

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**



**PENETASAN TELUR DAN PEMELIHARAAN PUERULUS
LOBSTER PASIR (*Panulirus homarus*) SEBAGAI INISIASI
PEMBENIHAN SECARA INTENSIF**

Dr. Yudha Trinoegraha Adiputra, S.Pi., M.Si.

NIDN 0008077803 SINTA ID 5977651

Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.

NIDN 0005088402 SINTA ID 5974067

KATEGORI

Penelitian Terapan

Dibiayai oleh DIPA BLU Universitas Lampung

dengan Nomor Kontrak: 2273/UN26.21/PN/2019 Tanggal 3 Juli 2019

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN DASAR UNIVERSITAS LAMPUNG

Judul Penelitian : Penetasan Telur dan Pemeliharaan Puerulus Lobster Pasir (*Panulirus homarus*) sebagai Inisiasi Pembibitan secara Intensif

Manfaat sosial ekonomi : Mampu memproduksi benih (puerulus) lobster pasir hasil budidaya.

Jenis penelitian : penelitian dasar penelitian terapan
 pengembangan eksperimental

Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap : Dr. Yudha Trinoegraha Adiputra, S.Pi., M.Si.
b. NIDN : 0008077803
c. SINTA ID : 5977651
d. Jabatan Fungsional : Lektor
e. Program Studi : Budidaya Perairan
f. Nomor HP : 081273406388
g. Alamat surel (e-mail) : yudha_adiputra@yahoo.com

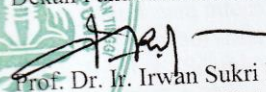
Anggota Peneliti
a. Nama Lengkap : Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.
b. NIDN : 0005088402
c. SINTA ID : 5974067
d. Program Studi : Budidaya Perairan

Jumlah mahasiswa yang terlibat : Dua orang
Jumlah alumni yang terlibat : Satu orang
Jumlah staf yang terlibat : Satu orang
Lokasi kegiatan : Krui, Pesisir Barat dan Hanura, Pesawaran
Lama kegiatan : Dua belas bulan
Biaya penelitian : Rp.35.000.000,- (Tiga puluh lima juta rupiah)
Sumber dana : DIPA BLU Unila

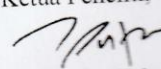
Bandar Lampung, 25 Oktober 2019



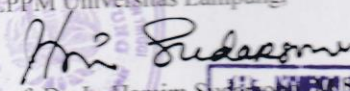
Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian


Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Ketua Peneliti,


Dr. Yudha Trinoegraha Adiputra, S.Pi., M.Si.
NIP 19780708 200112 1 001

Menyetujui,
Ketua LPPM Universitas Lampung.


Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono
NIP 19600119198403 1 003

UNIVERSITAS LAMPUNG	
TGL	14-09-2022
NO. INVEN	181 / unila / 8 / lppm / 2022
JENIS	Penelitian
PARAF	St

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Penetasan Telur dan Pemeliharaan Puerulus Lobster Pasir (*Panulirus homarus*) sebagai Inisiasi Pembenihan secara Intensif

2. Tim Peneliti

No.	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Program Studi	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1.	Dr. Yudha Trinoegraha Adiputra, S.Pi., M.Si.	Ketua	Genetika dan Reproduksi Ikan	Budidaya Perairan	24
2.	Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.Si.	Anggota 1	Penyakit dan Imunologi Ikan	Budidaya Perairan	16

3. Objek Penelitian

Lobster pasir yang telah menjadi induk dapat dipijahkan dalam wadah budidaya kemudian telurnya ditetaskan dan puerulusnya dipelihara secara intensif dengan pakan alami dan pakan hidup.

4. Masa Pelaksanaan

Mulai : bulan Januari tahun 2019
Berakhir : bulan Desember tahun 2019

5. Biaya : Rp.35.000.000, -

6. Lokasi Penelitian : Krui, Pesisir Barat dan Laboratorium Pembenihan Ikan di BBPBL Lampung

7. Instansi lainnya yang terlibat:

- a. Badan Karantina Ikan dan Pengujian Hasil Mutu Perikanan Klas I Lampung sebagai lembaga resmi untuk perizinan penggunaan lobster pasir hasil tangkapan alam untuk penelitian;
- b. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung sebagai lokasi pemeliharaan dan analisa laboratorium.

8. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu:

Teknik penetasan telur dan pemeliharaan puerulus lobster pasir belum dikuasai. Penelitian ini bertujuan menemukan standar operasional dasar untuk penetasan telur lobster pasir dan pemeliharaan puerulusnya dengan pakan alami dan pakan hidup. Penelitian ini mengharapkan ditemukannya teknologi yang dapat menghasilkan benih lobster pasir secara intensif.

9. Jurnal yang menjadi sasaran:

AAACL Bioflux (Scopus Q3) dan Jurnal Riset Akuakultur atau Jurnal Akuakultur Indonesia (SINTA 2)

RINGKASAN

Perikanan tangkap lobster pasir (*Panulirus homarus*) di Kabupaten Pesisir Barat telah mencapai tahap yang mengkhawatirkan karena diduga sudah melebihi kapasitas penangkapan berkelanjutan (*maximum sustainable yield*). Saat ini sulit memperoleh lobster pasir terutama dewasa. Teknologi budi daya lobster pasir di Indonesia belum mampu menyediakan teknologi pembenihan lobster pasir. Manipulasi hormonal dapat digunakan untuk mempercepat penguasaan teknologi pembenihan dengan mengandalkan lobster pasir berukuran sedang dan pada kondisi pradewasa. Tujuan penelitian untuk mengevaluasi efektivitas manipulasi hormonal dengan ablasi tangkai mata dan injeksi hormon tiroksin pada tahapan pembenihan lobster pasir, yaitu maturasi gonad, pertumbuhan calon induk, pemijahan induk, serta profil hormon steroid dan asam lemak selama proses maturasi gonad.

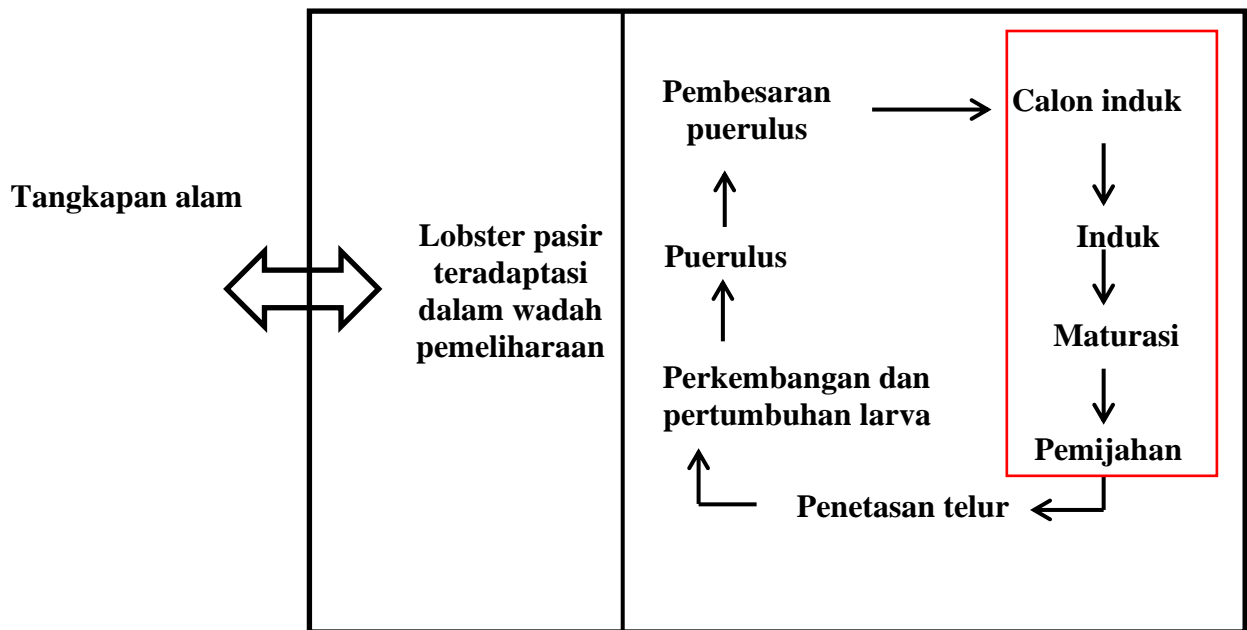
Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas ablasi tangkai mata pada perkembangan maturasi ovarium, rasio RNA/DNA, profil alami hormon tiroksin dan hormon estradiol, serta perubahan komposisi nutrisi pada lobster pasir betina berbeda ukuran. Percobaan pertama dan kedua menggunakan perlakuan tanpa ablasi tangkai mata dan ablasi satu tangkai mata dengan bobot tubuh lobster pasir <150 g dan >150 g. Percobaan ketiga dengan bobot tubuh lobster pasir >150 g menggunakan ablasi satu tangkai mata diteruskan dengan ablasi dua tangkai mata setelah dipelihara sebulan. Parameter yang diamati antara lain perubahan anatomi ovarium, indeks gonado somatik (GSI), indeks hepato somatik (HSI), rasio RNA/DNA, konsentrasi hormon tiroksin dan estradiol, profil lemak, kolesterol, lemak netral, fosfolipid, dan asam lemak ovarium. Hasil penelitian menunjukkan ablasi tangkai mata berpengaruh pada perubahan anatomi ovarium yang meliputi bentuk dan warna pada induk betina >150 g. HSI dan GSI pada induk betina >150 g dengan perlakuan ablasi tangkai mata lebih tinggi pada tahapan vitelogenesis. Sintesis protein meningkat karena ablasi tangkai mata dan sejalan dengan rasio RNA/DNA pada induk betina >150 g. Konsentrasi hormon tiroksin meningkat pada hepatopankreas dan ovarium mengikuti tahap vitelogenesis. Konsentrasi hormon estradiol stabil pada hepatopankreas, tetapi pada ovarium menurun pada tahap maturasi. Profil nutrisi menunjukkan konsentrasi yang bervariasi selama proses maturasi ovarium. Simpulan penelitian adalah ablasi tangkai mata pada induk betina >150 g dapat mempercepat proses maturasi dan rematurasi ovarium. Selain itu, ablasi tangkai mata meningkatkan GSI, HSI, rasio RNA/DNA, konsentrasi hormon tiroksin dan hormon estradiol serta menurunkan konsentrasi nutrisi selama proses maturasi.

