

INDUKSI HORMONAL PADA *SEX REVERSAL* UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii*) MENGGUNAKAN EKSTRAK SERBUK SARI PINUS (*Pinus tabulaeformis*)

Harton Arfah¹⁾, Dinar Tri Soelistyowati^{2) #}, Hidayatush Sholihin³⁾, Kesit Tisna Wibowo⁴⁾, Agus Oman Sudrajat⁵⁾, Odang Carman⁶⁾, Fajar Maulana⁷⁾, dan Alimuddin⁸⁾

¹⁾Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat

²⁾Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar Sukabumi, Sukabumi, Jawa Barat

(Naskah diterima: 12 Maret 2024; Revisi final: 21 Mei 2024; Disetujui publikasi: 21 Mei 2024)

ABSTRAK

Udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) merupakan komoditas perikanan air tawar yang memiliki ciri dimorfisme seksual pada pertumbuhan individu jantan lebih cepat dibanding betina. Pembentukan populasi monoseks jantan potensial dalam budidaya bertujuan untuk meningkatkan keseragaman, memacu pertumbuhan, dan efisiensi produksi. Induksi *sex reversal* pada pembentukan individu *neomale* dapat dilakukan secara hormonal menggunakan bahan yang mengandung derivat testosteron, yaitu serbuk sari pinus (*Pinus tabulaeformis*). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ekstrak serbuk sari pinus terhadap performa *sex reversal* pada udang galah. Ekstrak serbuk sari pinus dengan dosis berbeda (0,0 mL L⁻¹; 0,2 mL L⁻¹; 0,4 mL L⁻¹; dan 0,6 mL L⁻¹) diberikan melalui perendaman selama 24 jam pada larva udang galah sebelum berdiferensiasi kelamin (PL15) berukuran panjang 12 ± 0,3 mm dan bobot 0,02 ± 0,001 g dengan kepadatan 60 individu per L, kemudian dipelihara selama 45 hari dalam kontainer (60 x 40 x 30 cm³) dengan tinggi air 20 cm dan kepadatan 1 individu per L. Perlakuan dosis ekstrak serbuk sari pinus dosis 0,2 mL L⁻¹ menghasilkan nisbah kelamin jantan 46,69 ± 5,36%, sedangkan peningkatan dosis 0,4-0,6 mL L⁻¹ dan kontrol tidak efektif mengarahkan kelamin jantan (35-42%) dengan tingkat kelangsungan hidup udang PL60 berkisar 66-82%. Ciri kelamin sekunder udang galah jantan PL60 berukuran 30-32 mm berupa *male gonopore* (MG) dan *appendix masculine* (AM), sedangkan betina memiliki *appendix interna* (AI) pada kaki renang kedua dan rongga di antara kedua kaki jalan kelima. Aplikasi ekstrak serbuk sari pinus pada dosis maksimal 0,2 mL L⁻¹ dapat mengarahkan kelamin jantan udang galah.

KATA KUNCI: dimorfisme; neomale; pertumbuhan; pinus; udang galah

ABSTRACT: *Hormonal Induction of Sex Reversal in Giant Freshwater Prawn (Macrobrachium rosenbergii) Using Pine (Pinus tabulaeformis) Pollen Extract*

Giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) is a freshwater fishery commodity with sexual dimorphism in which male individuals grow faster than females. The establishment of a male monosexual population is expected to increase individual uniformity, growth rate, and production efficiency. Induction of sex reversal in the formation of the pseudomale can be done hormonally using materials containing testosterone derivatives, for example, pine pollen (*Pinus tabulaeformis*). This study aimed to evaluate the effectiveness of pine pollen extract on

#Korespondensi: Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat
Email: dinar@apps.ipb.ac.id

the sex reversal performance of giant prawns. Pine pollen extract with different doses (0.0 mL L^{-1} ; 0.2 mL L^{-1} ; 0.4 mL L^{-1} ; and 0.6 mL L^{-1}) was given by immersion during 24 hours in prawns before sexual differentiation (PL15) with a length of $12 \pm 0.3 \text{ mm}$ and a weight of $0.02 \pm 0.001 \text{ g}$ with a density of 60 individuals per L, then reared for 45 days in a container ($60 \times 40 \times 30 \text{ cm}^3$) with a water height of 20 cm and a density of 1 individual per L. Treatment with a dose of pine pollen extract at a dose of 0.2 mL L^{-1} resulted in a male sex ratio of $46.69 \pm 5.36\%$, while increasing doses of $0.4\text{-}0.6 \text{ mL L}^{-1}$ and the control were not effective in the sex reversal (35-42%) with a survival rate of PL60 ranged from 66-82%. The secondary sexual characteristics of PL60 male giant prawns measuring 30-32 mm are male gonopore (MG) and masculine appendix (AM), while female giant prawns have an internal appendix (AI) on the second swimming leg and the cavity between the fifth swimming leg. This study concludes that the application of pine pollen extract at a maximum dose of 0.2 mL L^{-1} could directly induced sex reversal of female to male of giant prawns.

