

# Effects of Incubation Temperature Variation on Embryonic Development Rate, Hatching time, Abnormality and Survival of Larval Sea Urchin *Salmacis sphaeroides*

Tri Nabila Putri<sup>1\*</sup>, Muhammad Junaidi<sup>1</sup>, Victor David Nico Gultom<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aquaculture, Faculty of Agriculture Mataram University, Mataram, Indonesia;

<sup>2</sup>Marine Cultivation Research Center, National Research and Innovation (BRIN), Mataram, Indonesia;

## Article History

Received : January 29<sup>th</sup>, 2026

Revised : April 15<sup>th</sup>, 2026

Accepted : May 07<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author: **Tri Nabila Putri**, Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia;  
Email: [trinabilaputri16@gmail.com](mailto:trinabilaputri16@gmail.com)

**Abstract:** *Salmacis sphaeroides* is a species of sea urchin that plays an important role in economic and ecological aspects. However, high utilization rates by the public have led to a natural decline in population. This is provide a controlled environment that ensures a high-quality supply of sea urchin, reducing dependence on natural stocks. This study aims to analyze the effect of temperature differences on the rate of *S. sphaeroides* development, hatching rates, abnormality and survival rates of sea urchin embryo maintained by incubation of temperature, consisting of 5 treatments and 3 repeats. The method used in this research was an experimental method using the Complete Randomization Design. ANOVA tests showed that temperature had a significant effect on the hatch resistance, abnormality and survival of sea urchin larvae. Duncan continued testing. The results of research on embryonic development rates, hatching rate, abnormality and survival rates of sea urchins are significantly different. The best development and hatching rate is found at 28°C-30°C, the best abnormality at 28°C with a value of  $15.0 \pm 2.3^a$  and the best survival rate is also recorded at 28°C with a value of  $79.3 \pm 10.1^\circ$ . These results identify that temperatures of 28°C-29°C can be recommended for sea urchin cultivation, taking into account the balance between egg hatches, abnormality and survival rate of sea urchin larvae.

**Keywords:** Abnormality; Development rate; Hatching rate; Incubation temperature; Sea urchin, *S. sphaeroides*, Survival rate.

## Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan sekitar 70% wilayahnya berupa lautan, sehingga dikenal sebagai negara maritim. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian besar masyarakat Indonesia bermukim di wilayah pesisir (Farhani, 2022). Wilayah pesisir dan laut memiliki peranan penting sebagai penyedia sumber daya alam, khususnya dalam memenuhi kebutuhan pangan. Salah satu organisme laut yang bernilai ekologis dan ekonomis serta banyak ditemukan di wilayah pesisir Indonesia adalah hewan dari filum Echinodermata, khususnya kelas Echinoidea atau landak laut (Moka *et al.*, 2021). Landak laut termasuk dalam

filum Echinodermata, yang berasal dari bahasa Yunani yang berarti “kulit berduri”. Hewan ini memiliki tubuh bulat yang dilengkapi dengan duri di seluruh permukaannya. Secara global, terdapat sekitar 6000 spesies dari filum Echinodermata, dan sekitar 950 spesies di antaranya merupakan landak laut (Olii & Kadim, 2017).

*Salmacis sphaeroides* adalah salah satu jenis landak laut yang sering ditemukan di wilayah pesisir dan sering dikonsumsi oleh masyarakat. Spesies ini memiliki bentuk tubuh bulat dengan warna putih hingga hijau kecoklatan, panjang tubuh berkisar antara 6-7 cm dan lebar 5-6 cm. Tubuhnya tertutupi oleh duri pendek dengan ujung berwarna coklat dan putih

(Purnamasari *et al.*, 2023). Landak laut umumnya hidup pada ekosistem terumbu karang dan padang lamun, serta menyukai substrat keras seperti campuran pasir dan pecahan kerang. Keberadaan landak laut dalam ekosistem tersebut menunjukkan perannya yang penting, baik dari sisi ekologis maupun ekonomis. Secara ekologis, landak laut berfungsi sebagai bioindikator pencemaran laut karena sensitif terhadap perubahan lingkungan.

Aspek ekonomi, bagian gonad landak laut dimanfaatkan sebagai bahan pangan bernilai gizi tinggi (Munira & Abidin, 2022). Kandungan gonad landak laut sangat lengkap, meliputi asam amino, protein, karbohidrat, vitamin A, vitamin B kompleks, mineral, asam lemak tak jenuh, omega-3, omega-6 dan omega-9 (Tupan & Silaban, 2017). Selain itu cangkang landak laut juga memiliki potensi pemanfaatan sebagai bahan hiasan dan bahan bioaktif dalam bidang kesehatan, karena mengandung senyawa antikanker, antitumor dan antimikroba (Molla & Aljhdali, 2023). Dengan demikian, tingginya nilai manfaat landak laut turut mendorong peningkatan permintaan baik di tingkat lokal maupun global. Pasar global landak laut masih sangat didominasi oleh negara asia, terutama jepang yang mengonsumsi sekitar 80-90% dari total pasokan global, menjadikannya pasar utama sekaligus pendorong perdagangan internasional komoditas ini (Hannon *et al.*, 2017).

