

Pengaruh Suhu dan Salinitas Terhadap Respon Fisiologi Larva Tiram Mutiara *Pinctada maxima* (Jameson)

Tjahjo Winanto^{1*}, Dedi Soedharma², Ridwan Affandi³, & Harpasis S. Sanusi²

¹ Jur. Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fak. Sain dan Teknik UNSOED, ² Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. E-mail: tjwinanto@yahoo.com

ABSTRACT

The Effect of Temperature and Salinity to The Physiological Respon on The Larvae of *Pinctada maxima* (Jameson). Energy budget is one of the most sensitive tools available for individual assessing environmental changes like temperature and salinity, and also prerequisite for individual growth and survival. The aim of this study is to obtained information on energy budget on routine metabolism, in different levels of temperature and salinity, and to know the levels of optimum temperature and salinity. The research was used randomized block design, with three replications. The result showed that optimal temperature and salinity on *P. maxima* larvae was 28 °C and 32 – 34 ‰ (BE and BF). Energy budget to routine metabolism increased was attributed to increased temperature and salinity due to the optimal, than would be decreased when temperature and salinity increased. The highest of energy budgeted for routine metabolism at treatment BF. Stage I: energy budgeted between 6.73 – 7.35 C g wet weight⁻¹ hour⁻¹ (28.18 – 30.74 J g wet weight⁻¹ hour⁻¹); Stages II: 5.85 – 5.95 C g wet weight⁻¹ hour⁻¹ (24.48 – 24.90 J g wet weight⁻¹ hour⁻¹); Stages III: 4.73 – 4.80 C g wet weight⁻¹ hour⁻¹ (15.07– 19.58 J g wet weight⁻¹ hour⁻¹). The highest survival rate of larvae was by treatment BF, but has not higher significant ($P < 0.05$) with BE, stage I: survival rate between 87.75 – 87.92 %; Stage II: 81.91 – 82.39 % and stage III: 76.72 – 77.26 %. The best of relative growth length of larvae by treatment BF and not significant ($P < 0.05$) with BE, at stage I: 29.78 x 17.93 μm – 30.57 x 18.43 μm (AP x DV); stage II: 57.62 x 46.73 μm – 58.13 x 47.33 μm and stage III: 80.32 x 69.29 μm – 80.88 x 69.62 μm. The quickest time of plantigrade stages have found by treatment BF (day 19.50) and hasn't significant ($P \geq 0.05$) with BE (day 20.85).

Keywords: *Pinctada maxima*, larvae, response; physiology, metabolism.

Kata kunci: *Pinctada maxima*, larvae, respon, fisiology, metabolisme.

PENDAHULUAN

Pinctada maxima adalah spesies akuakultur yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Taylor *et al.* 1997). Di pasaran internasional, mutiara yang diproduksi sering kali disebut dengan nama “*South Sea Pearl*”. Indonesia termasuk salah satu negara penghasil

mutiara (*South Sea Pearl*) yang cukup dikenal di pasaran dunia, sebagian besar produksi *South Sea Pearl* yang dipasarkan berasal dari hasil budidaya (Anna 2006). Produksi mutiara berbasis budidaya merupakan aktivitas usaha yang menguntungkan. Perkembangan usaha budidaya mutiara saat ini sudah mengarah pada kegiatan industri yang terintegrasi (Fassler 1995).

Saat ini, produksi kerang jenis ini dari tahun ke tahun terus mengalami penurunan. Salah satu faktor penyebab turunnya produksi mutiara karena semakin sulitnya mendapatkan tiram ukuran implantasi dan ketersediaan spat yang dipengaruhi musim. Ketersediaan spat merupakan kendala utama dalam pengembangan budidaya tiram mutiara. Suplai spat merupakan bagian yang krusial dari industri ini, jika semata-mata hanya menggantungkan pengumpulan spat dari alam.

Peluang usaha penjualan spat (benih) sangat menjanjikan karena setiap tahunnya diperkirakan ada permintaan spat ukuran 5 – 7 cm sebesar 4.143.000 ekor, dengan harga sekitar Rp 2.000 per cm. Di Australia, harga spat dari *hatchery* kira-kira \$US 0,1 – 0,14 per mm panjang engsel (R.A. Rose data tidak dipublikasikan, dalam Taylor *et al.* 1997). Syarat utama untuk kelangsungan hidup berbagai organisme adalah berdasarkan pada pengelolaan keseimbangan energi yang positif, yang mana berkaitan langsung dengan kualitas lingkungan (Smaal & Widdows 1994). Keseimbangan energi dapat diestimasi oleh perbedaan antara energi yang diperoleh dari makanan yang sesuai, dan konsumsi energi oleh metabolisme internal (Crisp 1984; Dame 1996). Jika hasilnya positif, keseimbangan energi ini dapat didefinisikan sebagai skope untuk pertumbuhan, representasi energi yang digunakan untuk tumbuh (jaringan somatik) dan atau untuk reproduksi (Resgalla *et al.*, 2007).

Selama pemeliharaan larva di dalam lab, diperlukan kondisi lingkungan yang optimum dan terkendali, karena pada

stadia tersebut kondisinya masih sangat rentan dan peka. Oleh sebab itu jika terjadi perubahan lingkungan pemeliharaan dapat mengakibatkan mortalitas, sehingga berbagai kajian yang berkaitan dengan pemeliharaan larva di laboratorium sangat diperlukan. Menurut Gricourth *et al.* (2006) untuk memproduksi larva dan spat baik secara kualitas maupun kuantitas diperlukan kondisi lingkungan pemeliharaan yang optimal, seperti untuk pertumbuhan, perkembangan dan proses-proses fisiologis yang mengatur organisme tetap dalam kondisi seimbang dan terkontrol. Selama proses produksi spat skala besar di *hatchery*, sangat diperlukan informasi tentang pengaruh suhu, salinitas, konsumsi oksigen dan pakan terhadap pertumbuhan dan sintasan (Alfaro 2005; Asha & Muthiah 2005; Martinez-Fernandez *et al.* 2004).