KEYWORDS: *dimorphism; freshwater prawns; growth; neomale; pine pollen*

PENDAHULUAN

Udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) merupakan udang air tawar yang memiliki ukuran paling besar atau disebut *giant freshwater prawn* (GFP) dan bernilai ekonomi paling tinggi (Tantri *et al.*, 2016). Udang galah dapat hidup di perairan dengan kisaran salinitas hingga 15 ppt (Waluyo *et al.*, 2018) serta dapat dibudidayakan dengan sistem minapadi, akuaponik maupun *urban aquaculture*. Budidaya udang galah sudah dimulai sejak tahun 1960-an oleh Shao Wei Ling dan Takuji Fujimura (New *et al.*, 2010) dan saat ini produksi udang galah masih didominasi oleh negara-negara di Asia. Produksi udang galah pada tahun 2020 secara global mencapai lebih dari 600.000 ton per tahun (Maliwati *et al.*, 2021), sedangkan berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan, produksi udang di Indonesia mencapai 1,48 juta ton dengan nilai Rp. 92,69 triliun pada tahun 2022 (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2022). Produktivitas udang galah menghadapi tantangan dengan tingginya kanibalisme antarindividu karena dimorfisme pertumbuhan antara jantan dan betina yang memicu kematian tinggi terutama saat *molting*. Udang galah jantan cenderung tumbuh lebih cepat dibandingkan udang galah betina (Syatriawan *et al.*, 2019) sehingga memicu pemangsaan antarsesamanya. Sifat kanibalisme dapat ditekan dengan meningkatkan keseragaman

ukuran antarindividu di dalam populasi pemeliharaan dengan melakukan *grading* secara berkala atau menerapkan sistem pemeliharaan tunggal kelamin.

Udang galah jantan umumnya mempunyai laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan udang galah betina pada umur yang sama (Tan *et al.*, 2020). Menurut Priyono *et al.* (2011), udang diklasifikasikan menjadi lima morfotipe, yaitu jantan bercapit biru (*blue claw*, BC), jantan bercapit oranye (*orange claw*, OC), jantan kecil (*small male*, SM), betina bertelur (*birth female*, BF), dan betina tidak bertelur (*virgine female*, VF). Udang galah berukuran paling besar lebih agresif dan umumnya menguasai teritorial serta sumber makanan sehingga memunculkan sifat kanibalisme (Levy *et al.*, 2019). Aktivitas kanibalisme dipengaruhi oleh neuron serotonin yang dikontrol oleh asam amino esensial triptofan. Penelitian suplementasi triptofan melalui pakan sebanyak 2,25% mampu menurunkan tingkat kanibalisme sebesar 13,33% (Rachmawati *et al.*, 2021). Triptofan mampu menginduksi produksi serotonin dan menurunkan tingkat agresivitas, namun pada kadar tinggi dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan ikan (Usman *et al.*, 2016). Sistem budidaya tunggal kelamin udang galah betina dapat menurunkan tingkat kanibalisme dan meningkatkan keseragaman ukuran panen (Levy *et al.*, 2017). Populasi udang galah tunggal kelamin dapat diproduksi

secara massal dengan mengawinkan individu jantan dan *neofemale* atau sebaliknya antara individu betina dengan *neomale* (Levy *et al.*, 2016; Molcho *et al.*, 2020).

Udang jantan *neomale* adalah udang betina secara genotipik namun fenotipe seksualnya berkembang menjadi jantan fungsional (New *et al.*, 2010). Pembentukan individu *neomale* dapat dilakukan dengan menambahkan bahan steroid androgen yang mengandung derivat testosteron, misalnya fitosteroid dari serbuk sari pohon Pinus *Pinus tabulaeformis*. Serbuk sari atau *pine pollen* merupakan gamet jantan dari pohon pinus yang mengandung derivat hormon testosteron atau fitoandrogen (Saddenkrehula *et al.*, 1971). Pemberian suplementasi serbuk sari pinus dosis 640 mg kg⁻¹ pakan selama 60 hari efektif pada pembentukan *neomale* ikan nila *Oreochromis niloticus* dengan nisbah kelamin jantan yang diperoleh sebesar 89% (Nian *et al.*, 2017). Pemanfaatan hormon yang bersumber dari bahan alami dalam kegiatan akuakultur sangat potensial terus dikembangkan karena tidak menimbulkan risiko residu yang berbahaya dibandingkan dengan penggunaan hormon sintetis yang dapat berdampak pada ketidakamanan pangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan dosis ekstrak serbuk sari pinus *P. tabulaeformis* yang diberikan melalui perendaman pascalarva terhadap nisbah kelamin jantan, performa pertumbuhan, dan kelangsungan hidup pada udang galah.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Hewan Uji

Udang galah yang digunakan adalah udang stadia PL15 yaitu sebelum masa diferensiasi seksual yang dimulai pascalarva umur 20 hari atau PL20 (Rungsin *et al.*, 2012), berukuran panjang 12 ± 0,3 mm dan bobot 0,02 ± 0,001 g yang diperoleh dari Instalasi Pembenihan Udang Galah Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar Pelabuhan Ratu, Sukabumi, Jawa Barat dan dipelihara di kolam percobaan lapang di Institut Pertanian Bogor. Udang

galah diaklimatisasi selama 7 hari sebelum digunakan dalam penelitian serta diberi pakan buatan berupa serbuk pelet *ad satiation* dengan frekuensi tiga kali sehari (08:00; 12:00; dan 16:00). Bak aklimatisasi yang digunakan terbuat dari *fiberglass* berukuran 1 x 1 m² dengan kepadatan 10-35 ekor m⁻², sedangkan bak pemeliharaan berupa bak kontainer ukuran 60 L (60 x 40 x 30 cm³) dengan tinggi air 20 cm dan padat tebar 1 ekor L⁻¹. Media pemeliharaan menggunakan air tawar (salinitas 0 ppt) dengan sumber air sumur yang telah diendapkan selama 24 jam sebelum digunakan. Wadah pemeliharaan dilengkapi dengan fasilitas aerasi selama pemeliharaan.