Namun demikian, peningkatan permintaan tersebut tidak diimbangi dengan upaya pengelolaan dan konservasi yang memadai. Akibatnya, penangkapan secara berlebih (*overfishing*) menjadi sulit dihindari dan berdampak pada penurunan populasi alami serta terganggunya keseimbangan ekosistem. Kondisi ini berpotensi menurunkan fungsi ekologis dan ekonomis landak laut, serta berdampak negatif terhadap kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya tersebut (La Nane & Paramata, 2020). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengelolaan yang berkelanjutan, salah satunya melalui pengembangan teknik budidaya. Keberhasilan budidaya landak laut sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perairan, terutama pada tahap reproduksi dan perkembangan awal. Proses reproduksi landak laut sangat bergantung pada musim serta kondisi lingkungan, salah satunya adalah suhu air. Fernández *et al.* (2021) menyatakan bahwa suhu

memiliki pengaruh besar terhadap perkembangan embrio dan larva, karena dapat mempengaruhi laju metabolisme dan proses fisiologis embrio dimana, pada kisaran suhu optimal, perkembangan embrio berlangsung normal dan menghasilkan larva yang sehat. Sebaliknya, perubahan suhu di luar batas toleransi dapat menyebabkan gangguan perkembangan.

Penggunaan sistem inkubasi dengan pengaturan suhu merupakan salah satu upaya untuk mengontrol kondisi lingkungan selama perkembangan embrio landak laut. Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa suhu berpengaruh signifikan terhadap keberhasilan reproduksi landak laut. Penelitian Jemu *et al.* (2021) pada spesies *Tripneustes gratilla* menunjukkan bahwa variasi suhu mempengaruhi proses pemijahan dan persentase penetasan telur landak laut, di mana peningkatan suhu di atas batas toleransi menyebabkan deformitas embrio dan menurunkan tingkat penetasan. Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh suhu terhadap perkembangan embrio *S. sphaeroides* masih sangat terbatas, terutama pada tahap awal perkembangan hingga fase larva. Informasi tersebut sangat penting sebagai dasar dalam pengembangan teknik pembenihan dan budidaya landak laut *S. sphaeroides*.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan lebih mendalam terhadap embrio *S. sphaeroides* untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variasi suhu terhadap laju perkembangan embrio, waktu penetasan, tingkat abnormalitas embrio, dan kelangsungan hidup larva landak laut *S. sphaeroides*. Sehingga dapat memberikan kontribusi ilmiah dan kebaruan dalam pengembangan teknik budidaya landak laut yang lebih efektif dan berkelanjutan.

## **Bahan dan Metode**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember sampai dengan Januari 2026. Bertempat di Laboratorium Bioindustri Laut Kurnaen Sumadiharga, Pusat Riset Budidaya Laut, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat.

### **Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini diawali dengan persiapan wadah berupa kontainer berkapasitas 60 L yang dilengkapi dengan toples (400 ml) sebagai unit percobaan. Seluruh wadah dibersihkan, dikeringkan dan dilengkapi dengan aerasi, heater, pompa filter serta termometer digital. Media yang digunakan adalah air laut terfilter dan hewan uji berupa landak laut *Salmacis sphaeroides*, diperoleh dari perairan Teluk Ekas, Lombok Timur, Pemijahan dilakukan dengan metode injeksi larutan KCL 0,5 M sebanyak 1-2 ml pada bagian mulut untuk merangsang pelepasan gamet. Telur dan sperma yang dihasilkan kemudian dikumpulkan dalam wadah terpisah. Proses fertilisasi dilakukan secara *in vitro* dengan mencampurkan sperma yang telah diencerkan dengan air laut terfilter ke dalam suspensi telur secara bertahap dan homogen dan didistribusikan kedalam wadah perlakuan masing-masing sebanyak 250 ml. Suhu air media percobaan diatur menggunakan pemanas atau heater dengan inkubasi embrio pada lima perlakuan suhu, yaitu 27°C, 28°C, 29°C, 30°C dan 31°C, dengan pemantauan menggunakan termometer digital untuk menjaga suhu pada tingkat suhu perlakuan.

Pengamatan perkembangan embrio, daya tetas dan abnormalitas dilakukan secara berkala setiap 20-60 menit menggunakan mikroskop yang dilengkapi kamera digital *S-EYE 2.0*. Sementara itu, daya tetas telur dihitung dengan rumus Umama et al. (2020), abnormalitas embrio dan larva dihitung dengan rumus Marsela et al. (2018) dan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) dihitung dengan rumus Achmad et al. (2021) Selain itu, kualitas air selama penelitian diukur, meliputi suhu, pH, salinitas dan oksigen terlarut (DO), menggunakan water checker dan DO meter, yang dilakukan sebanyak tiga kali selama penelitian. Pemeliharaan larva dilanjutkan dengan pemberian pakan *Chaetoceros sp.* setelah larva memasuki fase 4-arm pluteus, dengan dosis 3 ml/toples dalam sehari dan pergantian air serta penyiponan dilakukan secara berkala menyesuaikan kondisi media pemeliharaan.

### Analisis Data

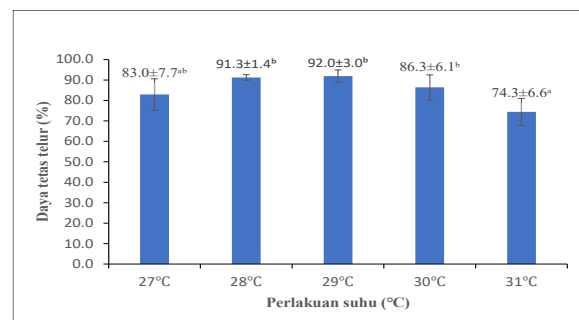
Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji Analysis of variance (ANOVA) dengan menggunakan aplikasi SPSS untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan.

Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang signifikan ( $P < 0,05$ ), maka dilanjutkan dengan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan suhu. Hasil analisis kualitas air dianalisa secara deskriptif.

