umur berbeda yaitu 11 bulan (U-11) dan 14 bulan (U-14) dilaksanakan di Unit Pembenihan Udang, BBPBAP Jepara pada bulan Januari - Juni 2021. Penentuan umur induk dihitung sejak stadia nauplius hingga menjadi induk dan menghasilkan nauplius kembali. Induk hasil seleksi diadaptasikan selama 5-7 hari pada bak maturasi dan dipelihara terpisah antara jantan dan betina. Berat induk yang digunakan untuk pengujian umur 11 dan 14 bulan relatif sama dan berkisar 38-44 g (betina) dan 21-25 g (jantan).

Setelah fase adaptasi selama 5-7 hari, dilanjutkan dengan ablasi mata untuk memacu pematangan gonad. Induk jantan dan betina dipelihara bersama pada bak berukuran 5x6x0,8 m dengan rasio 1:1. Selama pemeliharaan diberi pakan segar berupa cacing *Nereis* sp., cumi dan tiram sebanyak 25-30% biomas dan pakan maturasi (kadar protein 50%) sebanyak 1-2 % biomas. Salinitas dan temperature media relatif sama selama pengujian dan berkisar 29-30 ppt dan 28-29 °C. Sedangkan pada media pemijahan dan produksi nauplius, temperature air mencapai 29,0-30,5 °C. Pergantian air dilakukan pada pagi dan sore hari sebanyak 100-200% per hari sebelum pemberian pakan.

Pengamatan perkembangan gonad dilakukan pada sore hari dan biasanya dimulai pada hari ketiga atau keempat pasca ablasi. Induk yang siap memijah dipindahkan ke bak pemijahan menggunakan bak fiber (volume aktif 800 L). Ruang pemijahan terpisah dengan bak pematangan induk dan kondisi gelap. Induk yang telah melepaskan telur dipindahkan kembali ke bak pematangan esok harinya. Untuk mengoptimalkan penetasan telur menjadi nauplius, suhu air dinaikkan hingga 30±1 °C menggunakan pemanas otomatis 100 watt dan diberi penyinaran menggunakan lampu yang dipasang di atas bak fiber tersebut.

Nauplius yang dihasilkan (24 jam atau lebih setelah menetas) siap dipanen dan selanjutnya dipelihara pada bak produksi benih (kapasitas 10 m³) pada ruangan indoor. Air media menggunakan air yang telah disterilkan dan didistribusikan ke bak pemeliharaan larva dengan ketinggian air mencapai 70 cm. Penambahan air hingga 100 cm menjelang pergantian stadia menjadi post larvae. Air tawar digunakan untuk menurunkan kadar garam dan sekaligus sebagai stimulator moulting. Pada saat nauplius berganti stadia menjadi zoea (biasanya sore hari), maka segera diberi pakan alami *Skeletonema costatum* sebanyak 20.000-30.000 sel mL. Pakan buatan diberikan dalam bentuk *micro encapsulated diet* (FRIPPAK) dengan jenis dan jumlah sesuai stadia larva-benih yaitu 0,75 - 2 ppm untuk pemberian pakan enam kali sehari. Artemia mulai diberikan pada stadia post larvae hingga panen pada pagi dan sore hari. Parameter air seperti oksigen terlarut, pH, temperatur dan salinitas relatif sama selama pengujian dan masing-masing berkisar 5,16-5,91 ppm; 8,0-8,4; 28,9-31,2 °C; dan 25-30 ppt. Pemanenan benih dilakukan setelah PI-8 atau lebih.

Data pengujian dan analisis statistik

Data pengujian meliputi performa reproduksi induk yaitu: periode latensi (lama waktu yang diperlukan untuk melakukan pemijahan setelah ablasi, h), laju pemijahan (jumlah induk yang memijah setiap hari, % h⁻¹), dan produksi nauplius ekor induk serta sintasan benih (%). Analisa statistik (ANOVA satu arah) terhadap performa reproduksi dan sintasan benih dari umur induk berbeda dengan IBM SPSS (versi 25) pada tingkat kepercayaan 95% atau ($p < 0.05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Performa reproduksi induk G-1

Performa reproduksi induk *P. indicus* dari umur berbeda disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Performa reproduksi induk *P. indicus* pada umur 11 (U-11) dan 14 (U-14) bulan.