Pembuatan Ekstrak Serbuk Sari Pinus

Ekstraksi serbuk sari pinus dibuat dengan metode maserasi mengacu prosedur Basir *et al.* (2017) dengan modifikasi. Sebanyak 100 g simplisia serbuk sari pinus direndam dalam 700 mL pelarut alkohol 96% menggunakan bejana gelap serta ditutup rapat selama 3 hari dan diaduk secara berkala setiap 6 jam sekali. Selanjutnya, mengacu Khatimah (2018), maserat pertama disaring dengan kertas saring kemudian ampas direndam kembali dengan 200 mL alkohol 96% selama 1 hari dan diperoleh maserat kedua. Maserat pertama dan maserat kedua digabung dan dipekatkan dengan *rotary evaporator* pada suhu 40°C hingga diperoleh maserat kental (ekstrak) berwarna cokelat tua. Hasil ekstraksi serbuk sari pinus yang mengandung fitosteroid androgen disimpan pada suhu 4°C dalam botol berwarna gelap agar terhindar dari sinar matahari langsung untuk mencegah lisis.

Perendaman Larva Udang Galah

Tiga dosis ekstrak serbuk sari pinus (0,2 mL L⁻¹; 0,4 mL L⁻¹; dan 0,6 mL L⁻¹) diberikan melalui perendaman selama 24 jam. Sebagai pembanding digunakan kelompok kontrol tanpa ekstrak serbuk sari pinus (0 mL L⁻¹). Udang galah yang telah diaklimatisasi kemudian dimasukkan ke dalam kantong

plastik *packing* berisi larutan serbuk sari pinus sesuai dosis perlakuan dengan kepadatan 60 ekor per L air, ditambahkan gas oksigen (1:1) dan ditutup rapat. Kantong plastik diletakkan di dalam bak kontainer berukuran 60 x 40 x 30 cm³ dengan tinggi air 20 cm dan dibiarkan selama 24 jam. Selanjutnya udang dipindahkan di dalam wadah pemeliharaan larva dan dipelihara selama 60 hari.

Pemeliharaan Larva Udang Galah

Udang galah yang telah selesai diberi perlakuan perendaman dalam ekstrak serbuk sari pinus selanjutnya dipelihara di dalam kontainer dengan kepadatan 2 ekor L⁻¹ selama 45 hari untuk pengamatan kinerja pertumbuhan, performa *sex reversal* pada pembentukan *neomale* serta kelangsungan hidupnya. Selama tahap pemeliharaan udang galah diberi pakan yang mengandung protein 41% berupa pelet komersial berbentuk bubuk dengan frekuensi pemberian tiga kali sehari (08:00; 12:00; dan 16:00) secara *ad satiation*. *Sampling* pertumbuhan meliputi panjang dan bobot dilakukan dengan penimbangan bobot dan pengukuran panjang tubuh pada awal dan akhir masa pemeliharaan serta pengamatan kelangsungan hidup udang pascaperendaman dan setiap 15 hari selama masa pemeliharaan. Pengelolaan kualitas air dilakukan dengan pemberian aerasi, penyiponan, dan pergantian air setiap hari sebesar 20%. Parameter kualitas air diukur sebelum dan setelah pergantian air selama masa pemeliharaan yaitu meliputi suhu, oksigen terlarut, pH, amoniak, dan nitrit.

Identifikasi Jenis Kelamin

Udang galah jantan dan betina dapat dibedakan berdasarkan ciri morfologis atau ciri kelamin sekunder yaitu bentuk badan, bentuk dan ukuran kaki jalan kedua serta organ reproduksinya. Ciri kelamin sekunder pada udang jantan menunjukkan bentuk tubuh bagian perut lebih ramping dan ukuran pleuronnya lebih pendek, sedangkan udang betina lebih gemuk dan pada bagian perut

tumbuh lebih melebar serta pleuronnya agak memanjang. Pada periopoda (kaki jalan) kedua berukuran lebih besar dan panjang dibandingkan dengan periopoda lainnya serta terdapat chela. Udang jantan memiliki chela yang lebih besar dan panjang dibandingkan udang betina. Pada bagian dorsal telson terdapat dua pasang duri runcing yang tumbuh sejajar dan pada ujungnya terdapat sepasang duri yang menonjol. Bagian tepi dan ujung uropoda ditumbuhi bulu-bulu yang panjang. Ciri kelamin primer udang galah jantan berupa *male gonopore* (MG) yang terletak pada kaki jalan kelima, sedangkan ciri kelamin sekunder berupa *appendix masculina* (AM) berada pada kaki renang kedua. Udang galah jantan memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dibandingkan udang betina pada umur yang sama. Identifikasi jenis kelamin secara morfologis dilakukan dengan mikroskop stereo. Udang galah diposisikan terbalik menghadap ke atas. Pengamatan ciri kelamin udang galah jantan meliputi MG dan AM serta jarak antara kaki jalan kelima lebih sempit dibandingkan dengan udang betina. Nisbah kelamin jantan dihitung berdasarkan perbandingan jumlah udang jantan yang teridentifikasi terhadap jumlah total udang yang diamati.

Analisis Data

Performa *sex reversal* dianalisis berdasarkan ciri seksual sekunder, sedangkan nisbah kelamin jantan, pertumbuhan panjang dan bobot akhir serta tingkat kelangsungan hidup dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% menggunakan aplikasi Microsoft Excel 2021 serta SPSS versi 25.0.