Kata kunci: lobster pasir, ablasi tangkai mata, fisiologi reproduksi, *Panulirus homarus*, penetasan telur

BAB 1. LATAR BELAKANG

Lobster merupakan komoditas perikanan yang dikenal di seluruh dunia (Williams, 1986). Beberapa spesies lobster memiliki harga yang mahal karena merupakan makanan laut berkelas (Rogers *et al.*, 2010). Produksi lobster Indonesia pada tahun 2012 adalah sebesar 13549 ton dan tahun 2013 sebesar 16482 ton (Pereira and Josupeit, 2017). Ekspor lobster Indonesia pada tahun 2012 sebesar 5309 ton dalam keadaan hidup, beku, dan diolah (DJPPHP, 2013). Padahal, potensi tangkapan lobster di Indonesia diperkirakan hanya sekitar 4900 ton/tahun (KPDA, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa lobster di Indonesia telah tereksploitasi maksimal. Pada perairan Pesisir Barat Lampung, lobster pasir dan lobster mutiara hanya dapat ditangkap pada waktu tertentu dan sulit memperoleh lobster dewasa, pradewasa, bahkan anakan lobster pada stadia puerulus (*post larva*) yang menunjukkan berkurangnya populasi kedua jenis lobster ini (Adiputra *et al.*, 2018a). Ada beberapa cara untuk mengurangi tekanan terhadap populasi lobster di alam diantaranya dengan pengembangan budidaya laut (marikultur) yang dimulai dengan pembenihan.

Pengembangan pembenihan lobster dapat dimulai dengan memanfaatkan induk dan calon induk yang berasal dari alam melalui kegiatan domestikasi. Dalam domestikasi, induk alam harus memenuhi tiga tahapan yaitu dapat hidup, tumbuh dan berkembang biak didalam wadah budidaya. Pada tahap pengembangbiakan, induk lobster pasir telah dapat dimatangkan gonadnya dengan teknologi ablasi tangkai mata (Adiputra *et al.*, *in press*) dan manipulasi nutrien. Selain itu pemijahan lobster pasir juga telah dapat dilakukan dalam wadah budidaya sehingga dapat memperoleh telur yang berkualitas (Adiputra *et al.*, 2018b). Permasalahan pada tahapan selanjutnya dari pembenihan lobster disebabkan antara lain karena belum diketahuinya teknik penetasan telur dan pemeliharaan larva sampai menjadi puerulus yang siap dibesarkan (Gambar 1).



Gambar 1. Konsep pembenihan lobster pasir dengan sumber induk dari alam. Meskipun teknik pembesaran, maturasi dan pemijahan induk telah dikuasai, terdapat permasalahan untuk pengembangan pembenihan lobster diantaranya pada penetasan telur dan pemeliharaan larva sampai menjadi puerulus yang dapat dilakukan dengan manipulasi lingkungan dan nutrisi. Kotak merah artinya teknologi telah dikuasai.

Penelitian ini memiliki keutamaan (urgensi) pada hasil yang ingin diperoleh berupa pembenihan lobster pasir karena menyangkut sumber daya ikan yang dimiliki oleh Indonesia tetapi sudah tereksplorasi sehingga menimbulkan kekhawatiran akan menurunnya stok lobster pasir dimasa mendatang. Kontribusi hasil penelitian tentang penetasan telur dan pemeliharaan larva lobster pasir ini akan sangat besar karena penelitian serupa belum pernah dilakukan oleh peneliti lain. Hasil penelitian ini nantinya akan banyak membantu pemerintah dan masyarakat umum untuk pengembangan pembenihan lobster pasir di Indonesia yang sampai saat ini hanya mengandalkan aktivitas penangkapan dari alam.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pembenihan lobster pasir (*Panulirus homarus*) di Indonesia belum berkembang karena tidak didukung oleh teknologi pembenihan yang mapan. Untuk memenuhi konsumsi masyarakat yang terus meningkat, kebutuhan lobster pasir tetap mengandalkan tangkapan alam sehingga jumlahnya di alam semakin berkurang. Lobster pasir yang ditangkap secara berlebihan tersebut juga mengakibatkan berkurangnya lobster pasir yang berukuran besar dan cukup umur untuk digunakan sebagai induk dalam pembenihan. Lobster pasir yang tersedia pada musim tangkap adalah lobster pasir yang berukuran kecil dengan bobot antara 100-200 g yang memerlukan manipulasi hormonal jika digunakan sebagai induk pemula dalam pembenihan (Adiputra *et al.* 2018). Salah satu teknik manipulasi hormonal yang banyak digunakan untuk maturasi ovari induk pada krustasea adalah ablasi tangkai mata (Brey dan Lawrence 1992).

Teknik ablasi tangkai mata telah diterapkan pada lobster dengan efek yang bervariasi. Pada lobster mutiara (*Panulirus ornatus*) dan lobster lumpur (*P. polyhagus*), ablasi tangkai mata mempengaruhi frekuensi ganti kulit, pertumbuhan yang lebih cepat, konversi pakan, dan tingkat kelangsungan hidup yang rendah (Kizhakudan 2013; Juinio-Meñez dan Ruinata 1996). Pada lobster pasir, pengaruh ablasi satu tangkai mata berpengaruh pada akselerasi maturasi gonad, pertumbuhan, ganti kulit, konsumsi pakan, dan konversi pakan (Radhakrishnan dan Vijayakumaran 1984a,b; Vijayakumaran dan Radhakrishnan 1984). Ablasi dua tangkai mata pada lobster pasir meningkatkan frekuensi ganti kulit dan berakibat pada peningkatan bobot tubuh 3-7 kalinya (Radhakrishnan dan Vijayakumaran 1984a).

Penelitian pengaruh ablasi tangkai mata pada induk betina lobster pasir dengan bobot tubuh yang bervariasi belum pernah dilakukan. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan untuk mengembangkan pembenihan lobster pasir yang dapat menyesuaikan dengan kondisi ketiadaan induk betina berukuran besar dan cukup umur. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh ablasi tangkai mata dan bobot tubuh induk lobster pasir betina pada perubahan maturasi, perubahan konsentrasi hormon, dan profil nutrien di hepatopankreas dan ovari.

Pembenihan merupakan inti kegiatan budidaya perikanan. Pada pembenihan krustasea yang lengkap dan tertutup dimulai dengan memelihara calon-calon induk untuk diseleksi menjadi induk yang akan dipijahkan (Hall *et al.*, 2013). Pemeliharaan calon-calon induk ini menjadi dasar kegiatan pembenihan sehingga calon-calon induk harus juga diseleksi setelah dibesarkan terlebih dahulu sehingga memiliki bobot tubuh dan umur yang cukup. Pemeliharaan calon-

calon induk dari alam mutlak memerlukan manipulasi untuk memastikan matangnya gonad yang tidak hanya bergantung pada pakan yang diberikan selama dipelihara (Waddington *et al.*, 2005) dan juga pengaruh sinyal lingkungan seperti fotoperiodisitas dan suhu (Matsuda *et al.*, 2002).

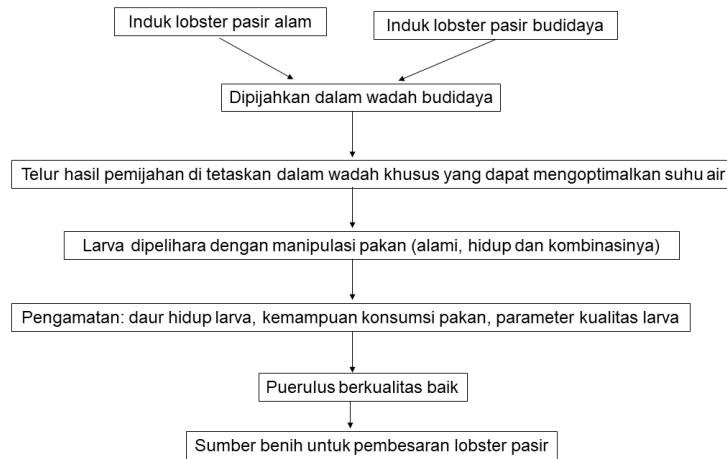
Kunci pada efisiensi reproduksi krustasea selalu terhubung dengan dua faktor penting, yaitu faktor eksternal dan internal (Harlioğlu and Farhadi, 2017). Faktor eksternal yang penting antara lain pakan larva yang berkualitas dengan komposisi lemak, fosfolipid, asam lemak tak jenuh ganda, protein, dan asam amino yang sesuai. Kemudian sebagai tambahan faktor eksternal di antaranya kepadatan, suhu, dan fotoperiodisitas. Faktor internal yang penting di antaranya adalah hormon-hormon endogenik. Penetasan telur dan pemeliharaan larva lobster pasir selanjutnya akan menjadi penentu keberhasilan lengkapnya teknologi pembenihan lobster pasir sehingga masyarakat dapat menggunakannya tanpa keraguan.