## Hasil dan Pembahasan

### Daya tetas telur (*Hatching rate*)

Hasil analisis varians (ANOVA) pada variasi suhu terhadap daya tetas telur landak laut *S. Sphaeroides* menunjukkan pengaruh yang signifikan ( $P < 0,05$ ), sehingga dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan suhu terhadap daya tetas telur landak laut (Gambar 1)

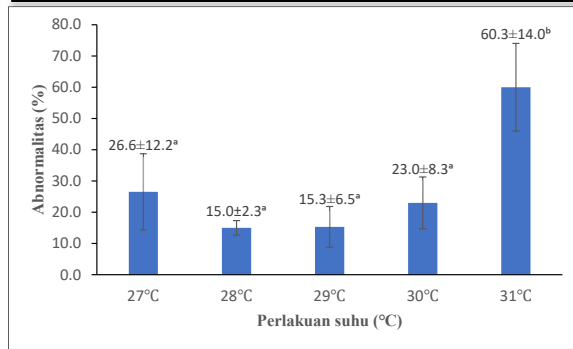


**Gambar 1.** Daya tetas telur landak laut *S. sphaeroides* dengan pengaruh suhu yang berbeda

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan didapatkan hasil yaitu suhu 27°C dan 31°C berbeda nyata terhadap suhu 28°C, 29°C dan suhu 30°C. Daya tetas telur landak laut *Salmacis sphaeroides* dengan suhu terbaik yaitu didapatkan pada perlakuan suhu 28°C-30°C dengan daya tetas telur pada perlakuan suhu 28°C sebesar 91.3±1.4<sup>b</sup>, suhu 29°C sebesar 92.0±3.0<sup>b</sup> dan perlakuan suhu 30°C sebesar 86.3±6.1<sup>b</sup>.

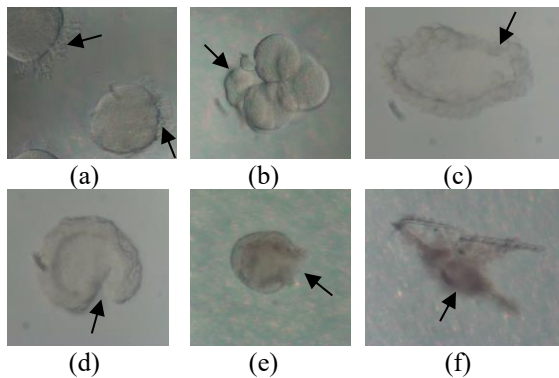
### Abnormalitas

Hasil analisis varians (ANOVA) pada variasi suhu terhadap abnormalitas landak laut *S. Sphaeroides* menunjukkan pengaruh yang signifikan ( $P < 0,05$ ), sehingga dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan suhu terhadap daya tetas telur landak laut (Gambar 2)



**Gambar 2.** Abnormalitas landak laut *S. sphaeroides* dengan pengaruh suhu yang berbeda

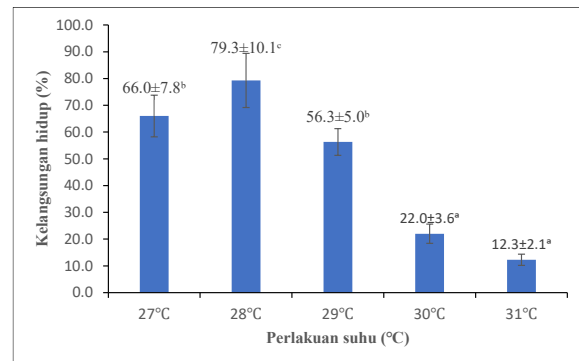
Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan didapatkan hasil yaitu suhu 31°C berbeda nyata terhadap suhu 27°C, 28°C, 29°C dan suhu 30°C. Abnormalitas telur landak laut *Salmacis sphaeroides* dengan suhu terbaik didapatkan pada perlakuan suhu 28°C dengan nilai abnormalitas sebesar 15.0±2.3<sup>a</sup>, perlakuan suhu 29°C sebesar 15.3±6.5<sup>a</sup>, perlakuan suhu 30°C sebesar 23.0±8.3<sup>a</sup> dan perlakuan suhu 31°C dengan daya tetas telur sebesar 60.3±14.0<sup>b</sup>. Abnormalitas embrio dan larva landak laut dapat dilihat pada Gambar 3. sebagai berikut.



**Gambar 3.** Abnormalitas embrio. (a); membran telur pecah, (b); membelah tidak beraturan, (c); morula memanjang, (d); dinding blastula melipat, (e); arkerteron gastrula tidak terbentuk jelas, (f); kelainan pembentukan jaringan

### Tingkat kelangsungan hidup

Hasil analisis varians (ANOVA) pada variasi suhu terhadap kelangsungan hidup larva landak laut *S. sphaeroides* menunjukkan pengaruh yang signifikan ( $P < 0,05$ ), sehingga dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan suhu terhadap tingkat kelangsungan hidup larva landak laut (Gambar 4).



**Gambar 4.** Kelangsungan hidup landak laut *S. sphaeroides* dengan pengaruh suhu yang berbeda

Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan didapatkan hasil yaitu suhu 28°C berbeda nyata terhadap suhu 27°C, 29°C, 30°C dan suhu 31°C, suhu 27°C dan 29°C berbeda nyata terhadap suhu 28°C, 30°C dan suhu 31°C. Tingkat kelangsungan hidup landak laut *Salmacis sphaeroides* dengan suhu terbaik didapatkan pada perlakuan suhu 28°C dengan tingkat kelangsungan hidup larva landak laut sebesar 79.3±10.1<sup>c</sup>, perlakuan suhu 27°C sebesar 66.0±7.8<sup>b</sup>, perlakuan suhu 29°C sebesar 56.3±5.0<sup>b</sup>, perlakuan suhu 30°C sebesar 22.0±3.6<sup>a</sup>, dan nilai tingkat kelangsungan hidup larva landak laut terendah didapatkan pada perlakuan suhu 31°C dengan nilai sebesar 12.3±2.1<sup>a</sup>.