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang pembelanjaan energi untuk metabolisme rutin pada tingkat suhu dan salinitas berbeda, serta dapat diketahui tingkat suhu dan salinitas optimum, sehingga dapat diperoleh sintasan dan pertumbuhan yang tinggi.

BAHAN DAN CARA KERJA

Kultur Pakan Hidup

Pakan hidup dipersiapkan satu bulan sebelum percobaan dimulai. Jenis pakan hidup yang digunakan adalah fitoplankton *Isochrysis galbana* dan *Pavlova lutheri*. Inokulum yang digunakan berasal dari biakan murni skala lab, kemudian diperbanyak hingga mencapai kepadatan

sekitar 8 – 10 juta sel/ml. Media pupuk untuk kultur pakan hidup adalah formula Walne dan Hirata (Balai Budidaya Laut 2001; 2002).

Percobaan ini menggunakan disain Rancangan acak kelompok faktorial (RAK-FAKTORIAL 3x3). Pengelompokan dilakukan berdasarkan pada tahap perkembangan stadia larva. Perlakuan yang digunakan terdiri dari 2 faktor, yaitu (I) suhu, (II) salinitas. Faktor I terdiri dari tiga taraf faktor yaitu suhu (A) 26 °C; (B) 28 °C; dan (C) 30 °C. Faktor II terdiri dari tiga taraf faktor yaitu salinitas (D) 30 ‰; (E) 32 ‰; (F) 34 ‰.

Hewan uji berupa larva *P. maxima* stadia bentuk-D (D1), dipelihara di dalam wadah percobaan ember plastik volume 20 liter. Larva diperoleh dari hasil pemijahan Induk *P. maxima* dengan menggunakan kombinasi metode kejut suhu dan fluktuasi suhu (Winanto *et al.* 2001; Winanto 2004). Larva diberi pakan *I. galbana* dan *P. lutheri* dengan jumlah dan waktu pemberian mengacu pada Balai Budidaya Laut (2001). Media air laut yang digunakan untuk memelihara larva telah melalui beberapa tahapan proses penyaringan seperti *sand filter*, *catrage* (15, 10 dan 5 mikron), kapas sintetik dan ultra violet.

Berdasarkan pada stadia perkembangan larva, maka percobaan dikelompokkan menjadi tiga, yaitu Stadia I (D1 – D6) dengan kepadatan larva 5 ekor/ml; Stadia II (D7 – D14) dengan kepadatan larva 3 ekor/ml dan Stadia III (D15 – D20) dengan kepadatan larva 2 ekor/ml (Winanto *et al.* 2001; Winanto 2004).

Percobaan dilakukan di dalam ruangan dengan alat pendingin (AC), untuk meningkatkan suhu air digunakan alat pemanas. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer Hg, sedangkan salinitas diukur dengan refraktometer (Atago, Jepang).

Untuk mendapatkan salinitas (S) yang sesuai dengan perlakuan (30 dan 32 ‰) ditambahkan air tawar, karena salinitas air di lokasi penelitian e” 34 ‰. Metode pengenceran air laut merupakan hasil kali dari volume air laut (liter) yang diencerkan (a) dengan tingkat salinitas (‰) yang akan diencerkan (St), dibandingkan dengan hasil kali volume air tawar yang ditambahkan (n) dan volume (liter) air laut yang diencerkan (a).

Pengukuran laju konsumsi oksigen dilakukan dengan menempatkan hewan uji di dalam botol plastik gelap dengan volume 200 ml. Disain percobaan untuk mengetahui laju konsumsi oksigen, yaitu berupa satu unit peralatan yang terdiri dari empat botol. Botol A untuk stok air yang dijenuhkan; botol B sebagai wadah hewan uji; botol C untuk mengukur laju konsumsi oksigen; dan botol D sebagai tempat menampung sisa air buangan (Gambar 1). Oksigen terlarut diukur dengan alat DO meter (YSI 550A, tipe 03J0820 AJ). Untuk mengetahui berat larva, sampel disaring dan ditampung menggunakan planktonet, kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik *Dever Instrumen* (d = 0,0001 gr).

Metabolisme rutine diukur pada kondisi larva tetap diberi pakan dua kali sehari selama percobaan. Untuk mengetahui laju metabolisme rutine larva

dilakukan dengan mengkonversi jumlah O_2 yang dikonsumsi ke dalam satuan energi sebagai berikut; $1 \text{ mg}O_2 = 0,7 \text{ ml}O_2$ (Jeong & Cho 2007); $1 \text{ ml}O_2 = 19,9 \text{ Joule}$ (Elliot & Davison 1975) dan $1 \text{ kalori} = 4,184 \text{ Joule}$

Untuk mengetahui sintasan dilakukan pengambilan sampel sebanyak 10 ml, selanjutnya dilakukan pengamatan di bawah mikroskop dengan perbesaran 40–60 kali. Jumlah larva dihitung dengan menggunakan *sedgwick rafter* sel.

Sintasan dihitung berdasarkan pada persentase jumlah spat pada akhir pengamatan dibandingkan dengan jumlah spat pada awal pengamatan.

Pengukuran panjang antero-posterior (AP) dan tinggi dorso-ventral (DV) (Taylor *et al.* 1997) dilakukan dengan menggunakan mikrometer okuler. Pertumbuhan relatif diketahui dengan menghitung persentase selisih antara ukuran individu akhir pengamatan dan ukuran individu awal pengamatan dibandingkan dengan ukuran individu awal pengamatan.