2.2 Hasil Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian sebelumnya yang telah berhasil dilakukan adalah domestikasi lobster pasir sebagai masa adaptasi pada kondisi budidaya. Domestikasi lobster pasir telah berhasil dilakukan dengan karantina, pemberian pakan dan pemeliharaan pada wadah yang dikelola dengan manajemen yang baik. Hasil penelitian sebelumnya juga telah terpublikasi dengan baik berupa teknik maturasi (pematangan gonad) induk jantan dan betina (Adiputra *et al.*, *in press*) dan teknik pemijahan induk (Adiputra *et al.*, 2018b).

2.3 Peta jalan (*road map*) penelitian secara utuh

Peta jalan penelitian disusun untuk mencermati jalannya penelitian terhadap kebutuhan benih lobster pasir dimasa mendatang (Gambar 2). Penelitian ini akan sangat membantu pengembangan pembenihan lobster pasir dan dapat menjadi model untuk pengembangan jenis lobster lainnya yang dimiliki oleh Indonesia..



Gambar 2. Peta jalan (*road map*) penelitian yang diusulkan secara utuh

2.4 Kontribusi penelitian yang akan dihasilkan

Kontribusi penelitian akan sangat membantu pengembangan ilmu pengetahuan tentang pembenihan lobster pasir. Selain itu, pada pengembangan teknis tentang budidaya lobster hasil penelitian ini akan banyak memunculkan inovasi baru yang dapat diterapkan oleh masyarakat luas yang memperhatikan lobster merupakan komoditas yang menjanjikan untuk dikembangkan secara ekonomi. Peneliti dan petani lobster diseluruh Indonesia akan sangat terbantu dengan keluaran hasil penelitian ini berupa teknik dasar penetasan telur dan pemeliharaan larva sampai menjadi puerulus sehingga dapat menjadi pemicu munculnya inovasi lain yang lebih baik dimasa depan.

BAB 3. METODE

3.1 Asal Lobster Pasir dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung di Hanura, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Seratus dua puluh enam individu lobster pasir betina dengan bobot tubuh antara 100-200 g diperoleh dari pedagang pengumpul lobster di Krui, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung. Lobster pasir betina berasal dari perairan Pesisir Barat dan ditangkap oleh nelayan lokal. Lobster pasir betina dibawa melalui transportasi darat dengan pengemasan kering menggunakan pasir kuarsa selama 6 jam menuju BBPBL. Penggunaan lobster pasir untuk penelitian telah memperoleh izin dari Balai Karantina Ikan dan Pengendalian Mutu Hasil Perikanan Provinsi Lampung.

3.2 Pemeliharaan dan Rancangan Percobaan

Stok lobster pasir betina dipelihara dalam bak fiber dengan ukuran 150 cm x 50 cm x 50 cm dengan ketinggian air 40 cm sebanyak enam buah. Adaptasi dilakukan selama seminggu dengan pakan daging cumi-cumi atau ikan sebanyak 3-5% bobot tubuh untuk pemberian dua kali sehari (pagi dan malam). Pergantian air laut dilakukan terus menerus dengan debit air 1 Ldetik⁻¹, sipon dan pergantian air total dilakukan pada pagi hari. Potongan paralon 4 inci sepanjang 20 cm sebanyak 2x jumlah lobster dimasukkan ke dalam bak pemeliharaan sebagai pelindung (*shelter*).

Tiga kelompok unit percobaan dilakukan sekaligus dengan 42 individu setiap unitnya. Kelompok pertama dan kedua menggunakan lobster pasir betina dengan bobot tubuh <150 g dan >150 g dengan perlakuan tanpa ablasi tangkai mata dan ablasi satu tangkai mata. Kelompok ketiga menggunakan bobot tubuh >150 g (besar) dengan perlakuan ablasi satu tangkai mata dan ablasi dua tangkai mata. Khusus pada kelompok ketiga ini, ablasi satu tangkai mata dilakukan pada setiap individu kemudian setelah dipelihara selama sebulan, dilakukan ablasi dua tangkai mata pada 21 individu lobster pasir betina. Pengambilan sampel dilakukan setiap minggu sekali dengan mengambil 3 individu lobster pasir betina pada setiap perlakuan. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 7 kali pada ketiga unit percobaan. Pemotongan tangkai mata lobster pasir betina dilakukan dengan pembiusan menggunakan minyak cengkeh 10 mL dalam 1 L air laut. Setelah terbius, tangkai mata dipotong menggunakan scalpel dan diberi antiseptik untuk mencegah infeksi. Penentuan tahap oogenesis mengikuti Subramoniam (2017a) yaitu vitelogenesis primer, vitelogenesis sekunder, dan maturasi yang dikonfirmasi dengan analisis histologi menurut Shields dan Boyd (2014). Parameter yang diamati pada

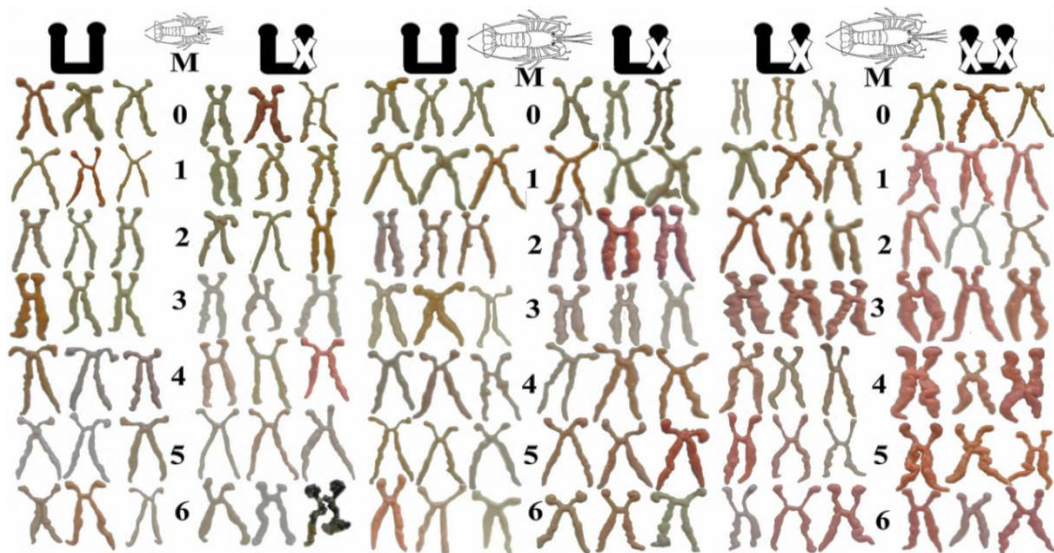
penelitian ini adalah indeks hepato somatik (HSI), indeks gonado somatik (GSI), rasio RNA/DNA, serta konsentrasi hormon tiroksin dan estradiol pada hepatopankreas dan ovarium. Profil nutrisi gonad yang diukur adalah lemak, kolesterol, lipid netral, fosfolipid, dan asam lemak diamati pada tiga tahap vitelogenesis.

Analisis Data

Pengamatan perubahan maturasi ovarium pada tiap minggu pengambilan sampel diambil menggunakan kamera digital kemudian diolah menggunakan Adobe Photoshop CS. Semua data disajikan dalam bentuk rata-rata \pm deviasi standar (SD) dari tiga ulangan. Data HSI, GSI, rasio RNA/DNA, konsentrasi hormon tiroksin dan estradiol dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan *Student's t-test* pada selang kepercayaan 95% untuk perbandingan dua perlakuan menurut Bhujel (2008) dan dianalisis dengan SPSS versi 24. Data lemak, kolesterol, lipid netral, fosfolipid, dan asam lemak dianalisis secara kualitatif dan disajikan dalam bentuk tabel.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lobster pasir betina dengan bobot tubuh yang berbeda dapat dipelihara dalam wadah budi daya dan beradaptasi dengan pakan dan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan ablasi tangkai mata berpengaruh pada perubahan anatomi ovarium yang meliputi perubahan bentuk (ovarium yang membesar) dan warna (putih sampai merah muda) pada induk betina dengan bobot tubuh >150 g pada percobaan kedua dengan perlakuan tanpa dan dengan ablasi satu tangkai mata dan percobaan ketiga dengan perlakuan ablasi satu tangkai mata dan dilanjutkan dengan dua ablasi tangkai mata setelah dipelihara selama satu bulan (Gambar 1). Pengaruh ablasi tangkai mata tidak hanya mempercepat maturasi ovarium pada lobster pasir betina dengan bobot tubuh >150 g, tetapi juga membuat rusaknya ovarium seperti yang terjadi pada percobaan pertama pada pengambilan sampel di minggu keenam.



Gambar 1 Perkembangan ovarium pada bobot tubuh dan perlakuan induk betina lobster pasir (*Panulirus homarus*) yang berbeda. Maturasi ovarium meningkat pada bobot tubuh >150 g dengan perlakuan ablasi tangkai mata. Keterangan: **U** : tanpa ablasi tangkai mata, **L** : ablasi satu tangkai mata, **M** : ablasi dua tangkai mata.