HASIL DAN BAHASAN

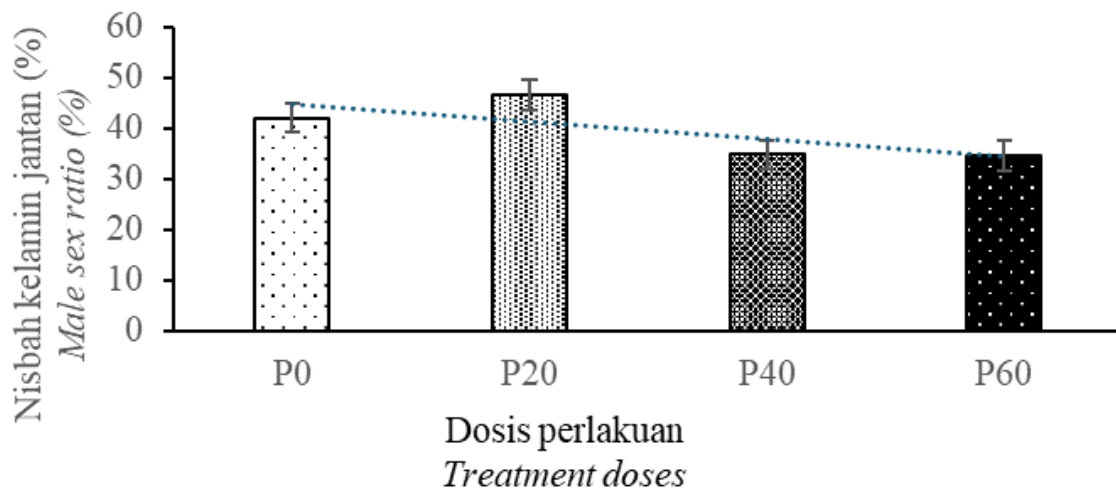
Performa Sex Reversal

Penggunaan ekstrak serbuk sari pinus dosis 0,2-0,6 mL L⁻¹ melalui perendaman udang galah PL15 selama 24 jam menghasilkan nisbah kelamin jantan yang tidak berbeda

nyata ($P > 0,05$) yaitu berkisar 34,89-46,49% pada pengamatan udang berumur 60 hari dengan ukuran rata-rata 30-32 mm dan bobot rata-rata 0,7-0,8 g (Gambar 1). Penggunaan fitosteroid pada pembentukan *neomale* udang windu menunjukkan belum efektif. Perlakuan dosis $0,2 \text{ mL L}^{-1}$ menghasilkan kecenderungan yang moderat terhadap peningkatan jumlah individu jantan dibandingkan kontrol, namun peningkatan dosis ekstrak serbuk sari pinus menunjukkan pola penurunan jumlah jantan atau diduga mengarah pada pembentukan *neofemale*. Menurut Harahap (2020), perbandingan jumlah individu jantan terhadap betina pada udang galah secara alami berkisar antara 1-1,4 kali. Pada percobaan *sex reversal* dengan serbuk sari menggunakan ikan nila *Oreochromis niloticus* menghasilkan nisbah kelamin jantan yang lebih tinggi yaitu berkisar 81-89 % dibandingkan pada udang galah (Nian *et al.*, 2017), sedangkan pada ikan gapi mencapai 63,7% melalui pemberian pakan yang mengandung ekstrak serbuk sari pinus dosis 50 mg kg^{-1} (Kusuma *et al.*, 2021). Menurut Lee *et al.* (2018), tanaman

pinus mengandung senyawa flavonoid yang memiliki struktur mirip dengan estrogen dan diduga memengaruhi kegagalan maskulinisasi.

Serbuk sari pinus mengandung komponen steroid yang terdiri dari 80 ng g^{-1} testosteron, 110 ng g^{-1} epitestosteron, dan 590 ng g^{-1} androstenedione (Saden-Krehula *et al.*, 1971). Aplikasi hormon testosteron dan androgen eksogen pada udang galah juga belum mampu menghasilkan *full sex reversed* (Levy & Sagi, 2020). Komponen fitohormon dapat berperan sebagai *endocrine disrupting compounds* (EDCs) yang menginterupsi diferensiasi gonad pada ikan dengan mengganggu proses biosintesis steroid seks melalui penghambatan enzim aromatase yang secara antagonis memengaruhi kinerja *estrogen nuclear receptors* (Abaho *et al.*, 2022; Chakraborty *et al.*, 2014). Implantasi kelenjar androgenik dapat mengarahkan pembentukan udang galah jantan *neomale* (Levy *et al.*, 2016). Sebaliknya, ablasi kelenjar androgenik atau andrektomi pada udang galah stadia awal pascalarva akan mengarahkan pada pembentukan udang betina *neofemale* (Iswanto *et al.*, 2008).



Gambar 1. Nisbah kelamin jantan udang galah *Macrobrachium rosenbergii* umur 60 hari pada induksi *sex reversal* menggunakan ekstrak serbuk sari pinus dosis berbeda melalui perendaman larva (PL15) selama 24 jam. P0 (dosis 0 mL L^{-1}), P20 (dosis $0,2 \text{ mL L}^{-1}$), P40 (dosis $0,4 \text{ mL L}^{-1}$), dan P60 (dosis $0,6 \text{ mL L}^{-1}$)

Figure 1. Sex ratio of male freshwater giant prawn *Macrobrachium rosenbergii* aged 60 days on sex reversal induction using different doses of pine pollen extract by soaking the larvae (PL15) for 24 hours. P0 (dose 0 mL L^{-1}), P20 (dose 0.2 mL L^{-1}), P40 (dose 0.4 mL L^{-1}), and P60 (dose 0.6 mL L^{-1})