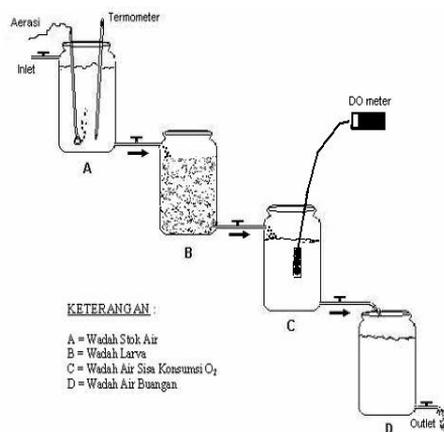
Pengamatan waktu pencapaian stadia hanya dilakukan terhadap waktu pencapaian stadia akhir larva yang masih bersifat planktonis yaitu stadia plantigrade. Pengamatan dimulai dari hari ke 18. Pengambilan sampel dilakukan setiap jam sebanyak 10 ml, selanjutnya dilakukan pengamatan di bawah mikroskop dengan perbesaran 40 kali.

Waktu pertama kali teridentifikasi stadia plantigrade, maka saat itu ditetapkan sebagai waktu pencapaian stadia tersebut.

Data yang diperoleh dianalisis dengan uji Fischer dan dilanjutkan uji rerata Tukey (Steel & Torrie 1993). Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software SPSS 15 PC.

Data-data dengan dua variable seperti laju metabolisme dan berat larva, dianalisis dengan regresi sederhana ($Y = a + bX$) (Sulaiman 2004).

Untuk mendapatkan nilai optimum suhu dan salinitas digunakan model regresi polinomial (Neter *et al.* 1990).



Gambar 1. Disain percobaan untuk pengukuran laju konsumsi oksigen larva tiram mutiara *P. maxima*.

HASIL

Konsumsi Oksigen

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa laju konsumsi oksigen larva *P. maxima* tertinggi terjadi pada perlakuan suhu 28 °C, salinitas 34 ‰ (BF) dan terendah pada perlakuan suhu 26 °C, salinitas 30 ‰ (AD). Pada stadia I: laju konsumsi oksigen tertinggi mencapai 2,16 mgO₂/g berat basah/jam (BF) dan terendah 1,09 mgO₂/g berat basah/jam (AD). Hal yang sama juga terjadi pada stadia II dan stadia III (Tabel 1).

Hasil analisis varian laju konsumsi oksigen menunjukkan adanya perbedaan nyata ($P \leq 0,05$) antar perlakuan suhu dan salinitas, sedangkan interaksi antara suhu dan salinitas tidak nyata pengaruhnya ($P e'' 0,05$). Uji nilai tengah Tukey menunjukkan bahwa perlakuan salinitas 32 ‰ (E) tidak berbeda nyata lebih kecil ($P e'' 0,05$) dengan salinitas 34 ‰ (F), tetapi E dan F berbeda nyata lebih besar dari perlakuan D salinitas (30 ‰). Sedangkan perlakuan suhu dan tiap tahap stadia berbeda nyata.

Laju Metabolisme

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pembelanjaan energi [C(J)/g/jam] untuk metabolisme rutin larva tertinggi terjadi pada perlakuan suhu 28 °C; salinitas 34 ‰ (BF) dan terendah pada perlakuan suhu 26 °C; salinitas 30 ‰ (AD) (Tabel 2). Analisis varian dan uji nilai tengah Tukey menunjukkan adanya pola dan hasil sama dengan analisis data laju konsumsi oksigen.

Hubungan laju metabolisme dengan suhu dan salinitas

Analisis hubungan antara laju metabolisme rutin larva dengan suhu, menunjukkan adanya korelasi yang kuat, dengan koefisien determinasi (R^2) pada stadia I sekitar 0,8227; stadia II: 0,7963 dan stadia III: 0,8283. Pada stadia I, pengaruh suhu terhadap laju metabolisme mencapai 82,27 %, pada stadia II menurun sampai 79,63 %, dan pada stadia III efek suhu meningkat menjadi 82,83 %. (Gambar 2). Persamaan hubungan laju metabolisme rutin dengan suhu adalah:

Stadia I :

$$Y = -1,9387x^2 + 110,02x - 1532,80 \quad (R^2 = 0,8227).$$

Stadia II :

$$Y = -1,7001x^2 + 96,187x - 1337,70 \quad (R^2 = 0,7963).$$

Stadia III:

$$Y = -1,7946x^2 + 102,03x - 1431,10 \quad (R^2 = 0,8283).$$

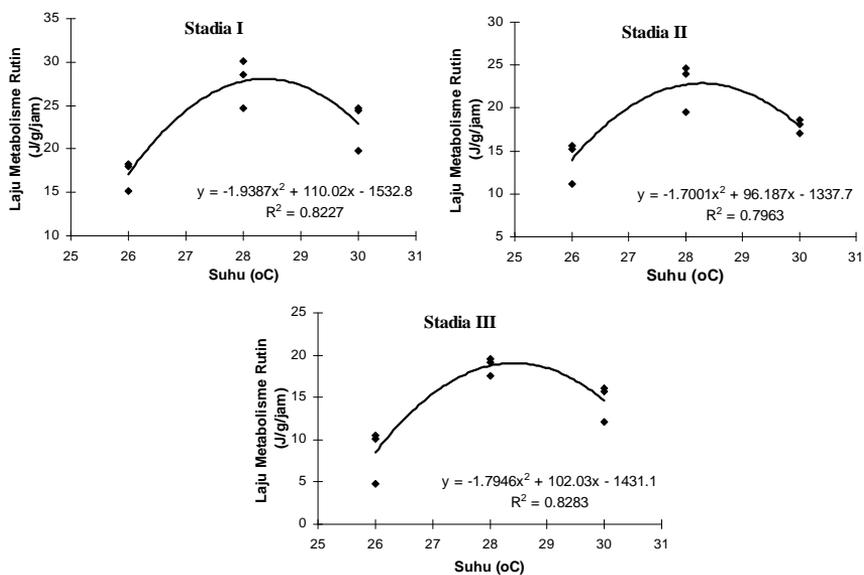
Analisis hubungan antara laju metabolisme rutin larva dengan salinitas menunjukkan korelasi yang cukup kuat hanya pada stadia II ($R^2 = 0,5137$). Sedangkan pada stadia I dan III korelasinya kurang kuat. Pada stadia I, pengaruh salinitas terhadap laju metabolisme sekitar 48,55 %, pada stadia II meningkat menjadi 51,37 % dan pada stadia III kembali menurun (49,42 %). Hubungan antara salinitas dengan laju metabolisme rutin (Gambar 3) disampaikan dalam persamaan berikut:

stadia I :

$$Y = -0,3706x^2 + 25,483x - 411,64 \quad (R^2 = 0,4855).$$

Stadia II :

$$Y = -0,5821x^2 + 38,804x - 625,18 \quad (R^2 = 0,5137).$$



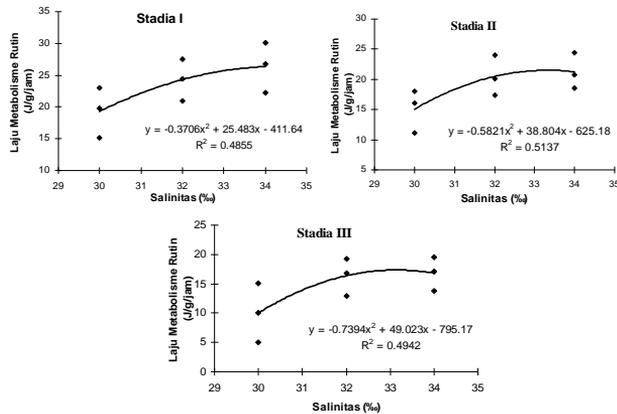
Gambar 2. Hubungan laju metabolisme rutin (J/g berat basah/jam) dengan suhu pada larva *P. maxima* stadia I, II, III

Tabel 1. Konsumsi oksigen (mgO₂/g berat basah/jam) larva *P. maxima* (rata-rata ± SD) pada berbagai suhu dan salinitas

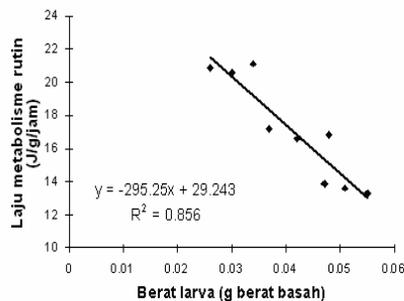
Umur	Faktor I	Faktor II		
		Salinitas (‰)		
		(D) 30	(E) 32	(F) 34
Stadia I	Suhu (°C):			
	(A) 26	1,09 ± 0,03a	1,29 ± 0,03b	1,31 ± 0,03b
	(B) 28	1,65 ± 0,03c	1,98 ± 0,08d	2,16 ± 0,03d
	(C) 30	1,34 ± 0,05e	1,75 ± 0,03f	1,77 ± 0,04f
Stadia II	(A) 26	0,73 ± 0,03a	1,10 ± 0,03b	1,12 ± 0,03b
	(B) 28	1,29 ± 0,03c	1,72 ± 0,03d	1,75 ± 0,03d
	(C) 30	1,15 ± 0,03e	1,30 ± 0,04f	1,32 ± 0,03f
Stadia III	(A) 26	0,34 ± 0,04a	0,74 ± 0,03b	0,76 ± 0,03b
	(B) 28	1,08 ± 0,03c	1,39 ± 0,03d	1,41 ± 0,03d
	(C) 30	0,79 ± 0,04e	1,14 ± 0,02f	1,16 ± 0,03f

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan pada taraf 5 %.

Pengaruh Suhu dan Salinitas Terhadap Respon Fisiologi



Gambar 3. Hubungan laju metabolisme rutin (J/g berat basah/jam) dengan salinitas pada larva *P. maxima* stadia I, stadia II dan stadia III



Gambar 4. Hubungan laju metabolisme rutin (J/g berat basah/jam) dengan berat basah larva *P. maxima*.

Stadia III :

$$Y = -0,7394x^2 + 49,023x - 795,17 \quad (R^2 = 0,4942).$$

Hubungan laju metabolisme dengan berat larva

Hasil analisis hubungan laju metabolisme rutin dengan berat larva menunjukkan adanya hubungan linear negatif dengan koefisien determinasi (R^2) 0,856, jadi berat (85,60 %) berpengaruh terhadap laju metabolisme larva (Gambar 4). Persamaan yang diperoleh adalah $Y = -295,25x + 29,243$ ($R^2 = 0,856$).

Pola laju metabolisme rutin yang diamati dapat menggambarkan besarnya belanja energi yang dikeluarkan, baik untuk aktivitas maupun perkembangan larva *P. maxima*. Secara umum belanja energi terbesar terjadi pada berat paling rendah atau larva stadia I dan kebutuhan energi menurun seiring dengan semakin bertambah beratnya larva (stadia II – III).

Sintasan dan Pertumbuhan Larva

Hasil percobaan menunjukkan bahwa sintasan dan pertumbuhan larva *P. maxima* dipengaruhi oleh suhu dan

Tabel 2. Pembelanjaan energi untuk metabolisme rutin (C-J/g berat basah/jam) larva *P. maxima* (rata-rata \pm SD) pada berbagai suhu dan salinitas.