Indeks hepato somatik (HSI) dan indeks gonado somatik (GSI) pada ketiga percobaan selama 7 minggu pemeliharaan menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 1). Pada bobot tubuh <150 g, HSI dan GSI tidak menunjukkan perbedaan antara perlakuan tanpa dan dengan ablasi tangkai mata ($P>0.05$). Tetapi, pada bobot tubuh induk >150 g pada perlakuan tanpa dan dengan ablasi satu tangkai mata, HSI dan GSI menunjukkan perbedaan ($P<0.05$). Demikian juga, perubahan HSI dan GSI pada bobot tubuh >150 g dengan perlakuan ablasi satu dan dua tangkai mata yang dipelihara lebih lama, perubahan HSI dan GSI juga menunjukkan perbedaan pada setiap minggu pengamatan ($P<0.05$) (Tabel 1).

Tabel 1 Indeks hepato somatik (HSI) dan indeks gonado somatik (GSI) induk betina lobster pasir (*Panulirus homarus*) dengan bobot tubuh dan perlakuan berbeda.

Bobot tubuh (g)	Minggu ke-	HSI (%)		GSI (%)	
		Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata	Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata
<150	0	2.429±0.424a	2.338±0.335a	0.423±0.091a	0.780±0.458b
	1	2.823±0.371a	2.970±0.477a	0.505±0.219a	0.501±0.047a
	2	3.094±0.191a	3.254±0.516a	0.462±0.077a	0.665±0.093b
	3	4.098±0.594a	4.604±0.324a	0.757±0.383a	0.467±0.019a
	4	3.554±0.260a	3.676±0.136a	0.656±0.166a	1.063±0.598b
	5	4.004±0.638a	3.987±0.310a	0.535±0.638a	0.495±0.136a
	6	3.454±0.663a	4.209±0.414a	0.704±0.042a	1.120±0.971b
>150	0	2.043±0.663a	3.139±0.792b	0.440±0.039b	0.297±0.113a
	1	3.414±0.483b	2.787±0.470a	0.550±0.158a	0.562±0.094a
	2	3.077±0.289a	3.870±0.403a	0.535±0.046a	1.177±0.558b
	3	3.806±0.332a	4.269±0.295b	0.499±0.074a	0.626±0.034b
	4	3.314±0.174a	4.220±0.432b	0.552±0.131a	0.686±0.282a
	5	4.199±0.068b	2.551±0.695a	0.413±0.077a	0.876±0.533b
	6	3.672±0.650a	4.332±0.337b	1.135±0.698b	0.799±0.025a
>150		Ablasi satu mata	Ablasi dua mata	Ablasi satu mata	Ablasi dua mata
	0	3.695±0.446a	3.747±0.245a	0.499±0.072a	0.791±0.162b
	1	4.501±0.157b	3.720±0.328a	0.918±0.528a	1.883±0.419b
	2	3.955±0.663a	4.261±0.530b	1.052±0.553b	0.618±0.248a
	3	3.689±0.507b	2.943±0.644a	2.133±0.679a	2.584±0.958a
	4	3.437±0.535b	2.546±0.280a	0.908±0.383a	2.400±1.166b
	5	3.356±0.171b	1.847±0.554a	0.322±0.870a	2.398±0.560b
6	2.261±0.256b	1.387±0.188a	1.408±0.953a	1.902±0.911a	

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada selang kepercayaan 95%.

Rasio RNA/DNA pada ketiga percobaan menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 2). Pada percobaan pertama dengan bobot tubuh induk <150 g, rasio RNA/DNA tidak menunjukkan perubahan pada organ hepatopankreas dan ovari setiap minggunya ($P>0.05$). Berbeda dari percobaan pertama, pada percobaan kedua dengan bobot induk >150 g, perubahan rasio RNA/DNA pada hepatopankreas terjadi lebih banyak dibandingkan pada ovari pada minggu awal pemeliharaan ($P<0.05$). Perubahan rasio RNA/DNA teramati lebih sering terjadi pada percobaan ketiga dengan bobot induk >150 g dengan perlakuan ablasi satu dan dua tangkai mata ($P<0.05$). Perubahan rasio RNA/DNA tersebut terjadi pada minggu awal pemeliharaan pada hepatopankreas dan awal dan pertengahan pemeliharaan pada ovari (Tabel 2).

Tabel 2 Rasio RNA/DNA hepatopankreas dan ovari induk betina lobster pasir (*Panulirus homarus*) dengan bobot tubuh dan perlakuan berbeda.

Bobot tubuh (g)	Minggu ke-	Rasio RNA/DNA hepatopankreas		Rasio RNA/DNA ovari	
		Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata	Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata
<150	0	0.775±0.055a	0.778±0.031a	0.792±0.011a	0.799±0.024a
	1	0.795±0.030a	0.790±0.035a	0.837±0.041a	0.800±0.019a
	2	0.804±0.077b	0.677±0.032a	0.801±0.024a	0.794±0.026a
	3	0.819±0.032a	0.812±0.004a	0.777±0.014a	0.811±0.015a
	4	0.798±0.021a	0.760±0.035a	0.802±0.008a	0.892±0.076a
	5	0.781±0.009a	0.809±0.004a	0.810±0.025a	0.782±0.010a
	6	0.560±0.339a	0.829±0.058b	0.778±0.012a	0.796±0.017a
>150	0	0.751±0.054a	0.783±0.054a	0.759±0.027a	1.958±1.628b
	1	0.742±0.042a	0.830±0.030a	0.786±0.030a	0.777±0.006a
	2	0.697±0.182a	0.905±0.199b	0.795±0.014a	0.796±0.024a
	3	0.831±0.024a	0.823±0.019a	0.812±0.023a	0.810±0.011a
	4	0.801±0.035a	0.771±0.016a	0.821±0.035b	0.774±0.065a
	5	0.791±0.016a	0.798±0.013a	0.804±0.010a	0.814±0.036a
	6	0.854±0.103b	0.774±0.028a	0.851±0.039a	0.831±0.035a
>150		Ablasi satu mata	Ablasi dua mata	Ablasi satu mata	Ablasi dua mata
	0	0.814±0.008a	0.794±0.005a	0.811±0.019a	0.810±0.037a
	1	0.737±0.026a	0.800±0.015b	0.846±0.033b	0.804±0.014a
	2	0.804±0.016b	0.783±0.017a	0.944±0.197b	0.827±0.023a
	3	0.778±0.176a	0.791±0.012a	0.716±0.056a	0.831±0.023b
	4	0.783±0.014a	0.792±0.016a	0.754±0.051a	0.861±0.080b
	5	0.816±0.014a	0.824±0.019a	0.779±0.040a	0.790±0.089a
6	0.763±0.025a	0.812±0.016b	0.820±0.103a	0.827±0.047a	

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada selang kepercayaan 95%.

Konsentrasi hormon tiroksin pada hepatopankreas lebih tinggi dibandingkan pada ovarium. Konsentrasi hormon tiroksin pada kedua organ tersebut naik mengikuti tingkat kematangan ovarium pada ketiga percobaan (Tabel 3). Pada tahap vitelogenesis sekunder, konsentrasi hormon tiroksin pada hepatopankreas dan ovarium berbeda antara tanpa ablasi mata dan dengan ablasi satu tangkai mata ($P < 0.05$). Pada hepatopankreas dan ovarium juga menunjukkan konsentrasi hormon tiroksin lebih tinggi pada induk tanpa ablasi mata dibandingkan dengan ablasi satu tangkai mata. Kemudian, konsentrasi hormon tiroksin pada ablasi satu tangkai mata lebih tinggi dibandingkan dengan ablasi dua tangkai mata. Konsentrasi hormon tiroksin pada ablasi satu tangkai mata lebih tinggi dibandingkan dengan ablasi dua tangkai mata pada bobot tubuh induk > 150 g (Tabel 3).

Konsentrasi hormon estradiol pada hepatopankreas naik mengikuti tingkat kematangan ovarium pada percobaan pertama dan kedua dengan perlakuan tanpa ablasi dan ablasi satu tangkai mata. Konsentrasi hormon estradiol pada hepatopankreas stabil mengikuti tingkat kematangan ovarium pada percobaan ketiga dengan perlakuan ablasi satu dan dua tangkai mata. Pada ovarium, konsentrasi estradiol menurun mengikuti tingkat kematangan ovarium pada ketiga percobaan. Hanya pada tahap maturasi konsentrasi hormon estradiol pada ovarium berbeda antara ablasi satu dan dua tangkai mata ($P < 0.05$) (Tabel 4).

Hasil analisis profil nutrisi pada ovarium lobster yang matang gonad alami dan ablasi satu tangkai mata pada tingkat kematangan ovarium yang berbeda menunjukkan variasi (Tabel 5). Konsentrasi lemak dan fosfolipid cenderung naik mengikuti tingkat kematangan ovarium. Konsentrasi kolesterol dan lipid netral turun mengikuti tingkat kematangan ovarium. Kandungan asam lemak pada ovarium matang gonad alami dan ablasi satu mata pada tingkat kematangan ovarium yang berbeda menunjukkan variasi yang tinggi (Tabel 5). Konsentrasi asam lemak jenuh, tak jenuh tunggal, tak jenuh ganda, dan tak jenuh tinggi pada gonad matang alami lebih besar dibandingkan pada gonad matang dengan ablasi tangkai mata. Kemudian konsentrasi ARA, EPA, dan DHA pada gonad matang alami juga lebih besar dibandingkan gonad pada perlakuan ablasi satu tangkai mata (Tabel 5).