Ciri Kelamin Sekunder

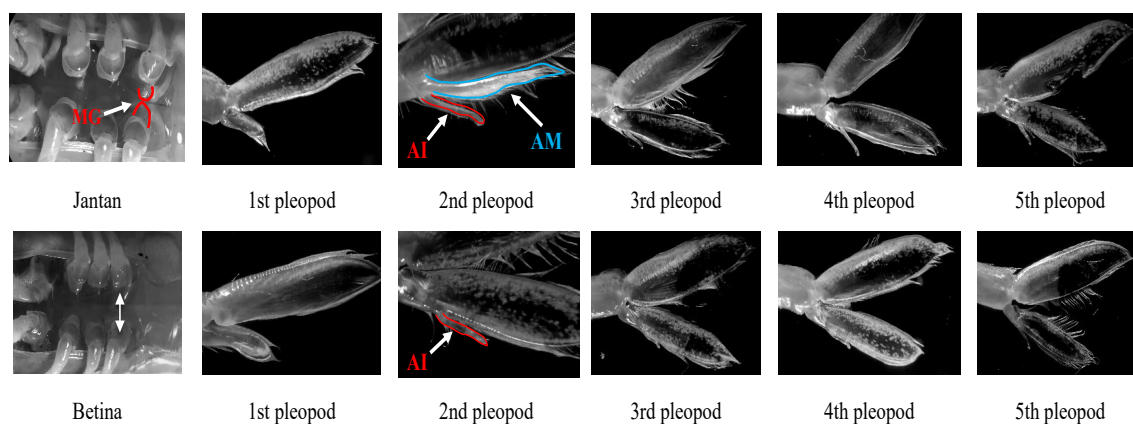
Udang galah jantan memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dibandingkan udang betina pada umur yang sama. Ciri seksual jantan dan betina menunjukkan perbedaan yang khas (Gambar 2). Secara morfologis, udang galah memiliki periopoda (kaki jalan) kedua yang berukuran lebih besar dan panjang dibandingkan dengan periopoda lainnya serta terdapat chela di mana pada udang jantan berukuran lebih besar dan panjang dibandingkan pada udang betina. Pada bagian dorsal telson memiliki dua pasang duri runcing yang tumbuh sejajar dan salah satu ujungnya menonjol. Bagian tepi dan ujung uropoda ditumbuhi bulu-bulu. Ciri kelamin primer udang galah jantan yaitu berupa MG atau papilla genital yang menonjol terletak pada kaki jalan kelima, sedangkan ciri kelamin sekunder berupa AM pada kaki renang kedua. Ciri kelamin pada udang betina berupa *sharp*

ridges thelycum (SRT) yaitu lubang genital pada kaki jalan ketiga serta rongga antara kedua kaki jalan kelima berupa AI.

Diferensiasi kelamin pada udang galah jantan dikontrol oleh aktivitas kelenjar androgenik. Dimorfisme seksual pada udang galah dapat teridentifikasi mulai ukuran panjang tubuh 2,5 cm yaitu pada PL45 (Shen *et al.*, 2020) atau PL50 pada *Penaeus merguensis* (Ikhwandudin *et al.*, 2019). Kelenjar androgen menghasilkan *insulin-like androgenic gland hormone* atau MrIAG yang mengontrol perkembangan ciri kelamin primer dan sekunder pada udang galah jantan (Tan *et al.*, 2020).

Performa Pertumbuhan

Performa pertumbuhan udang galah selama pemeliharaan 45 hari pascaperlakuan perendaman dalam ekstrak serbuk sari pinus tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan dosis berbeda (Tabel 1). Laju



Gambar 2. Ciri seksual udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) PL60 jantan (atas) dan betina (bawah). Kaki renang ke-1, 2, 3, 4, dan 5 (1st pleopod, 2nd pleopod, 3rd pleopod, 4th pleopod, dan 5th pleopod); AI (*appendix interna*) pada kaki renang ke-2; AM (*appendix masculina*) pada kaki renang kedua udang jantan; dan MG (*male gonopore*) pada kaki renang ke-5 udang jantan dan rongga lebar di antara kedua kaki jalan ke-5 udang betina

Figure 2. Sexual characteristics of male (top) and female (bottom) freshwater giant prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) PL60. The 1st, 2nd, 3rd, 4th, and 5th swimming legs (1st pleopod, 2nd pleopod, 3rd pleopod, 4th pleopod, and 5th pleopod); AI (internal appendix) on the second swimming leg; AM (appendix masculina) on the second swimming leg of the male shrimp; and MG (male gonopore) in the 5th swimming leg of the male shrimp and the wide cavity between the 5th walking leg of the female shrimp

Tabel 1. Performa pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) umur 60 hari pascaperendaman menggunakan ekstrak serbuk sari pinus selama 24 jam

Table 1. Growth performance and survival rate of giant prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) aged 60 days after immersion using pine pollen extract for 24 hours

Parameter Parameters	Dosis ekstrak serbuk sari pinus Pine pollen extract doses			
	K	0,2 mL L ⁻¹	0,4 mL L ⁻¹	0,6 mL L ⁻¹
PPM (mm)	29,37 ± 1,5	31,20 ± 0,8	31,67 ± 1,91	30,60 ± 2,55
Wt (g)	0,69 ± 0,06	0,79 ± 0,05	0,80 ± 0,09	0,70 ± 0,15
Bt (g)	27,6 ± 11,27	28,44 ± 7,44	31,6 ± 9,67	25,9 ± 0,71
TKH (%)	66,11 ± 23,35	57,78 ± 17,82	66,11 ± 25,51	61,11 ± 12,51
LPS (%)	7,68 ± 0,20	7,98 ± 0,15	7,99 ± 0,24	7,70 ± 0,46