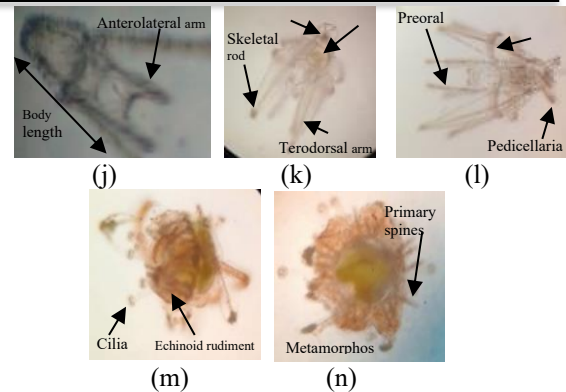
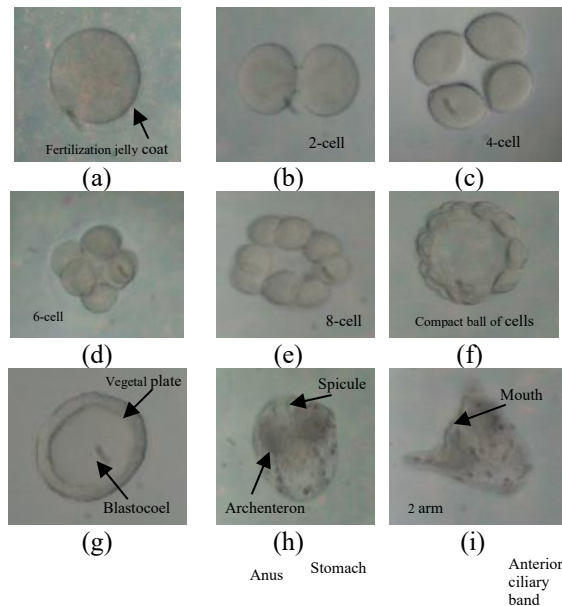
### Kualitas air

Pengukuran kualitas air dilakukan untuk menjaga kualitas air media pemeliharaan sesuai dengan kualitas air yang dibutuhkan. Data hasil pengukuran kualitas air yaitu pada suhu 27°C dengan nilai pH 7,4-7,9, DO 3-4 (mg/L) dan salinitas 32 ppt, suhu 28°C dengan nilai pH 7,4-7,9, DO 4-5 (mg/L) dan salinitas 32-33 ppt, suhu 29°C dengan nilai pH 7,5-7,9, DO 4-5 (mg/L) dan salinitas 34 ppt, suhu 30°C dengan nilai pH 7,2-7,9, DO 4-5 (mg/L) dan salinitas 34-36 ppt, dan suhu 31°C dengan nilai pH 7,5-8,92, DO 4-5 (mg/L) dan salinitas 34-36 ppt.

### Laju Perkembangan Embrio

Tahapan perkembangan memiliki waktu yang berbeda terhadap variasi suhu inkubasi, sehingga diperlukan pengamatan menggunakan mikroskop dengan hasil tahapan perkembangan

dan waktu perkembangan yaitu terdapat pada Gambar 5. dan Tabel 1.



**Gambar 5.** Perkembangan embrio landak laut *S. sphaeroides*. (a); Fertilized egg, (b); 2-cell stage, (c); 4-cell stage, (d); 6-cell stage, (e); 8-cell stage, (f); Morula, (g); Blastula, (h); Gastrula, (i); 2-arm pluteus, (j); 4-arm pluteus, (k); 6-arm pluteus, (l); 8-arm pluteus, (m); Larva, (n); Larva akhir

Data hasil pengamatan tahapan dan waktu perkembangan embrio dan larva yang diperoleh selama penelitian disajikan pada Tabel 1. Sebagai berikut.

**Tabel 1.** Data laju perkembangan embrio

| Tahap Perkembangan Embrio | Waktu Perkembangan Embrio (Menit) |            |            |            |            |
|---------------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                           | Suhu 27°C                         | Suhu 28°C  | Suhu 29°C  | Suhu 30°C  | Suhu 31°C  |
| Fertilized egg            | 10                                | 10         | 10         | 10         | 10         |
| 2-cell stage              | 90                                | 86         | 78         | 60         | 30         |
| 4-cell stage              | 140                               | 135        | 115        | 90         | 60         |
| 6-cell stage              | 200                               | 185        | 165        | 120        | 94         |
| 8-cell stage              | 255                               | 230        | 210        | 160        | 120        |
| Morula                    | 320                               | 288        | 265        | 200        | 160        |
| Blastula                  | 390                               | 350        | 310        | 250        | 195        |
| Gastrula                  | 449                               | 425        | 363        | 300        | 250        |
| 2-arm pluteus             | 1.440                             | 1.200      | 1.080      | 900        | 780        |
| 4-arm pluteus             | 2.700                             | 2.220      | 1.920      | 1.440      | 1.080      |
| 6-arm pluteus             | 11.520                            | 10.080     | 8.640      | 7.200      | 5.760      |
| 8-arm pluteus             | 20.160                            | 17.280     | 14.400     | 11.520     | 8.640      |
| Larva                     | 28.800                            | 25.920     | 21.600     | 17.280     | 14.400     |
| Larva akhir               | <30 (hari)                        | <30 (hari) | <30 (hari) | <30 (hari) | <30 (hari) |