Performa reproduksi	Umur 11 bulan (U-11)	Umur 14 (U-14)
Berat induk (g)	39,53±2,50 ^a	39,95±2,76 ^a
Periode latensi (h)	4	5
Frekuensi mijah (kali)	1,69	1,79
Periode mijah (h)	9	22
Persentase induk mijah (%/h)	18,78±4,6 ^a	8,95±3,69 ^b
Produksi nauplius (N/ekor)	47,000±2.400 ^a	27,421±8.55 ^b

Rerata ± SD diikuti huruf berbeda pada baris yang sama menyatakan berbeda secara nyata ($P < 0.05$).

Berat induk yang digunakan relatif sama meskipun dengan umur berbeda yaitu 36-44 g (betina) dan 20-26 g (jantan). Kondisi induk yang demikian telah dilaporkan oleh (W. Emmerson, 1980), bahwa induk >39 gram, faktor kondisi dan bobot mulai menurun. Periode latensi dicapai pada hari keempat dan kelima paska ablasi, lebih cepat dibandingkan dengan induk non-ablasi yaitu mencapai tujuh hari (Nur *et al.*, 2022; *in-press*). Periode ini tergolong normal sebagai induk hasil domestikasi. Bahkan period latensi induk alam telah dilaporkan mencapai 7-10 hari (Anand *et al.*, 2019). Frekuensi pemijahan dari induk U-11 dan U-14 masing-masing 1,69 (selama 9 hari) dan 1,79 (selama 22 hari). Parameter ini sangat penting untuk efisiensi dan efektivitas operasional unit pembenihan. Pada tahap ini kebutuhan pakan segar lebih banyak dan harganya relative mahal. Pakan maturasi (pellet) yang digunakan belum dapat diandalkan sepenuhnya untuk menggantikan fungsi pakan segar dalam proses maturasi. Frekuensi pemijahan (1,69-1,79) tercermin bahwa induk dari U-11 memiliki interval pemijahan lebih singkat dibandingkan dengan induk U-14. Vazquez Boucard *et al.*, (2004) melaporkan bahwa induk *indicus* dapat memijah 3,9 kali dalam sebulan atau dengan interval waktu 2-6 hari. Hasil pada kajian ini menunjukkan 69% induk (U-11) memijah dua kali selama sembilan hari periode pemijahan. Hal ini lebih cepat dibandingkan dengan induk U-14 yang mencapai 79% dalam waktu 22 hari.

Terdapat perbedaan yang signifikan terhadap performa pemijahan induk *P. indicus* dengan umur yang berbeda. Prosentase harian induk memijah pada U-11 lebih tinggi (18,78±4,6 % h) dan menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0.05$) dibandingkan U-14 (8,95±3,69 % h). Hal yang sama terjadi pada produksi nauplius, yaitu 47.000±2.400 vs 27.421±8.555 nauplius induk.

Dibandingkan dengan performa induk sebelumnya (induk dari alam), produksi nauplius induk G-1 mengalami penurunan yang signifikan dari 80.000 nauplius induk-menjadi 27.000-47.000 nauplius induk. Hal ini dapat dijelaskan dan kemungkinan terkait dengan sumber nutrisi selama proses produksi induk di tambak. Pakan pellet mendominasi sumber nutrien dan penggunaan pakan segar sangat minim dan hanya pada beberapa bulan terakhir pemeliharaan. Penggunaan pakan segar seperti cumi, tiram dan cacing, *Nereis* sp. lebih dominan setelah udang dipelihara di unit pembenihan. Pada sisi lain, jenis pakan tersebut sangat diperlukan pada proses maturasi terutama karena kandungan protein, lemak (asam lemak) dan hormon steroid serta mineral (Coman *et al.*, 2011; Hoa *et al.*, 2009; Phoosamran *et al.*, 2017). Senyawa lipid, tersimpan pada hepatopankreas dan berfungsi untuk pembentukan vitelin (bagian lipid yang terpenting untuk maturasi), perkembangan oosit dan embrio serta sumber makanan (energi) bagi nauplius (Vazquez Boucard *et al.*, 2004; Auttarat *et al.*, 2006).