Keterangan: PPM (pertumbuhan panjang mutlak); Wt (bobot akhir), Bt (biomassa akhir), TKH (tingkat kelangsungan hidup), dan LPS (laju pertumbuhan spesifik)

Description: PPM (absolute length growth); Wt (final weight), Bt (final biomass), TKH (survival rate), LPS (specific growth rate)

pertumbuhan spesifik berada pada kisaran 8% dengan tingkat kelangsungan hidup berkisar antara 58-61% dengan bobot akhir berkisar 0,7-0,8 g. Dosis perlakuan ekstrak serbuk sari pinus menunjukkan pola simpangan baku yang moderat pada ukuran panjang dan bobot. Penggunaan dosis hormon androgen yang berlebih dapat menyebabkan efek aromatase yang mengubah C19-androgen tersintesis menjadi C18-estrogen dan membentuk *neofemale* (Köhne *et al.*, 2016) dan diduga dapat menjelaskan fenomena pertumbuhan udang lebih seragam antarindividu di dalam populasi. Menurut Ikhwanudin *et al.* (2019), aplikasi hormon 17 β -estradiol dosis 1600 mg kg⁻¹ pada *P. merguensis* dapat menghasilkan 100% betina serta performa pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang terbaik.

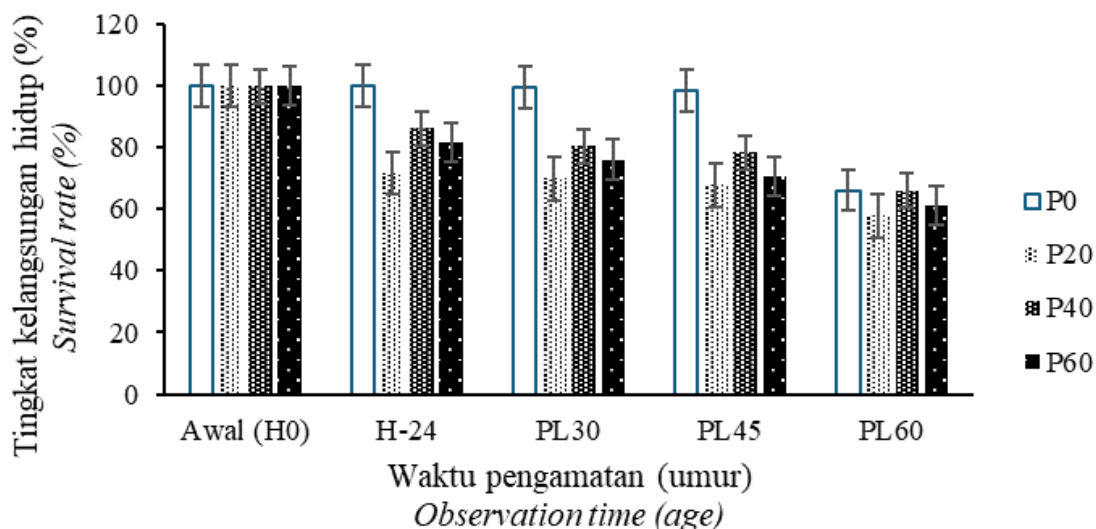
Tingkat kelangsungan hidup udang galah mengalami penurunan pascaperlakuan perendaman dalam ekstrak serbuk sari pinus hingga kisaran 57-66%, sedangkan pada kelompok kontrol kematian terjadi pada PL60 (Gambar 3).

Pemberian ekstrak serbuk sari pinus pada spesies akuakultur pernah dilakukan dengan metode oral melalui suplementasi dalam pakan pada ikan lele dan menghasilkan kelangsungan

hidup 64,4-72,2% (Adenigba *et al.*, 2017), sedangkan pada ikan nila menghasilkan sintasan 68-76% (Nian *et al.*, 2017).

Kualitas Air

Hasil pengukuran parameter kualitas air selama pemeliharaan udang galah menunjukkan variasi yang moderat dan masih berada pada kisaran yang dapat diadaptasi oleh udang (Tabel 2). Udang galah mampu hidup pada kisaran suhu yang lebar yaitu berkisar 22-32°C (New *et al.*, 2010) dan pada umumnya suhu di habitat hidup udang berkisar 24,4-27,2°C (Waluyo *et al.*, 2018). Dalam penelitian ini udang menunjukkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang baik pada suhu pemeliharaan berkisar 27,2–29,5 °C. Alkalinitas pH air media pemeliharaan berkisar 7,5–8,43, sedangkan di habitatnya berkisar 5,84-7,28 (Waluyo *et al.*, 2018), sedangkan kisaran optimal yang mendukung pertumbuhan udang galah menurut New *et al.* (2010) berkisar 6-9. Penurunan pH maupun suhu dapat menghambat pertumbuhan serta kegagalan *molting* pada udang galah (Kawamura, 2015). Nilai amoniak dengan kisaran 0,27-0,61 dan nitrit pada kisaran 0,031-1,849 mg L⁻¹ masih berada pada kisaran toleransi 3 mg L⁻¹ (New *et al.*, 2010).