## Pembahasan

### Daya tetas telur (*Hatching rate*)

Penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh signifikan suhu terhadap daya tetas telur landak laut *Salmacis sphaeroides*. Suhu optimal terhadap daya tetas telur yaitu terdapat pada kisaran suhu 28°C-30°C. Kisaran suhu tersebut mendukung perkembangan embrio landak laut hingga menetas secara optimal. Perlakuan suhu 28°C memiliki nilai daya tetas sebesar 91.3±1.4<sup>b</sup>, suhu 29°C memiliki nilai daya

tetas sebesar 92.0±3.0<sup>b</sup>, dan suhu 30°C memiliki nilai daya tetas sebesar 86.3±6.1<sup>b</sup>. Sarifudin *et al.* (2016) tingginya daya tetas telur mengindikasikan bahwa suhu tersebut berperan sebagai faktor utama yang mendukung proses penetasan telur atau osmoregulasi pada telur dengan lingkungan, memberikan energi yang digunakan untuk penyesuaian kondisi dalam telur dengan lingkungan, sehingga dioptimalkan untuk membantu perkembangan telur dan ketahanan telur.

Amato *et al.* (2025) suhu yang terlalu tinggi dapat mengganggu proses fisiologis embrio termasuk perkembangan sel, aktivitas enzim, meningkatkan konsumsi energi secara berlebih dan meningkatkan stres sehingga embrio mengalami kematian atau abnormalitas sebelum menetas. Hal ini terjadi pada saat penelitian yaitu terdapat banyak telur yang tidak menetas ditunjukkan dengan perubahan warna pada telur menjadi warna merah muda dan keruh yang mengindikasikan terjadinya kematian embrio atau pembusukan. Suhu terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan telur tidak dapat mentolerir suhu sehingga gagal berkembang dan menyebabkan kerusakan sel bahkan kematian. Ketidakstabilan suhu juga menyebabkan telur rentan terkena jamur sehingga tidak menetas dan perlambatan perkembangan embrio yang memperpanjang waktu inkubasi. Hal ini terjadi pada penelitian. Dimana, menurut Cristy *et al.* (2024) telur yang terserang oleh jamur kemungkinan besar akan mati meskipun telur tersebut terfertilisasi namun kondisinya kurang baik sehingga dengan mudah mati akibat terserang jamur.

### Abnormalitas

Tingkat abnormalitas berbeda nyata antar perlakuan terhadap variasi suhu inkubasi yang digunakan. Perhitungan dan grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan suhu 31°C memiliki nilai abnormalitas yang tinggi dan bukan suhu terbaik bagi landak laut. Nilai yang didapatkan sebesar  $60.3 \pm 14.0^b$ , hal tersebut dikarenakan perkembangan embrio pada saat masa inkubasi telur tidak sempurna karena pengaruh sistem osmoregulasi yang terganggu. Selain itu, peningkatan abnormalitas pada suhu 31°C disebabkan oleh stres termal yang mempengaruhi proses pembelahan sel dan organogenesis.

Secara fisiologis, suhu tinggi dapat meningkatkan laju metabolisme melebihi kapasitas regulasi sel, sehingga energi lebih banyak dialokasikan untuk mempertahankan homeostasis dibandingkan untuk pertumbuhan dan diferensiasi sel. Akibatnya, struktur embrio berkembang tidak sempurna. Selain itu, suhu tinggi berpotensi meningkatkan produksi radikal bebas (stres oksidatif) yang dapat merusak membran sel, sehingga memperbesar peluang terjadinya abnormalitas (Bertucci *et al.*, 2025).

Perlakuan suhu 28°C merupakan suhu terbaik untuk perkembangan embrio dengan nilai  $15.0 \pm 2.3^a$ , Menurut Katherine & Hamdoun, (2021) suhu optimal memiliki tingkat abnormalitas yang cenderung lebih rendah karena kondisi lingkungan yang stabil mendukung keseimbangan metabolisme dan aktivitas enzim dan pembentukan struktur tubuh yang sempurna dan simetris.

### Kelangsungan hidup (*Survival rate*)

Jumlah embrio dan larva landak laut *S.sphaeroides* yang bertahan hidup dan berkembang hingga akhir pemeliharaan mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya suhu yang digunakan. Perlakuan suhu 28°C memiliki tingkat kelangsungan hidup terbaik dan merupakan suhu optimal dalam meningkatkan kelangsungan hidup larva landak laut, suhu tersebut dapat mengalokasikan dan mengoptimalkan energi untuk osmoregulasi sehingga perkembangan dan daya tahan larva menjadi lebih baik (Podbielski *et al.*, 2022). Pada suhu tinggi yaitu suhu 31°C embrio banyak mengalami abnormalitas hingga kematian larva yang mempengaruhi rendahnya tingkat kelangsungan hidup larva landak laut. Rendahnya nilai kelangsungan hidup pada suhu 31°C dikarenakan embrio landak laut yang baru menetas tidak mampu mentoleransi tingginya suhu.