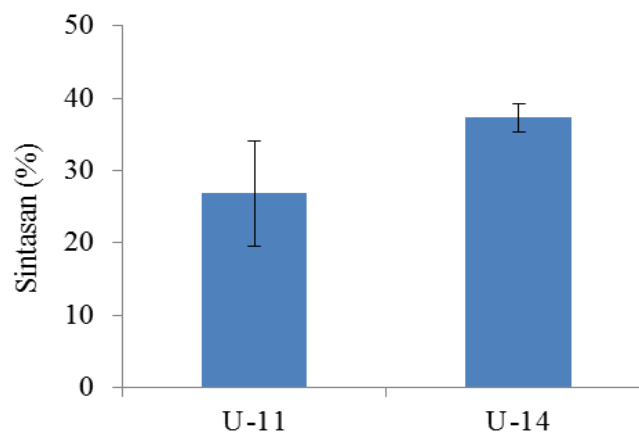
Menurunnya produktifitas induk hasil domestikasi dibandingkan dengan induk alam merupakan fenomena umum pada domestikasi beberapa jenis udang. Pada udang windu, *P. monodon* kejadian telah diamati dan diduga bahwa vitelin dari sel folikel menuju oosit

berjalan lambat dan menghambat proses pematangan dibandingkan dengan induk alam (Urtgam et al., 2015). Studi lain menyebutkan bahwa hasil analisis biokimia pada telur dan nauplius antara induk alam dan induk domestikasi *P. indicus* terdapat perbedaan yang signifikan seperti asam lemak rantai panjang (HUFA) terutama dari jenis EPA (Eicosapentaenoic acid), DHA (Docosahexaenoic acid) and ARA (Arachidonic acid). Demikian pula halnya dengan kandungan glukosa, karetonoid dan triasilgliserol yang lebih tinggi pada induk alam (Regunathan, 2008).

Upaya meningkatkan performa reproduksi induk hasil domestikasi hingga layak secara ekonomi telah dilakukan, seperti : perbaikan nutrisi sejak fase awal pemeliharaan (Keys & Crocos, 2006) hingga fase maturasi (Santander-Avanceña et al., 2021); introduksi nutrisi spesifik seperti asam lemak omega-3 (Coman et al., 2011, 2013), sistem seleksi (Norman-López et al., 2016; Ren et al., 2020), identifikasi gen yang terlibat dalam metabolisme lipid selama maturasi (Rotllant et al., 2015) serta perbaikan pada tahap prematurasi seperti aplikasi biofloc technology (Braga et al., 2018; Cardona et al., 2016; El-Sayed, 2021; Emerenciano et al., 2013, 2014; Magaña-Gallegos et al., 2018, 2021). Saat ini, *P. vannamei* merupakan produk domestikasi yang telah merubah industri udang global dan mendominasi produksi udang budidaya (Wyban, 2009). Perbaikan performa reproduksi perlu pendekatan menyeluruh mulai dari aspek nutrisi, lingkungan pemeliharaan dan karakter biologi lainnya. Hal inilah yang menyebabkan kegiatan domestikasi dan pemuliaan memerlukan waktu relatif lama serta biaya yang lebih besar. Berkembangnya teknologi seleksi berbasis informasi genom (genomic selection) merupakan pendekatan baru terhadap sistem perbaikan genetik suatu species (Zenger et al., 2019) dan implikasi pada udang *P. indicus* atau species udang lokal lainnya diharapkan dapat segera terwujud.

Sintasan Benih

Sintasan benih *P. indicus* dari umur berbeda disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Sintasan benih udang *P. indicus* menunjukkan adanya perbedaan ($p < 0.05$) antara umur 11 bulan (U-11; $n=9$) dan 14 bulan (U-14; $n=12$).

Selain performa induk, performa larva (pergantian stadia) dan benih (sintasan) menjadi bagian penting pengamatan dari setiap pemeliharaan. Perubahan stadia nauplius menjadi zoea umumnya berlangsung pada sore hari. Pergantian ke stadia berikutnya seperti mysis dan post larva berjalan normal yaitu sekitar 3-4 hari.