Gambar 3. Tingkat kelangsungan hidup larva (PL15) udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) pada awal (H-0), pascaperendaman dengan ekstrak serbuk sari pinus dosis berbeda selama 24 jam (H-24), dan setiap 15 hari selama pemeliharaan (PL30, PL45, dan PL60). P0 (dosis 0 mL L⁻¹), P20 (dosis 0,2 mL L⁻¹), P40 (dosis 0,4 mL L⁻¹), dan P60 (dosis 0,6 mL L⁻¹)

Figure 3. Larval survival rate (PL15) of freshwater giant prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) at the beginning (D-0), after immersion with different doses of pine pollen extract for 24 hours (D-24), and every 15 days during rearing (PL30, PL45, and PL60). P0 (dose 0 mL L⁻¹), P20 (dose 0.2 mL L⁻¹), P40 (dose 0.4 mL L⁻¹), and P60 (dose 0.6 mL L⁻¹)

Tabel 2. Parameter kualitas air selama 45 hari pada masa pemeliharaan udang galah *Macrobrachium rosenbergii* pascaperendaman dalam ekstrak serbuk sari pinus dosis berbeda

Table 2. Water quality parameters during the 45 day rearing period for freshwater giant prawns *Macrobrachium rosenbergii* after immersion in different doses of pine pollen extract

Parameter Parameters	Dosis ekstrak serbuk sari pinus Pine pollen extract doses				Kisaran Ranges
	0 mL L ⁻¹	0,2 mL L ⁻¹	0,4 mL L ⁻¹	0,6 mL L ⁻¹	
Suhu (°C) Temperature (°C)	27,8-29,4	27,5-29,3	27,7-29,1	27,2-29,5	22-32*
Oksigen terlarut (mg L ⁻¹) Dissolved oxygen (mg L ⁻¹)	5,1-6,1	5,0-5,9	4,8-5,7	5,2-6,2	>3,0*
pH	7,44-8,06	7,50-8,00	7,46-8,43	7,12-8,01	6,00-9,00*
Amoniak (mg L ⁻¹) Ammonia (mg L ⁻¹)	0,27-0,61	0,27-0,53	0,27-0,43	0,27-0,49	<1,000*
Nitrit (mg L ⁻¹) Nitrite (mg L ⁻¹)	0,031-0,947	0,031-1,849	0,031-1,016	0,031-1,354	<3,000*

*Sumber: New et al. (2010)

*Reference: New et al. (2010)

KESIMPULAN

Induksi hormonal pada *sex reversal* udang galah menggunakan ekstrak serbuk sari pinus dosis 0,2 mL L⁻¹ menghasilkan nisbah kelamin jantan 46,69 ± 5,36% sedangkan peningkatan dosis 0,4-0,6 mL L⁻¹ dan kontrol tidak efektif mengarahkan kelamin jantan (35-42%) dengan tingkat kelangsungan hidup PL60 berkisar 66-82 %. Ciri kelamin sekunder pada udang galah jantan PL60 berukuran 30-32 mm berupa *male gonopore* (MG) dan *appendix masculine* (AM), sedangkan pada udang betina berupa *appendix interna* (AI) pada kaki renang kedua dan rongga di antara kedua kaki jalan kelima.

DAFTAR ACUAN

- Abaho, I., Akoll, P., Jones, C. L. W., & Masembe, C. (2022). Dietary inclusion of pine pollen alters sex ratio and promotes growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L. 1758). *Aquaculture Reports*, 27, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101407>
- Adenigba, I., Tumbokon, B. L. M., & Serrano, A. E. (2017). Androgenic and anabolic effect of *Pinus tabulaeformis* Carr. pollen in *Clarias gariepinus*. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 69, 1388. <https://doi.org/10.46989/001c.20875>
- Basir, B., Isnansetyo, A., Istiqomah, I., & Jabbar, F. A. (2020). Toksisitas daun miana (*Coleus scutellarioides* (L) Benth) sebagai antibakteri pada udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *SIGANUS: Journal of Fisheries and Marine Science*, 1(2), 56-61. <https://doi.org/10.31605/siganus.v1i2.653>
- Chakraborty, S. B., Horn, P., & Hancz, C. (2014). Application of phytochemicals as growth - promoters and endocrine modulators in fish culture. *Reviews in Aquaculture*, 6(1), 1–19. <https://doi.org/10.1111/raq.12021>
- Harahap, E. (2020). Rasio jenis kelamin udang galah (*Macrobrachium rosenbergii* de Man, 1879) di Perairan Sungai Barumon Kabupaten Labuhanbatu Selatan. *Konservasi Hayati*, 16(2), 85-91.
- Ikhwanuddin, M., Bahar, H., Ma, H., & Manan, H. (2019). Effect of estrogen hormone, 17β-estradiol on feminization of banana shrimp, *Penaeus merguensis* (de Man, 1888) postlarvae and the identification of the age of external sex differentiation. *Aquaculture Reports*, 13, 100177. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.100177>
- Iswanto, B., Khasanim, I., & Imron. (2008). Pembentukan udang galah *neofemale* Glmacro melalui andrektomi. *Jurnal Riset Akuakultur*, 3(2), 165-172. <http://dx.doi.org/10.15578/jra.3.2.2008.165-173>
- Kawamura, G., Bagarinao, T. U., Yong, A. S. K., Chen, C. Y., Noor, S. N. M., & Lim, L. S. (2015). Low pH affect survival, growth, size distribution, and carapace quality of the postlarvae and early juveniles of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* de Man. *Ocean Science Journal*, 50(2), 371-379. <https://doi.org/10.1007/s12601-015-0034-0>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2022). *Kelautan dan Perikanan dalam Angka Tahun 2022*. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Khatimah, K. (2018). Pemanfaatan ekstrak bunga pinus sebagai reduktor alami dalam sintesis grafena [Skripsi, Universitas Brawijaya]. Universitas Brawijaya.
- Köhne, E. M., Settele, K. W., Brückner, J., Konradi, S., Schiller, V., Schäfers, Teigeler, M., & Fenske, M. (2016). Linking the response of endocrine regulated genes to adverse effects on the sex differentiation improves comprehension of aromatase inhibition in a fish sexual development test. *Aquatic Toxicology*, 176, 116-127. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.04.018>
- Kusuma, E., Sudrajat, A. O., Arfah, H., & Alimuddin. (2021). Keberhasilan maskulinisasi dan kinerja reproduksi ikan gapi, *Poecilia reticulata* diberi ekstrak serbuk sari pinus melalui pakan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 16(3), 177-183. <http://dx.doi.org/10.15578/jra.16.3.2021.177-183>