Reproduksi lobster terpusat pada sistem endokrin tangkai mata yang mengatur maturasi gonad (Quackenbush 1994). Regulasi yang kompleks dua model hormon pada tangkai mata yang bekerja saling bertolak belakang antara organ-X pada kelenjar sinus yang bekerja menghambat maturasi dan variasi hormon-hormon yang menstimulasi maturasi gonad dan pertumbuhan (organ-Y) (Subramoniam dan Kirubakaran 2010). Ablasi tangkai mata dapat merangsang maturasi ovarium pada lobster pasir setelah hilangnya hormon penghambatan maturasi (*gonadal inhibiting hormone-GIH*) dan hormon stimulasi gonad (*gonadal stimulating hormone-GSH*) akan aktif menstimulasi ovarium untuk matang (Vijayakumaran dan Radhakrishnan 1984; Yano 1998). Maturasi ovarium akan diikuti dengan proses vitelogenesis pada ovarium yang disertai dengan perubahan anatomi gonad dan organ-organ lain seperti hepatopankreas sebagai proses awal nutrisi untuk pembuatan vitelogenesis dan ditransportasikan menuju gonad (Harrison 1990; Subramoniam 2011).

Tabel 3 Konsentrasi hormon tiroksin (ngmL^{-1}) pada hepatopankreas dan ovarium induk betina lobster pasir (*Panulirus homarus*) dengan bobot tubuh dan perlakuan berbeda.

Bobot tubuh (g)	Tingkat kematangan ovarium	Konsentrasi hormon tiroksin (ngmL^{-1}) hepatopankreas		Konsentrasi hormon tiroksin (ngmL^{-1}) ovarium	
		Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata	Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata
<150	Vitelogenesis primer	24.535±5.615a	22.030±1.650a	21.615±5.215a	19.470±0.770a
	Vitelogenesis sekunder	20.725±0.855a	28.860±0.510b	23.320±3.040a	26.615±6.005b
	Maturasi	23.510±0.930a	22.400±2.030a	29.270±10.400a	26.330±5.380a
>150	Vitelogenesis primer	30.300±5.750a	28.085±6.505a	22.840±2.040a	25.780±2.260a
	Vitelogenesis sekunder	29.735±3.315a	25.850±2.010a	22.975±1.245a	20.070±0.880a
	Maturasi	28.780±6.040a	29.575±6.005a	19.610±6.570a	32.820±1.180a
>150		Ablasi satu mata	Ablasi dua mata	Ablasi satu mata	Ablasi dua mata
	Vitelogenesis primer	23.350±1.920a	21.490±2.570a	19.155±2.675a	18.330±0.320a
	Vitelogenesis sekunder	24.885±0.725a	20.940±2.110a	25.295±0.255a	17.565±3.395a
	Maturasi	35.015±5.255a	24.905±0.305a	23.885±9.885a	12.250±1.400a

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada selang kepercayaan 95%.

Tabel 4 Konsentrasi hormon estradiol (pgmL⁻¹) pada hepatopankreas dan ovarium induk betina lobster pasir (*Panulirus homarus*) dengan bobot tubuh dan perlakuan berbeda.

Bobot tubuh (g)	Tingkat kematangan ovarium	Konsentrasi hormon estradiol (pgmL ⁻¹) hepatopankreas		Konsentrasi hormon estradiol (pgmL ⁻¹) ovarium	
		Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata	Tanpa ablasi mata	Ablasi satu mata
<150	Vitelogenesis primer	284.770±60.490a	347.740±54.420a	144.085±21.475a	125.130±33.700a
	Vitelogenesis sekunder	283.605±76.375a	246.965±1.045a	52.995±1.145a	39.705±7.635a
	Maturasi	396.670±25.820a	351.295±25.475a	53.585±9.445a	39.930±2.750a
>150	Vitelogenesis primer	242.475±24.935a	195.760±26.580a	81.515±18.215a	59.135±5.505a
	Vitelogenesis sekunder	350.875±65.825a	199.640±38.060a	160.220±3.340a	65.87±2.840a
	Maturasi	328.600±98.920a	211.700±17.275a	38.630±0.500a	29.785±0.225a
>150	Vitelogenesis primer	Ablasi satu mata 260.560±44.920a	Ablasi dua mata 334.145±77.645a	Ablasi satu mata 56.81±9.720a	Ablasi dua mata 129.335±18.755a
	Vitelogenesis sekunder	255.665±47.965a	194.030±42.150a	51.035±5.425a	47.120±3.220a
	Maturasi	260.700±10.060a	224.065±51.205a	38.540±4.630a	35.775±0.465a

Huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada selang kepercayaan 95%.

Tabel 5 Kandungan nutrisi (% ww⁻¹) ovarium induk betina lobster pasir (*Panulirus homarus*) matang gonad alami dan perlakuan ablasi tangkai mata pada tahap vitelogenesis yang berbeda.

Nutrien	Matang Alami (% ww ⁻¹)		Ablasi tangkai mata (% ww ⁻¹)		
	Vitelogenesis Sekunder	Maturasi	Vitelogenesis Primer	Vitelogenesis Sekunder	Maturasi
Lemak	0	0	3.050±1.2453	6.220±1.113	10.010±1.421
Kolesterol	0	0	11.060±0.417	12.500±1.142	6.090±1.301
Lipid netral	0	0	67.797±1.403	61.257±1.962	41.300±6.309
Fosfolipid	0	0	32.203±1.403	38.723±1.947	58.700±6.309
Asam lemak jenuh (SFA)	9.691±0.031	10.755±0.016	1.228±0.006	1.365±0.042	4.363±0.003
Asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA)	8.880±0.009	7.269±0.008	0.745±0.001	0.851±0.012	2.643±0.003
Asam lemak tak jenuh ganda (PUFA)	10.620±0.024	9.555±0.010	1.720±0.010	1.706±0.037	4.202±0.021
Asam lemak tak jenuh tinggi (HUFA)	6.341±0.020	6.157±0.010	1.272±0.008	1.238±0.033	3.231±0.016
Asam arakidonat (ARA)	0.748±0.002	1.009±0.000	0.355±0.002	0.297±0.004	0.577±0.000
Asam eikosapentanoat (EPA)	1.585±0.001	1.814±0.000	0.624±0.003	0.474±0.101	0.785±0.003
Asam dokosaheksanoat (DHA)	4.137±0,014	3.944±0.010	0.631±0.005	0.749±0.022	2.386±0.011

Brey dan Lawrence (1992) menyatakan bahwa ukuran dan usia tidak menjadi syarat utama pada krustasea yang akan digunakan sebagai induk, tetapi maturasi ovarium pertama kali yang menjadi target induk dapat digunakan atau tidak dalam pembenihan. Ditambah lagi bahwa perkembangan ovarium menjadi indikator pemijahan pada panti benih komersial dengan mengamati perubahan warna dan ukuran ovarium pada induk krustasea yang berasal dari alam atau dipelihara dalam jangka panjang (Palacios *et al.* 2003). Dengan demikian, proses maturasi ovarium pada lobster pasir menjadi penentu perkembangan pembenihannya di masa depan.

Ablasi tangkai mata pada induk lobster pasir betina dengan bobot tubuh yang berbeda menunjukkan hasil yang bervariasi berdasarkan perubahan anatomi gonad. Pada percobaan pertama di mana induk yang digunakan dengan bobot tubuh <150 g, ablasi tangkai mata tidak dapat mempercepat maturasi ovarium. Hasil yang berbeda ditemukan pada induk lobster pasir betina dengan bobot tubuh >150 g dengan perlakuan ablasi satu dan dua tangkai mata di mana percepatan maturasi dan rematurasi dapat terjadi. Fenomena ini terjawab oleh hasil penelitian Lipcius dan Herrnkind (1987) bahwa pada lobster ukuran tubuh menjadi kontrol dan koordinasi antara reproduksi atau pertumbuhan yang akan dilakukan. Hasil studi saat ini jelas bahwa induk lobster pasir betina dengan bobot tubuh <150 g lebih mendahului pertumbuhan dibandingkan reproduksi. Dengan demikian, ablasi tangkai mata tidak dapat mempercepat maturasi ovarium, seperti yang teramati dengan tidak adanya perubahan pada bentuk dan warna ovarium sampai minggu ketujuh. Kerusakan ovarium yang teramati pada ovarium dengan ablasi tangkai mata pada bobot tubuh <150 g kemungkinan disebabkan oleh tidak berkembangnya ovarium akibat ablasi tangkai mata. Akan tetapi, ovarium yang rusak tersebut akan digantikan dengan ovarium lain yang tumbuh kembali seperti kulit pada saat lobster pasir masih muda sebagai bagian dari pertumbuhan (Fernandez dan Radhakhrisnan 2016). Fakta lain juga ditunjukkan bahwa tumbuhnya antena pada lokasi tangkai mata yang dipotong yang kemungkinan berfungsi sama sebagai indera penciuman untuk menggantikan indera penglihatan.