Pengalaman dua tahun terakhir menunjukkan bahwa sintasan benih udang *P. indicus* relatif rendah (<30%). Kanibalisme dianggap pemicu rendahnya sintasan tersebut dan mulai terjadi pada stadia awal post larvae. Kebiasaan benih menghuni dasar atau menempel pada dinding bak sehingga teritori udang terbatas. Hal yang sama telah dilaporkan oleh (Anand et al., 2019), namun penjelasan teknis berbeda. Dilaporkan bahwa sinkronisasi

molting dari stadia zoea ke mysis-1 (91.5% vs 8,5%) dan mysis-3 ke PL-1 (30-40%) dianggap pemicu rendahnya sintasan benih.

Upaya peningkatan sintasan benih telah dilakukan seperti penggunaan probiotik *Bacillus sp* baik ke media air maupun untuk nauplius *Artemia* dan meningkatkan sintasan sekitar 11-17% (Ziaei-Nejad et al., 2006). Hasil pengujian lain yaitu dengan menambahkan prebiotik berupa inulin dan dikombinasikan dengan SELCO untuk pengkayaan *Artemia* sebelum diberikan kepada post larva (Hoseinifar et al., 2010; 2015). Namun demikian, pengujian pada skala massal perlu dilakukan. Aplikasi sistem *synbiotic* telah dilakukan pada produksi benih *P. indicus* skala massal, namun belum berpengaruh pada peningkatan sintasan melainkan pengaruhnya lebih nyata pada perkembangan vili usus dan sel goblet (Nur et al 2021, *unpublished*).

Faktor makanan dan lingkungan berperan terhadap sintasan benih. (Kumlu, 1998) melaporkan bahwa kombinasi antara *Tetrachelmis chuii* dan *Skeletonema costatum* dengan kepadatan 60-70 sel/ μ L hingga mysis-3, kemudian dilanjutkan dengan pemberian nauplius *Artemia* (5 ekor mL) menghasilkan sintasan, perkembangan dan pertumbuhan terbaik dari stadia zoea hingga PL-1 (Kumlu & Jones, 1995). Akan tetapi, pada sistem produksi benih skala massal, terdapat kesulitan dalam menyediakan dua jenis pakan alami sekaligus serta potensi kontaminasi yang lebih besar.

Preferensi larva terhadap jenis diatom lainnya yaitu *Thalassiosira weissflogii* dan dikombinasikan dengan rotifer dan *Artemia* pada stadia mysis (W. Emmerson, 1980). Akan tetapi nilai energi dari rotifer lebih rendah sehingga tidak direkomendasikan pada sistem produksi massal udang *indicus* (W. D. Emmerson, 1984). Selanjutnya, kajian terhadap aspek lingkungan dilaporkan bahwa salinitas dan temperatur terbaik untuk pemeliharaan larva adalah 20-25 ppt dan 28 °C (Kumlu & Jones, 1995). Hal ini relevan dengan hasil uji tantang (tanpa aklimatisasi; 96 jam) bahwa larva *P. indicus* bertahan dengan baik pada salinitas 5-20 ppt (Karan et al., 2020). Namun demikian pemeliharaan larva udang *P. indicus* di daerah tropis dapat mentoleransi temperatur hingga 35°C (Hoang et al., 2020). Umumnya pemeliharaan dan produksi benih dilakukan pada suhu >30°C dan salinitas >25 ppt, sehingga diperlukan kajian lanjut terhadap kedua parameter tersebut pada level yang lebih rendah. Hal lain yang dianggap penting adalah frekuensi pemberian pakan yang lebih sering mengingat tingkat kanibalisme yang cukup tinggi pada species ini.

Pada Gambar 1 di atas, diketahui bahwa induk U-14 menghasilkan sintasan benih lebih tinggi ($37,27 \pm 1,95\%$) dan berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan induk U-11 ($26,81 \pm 7,30\%$). Pengaruh perbedaan belum dapat dijelaskan secara pasti. Akan tetapi nutrisi induk (seperti pada hepatopankreas dan ovarium) menjadi indikator penting untuk dikaji lebih lanjut. Nutrisi induk dan pengaruhnya terhadap komposisi biokimia telur dan nauplius telah dilakukan (Regunathan, 2008), namun informasi terhadap tingkat sintasan benih masih terbatas.