- Lee, S., Kim, W. B., Park, S. H., Kim, M., Kim, D., Park, J., Hwang, D. Y., & Lee, H. (2018). Biological properties of butanol extracts from green pine cone of *Pinus densiflora*. *Food Science and Biotechnology*, 27, 1485–1492. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0382-5>.
- Levy, T., Rosen, O., Eilam, B., Azulay, D., Aflalo, E. D., Benet, A., Manor, R., Shechter, A., Sagi, A. (2016). A single injection of hypertrophied androgenic gland cells produces all-female aquaculture. *Marine Biotechnology*, 18, 554-563. <https://doi.org/10.1007/s10126-016-9717-5>
- Levy, T., Rosen, O., Eilam, B., Azulay, D., Zohar, I., Aflalo, E. D., Benet, A., Naor, A., Shechter, A., & Sagi, A. (2017). All-female monosex culture in the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*: A comparative large-scale field study. *Aquaculture*, 479, 857-862. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.039>
- Levy, T., Rosen, O., Manor, R., Dotan, S., Azulay, D., Abramov, A., Sklarz, M. Y., Caspi, V. C., Baruch, K., Shechter, A., & Sagi, A. (2019). Production of WW males lacking the masculine Z chromosome and mining the *Macrobrachium rosenbergii* genome for sex-chromosomes. *Nature Research*, 9, 12408. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47509-6>
- Levy, T., & Sagi, A. (2020). The “IAG-Switch”-A key controlling element in decapod crustacean sex differentiation. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 651. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00651>
- Maliwat, G. C. F., Velasquez, S. F., Buluran, S. M. D., Tayamen, M. M., & Ragaza, J. A. (2021). Growth and immune response of pond-reared giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* post larvae fed diets containing *Chlorella vulgaris*. *Aquaculture and Fisheries*, 6, 465-470. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.07.002>
- Molcho, J., Levy, T., Benet, A., Naor, A., Savaya, A., Manor, R., Abramov, A., Aflalo, E. D., Shechter, A., & Sagi, A. (2020). Three generations of prawns without the Z chromosome: viable WW *Macrobrachium rosenbergii* all-female populations in polyculture with *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 515, 734531. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734531>
- New, M. B., Valenti, W. C., Tidwell, J. H., D'Abramo, L. R., & Kutty, M. N. (2010). *Freshwater prawns biology and farming*. Willey-Blackwell.
- Nian, C. T., Tumbokon, B. L. M., & Serrano, A. E. (2017). *Pinus tabulaeformis* pollen as replacement for 17-alpha-methyltestosterone in the diet of *Oreochromis niloticus* larvae for sex reversal and growth. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 69, 1399. <https://doi.org/10.46989/001c.21042>
- Priyono, S. B., Sukardi, & Harianja, B. S. M. (2011). Pengaruh shelter terhadap perilaku dan pertumbuhan udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*). *Jurnal Perikanan (Journal of Fisheries Science)*, 8(2), 78-85. <https://doi.org/10.22146/jfs.3065>
- Rachmawati, D., Hutabarat, J., Fiat, A. I., Elfitasari, T., Windarto, S., & Dewi, E. N. C. (2021). penambahan asam amino triptofan dalam pakan terhadap tingkat kanibalisme dan pertumbuhan *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Kelautan Tropis (Tropical Marine Journal)*, 24(3), 343-352. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i3.11723>
- Rungsin, W., Swatdipong, A., & Na-Nakorn, U. (2012). Development stages of androgenic glands in giant river prawn, *Macrobrachium rosenbergii* de Man, 1879 in relation to size and age, and the success rate of feminization after andrectomy in small and large size prawn. *Aquaculture*, 354(355), 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.015>
- Saddenkrehula, M., Tajic, M., & Kolbah, D. (1971). Testosterone, epitestosterone and androstenedione in the pollen of Scotch pine *Pinus silvestris* L. *Experientia*, 27(1), 108-109. <https://doi.org/10.1007/BF02137770>
- Shen, S. Q., Li, J. W., Xu, H. J., Yang, J. S., Ma, W. M., & Qian, G. Y. (2020). Sexual characteristic development and sex identification of

- juvenile prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Research*, 51, 3718-3728. <https://doi.org/10.1111/are.14721>
- Syatriawan, D., Yusanti, I. A., & Anwar, S. (2019). Pembesaran udang galah (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) dengan sistem monoseks dan campuran terhadap pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan FCR. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 14(1), 30-36. https://doi.org/10.31851/jipbp.v14i1.3371_
- Tan, K., Jiang, H., Jiang, D., & Wang, W. (2020). Sex reversal and androgenic gland (AG) in *Macrobrachium rosenbergii*: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 5, 283-288. <https://doi.org/10.1007/s10126-020-09965-4>
- Tantri, A. F., Rahardja, B. S., & Agustono. (2016). Penambahan lisin pada pakan komersial terhadap retensi protein dan retensi energi udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*). *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 5, 36-42.