Umur	Faktor II		Salinitas (‰)			
	Faktor I		(D) 30	(E) 32	(F) 34	
Stadia I	Suhu (°C):					
	(A) 26; C		3,62 \pm 0,12	4,30 \pm 0,10	4,36 \pm 0,12	
	(B) 28; C		5,50 \pm 0,12	6,58 \pm 0,27	7,20 \pm 0,09	
	(C) 30; C		4,48 \pm 0,16	5,83 \pm 0,09	5,90 \pm 0,14	
	(A) 26; J		15,15 \pm 0,45a	18,01 \pm 0,43b	18,26 \pm 0,45b	
	(B) 28; J		23,03 \pm 0,50c	27,53 \pm 1,12d	30,13 \pm 0,37d	
	(C) 30; J		18,75 \pm 0,68e	24,40 \pm 0,39f	24,69 \pm 0,59f	
	Stadia II	(A) 26; C		2,41 \pm 0,69	3,68 \pm 0,11	3,73 \pm 0,09
		(B) 28; C		4,31 \pm 0,09	5,74 \pm 0,10	5,83 \pm 0,10
(C) 30; C			3,84 \pm 0,11	4,32 \pm 0,12	4,41 \pm 0,09	
(A) 26; J			10,09 \pm 2,90a	15,38 \pm 0,45b	15,60 \pm 0,37b	
(B) 28; J			18,02 \pm 0,37c	24,02 \pm 0,43d	24,39 \pm 0,44d	
(C) 30; J			16,07 \pm 0,46e	18,07 \pm 0,51f	18,45 \pm 0,39f	
Stadia III		(A) 26; C		1,12 \pm 0,14	2,45 \pm 0,09	2,52 \pm 0,10
		(B) 28; C		3,60 \pm 0,08	4,62 \pm 0,10	4,67 \pm 0,10
		(C) 30; C		2,64 \pm 0,14	3,80 \pm 0,07	3,86 \pm 0,10
	(A) 26; J		4,70 \pm 0,60a	10,25 \pm 0,36b	10,55 \pm 0,42b	
	(B) 28; J		15,07 \pm 0,37c	19,32 \pm 0,40d	19,58 \pm 0,43d	
	(C) 30; J		11,04 \pm 0,57e	15,88 \pm 0,29f	16,14 \pm 0,42f	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan pada taraf 5 %; C (Calorie); J (Joule).

salinitas. Pada stadia I; sintasan tertinggi terjadi pada perlakuan suhu 28 °C, salinitas 34 ‰ (87,92 %) dan terendah pada suhu 26 °C, salinitas 30 ‰ (32,47 %). Pada stadia II dan III, sintasan tertinggi juga terjadi pada perlakuan yang sama (Tabel 3).

Hasil analisis varian menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($P \leq 0,05$) antar perlakuan suhu, salinitas dan tahap stadia, tetapi interaksi antara suhu dan salinitas tidak berbeda nyata ($P e'' 0,05$). Hasil uji nilai tengah Tukey menunjukkan perbedaan nyata ($P \leq 0,05$) antar

perlakuan suhu, namun perlakuan salinitas 34 ‰ (F) tidak nyata berbeda ($P e'' 0,05$) dengan 32 ‰ (E), sedangkan salinitas 30 ‰ (D) berbeda nyata lebih kecil ($P \leq 0,05$) dari E dan F.

Pengamatan terhadap pertumbuhan larva menunjukkan pola dan hasil yang sama dengan sintasan, baik pada analisis varian maupun uji Tukey (Gambar 5).

Waktu Pencapaian Stadia

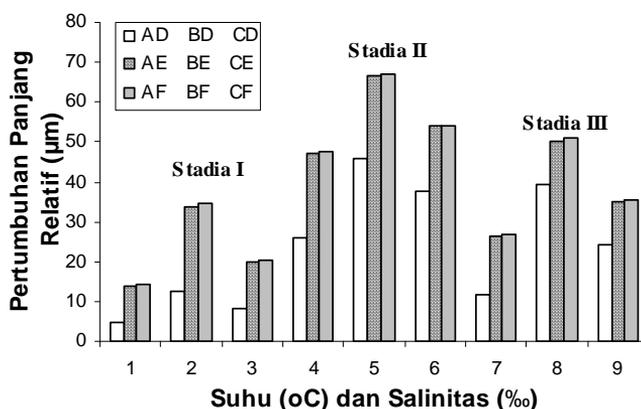
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lama waktu pencapaian stadia plantigrade tercepat dicapai pada suhu

Pengaruh Suhu dan Salinitas Terhadap Respon Fisiologi

Tabel 3. Sintasan (%) larva *P. maxima* (rata-rata ± SD) (n = 30) pada berbagai tingkat suhu dan salinitas.

Umur	Faktor II		Salinitas (‰)		
	Faktor I	(D) 30	(E) 32	(F) 34	
Stadia I	Suhu (°C):				
	(A) 26	22,80 ± 1,17a	43,02 ± 1,29b	43,71 ± 1,03b	
	(B) 28	61,17 ± 1,04c	87,75 ± 1,09d	87,92 ± 1,28d	
	(C) 30	54,46 ± 0,81e	71,95 ± 0,91f	72,23 ± 0,75f	
Stadia II	(A) 26	21,17 ± 0,82a	32,20 ± 1,27b	32,67 ± 1,73b	
	(B) 28	59,09 ± 0,62c	81,91 ± 0,64d	82,39 ± 0,71d	
	(C) 30	48,67 ± 0,76e	69,61 ± 0,60f	70,17 ± 1,04f	
Stadia III	(A) 26	10,33 ± 0,91a	22,39 ± 0,88b	22,60 ± 0,80b	
	(B) 28	64,79 ± 1,19c	76,72 ± 0,86d	77,26 ± 0,75d	
	(C) 30	48,41 ± 0,83e	60,98 ± 0,77f	61,34 ± 0,85f	

Keterangan: Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan pada taraf 5 %.