Nilai HSI dan GSI pada ketiga percobaan menunjukkan perbedaan percepatan maturasi ovarium karena ablasi tangkai mata. Kedua indeks ini dapat digunakan untuk menunjukkan pola reproduksi yang berkelanjutan (Pérez-González *et al.* 2009). Selain pola reproduksi, distribusi nutrisi yang dibutuhkan pada proses maturasi juga menjadi tugas kedua organ tersebut, sehingga bobot gonad dan hepatopankreas yang meningkat sepanjang proses maturasi terjadi, akan tetapi dari hasil pengamatan terjadinya perubahan ukuran hepatopankreas yang semakin kecil pada saat ovarium sudah pada tahap maturasi, tidak pada tahap vitelogenesis primer dan vitelogenesis sekunder. Ovarium pada tahap maturasi tersebut dapat menutup sebagian rongga

cephalothoraks yang dapat teramati pada ovarium dengan ablasi dua tangkai mata. Pada keadaan maturasi inilah ovarium mengalami puncak kematangan sehingga ukuran hepatopankreas menjadi mengecil.

Fenomena yang sama ditunjukkan antara HSI dan GSI dengan rasio RNA/DNA yang menunjukkan perbedaan konsentrasi pada hepatopankreas dan ovarium pada ketiga percobaan yang disebabkan oleh ablasi tangkai mata. Perkembangan proses maturasi ovarium karena ablasi tangkai mata terdeteksi oleh perubahan rasio RNA/DNA selama enam minggu pemeliharaan yang menunjukkan adanya sintesis protein yang semakin besar akibat ablasi tangkai mata dibandingkan tanpa ablasi tangkai mata. Sintesis protein tersebut semakin besar karena berasal dari distribusi nutrisi yang meningkat yang di dalamnya juga terdapat hormon-hormon maturasi gonad yang semakin besar untuk mendukung maturasi ovarium. Rasio RNA/DNA merupakan indikator yang akurat untuk mengukur status nutrisi dibandingkan mengukur pertumbuhan sebagai efek dari pemberian bahan pakan pada krustasea (Grimm *et al.* 2015). Rasio RNA/DNA selanjutnya dapat dijadikan indikator yang efektif dan akurat untuk mendeteksi proses maturasi ovarium pada lobster dibandingkan perubahan HSI dan GSI dengan penggunaan sampel lobster hidup tanpa mematikan lebih dahulu.

Hormon tiroksin terdeteksi pada organ hepatopankreas dan ovarium pada tiga tahap maturasi ovarium dengan perlakuan berbeda. Hasil ini merupakan studi pertama yang mendeteksi hormon tiroksin pada lobster pasir. Fenomena turunnya konsentrasi hormon tiroksin pada hepatopankreas dan ovarium jika dibandingkan antara tanpa perlakuan ablasi tangkai mata, ablasi satu tangkai mata, dan ablasi dua tangkai mata menunjukkan bahwa hormon tiroksin tertekan oleh peningkatan konsentrasi hormon - hormon lain yang menstimulasi maturasi ovarium. Hasil ini berbeda dari peran hormon tiroksin pada pertumbuhan dan perkembangan telur selama maturasi ovarium kepiting bakau (*Scylla serrata*) (Iromo *et al.* 2014b) dengan peningkatan konsentrasi yang terjadi pada setiap tahap vitelogenesis.

Hormon estradiol terdeteksi pada hepatopankreas dan ovarium lobster pasir pada tiga percobaan. Akan tetapi, konsentrasi hormon estradiol pada hepatopankreas dan ovarium saling bertolak belakang. Konsentrasi hormon estradiol naik pada hepatopankreas mengikuti maturasi ovarium tanpa dipengaruhi oleh bobot tubuh induk. Akan tetapi, setelah induk dipelihara dalam jangka waktu sebulan, konsentrasi estradiol stabil dalam hepatopankreas mengikuti tahap maturasi ovarium yang kemungkinan merupakan tahap penghentian distribusi estradiol dari hepatopankreas menuju ovarium karena tingginya ekspresi hormon steroid lain pada ovarium selama maturasi. Hal

ini juga ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi hormon estradiol pada tahap vitelogenesis primer kemudian menurun setelah memasuki tahap vitelogenesis sekunder dan maturasi yang disebabkan oleh adanya jenis hormon steroid lain yang lebih berperan pada proses maturasi ovarium pada lobster pasir.

Peran hormon estradiol pada awal proses maturasi ovarium lobster pasir yang sesuai dengan temuan sebelumnya bahwa hormon estradiol sangat berpengaruh pada tahap reproduksi awal krustasea (Swetha *et al.* 2011). Stowasser (2008) mengungkapkan bahwa peran hormon-hormon steroid pada reproduksi krustasea bergantung khusus pada organ, spesies, dan hormon steroidnya. Tidak semua hormon steroid berperan pada reproduksi sejak awal sampai akhir, tetapi juga dapat berperan pada perkembangan awal atau perannya diketahui setelah diinjeksi secara khusus sehingga dapat meningkat kadarnya dari keadaan normal.

Secara khusus, tidak berperan optimalnya hormon tiroksin dan hormon estradiol pada maturasi ovarium lobster pasir kemungkinan besar juga dapat disebabkan oleh tidak adanya enzim khusus yang bekerja sebagai prekursor untuk sintesis dan katabolisme kedua hormon tersebut dalam ovarium. Enzim yang berperan sebagai prekursor hormon tiroksin dikenal sebagai *thyroid hormone receptor* (TR) yang banyak jenisnya menurut jenis ikan (Swapna dan Senthilkumaran 2007; Brown *et al.* 2014). Enzim yang berperan pada hormon-hormon steroid sebagai prekursor pada maturasi yang telah dikenal adalah *hydroxysteroid hydrogenase* (HSD) (Fairs *et al.* 1990; Swevers *et al.* 1991).

Konsentrasi nutrisi selama maturasi ovarium berfluktuasi menyesuaikan dengan distribusi dan penggunaannya dalam organ. Konsentrasi lemak dan fosfolipid naik mengikuti tahap maturasi ovarium karena diperlukan untuk proses pembentukan membran sel dalam telur (Harrison 1990). Sebaliknya, konsentrasi kolesterol dan lipid netral turun dalam mengikuti tingkat kematangan ovarium karena digunakan sebagai pembentukan hormon-hormon steroid dan energi yang diperlukan proses maturasi. Konsentrasi nutrisi yang berfluktuasi tersebut juga ditemui pada kepiting bakau pada tingkat maturasi ovarium yang berbeda (Iromo *et al.* 2014b), yang menunjukkan dinamisnya proses pengambilan, penyerapan, penyimpanan, sintesis, dan mobilisasi nutrisi dalam proses matangnya ovarium pada lobster pasir.

Variasi konsentrasi asam-asam lemak pada tahapan maturasi ovarium pada lobster pasir menunjukkan mobilisasinya dari hepatopankreas menuju ovarium dengan bantuan hemolimf. Asam-asam lemak jenuh, tak jenuh tunggal, tak jenuh ganda, dan tak jenuh tinggi lebih tinggi konsentrasinya pada kondisi matang alami dibandingkan dengan perlakuan ablasi tangkai mata

yang menunjukkan perubahan metabolisme yang signifikan yang nantinya mempengaruhi pembentukan gonad pada tahap vitelogenesis. Santos *et al.* (1997) menyebutkan bahwa ablasi tangkai mata menurunkan lemak total pada hepatopankreas *Chasmagnathus granulata* dan asam lemak bebas pada *Carcinus maenas* (Portunidae). Tidak hanya pada level asam lemak, ablasi tangkai mata menurut Sun *et al.* (2014) mempengaruhi gen-gen terekspresi pada proses metabolisme hepatopankreas *Eriocheir sinensis* (Portunidae).

Asam-asam lemak seperti ARA, EPA, dan DHA telah banyak dikaji dan diketahui sangat penting pada krustasea (Copeman *et al.* 2012). Harrison *et al.* (1987) dan Suprayudi *et al.* (2004) menyatakan bahwa asam-asam lemak HUFA (ARA, EPA dan DHA) penting pada perkembangan membran sel telur dan pertumbuhan embrio krustasea. Kanazawa dan Koshio (1994) menyebutkan *Panulirus japonicus* memiliki ketidakmampuan biokonversi EPA dan DHA seperti pada krustasea lainnya sehingga harus disediakan lewat pakan jika dibudidayakan. Smith *et al.* (2004) menegaskan pentingnya asam-asam lemak ARA, EPA, dan DHA dalam pakan induk untuk meningkatkan kompetensi larva *Jasus edwardsii*. Asam-asam lemak tersebut juga kemungkinan berkaitan dengan pembentukan hormon steroid yang indikasinya dapat diketahui dengan peningkatan kematangan ovari.