Menurut Xu *et al.* (2025) masa kritis larva landak laut yaitu dari awal daur hidup, sebelum dan sesudah penyerapan kuning telur dan masa transisi dimulai pada saat mengambil makanan dari luar. Suhu berperan dalam mempengaruhi konsumsi pakan pada fase larva, metabolisme, dan aktivitas enzimatik larva. Ketidakesesuaian suhu dari kisaran optimal, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah, dapat mempengaruhi konsumsi pakan pada larva. Hal ini sejalan dengan pendapat Karelitz *et al.* (2026) yang menyatakan bahwa pada suhu tinggi konsumsi makan lebih rendah sehingga mempengaruhi kondisi morfologis larva yang menjadi lebih kecil dan menyebabkan kondisi kualitas air menjadi buruk karena pakan yang tidak termakan habis.

### Laju perkembangan

Tahapan perkembangan embrio pada suhu 31°C lebih cepat dibandingkan dengan suhu 27°C,

suhu 28°C, suhu 29°C dan suhu 30°C karena, suhu yang lebih tinggi mempengaruhi proses metabolisme telur sehingga embrio akan berkembang lebih intensif dan aktif bergerak (Medina *et al.*, 2025). Laju perkembangan optimal yang terjadi pada embrio landak laut hingga mencapai fase pluteus awal berlangsung sekitar 48 jam atau 2880 menit (Parvez *et al.*, 2018). Perlakuan suhu 31°C menunjukkan waktu pencapaian fase perkembangan yang lebih cepat yaitu membutuhkan waktu 780 menit, Hal ini menunjukkan adanya hubungan positif antara peningkatan suhu dan percepatan laju perkembangan embrio.

Secara fisiologis, peningkatan suhu akan meningkatkan laju metabolisme sel. Semakin tinggi suhu (melebihi batas optimum), maka energi kinetik molekul akan semakin meningkat, frekuensi antar molekul bertambah, sehingga reaksi metabolisme berlangsung lebih cepat. Kondisi ini mempercepat proses pembelahan sel, pembentukan morula, blastula, gastrula hingga fase larva pluteus (Fernández & Rubilar, 2021). Gambar 4.5 menunjukkan perkembangan embrio dimulai pada tahapan pembuahan embrio landak laut *Salmacis sphaeroides* setelah pencampuran sperma dengan telur hingga tahapan perkembangan terakhir yaitu metamorfosis.

Tahapan perkembangan dapat terjadi lebih cepat seiring dengan meningkatnya suhu yang digunakan. Namun demikian, suhu yang terlalu tinggi meskipun dapat mempercepat laju perkembangan tidak selalu menghasilkan kualitas larva yang optimal. Gambardella *et al.* (2021) Perkembangan yang terlalu cepat dapat meningkatkan risiko abnormalitas, ketidakseimbangan antara kecepatan pembelahan sel dan proses diferensiasi jaringan dapat menyebabkan gangguan morfogenesis, seperti penundaan pembelahan, bentuk tubuh tidak simetris atau terjadi pembelahan abnormal, gangguan pembentukan lengan pluteus, dan kelainan struktur internal (Han *et al.*, 2022).

#### **Kualitas air**

Kualitas air pada suatu perairan memberikan pengaruh nyata terhadap biota di dalamnya. Apabila kualitas perairannya bagus dan seluruh faktor lingkungannya dapat mendukung keberlangsungan hidup, Pengukuran kualitas air pada penelitian bertujuan untuk mengetahui nilai kisaran kualitas air yang mampu ditolerir oleh larva landak laut, sehingga

dapat mendukung daya tetas telur, laju perkembangan, abnormalitas dan kelangsungan hidup dari landak laut tersebut. Adapun nilai kisaran pH selama penelitian yakni berkisar antara 7,2-8,92, nilai yang didapatkan masih tergolong optimal untuk pertumbuhan larva *S. sphaeroides*. Hamuna *et al.* (2018) nilai pH optimal untuk pemeliharaan landak laut berada pada rentang 7,0-8,5. Pada kisaran tersebut, proses metabolisme, respirasi dan keseimbangan imun dalam tubuh larva dapat berlangsung secara normal (Yin *et al.*, 2025).

Hasil pengukuran DO selama penelitian berkisar antara 4-5 mg/L. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran optimal untuk budidaya landak laut. Kadar DO yang dianjurkan untuk kegiatan budidaya adalah > 5 mg/L (Wang *et al.*, 2025). Oksigen terlarut dengan nilai di bawah baku mutu dapat menyebabkan perbedaan pada fisiologis yaitu dimater larva akan menjadi lebih kecil, nafsu makan pada larva akan menurun dan tidak berkembang dengan baik. Kebutuhan akan oksigen terlarut dapat meningkat seiring dengan pertumbuhan organisme. Semakin besar ukuran larva atau individu landak laut, maka kebutuhan oksigen untuk proses respirasi dan metabolisme akan semakin tinggi (Griffith *et al.*, 2025). Nilai salinitas yang diperoleh pada saat penelitian berkisar 32-36 ppt. salinitas adalah tingkat kadar garam yang ada didalam perairan Alqodri *et al.* (2023) kisaran optimal salinitas untuk budidaya landak laut adalah 33-36 ppt. Hasil pengukuran dapat ditoleransi selama tidak terjadi fluktuasi yang ekstrem. Salinitas yang terlalu tinggi dapat meningkatkan resiko gangguan fisiologis, sedangkan salinitas yang terlalu rendah dapat menyebabkan ketidakseimbangan tekanan osmotik.

#### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi suhu inkubasi berpengaruh signifikan terhadap laju perkembangan embrio, waktu perkembangan, daya tetas telur (*Hatching rate*), abnormalitas, dan tingkat kelangsungan hidup (*Survival rate*) larva landak laut *Salmacis sphaeroides*. Suhu inkubasi 28°C-30°C memberikan hasil terbaik terhadap perkembangan embrio dengan daya tetas tertinggi pada suhu 29°C dengan nilai 92.0±3.0<sup>b</sup>, abnormalitas terendah pada suhu 28°C

dengan nilai  $15.0 \pm 2.3\%$  serta tingkat kelangsungan hidup tertinggi pada suhu  $28^\circ\text{C}$  sebesar  $79.3 \pm 10.1\%$ . Oleh karena itu, kisaran suhu optimal bagi perkembangan embrio, waktu perkembangan, daya tetas telur (*Hatching rate*), abnormalitas, dan tingkat kelangsungan hidup (*Survival rate*) berada pada rentang suhu  $28^\circ\text{C}$ – $29^\circ\text{C}$ . karena mampu mendukung keseimbangan proses perkembangan, keberhasilan penetasan serta stabilitas metabolisme larva yang meningkatkan kelangsungan hidup larva landak laut *S. sphaeroides*.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Riset Budidaya Laut, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas seluruh dukungan dan fasilitas dalam penyelesaian penelitian ini.

### Referensi

- Achmad, M., Widarma, I. G. S., Fadilah, M. N., Ramadhan, R., & Putri, S. A. (2021). The Effect of Adding Egg Shells to Moist Feed on the Specific Growth and Survival Rate of Lobster *Panulirus* Sp. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 5(12), 41–50. <https://doi.org/10.35911/torani.v5i1.18738>
- Alqodri, M. F., Supratman, O., & Muftiadi, M. R. (2023). Asosiasi Bulu Babi (*Diadema setosum*) pada Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Pulau Panjang Bangka Tengah. *Jurnal Ilmu Perairan*, 5(2), 1-7. <http://journal.ubb.ac.id/index.php/aquaticscience>
- Amato, A., Russo, T., Caramiello, D., Macina, A., Cosmo, A. Di, Polese, G., Zupo, V., & Costantini, M. (2025). Heatwaves Affect the Gonadal Maturation of the Sea Urchin *Paracentrotus Lividus*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(12) 1–11. <https://doi.org/10.3390/jmse13122293>
- Bertucci, J. I., Osorio, A. B., Vidal-Li, L., & Bellas, J. (2025). Molecular Markers of Stress in the Sea Urchin Embryo Test: Analysing the Effect of Climate Change and Pollutant Mixtures on *Paracentrotus Lividus* Larvae. *Journal Science Direct*, 6(5) 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2025.11032>
- Cristy, D., Siahaya, Birahy, G. C., Anna, C., Nindatu, M., Mainassy, M. C., Marcia, L., & Huwae, C. (2024). Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antibakteri Bulu Babi *Diadema Setosum*. *Biofaal Journal*, 5(1), 44–52. <https://doi.org/10.30598/biofaal.v5i1pp044-052>
- Farhani, A. (2022). Roadmap Masa Depan Indonesia Melalui Pengaturan dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam Kelautan bagi Sebesar-besarnya Kesejahteraan Rakyat. *Buletin Hukum dan Keadilan*, 6(2), 25–39. <https://doi.org/10.15408/adalah.v6i2.26766>
- Fernández, J. P., Florencia, B. C., Epherra, L., Marcelo, J., Aravena, G., & Rubilar1, A. (2021). Embryonic and Larval Development is Conditioned by Water Temperature and Maternal Origin of Eggs in the Sea Urchin *Arbacia Dufresnii* (Echinodermata: Echinoidea). *Revista de Biología Tropical*. 69(1). 452–463. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69isuppl.1.46384>
- Gambardella, C., Marcellini, F., Falugi, C., Varrella, S., & Corinaldesi, C. (2021). Early-Stage Anomalies in the Sea Urchin (*Paracentrotus Lividus*) as Bioindicators of Multiple Stressors in the Marine Environment: Overview and Future Perspectives. *Journal Science Direct*, 4(3) 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117608>
- Griffith, A. W., Li, N., & Manahan, D. T. (2025). Ecological Physiology of Recovery from Experimental Phenology of Algal Food Deprivation in Larvae of a Sea Urchin (*Lytechinus Pictus*). *Marine Biology*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00227-025-04597-5>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, Maury, H. K., & Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 16(1), 35–43. <https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>
- Han, L., Wu, Y., Hao, P., Ding, B., Li, Y., Wang,