Gambar 5. Pertumbuhan panjang relatif larva stadia I (D1–D6), stadia II (D7–D14) dan stadia III (D15–D20) pada berbagai kisaran suhu dan salinitas (A, B & C = suhu 26°; 28° dan 30° C, D, E, & F= salinitas 30; 32 & 34‰)

28 °C dan salinitas 34 ‰ (18,93 hari) (Gambar 6). Analisis varian dan uji nilai tengah Tukey menunjukkan pola dan hasil yang sama dengan hasil analisis sintasan, pertumbuhan, laju konsumsi oksigen dan laju metabolisme.

PEMBAHASAN

Konsumsi oksigen larva *P. maxima* dalam kajian ini berbeda dengan hasil penelitian Pechenik (1980) pada larva veliger (prosobranch) *Nassarius obsoletus*, nilai laju konsumsi oksigen veliger kecil sampai besar berkisar antara

2,5 sampai 10 mlO₂/jam/g berat kering. Pada larva veliger *Crepidula formicate* laju konsumsi oksigen antara 2,5 – 5 mlO₂/jam/g berat kering. Laju konsumsi oksigen pada larva *Mytilus edulis* antara 0,75–3 ml O₂/jam/g berat kering (Zeuthen, 1949 dalam Bayne, 1983). Laju konsumsi oksigen larva *Ostrea edulis* berkisar antara 3 – 6 mlO₂/jam/g berat kering (Gosling, 2004). Crisp (1974) menggunakan nilai rata-rata konsumsi oksigen 5 mlO₂/jam/berat kering untuk menduga kelangsungan hidup larva berkaitan dengan waktu di puasakan, tujuannya untuk mengetahui kandungan protein dan lemak sebagai cadangan energi. Diduga, variabel penyebab perbedaan nilai konsumsi oksigen adalah penggunaan spesies dan metode pengukuran yang berbeda. Menurut Chacon *et al* (2003) perbedaan spesies dan metodologi mungkin dapat dijadikan alasan untuk menjelaskan terjadinya perbedaan hasil penelitian.

Dari hasil analisis dapat diinterpretasikan, makin meningkat suhu dan salinitas maka laju konsumsi oksigen akan semakin meningkat, hingga mencapai batas optimum (28 °C; 32 ‰; 34 ‰), kemudian konsumsi oksigen akan menurun pada kondisi suhu dan salinitas yang meningkat. Menurut Bayne (1983) pengaruh suhu dan salinitas pada laju konsumsi oksigen bervariasi antar spesies dan dipengaruhi oleh kondisi sebelum perlakuan pada induk, gamet dan larva yang berada pada satu seri penelitian.

Perkembangan larva menunjukkan korelasi linear negatif dengan laju konsumsi oksigen ($R^2 = 0,856$). Pola laju konsumsi oksigen selama masa

perkembangan larva menunjukkan, semakin berkembang tahapan stadia larva baik panjang maupun berat, maka laju konsumsi oksigen semakin menurun. Nilai koefisien determinasi yang diperoleh sama dengan hasil penelitian Bayne (1983) pada larva prosobranch *Nassarius obsoletus*, disampaikan nilai eksponen yang berkaitan dengan laju konsumsi oksigen dan berat tubuh hasilnya bervariasi antara 0,70 sampai > 1,00.

Studi yang sangat hati-hati telah dilakukan Zeuthen (1947; 1953) dalam Bayne (1983) pada satu individu larva *Mytilus edulis*, hasil pengukuran hubungan antara konsumsi oksigen dan berat daging kering menunjukkan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,80. Eksponen yang berkaitan dengan hubungan laju konsumsi oksigen dengan berat daging bervariasi antara 0,7 dan > 1,0. Hasil korelasi menunjukkan kecenderungan linear positif, yaitu semakin bertambah berat maka akan diikuti dengan meningkatnya konsumsi oksigen (Bayne 1983).

Lebih lanjut Bayne (1983) menyampaikan, bahwa tidak ada cara sederhana yang dapat digunakan untuk menghitung laju konsumsi oksigen pada kondisi yang berbeda, oleh sebab itu hubungan laju konsumsi oksigen dengan berat kerang pada beberapa spesies bivalvia dan gastropoda diduga tidak ada perbedaan kuantitatif.

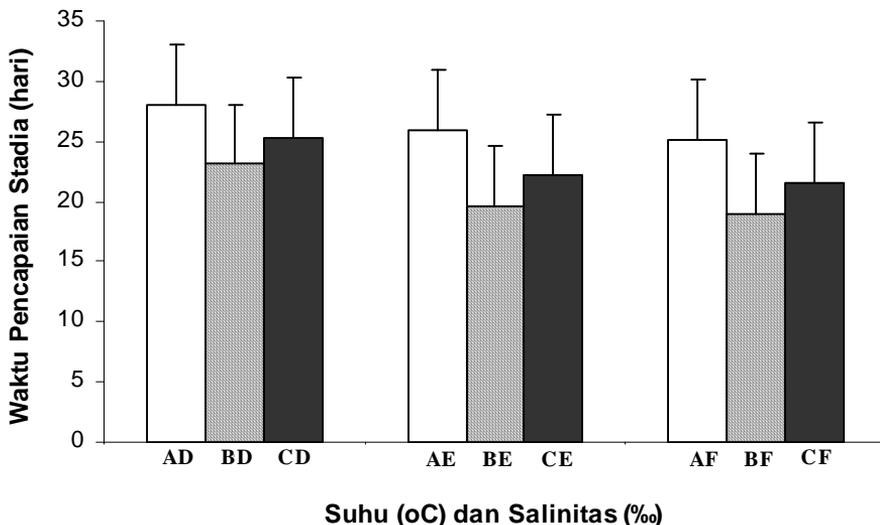
Laju konsumsi oksigen dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk suhu air, berat badan dan tingkat aktivitas. Jika dihitung per unit berat badan, maka

individu kecil lebih banyak menggunakan oksigen dibanding besar (Goddard 1996).