KESIMPULAN

Hasil kajian disimpulkan bahwa perbedaan umur induk *P. indicus* hasil domestikasi berpengaruh terhadap performa reproduksi induk dan sintasan benih yang dihasilkan. Umur induk 11 bulan (U-11) memiliki performa reproduksi yang lebih baik dan dapat digunakan untuk kegiatan produksi benih secara massal, meskipun sintasan benih yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan induk umur 14 bulan (U-14).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Team Produksi Induk di Tambak dan Team Pembenuhan Unit-1 Bulu, Jepara atas dedikasi yang diberikan sehingga induk produk domestikasi dapat terwujud. Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, melalui BBPBAP Jepara atas dukungan biaya sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, P. S. S., Balasubramanian, C. P., Francis, B., Panigrahi, A., Aravind, R., Das, R., Sudheer, N. S., Rajamanickam, S., & Vijayan, K. K. (2019). Reproductive Performance of Wild Brooders of Indian White Shrimp, *Penaeus indicus*: Potential and Challenges for Selective Breeding Program. *Journal of Coastal Research*, 86(sp1), 65–72. <https://doi.org/10.2112/SI86-010.1>
- Auttarat, J., Phiriyangkul, P., & Utarabhand, P. (2006). Characterization of vitellin from the ovaries of the banana shrimp *Litopenaeus merguensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology*, 143(1), 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.09.009>
- Braga, A., Lopes, D., Magalhães, V., Klosterhoff, M., Romano, L., Poersch, L., & Wasielesky, W. (2018). Infertility of biofloc-reared *Litopenaeus vannamei* males associated with a spermatophore mycobacterial infection: Description of the pathological condition and implications for the broodstock management and larval production. *Aquaculture*, 492. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.039>
- Cardona, E., Lorgeoux, B., Chim, L., Goguenheim, J., Le Delliou, H., & Cahu, C. (2016). Biofloc contribution to antioxidant defence status, lipid nutrition and reproductive performance of broodstock of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*: Consequences for the quality of eggs and larvae. *Aquaculture*, 452, 252–262. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.08.003>
- Coman, G. J., Arnold, S. J., Barclay, M., & Smith, D. M. (2011). Effect of arachidonic acid supplementation on reproductive performance of tank-domesticated *Penaeus monodon*. *Aquaculture Nutrition*, 17(2), 141–151. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00716.x>
- Coman, G. J., Arnold, S. J., Wood, A. T., & Preston, N. P. (2013). Evaluation of egg and nauplii production parameters of a single stock of domesticated *Penaeus monodon* (Giant Tiger Shrimp) across generations. *Aquaculture*, 400–401, 125–128. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.03.015>
- Coman, G. J., & Crocos, P. J. (2003). Effect of age on the consecutive spawning of ablated *Penaeus semisulcatus* broodstock. *Aquaculture*, 219(1–4), 445–456. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00002-4)
- El-Sayed, A. F. M. (2021). Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. In *Reviews in Aquaculture* (Vol. 13, Issue 1, pp. 676–705). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1111/raq.12494>
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Arévalo, M., & Gaxiola, G. (2014). Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: Spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. *Aquaculture Research*, 45(10), 1713–1726. <https://doi.org/10.1111/are.12117>
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Arévalo, M., Mascaró Miquelajauregui, M., & Gaxiola, G. (2013). Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. *Aquaculture International*, 21(5), 987–1007. <https://doi.org/10.1007/s10499-012-9607-4>
- Emmerson, W. (1980). Induced Maturation of Prawn *Penaeus indicus*. *Marine Ecology Progress Series*, 2, 121–131. <https://doi.org/10.3354/meps002121>
- Emmerson, W. D. (1984). Predation and Energetics of *Penaeus Indicus* (Decapoda : Penaeidae) Larvae Feeding on *Brachionus plicatilis* and *artemia nauplii* of *Transkei*). In *Aquaculture* (Vol. 38).
- Estante-Superio, E. G., Santander-Avanceña, S. S., de la Peña, L. D., Garibay, E. S., Gardoce, R. S., & Dayrit, R. (2022). Growth performance, production and economic viability of Indian white shrimp (*Penaeus indicus* H. Milne Edwards) fed with varying dietary protein levels. *Aquaculture Research*, 53(4). <https://doi.org/10.1111/are.15691>
- Hoa, N. D., Wouters, R., Wille, M., Thanh, V., Dong, T. K., Van Hao, N., & Sorgeloos, P. (2009). A