BAB 6. SIMPULAN

1. Ablasi tangkai mata pada induk betina >150 g dapat mempercepat proses maturasi dan rematurasi ovarium;
2. Ablasi tangkai mata meningkatkan GSI, HSI, rasio RNA/DNA, konsentrasi hormon tiroksin dan hormon estradiol;
3. Ablasi tangkai mata menurunkan konsentrasi nutrisi selama proses maturasi ovarium.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra YT, Hudaidah S, Brite M, Saputra AB, Halim DNA, Firmansyah. 2018. Pengembangan perikanan lobster di Provinsi Lampung. *Jurnal Inovasi Pembangunan* 6: 49-59.
- Adiputra YT, Zairin Jr. M, Suprayudi, MA, Manalu W, Widanarni. 2018b. Pemijahan Induk, Profil Kolesterol dan Asam Lemak Telur Lobster Pasir (*Panulirus homarus*) Hasil Budidaya. *Jurnal Riset Akuakultur* 13 (3): 219-227.
- Adiputra YT, Zairin Jr. M, Suprayudi, MA, Manalu W, Widanarni. *In Press*. Identification of Steroid Hormones and Fatty Acids during Gonadal Maturation of Spiny Lobster *Panulirus homarus*. *Invertebrate Reproduction and Development-early view*.
- Ayson FG, Lam TJ. 1993. Thyroxine injection of female rabbitfish (*Siganus guttatus*) broodstock: changes in thyroid hormone levels in plasma, eggs, and yolk-sac larvae, and its effect on larval growth and survival. *Aquaculture* 109:83-93.
- Barki A. 2008. Mating behaviour. Di dalam: Mente E, editor. *Reproductive Biology of Crustaceans*. Amerika Serikat [US]: Science Publishers. hlm.223-265.
- Brey WA, Lawrence AL. 1992. Reproduction of *Penaeus* species in captivity. Di dalam: Fast AW, Lester LJ, editor. *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Amsterdam [NL]: Elsevier Science. hlm 93-153.
- Brown CL, Uribinatti E., Zhang W, Brown SB, McComb-Kobza M. 2014. Maternal thyroid and glucocorticoid hormone interactions in larval fish development, and their application in aquaculture. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture* 22:207-220.
- Burns BG, Sangalang GB, Freeman HC, McMenemy M. 1984. Bioconversion of steroids by the testes of the American lobster, *Homarus americanus*, *in vitro*. *General and Comparative Endocrinology* 54: 422-428.
- Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perikanan (DJPPHP). 2013. Statistik Ekspor Hasil Perikanan Menurut Komoditi, Provinsi dan Pelabuhan Asal Ekspor. Pusat Data, Statistik dan Informasi Sekretariat Jenderal, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Indonesia. Jakarta. hlm 1-1349
- Ebberson LOE, Björnsson BT, Stefansson SO, Ekström P. 2000. Free plasma thyroxine levels in coho salmon, *Onchorhynchus kisutch*, during parr-smolt transformation: comparison with total thyroxine, total triiodothyroxine, and growth hormone levels. *Fish Physiology and Biochemistry*. 22: 45-50.
- Einarsdóttir IE, Silva N, Power DM, Smáradóttir H, Björnsson. 2006. Thyroid and pituitary gland development from hatching through metamorphosis of a teleost flatfish, the *Atlantic halibut*. *Anatomy and Embryology* 211:47-60.
- Evans LH. 2003. *Rock Lobster Autopsy Manual*. Australia [AU]: Muresk Institute & Curtin University of Technology. hlm 1-93.

- Fairs NJ, Evershed RP, Quilan PT, Goad LJ. 1989. Detection of unconjugated and conjugated steroids in the ovary, eggs, and haemolymph of the decapod crustacean *Nephrops norvegicus*. *General and Comparative Endocrinology* 4:199-208.
- Fairs NJ, Quinlan PT, Goad LJ. 1990. Changes in ovarian unconjugated and conjugated steroid titers during vitellogenesis in *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 89:83-99.
- Fernandez F, Radhakhrisnan EV. 2016. Effect of bilateral eyestalk ablation on ovarian development and moulting in early and late intermoult stages of female spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758). *Invertebrate Reproduction and Development* 60: 238-242.
- Foster SA. 1987. Diel and lunar patterns of reproduction in the Caribbean and Pacific sergeant major damselfishes *Abudefduf saxatilis* and *A. troschelli*. *Marine Biology* 95:333-343.
- Garg SK. 2007. Effect of oral administration of L-thyroxine (T4) on growth performance, digestibility, and nutrient retention in *Channa punctatus* (Bloch) and *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Fish Physiology and Biochemistry* 33: 347-358.
- Garofalaki TF, Miniadis-Meimaroglou S, Sinanoglou VJ. 2006. Main phospholipids and their fatty acid composition in muscle and cephalothorax of the edible Mediterranean crustacean *Panulirus vulgaris* (spiny lobster). *Chemistry and Physics of Lipids* 140: 55-65.
- Grimm C, Lehmann K, Clemmesen C, Brendelberger H. 2015. RNA/DNA ratio is an early responding, accurate performance parameter in growth experiments of noble crayfish *Astacus astacus* (L.). *Aquaculture Research* 46:1937-1945.
- Hall MR, Kenway M, Salmon M, Francis D, Goulden EF, Høj L. 2013. Palinurid lobster larval rearing for closed-cycle hatchery production. Di dalam: Allan G, Burnell G, editor. *Advances in Aquaculture Hatchery Technology*. Inggris. Woodhead Publishing.hlm 1-645.
- Harlioğlu MM, Farhadi A. 2017. Factors affecting the reproductive efficiency in crayfish: implications for aquaculture. *Aquaculture Research* 48:1983-1997.
- Harrison KE. 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. *Journal of Shellfish Research* 9: 1-28.
- Holthuis LB. 1991. Marine Lobsters of the World. FAO Species Catalogue Volume 13. FAO, Rome. [IT].hlm 1-292.
- Iromo H, Zairin Jr M, Agus MS, Manalu W. 2015. Supplementation doses thyroxine hormone of broodstock mud crab (*Scylla seratta*) during ovarian maturation. *Journal Aquaculture Research and Development* 6: 379. 4 pp.
- Iromo H, Zairin Jr M, Suprayudi MA, Manalu W. 2014a. Effectivity of thyroxine hormone supplementation in the ovarian maturation of female mud crab (*Scylla serrata*). *Pakistan Journal of Biotechnology* 11:79-86.

- Iromo H, Zairin Jr M, Suprayudi MA, Manalu W. 2014b. Thyroxine distribution in the hemolymph, hepatopancreas, ovary, sponge, and larvae of female mud crabs (*Scylla serrata*) during ovarian maturation. *Journal of Crustacean Biology* 34:760-763.
- Jeffs A. 2010. Status and challenges for advancing lobster aquaculture. *Journal Marine Biology Association of India* 52:320-326.
- Jones CM, Long NV, Hoc DT, Priyambodo B. 2010. Exploitation of puerulus settlement for the development of tropical spiny lobster aquaculture in the Indo-West Pacific. *Journal Marine Biology Association of India* 52:292-303.
- Jones CM. 2009. Advances in the culture of lobsters. Di dalam: Burnell G, Allan G, editor. *New Technologies in Aquaculture*. Woodhead Publishing Limited and CTC Press LLC. hlm 1-1191.
- Jones CM. 2010. Tropical spiny lobster aquaculture development in Vietnam, Indonesia and Australia. *Journal Marine Biology Association of India* 52: 304-315.
- Jong, K-J. 1993. Growth of the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758), depending on sex and influenced by reproduction (Decapoda, Palinuridae). *Crustaceana* 64: 18-23.
- Juinio-Meñez MA, Ruinata J. 1996. Survival, growth and food conversion efficiency of *Panulirus ornatus* following eyestalk ablation. *Aquaculture* 146: 225-235.
- Kanazawa A, Koshio S. 1994. Lipid nutrition of the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda, Palinuridae): A review. *Crustaceana* 67: 226-232.
- Kanazawa A, Teshima S. 1971. *In vivo* conversion of cholesterol to steroid hormones in the spiny lobster, *Panulirus japonica*. *Bulletin Japan Society Science of Fisheries* 37: 891-898.
- Kang DY, Chang YJ. 2005. Development of thyroid follicles and changes in thyroid hormones during the early development of Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Journal World Aquaculture Society* 36:157-164.
- Kelautan dan Perikanan dalam Angka (KPDA). 2014. Pusat Data, Statistik dan Informasi. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta. hlm 1-301.
- Kelautan dan Perikanan dalam Angka. 2014. Pusat Data, Statistik dan Informasi. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta. hlm 1-301.
- Kirubakaran R, Peter DM, Dharani G, Vinithkumar NV, Sreeraj G, Ravindran M. 2005. Changes in vertebrate-type steroid and 5-hydroxytryptamine during ovarian recrudescence in the Indian spiny lobster, *Panulirus homarus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39: 527-537.
- Kizhakudan JK. 2013. Effect of eyestalk ablation on moulting and growth in the mudspiny lobster *Panulirus polyphagus* (Herbst, 1793) held in captivity. *Indian Journal of Fisheries* 60:77-81.
- Kumar V, Sinha AK, Romano N, Allen KM, Bowman BA, Thompson KR, Tidwell JH. 2018. Metabolism and nutritive role of cholesterol in the growth, gonadal development, and reproduction of crustaceans. *Reviews in Fisheries and Aquaculture* 26: 254-273.