Data laju konsumsi oksigen dapat merefleksikan karakteristik kondisi larva tiram mutiara pada berbagai suhu dan salinitas media. Pada *P. fucata* laju konsumsi oksigen meningkat tinggi selama jam pertama tiram dimasukkan kembali ke dalam air dan laju konsumsi normal dicatat setelah waktu tersebut (Darmaraj 1983). Peningkatan pada cardiac dan aktivitas respirasi bivalvia *Arctica islandica* mengikuti periode penutupan cangkang yang digunakan sebagai interpretasi representasi pembayaran kembali “utang oksigen” selama masa anaerob (Taylor *et al.* 1997). Opini yang disampaikan Boyden (1972) tentang meningkatnya konsumsi oksigen setelah diekspose, merefleksikan aktivitas hasil ekskretori nitrogen dari jaringan yang meningkat

tinggi. Tanda-tanda waktu penyesuaian tiram dari kondisi ekspose yang terpenting adalah waktu membuka cangkang untuk tujuan bernafas.

Sebagai salah satu indikator, peningkatan konsentrasi oksigen dapat dijadikan sebagai indikasi meningkatnya jumlah penempelan larva dan mengurangi mortalitasnya (Alfaro, 2005). Kajian ini juga mencatat hal yang sama yaitu pada laju konsumsi oksigen tertinggi (BF) diikuti oleh sintasan (BF) dan laju perumbuhan (BF) yang tinggi pula (Gambar 2). Diduga pada kondisi laju konsumsi oksigen tinggi, maka laju metabolisme akan meningkat sehingga larva dapat dengan maksimal memanfaatkan pakan yang diberikan, dan ini terefleksi dari laju pertumbuhan serta sintasan yang tinggi. Sebaliknya pada perlakuan AD laju konsumsi oksigen



Gambar 7. Lama waktu (hari) pencapaian stadia plantigrade larva *P. maxima* pada berbagai tingkat suhu dan salinitas.

paling rendah, maka sintasan dan laju pertumbuhan juga rendah. Menurut Goddard (1996) pada kondisi oksigen terlarut rendah organisme menunjukkan tanda-tanda stress. Ini merupakan tanda umum pertama yang direfleksikan dengan menunjukkan berkurangnya nafsu makan, akibatnya pola renang dan distribusinya menjadi tidak normal.

Pada hewan air, besarnya energi yang dibutuhkan untuk metabolisme dapat diestimasi melalui pengukuran tingkat konsumsi oksigen. Metabolisme rutin didefinisikan sebagai tingkat pembelanjaan energi pada kondisi normal, untuk mempertahankan struktur dan fungsi jaringan agar organisme tersebut tetap hidup. Pengukuran metabolisme rutin ini dilakukan pada kondisi organisme tetap diberi pakan selama percobaan, atau masih diberi pakan sesuai jadwal sampai sebelum dilakukan pengukuran laju konsumsi oksigen (Affandi *dkk.* 2005; Gosling 2004; Soria *et al.* 2007).

Hasil analisis laju metabolisme rutin yang diperoleh dapat digunakan untuk menjelaskan mengapa sintasan dan pertumbuhan tertinggi terjadi pada perlakuan suhu 28 °C dan salinitas 34 ‰ (BF) dan terendah pada perlakuan suhu 26 °C dan salinitas 30 ‰ (AD). Pada suhu 28 °C, salinitas 34 ‰ energi yang dibelanjakan larva mencapai 19,58 – 30,13 J/g/jam (4,67 – 7,20 C/g/jam), sedangkan pada suhu 26 °C, salinitas 30 ‰ pembelanjaan energi lebih rendah yaitu 4,70–15,15 J/g/jam (1,12–3,62 C/g/jam). Lebih jelas diperoleh gambaran bahwa untuk aktivitas setiap tahap perkembangan stadia larva dialokasikan energi yang berbeda sehingga larva

mampu menyesuaikan diri dengan suhu dan salinitas perlakuan.

Berdasar hasil percobaan diketahui, bahwa laju metabolisme rutin menurun dengan meningkatnya stadia perkembangan larva. Diduga laju metabolisme tertinggi terjadi pada saat aktivitas larva meningkat paling tinggi. Pada stadia I, larva mempunyai kebiasaan aktif berenang-renang, jika diamati dengan seksama mulai D3 sampai D6 aktivitasnya sangat tinggi hingga membentuk gerakan massa larva yang berputar-putar dan kebiasaan itu terus berlangsung selama stadia tersebut. Pada stadia II, aktifitas renang larva mulai menurun, diduga pada stadia umbo akhir cangkangnya semakin berkembang, bertambah tebal dan berat sehingga menghambat gerakan larva. Disamping terjadi metamorfose dari stadia eye-spot menjadi pediveliger. Pada stadia III, laju metabolisme paling rendah selama stadia larva, diduga selain cangkang bertambah berat, pada stadia ini terjadi metamorfose dan mengalami perubahan tingkah laku (masa transisi) dari kehidupan planktonis menjadi benthik, sehingga larva mulai banyak berada di bagian tengah badan air dengan gerakan lambat.

Sampai saat ini belum banyak publikasi yang berkaitan dengan laju metabolisme larva, khususnya pada larva tiram mutiara *P. maxima*. Beberapa hasil penelitian yang dirangkum Bayne (1983) salah satunya tentang konsumsi oksigen pada veliger moluska (prosobranch), hasil pengukuran menunjukkan bahwa laju konsumsi oksigen larva veliger ukuran kecil sampai besar antara 2,5 – 10,0 ml O₂/gram berat kering/jam. Jika dikonversi

menurut Soria *et al* (2007) yaitu diasumsikan 1 ml O₂ sama dengan 19,90 Joule, maka dalam bentuk kalori untuk metabolisme rutin setara dengan 49,75 – 199 J/g berat kering/jam. Konsumsi oksigen larva *Metilus edulis* berkisar antara 3 – 6 ml O₂/g berat kering/jam (Gosling, 2004) atau setara dengan 59,70 – 119,40 J/g/jam untuk laju metabolisme rutin.