- fresh-food maturation diet with an adequate HUFA composition for broodstock nutrition studies in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *Aquaculture*, 297(1–4), 116–121. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.005>
- Hoang, T., Bui, T. H. H., Ho, H. C., & Le, N. P. T. (2020). Thermal challenge of the Indian shrimp *Penaeus indicus*. *Aquaculture Research*, 51(4), 1480–1486. <https://doi.org/10.1111/are.14493>
- Hoang, T., Lee, S. Y., Keenan, C. P., & Marsden, G. E. (2002). Effects of age, size, and light intensity on spawning performance of pond-reared *Penaeus merguensis*. *Aquaculture*, 212, 373–382. www.elsevier.com/locate/aqua-online
- Hoseinifar, S. H., Zare, P., & Merrifield, D. L. (2010). The effects of inulin on growth factors and survival of the Indian white shrimp larvae and postlarvae (*Fenneropenaeus indicus*). *Aquaculture Research*, 41(9). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02485.x>
- Hoseinifar, S., Zare, P., Miandare, H. K., Hossein, S., & Phd, H. (2015). The effects of different routes of inulin administration on gut microbiota and survival rate of Indian white shrimp post-larvae (*Fenneropenaeus indicus*). In *Veterinary Research Forum* (Vol. 6, Issue 4).
- Karan, S., Ghosh, S., & Paul, S. (2020). Salinity Tolerance of Wild *Penaeus monodon* and *Penaeus indicus* Juveniles: Perspectives of Their Sustained Availability in Sundarban. *Proceedings of the Zoological Society*, 73(4). <https://doi.org/10.1007/s12595-020-00326-6>
- Keys, S. J., & Crocos, P. J. (2006). Domestication, growth and reproductive performance of wild, pond and tank-reared brown tiger shrimp *Penaeus esculentus*. *Aquaculture*, 257(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.044>
- Kumlu, M., & Jones, D. A. (1995). Salinity tolerance of hatchery-reared postlarvae of *Penaeus indicus* H. Milne Edwards originating from India. *Aquaculture*, 130(2–3). [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00319-J](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00319-J)
- Kumlu, M., & Kumlu, M. (1998). Larval Growth and Survival of *Penaeus Indicus* (Decapoda: Penaeidae) On Live Feeds.
- Lalramchhani, C., Panigrahi, A., Anand, P. S. S., Das, S., Ghoshal, T. K., Ambasankar, K., & Balasubramanian, C. P. (2020). Effect of varying levels of dietary protein on the growth performances of Indian white shrimp *Penaeus indicus* (H. Milne Edwards). *Aquaculture*, 519. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734736>
- Liao, I. C., & Huang, Y. S. (2000). Methodological approach used for the domestication of potential candidates for aquaculture. <http://www.ciheam.org/>
- Magaña-Gallegos, E., Arévalo, M., Cuzon, G., & Gaxiola, G. (2021). Effects of using the biofloc system and eyestalk ablation on reproductive performance and egg quality of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda: Dendrobranchiata: Penaeidae). *Animal Reproduction Science*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106749>
- Magaña-Gallegos, E., González-Zúñiga, R., Cuzon, G., Arevalo, M., Pacheco, E., Valenzuela, M. A. J., Gaxiola, G., Chan-Vivas, E., López-Aguilar, K., & Noreña-Barroso, E. (2018). Nutritional Contribution of Biofloc within the Diet of Growout and Broodstock of *Litopenaeus vannamei*, Determined by Stable Isotopes and Fatty Acids. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(5). <https://doi.org/10.1111/jwas.12513>
- Norman-López, A., Sellars, M. J., Pascoe, S., Coman, G. J., Murphy, B., Moore, N., & Preston, N. (2016). Productivity benefits of selectively breeding Black Tiger shrimp (*Penaeus monodon*) in Australia. *Aquaculture Research*, 47(10). <https://doi.org/10.1111/are.12782>
- Panigrahi, A., Sivakumar, M. R., Sundaram, M., Saravanan, A., Das, R. R., Katneni, V. K., Ambasankar, K., Syama Dayal, J., & Gopikrishna, G. (2020). Comparative study on phenoloxidase activity of biofloc-reared pacific white shrimp *Penaeus vannamei* and Indian white shrimp *Penaeus indicus* on graded protein diet. *Aquaculture*, 518(2). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734654>
- Phoonsamran, K., Direkbusarakom, S., Chotipuntu, P., Hirono, I., Unajak, S., Summpunn, P., & Wuthisuthimethavee, S. (2017). Identification and expression of vitellogenin gene in polychaetes (*Perinereis* sp.). *Journal of Fisheries and Environment*, 41(1).