- Lipcius RN, Herrnkind WF. 1987. Control and coordination of reproduction and molting in the spiny lobster *Panulirus argus*. *Marine Biology* 96: 207-214.
- Martinez-Balmori D, Olivares FL, Spaccini R, Aguiar KP, Araújo MF, Aguiar NO, Guridi F, Canellas LP. 2013. Molecular characteristics of vermicompost and their relation to preservation of inoculated nitrogen-fixing bacteria. *Journal Analytical and Applied of Pyrolysis* 104: 540-550.
- Matsuda H, Takenouchi T, Yamakawa T. 2002. Effects of photoperiod and temperature on ovarian development and spawning of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*. *Aquaculture* 205:385-398.
- Matsuda H, Takenouchi T, Yamakawa T. 2002. Effects of photoperiod and temperature on ovarian development and spawning of the Japanese spiny lobster *Panulirus japonicus*. *Aquaculture* 205:385-398.
- McCoy JL. 1979. Mating behavior and egg laying in captive rock lobster, *Jasus edwardsii* (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research* 13:407-413.
- Meade JW. 2001. Management considerations and economics. Di dalam: Wedemeyer GA, editor. *Fish Hatchery Management Second Edition*. Amerika Serikat [US]: American Fisheries Society. hlm. 687-705.
- Mendoza R, Revol A. 1997. Influence of squid extracts on triggering of secondary vitellogenesis in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 3:55-63.
- Minagawa M, Higuchi S. 1997. Analysis of size, gonadal maturation, and functional maturity in the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda, Palinuridae). *Journal of Crustacean Biology* 17: 70-80.
- Minagawa M. 1999. Quantitative analysis of the seasonality of male reproduction in the spiny lobster *Panulirus japonicus* (Decapoda: Palinuridae). *Journal of Crustacean Biology* 19: 276-282.
- Murugan TS, Remany MC, Leema TM, Kumar JHAD, Santhanakumar J, Vijayakumaran M, Venkatesan R, Ravindran M. 2005. Growth, repetitive breeding, and aquaculture potential of the spiny lobster, *Panulirus ornatus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39:311-315.
- Nakamura K. 1990. Maturation of the spiny lobster *Panulirus japonicus*. *Memoirs Faculty of Fisheries Kagoshima University* 39: 129-135.
- Nan FH, Wu YS, Chang NC. 2015. The effect of steroid hormone feeds on the reproductive biology of the spiny lobster, *Panulirus interruptus* (J.W. Randall, 1840) (Decapoda, Palinura). *Crustaceana* 88: 1367-1386.
- Nandi J. 1967. Comparative endocrinology of steroid hormones in vertebrates. *American Zoologist* 7: 115-133.
- Nelson ER, Habibi HR. 2009. Thyroid receptor subtypes: structure and function in fish. *General and Comparative Endocrinology* 161, 90-96.

- Palacios E, Racotta IS, Villalejo M. 2003. Assessment of ovarian development and its relation to mating in wild and pond-reared *Litopenaeus vannamei* shrimp in commercial hatchery. *Journal of World Aquaculture Society* 34:446-477.
- Pereira G, Josupeit H. 2017. The World Lobster Market. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome. hlm 1-41.
- Pereira G, Josupeit H. 2017. The World Lobster Market. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome. [IT]. hlm 1-41.
- Pérez-González R, Puga-López D, Castro-Longoria R. 2009. Ovarian development and size at sexual maturity of the Mexican spiny lobster *Panulirus inflatus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 43:163-172.
- Phillips B, Matsuda H. 2011. A global review of spiny lobster aquaculture. Di dalam: Fotedar RK, Phillips BF, editor. *Recent Advances and New Species in Aquaculture*. Inggris. Blackwell Publishing. hlm 1-397.
- Phillips B, Matsuda H. 2011. A global review of spiny lobster aquaculture. Di dalam: Fotedar RK, Phillips BF, editor. *Recent Advances and New Species in Aquaculture*. Inggris [GB]: Blackwell Publishing. hlm 1-397.
- Pillai SM, Verghese PU, Ravichandran P, Roy AK. 1987. Effect of thyroxine on growth and moulting in *Penaeus monodon* Fabricius. *Indian Journal of Animal Science* 57:241-245.
- Pratiwi R, Supriyono E, Widanarni. 2016. Total hemosit, glukosa hemolim, dan kinerja produksi lobster pasir *Panulirus homarus* yang dibudidayakan menggunakan sistem kompartemen individu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 8:321-333.
- Primavera JH. 1988. Maturation, reproduction, and broodstock technology. Di dalam: Biology and culture of *Penaeus monodon*. Filipina. SEAFDEC. hlm. 37-57.
- Priyambodo B, Jones C, Sammut J. 2015. The effect of trap type and water depth on puerulus settlement in the spiny lobster aquaculture industry in Indonesia. *Aquaculture* 442:132-137.
- Priyambodo B, Jones CM, Sammut J. 2017. Improved collector design for the capture of tropical spiny lobsters, *Panulirus homarus* and *P. ornatus* (Decapoda: Palinuridae), pueruli in Lombok, Indonesia. *Aquaculture* 479: 321-332.
- Quackenbush LS. 1994. Lobster reproduction: a review. *Crustaceana* 67: 82-94.
- Radha T, Subramoniam T. 1985. Origin and nature of spermatophoric mass of the spiny lobster *Panulirus homarus*. *Marine Biology* 86: 13-19.
- Radhakrishnan EV, Vijayakumaran M. 1984a. Effect of eyestalk ablation in the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus) on moulting and growth. *Indian Journal of Fisheries* 31:129-147.
- Radhakrishnan EV, Vijayakumaran M. 1984b. Effect of eyestalk ablation in the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus) on gonadal maturity. *Indian Journal of Fisheries* 31:209-216.

- Radhakrishnan EV.2015. Review of prospects for lobster farming. Di dalam: Perumal S, Thirunavukkarasu AR, Pachiappan P, editor. *Advances in Marine and Brackishwater Aquaculture*.New Delhi.Springer. hlm 173-185.
- Rathinam MM, Kizhakudan JK, Vijayagopal P, Jayasankar V, Leslie VA, Sundar R. 2014. Effect of dietary protein levels in the formulated diets on growth and survival of juvenile spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus). *Indian Journal of Fisheries* 61: 67-72.
- Rathinam MM, Kandasami D, Kizhakudan JK, Leslie VA, Gandhi AD. 2009. Effect of dietary protein on the growth of spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus). *Journal of Marine Biology Association of India* 51: 114-117.
- Rogers PP, Barnard R, Johnston M. 2010.Lobster aquaculture a commercial reality: A review. *Journal of Marine Biology Association of India* 52:327-335.
- Rosa R, Morais S, Calado R, Narciso L, Nunes ML.2003. Biochemical changes during the embryonic development of Norway lobster, *Nephrops norvegicus*. *Aquaculture* 221:507-522.
- Roustaian P, Gaik LA.2006. Effect of thyroxine immersion on larval survival, growth and postlarvae production of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture Research* 37:1378-1380.
- Sachlikidis NG, Jones CM, Seymour JE.2005. Reproductive cues in *Panulirus ornatus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39:305-310.
- Santos EA, Eduardo L, Nery M, Goncalves, Keller R. 1997. Evidence for the involvement of the crustacean hyperglycemic hormone in the regulation of lipid metabolism. *Physiological Zoology* 70:415-420.
- Shields JD, Boyd R. 2014. Atlas of Lobster Anatomy and Histology. United States of America. hlm 1-108.
- Skov MW, Hartnoll RG, Ruwa RK, Shunula JP, Vannini M, Cannicci S.2005. Marching to a different drummer: crabs synchronize reproduction to a 14-month lunar-tidal cycle. *Ecology* 86:1164-1171.
- Smith GG, Ritar AJ, Johnston D, Dunstan GA.2004. Influence of diet on broodstock lipid and fatty acid composition and larval competency in the spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *Aquaculture* 233:451-475.
- Smith GG, Ritar AJ.2005. Effect of physical disturbance on reproductive performance in the spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39:317-324.
- Smith GG, Ritar AJ.2007. Sexual maturation in captive spiny lobster, *Jasus edwardsii*, and the relationship of fecundity and larval quality with maternal size. *Invertebrate Reproduction and Development* 50:47-55.
- Stowasser G.2008. Endocrine control of female reproduction. Di dalam: Mente E, editor. *Reproductive Biology of Crustaceans*. Amerika Serikat. Science Publishers. hlm.267-298.

- Subramoniam T, Kirubakaran R. 2010. Endocrine regulation of vitellogenesis in lobsters. *Journal of Marine Biology Association of India* 52: 229-236.
- Subramoniam T. 2011. Mechanism and control of vitellogenesis in crustaceans. *Fisheries Science* 77: 1-21.
- Subramoniam T. 2017a. Sexual biology and reproduction in crustaceans. Inggris. hlm 1-508.
- Subramoniam T. 2017b. Steroidal control of vitellogenesis in crustacean: a new understanding for improving shrimp hatchery production. *Proceeding Indian Natural Science Academy* 83: 595-610.
- Vijayakumaran M, Anabarasu M, Kumar TS. 2010. Moulting and growth in communal and individual rearing of the spiny lobster, *Panulirus homarus*. *Journal of Marine Biology Association of India* 52: 274-281.
- Vijayakumaran M, Murugan TS, Remany MC, Leema TM, Kumar JD, Santhanakumar J, Venkatesan R, Ravindran M. 2005. Captive breeding of the spiny lobster *Panulirus homarus*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39:325-334.
- Vijayakumaran M, Radhakrishnan EV. 1984. Effect of eyestalk ablation in the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus) on food intake and conversion. *Indian Journal of Fisheries* 31:148-155.
- Waddington K, Melville-Smith R, Walker D, Knott B. 2005. Effect of reproductive state and sex on movement and food consumption of western rock lobster (*Panulirus cygnus*) in a tank environment. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 39:365-372.
- Wickins JF, Lee DOC. 2002. *Crustacean Farming Ranching and Culture*. Oxford. Blackwell Science.
- Wilder MN, Okumura T, Tsutsui N. 2010. Reproductive mechanism in crustacea focusing on selected prawn species: vitellogenin structure, processing and synthetic control. *Aqua-Bioscience Monographs* 3: 73-110.
- Williams AB. 1986. Lobsters-identification, world distribution, and U.S. trade. *Marine Fisheries Review* 48: 1-32.
- Williams AB. 1986. Lobsters-identification, world distribution, and U.S. trade. *Marine*