- W., Zhang, X., Gao, C., Wang, H., Wang, L., Zhang, W., & Chang, Y. (2022). Sea Urchins in Acute High Temperature and Low Oxygen Environments: The Regulatory Role of Micrnas in Response to Environmental Stress. *Journal Marine Biology*, 9(6), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.930156>
- Hannon, C., Stefansson, G., Holly, G., Matis, M., Kristinsson, G., James, C. H., & Philip (2017). Markets for Sea Urchins: A Review of Global Supply and Markets Guðmundur Stefánsson. *Skýrsla Matis*, 45, 10-17. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12657.99683>
- Jemu, K. K., Tjendanawangi, A., & Dahoklory, N. (2021). Pengaruh Kejut Suhu terhadap Proses Pemijahan Bulu babi *Tripneustes gratilla* pada Media Terkontrol. *Jurnal Akuatik*, 4(2), 8–16. <http://ejurnal.undana.ac.id/jaqu/index>
- Karelitz, S. E., Ferraro, R., Rogers, B. L., Simons, R. D., & Okamoto, D. K. (2026). Food Limitation Erodes the Thermal Tolerance of Larvae in an Ecologically Influential Marine Herbivore. *ESA Journal*, 107 (1) 1–17. <https://doi.org/10.1002/ecy.70288>
- Katherine T. N., & Hamdoun, A. (2021). Embryo, Larval, and Juvenile Staging of *Lytechinus Pictus* from Fertilization Through Sexual Maturation. 249(11), 1334–1346. <https://doi.org/10.1002/dvdy.223>
- La Nane & Paramata, A. R., (2017). Impact of Overfishing on Density and Tes-Diameter Siza of the Sea Urchin *Tripneustes gratilla* at Wakatobi Archipelago, South-Eastern Sulawesi Indonesia. *Indonesian Journal of Marine Science*, 25(2), 53-56. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.25.2.53-56>
- Marsela, S., Ati, V. M., & Mauboy, R. S. (2018). Hatching Rate and Abnormality of Sangkuriang Catfish Larvae (*Clarias Gariepinus*) Which in the Induction of Heat Shock Temperature. *Jurnal Biotropikal Sains*, 15(3), 1–13. <https://ejurnal.undana.ac.id>
- Medina, L. K. (2025). The Effects of Seawater Temperature on the Performance of the Tropical Sea Urchin *Lytechinus Variegatus* (Lamarck, 1816). *Aquaculture Research*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/are/4003916>
- Moka, W., Inaku, D. F., & Rais, M. (2021). Struktur Komunitas Landak Laut di Padang Lamun Pulau Kodingareng, Kepulauan Spermonde. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(1), 63–70. <https://doi.org/10.14710/halal.v%25vi%25i.9320>
- Molla, M. H. R., & Aljahdali, M. O. (2023). Marine-Derived Sea Urchin Compounds as Potential Anti-Cancer Drug Candidate Against Colorectal Cancer: in Silico and in Vitro Studies. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(9), 103748. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103748>
- Munira, & Abidin, J. (2022). Hubungan Kelimpahan Bulu Babi (Echinoidea) dengan Tipe Subtrat pada Dasar Perairan Pantai Desa Dwiwarna Kecamatan Banda Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Ilmu Perikanan & Masyarakat Pesisir*, 8(2), 31–44. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id>
- Olii, H., & Kadim, M. K. (2017). Kepadatan dan Pola Sebaran Bulu Babi di Desa Lamu. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan.*, 5(2),48–53. <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/nike/article/view/5279>
- Parvez, S., Rahman, M. A., Yusoff, F., & Arshad, A. (2018). Studies on the Ontogenic Development of a High-Valued Tropical Sea Urchin, *Tripneustes Gratilla* (Linnaeus, 1758) for Seed Production and Commercial Aquaculture. *Journal of Advances in Chemical Engginering & Biological Sciences*, 5(1) 1-14. <https://doi.org/10.15242/IJACEBS.C0318000>
- Podbielski, I., Hiebenthal, C., Hajati, M. C., Bock, C., Bleich, M., & Melzner, F. (2022). Capacity for Cellular Osmoregulation Defines Critical Salinity of Marine Invertebrates at Low Salinity. *Aquatic Physiology*, 2(9), 1–24. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.898364>
- Purnamasari, R., Tala, W. S., Kusriani, K., &

- Rasyid, M. (2023). Jenis - Jenis Bulu Babi (Echinoidea) di Zona Intertidal Pantai Gerak Makmur Kecamatan Sampolawa Kabupaten Buton Selatan. *Jurnal Bioedukasi*, 6(2), 299–307. <https://doi.org/10.33387/bioedu.v6i2.6792>
- Sarifudin, M., Rahman, M. A., Yusof, F. M., & Arshad A, T. S. (2016). Effects of Temperature on the Embryonic and Early Larval Development in Tropical Species of Black Sea Urchin, *Diadema Setosum* (Leske, 1778). *Enviroscientiae*, 4(1), 657–685. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28779724/>
- Tupan, J., & Silaban, B. (2017). Karakteristik Fisik-Kimia Bulu Babi *Diadema setosum* dari Beberapa Perairan Pulau Ambon. *Jurnal TRITON*, 13(2), 71-78. <https://www.neliti.com>.
- Umama, A. R., Restiadi, T. I., Prastiya, R. A., Safitri, E., Saputro, A. L., Yudhana, A., & Haditanojo, W. (2020). Hatching Percentage of Olive Ridley Turtle (*Lepidochelys Olivacea*) Eggs in Semi-Natural Nest at Boom Beach Benyuwangi Within Period 2018. *Jurnal Medik Veteriner*, 3(1), 17–24. <https://doi.org/10.20473/jmv.vol3.iss1.20>
- 20.17-24
- Wang, X., Zhang, J., You, L., Jin, Y., Lin, Z., Lin, J., Wu, J., & Yu, Z. (2025). The Effects of Salinity on the Survival, Growth, and Eco-Physiological Parameters of Juvenile Sea Urchin *Diadema Setosum*. 15(16) 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani15162462>
- Xu, X., Ding, K., Jin, X., Jia, J., Ding, K., Li, W., Wang, J., Yang, J., Russell, B. D., & Wang, T. (2025). Effects of Acute Bisphenol A Exposure on Feeding and Reproduction in Sea Urchin (*Heliocidaris Crassispina*) Comparative Biochemistry and Physiology. *Journal Science Direct*, 292(1). <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2025.110163>
- Yin, W., Mai, W., Hu, W., Li, Y., Cui, D., Sun, J., & Li, J. Z. Y. (2025). Molecular Response to CO<sub>2</sub>-Driven Ocean Acidification in the Larvae of the Sea Urchin *Hemicentrotus Pulcherrimus*: Evidence from Comparative Transcriptome Analyses. *Marine Environmental Research*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.106951>