- Racotta, I. S., Palacios, E., & Ibarra, A. M. (2003). Shrimp larval quality in relation to broodstock condition. *Aquaculture*, 227(1–4). [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00498-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00498-8)
- Regunathan, C. (2008). Variation in reproductive performance and egg quality between wild and pond-reared Indian white shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, Broodstock. *Journal of Applied Aquaculture*, 20(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/10454430802022037>
- Ren, S., Mather, P. B., Prentis, P., Li, Y., Tang, B., & Hurwood, D. A. (2020). Quantitative Genetic Assessment of Female Reproductive Traits in a Domesticated Pacific White Shrimp (*Penaeus vannamei*) Line in China. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64597-x>
- Rotllant, G., Wade, N. M., Arnold, S. J., Coman, G. J., Preston, N. P., & Glencross, B. D. (2015). Identification of genes involved in reproduction and lipid pathway metabolism in wild and domesticated shrimps. *Marine Genomics*, 22, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.margen.2015.04.001>
- Sajeela, K. A., Gopalakrishnan, A., Basheer, V. S., Mandal, A., Bineesh, K. K., Grinson, G., & Gopakumar, S. D. (2019). New insights from nuclear and mitochondrial markers on the genetic diversity and structure of the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus* among the marginal seas in the Indian Ocean. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 136, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.04.007>
- Santander-Avanceña, S. S., Traifalgar, R. F. M., Laureta, L. V., Monteclaro, H. M., & Quintio, G. F. (2021). Interactive influence of dietary protein and lipid on maturation of Indian white prawn, *Penaeus indicus* broodstock. *Aquaculture Research*, 52(5). <https://doi.org/10.1111/are.15076>
- Urtgam, S., Treerattrakool, S., Roytrakul, S., Wongtripop, S., Prommoon, J., Panyim, S., & Udomkit, A. (2015). Correlation between gonad-inhibiting hormone and vitellogenin during ovarian maturation in the domesticated *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 437, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.014>
- Vance, D. J., & Rothlisberg, P. C. (2020). The biology and ecology of the banana prawns: *Penaeus merguensis* de Man and *P. indicus* H. Milne Edwards. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 86, Issue 1, pp. 1–139). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2020.04.001>
- Vazquez Boucard, C. G., Patrois, J., & Ceccaldi, H. J. (2004). Exhaustion of lipid reserves in the hepatopancreas of *Fenneropenaeus indicus* broodstock in relation to successive spawnings. *Aquaculture*, 236(1–4), 523–537. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.048>
- Wyban, J. (2009). World shrimp farming revolution: industry impact of domestication , breeding and widespread use of specific pathogen free *Penaeus vannamei*. *The Rising Tide, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming*, May.
- Yousif, O. M., Kumar, K., & Ali A, A. F. (2003). Performance of white shrimp, *Penaeus indicus*, in highly saline pond waters. *World Aquaculture*, 34(3).
- Zenger, K. R., Khatkar, M. S., Jones, D. B., Khalilisamani, N., Jerry, D. R., & Raadsma, H. W. (2019). Genomic selection in aquaculture: Application, limitations and opportunities with special reference to marine shrimp and pearl oysters. In *Frontiers in Genetics* (Vol. 10, Issue JAN). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00693>
- Ziaei-Nejad, S., Rezaei, M. H., Takami, G. A., Lovett, D. L., Mirvaghefi, A. R., & Shakouri, M. (2006). The effect of *Bacillus* spp. bacteria used as probiotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. *Aquaculture*, 252(2–4), 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.021>