Analisis yang lebih mendasar dilakukan untuk melihat pengaruh suhu dan salinitas terhadap laju metabolisme rutin larva *P. maxima*. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa pengaruh suhu (rata-rata 81,58 %) terhadap laju metabolisme lebih kuat dibanding salinitas (49,78 %). Menurut Gosling (2004) suhu berpengaruh kuat terhadap laju metabolisme dan belanja metabolisme akan mengikat jika suhu meningkat.

Dalam percobaan ini, laju metabolisme mulai meningkat dari stadia I ke stadia II kemudian menurun kembali pada stadia III. Berdasarkan hasil korelasi tersebut dapat dijelaskan bahwa laju metabolisme meningkat dengan meningkatnya suhu sehingga mencapai batas optimum (28 °C), selanjutnya akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Diduga, suhu 30 °C terlalu tinggi untuk aktivitas metabolisme larva sehingga metabolisme tidak berlangsung efektif akibatnya laju pertumbuhan lebih rendah dibanding pada suhu 28 °C. Demikian juga pada suhu 26 °C laju pertumbuhan larva lebih rendah dibanding pada suhu 28 °C dan 30 °C, diduga suhu 26°C relatif rendah dan kurang efektif untuk proses metabolisme, sehingga

berimplikasi pada perkembangan dan pertumbuhan larva.

Menurut Goddard (1996), salah satu faktor yang mempengaruhi laju konsumsi oksigen adalah suhu air. Suhu akan mempengaruhi mekanisme transport ion yang berimplikasi pada osmoregulasi dengan melibatkan berbagai reaksi kimia. Mediasi transport ion ditimbulkan oleh meningkat dan menurunnya suhu. Oleh sebab itu osmoregulasi fluida ekstraseluler lebih efektif pada suhu tinggi dibanding suhu rendah. Sebagai gambaran, terdapat beberapa spesies yang dapat bertahan lebih baik pada kondisi fluktuasi salinitas dari pada suhu tinggi (Gilles & Jeuniaux 1979). Gastropoda *Nassarius reticulatus* tetap hidup pada salinitas 20–30 ‰, suhu 25 °C tetapi itu hanya terjadi pada kisaran salinitas yang luas antara 10 – 40 ‰ dan pada suhu lingkungan hidupnya sekitar 5 °C (Erikson & Tallmark 1974, dalam Gilles & Jeuniaux 1979).

Terlepas dari pengaruh salinitas, suhu memberikan pengaruh signifikan terhadap perkembangan larva, selisih perlakuan suhu (2 °C) yang digunakan dalam penelitian ini ternyata memberikan efek yang signifikan pada sintasan dan pertumbuhan larva. Menurut Yukihira *et al* (2000; 2006) perbedaan suhu selama pemeliharaan walaupun kecil atau sekitar 1–2 °C berpengaruh kuat terhadap laju pertumbuhan. Suhu berpengaruh terhadap proses metabolisme larva, makin rendah suhu maka laju metabolisme semakin menurun, sehingga laju pertumbuhan larva jadi lambat. Sebaliknya semakin tinggi suhu maka laju metabolisme makin meningkat dan akan

diikuti dengan meningkatnya laju pertumbuhan larva. Dikemukakan juga oleh Bayne (1983); Gosling (20004) laju pertumbuhan larva menunjukkan peningkatan dengan meningkatnya suhu hingga mencapai batas optimum dan kemudian pertumbuhan akan menurun bersamaan dengan meningkatnya suhu.

Percobaan ini membatasi perlakuan sampai salinitas 34 ‰, karena selain berdasarkan studi pendahuluan dan rujukan literatur juga mempertimbangkan habitat alami tiram mutiara yang umumnya hidup di perairan yang dipengaruhi oseanik, sehingga diduga perlakuan pada salinitas lebih dari 34 ‰ tidak signifikan. Ternyata hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sintasan, laju pertumbuhan, konsumsi oksigen dan pembelanjaan energi untuk metabolisme rutin pada salinitas 32 ‰ secara nyata tidak berbeda ($P < 0,05$) dengan salinitas 34 ‰. Hasil penelitian yang mendukung dikemukakan Soria *et al* (2007), konsumsi oksigen juvenil scallop (*Agropecten purpuratus*) pada salinitas 34 ‰ lebih besar dibandingkan pada salinitas 38 ‰, tetapi konsumsi oksigen pada perlakuan salinitas 38 ‰ dan 42 ‰ tidak berbeda nyata. Selanjutnya disampaikan, tidak ada perbedaan signifikan ($P > 0,05$) laju konsumsi oksigen pada salinitas 34, 38 atau 42 ‰ dengan suhu 10 °C dan 22 °C.

Sebaliknya perubahan salinitas dapat berpengaruh terhadap toleransi suhu organisme akuatik poikiloterm. Misalnya pada ikan *Fundulus heterochitus*, suhu kematian lebih tinggi pada salinitas 32 ‰ dari pada di air tawar. Terjadinya resistensi tinggi karena stres suhu perlu

dicermati, oleh sebab itu salinitas dapat menyelaraskan isoosmotisitas antara darah dan media di luar (Vernberg & Silverthorn 1979). Toleransi terhadap suhu maksimum yang ditunjukkan oleh hewan isoosmotik yang berada pada lingkungannya merupakan ciri umum hewan invertebrata. Perlu dicatat, pada sejumlah spesies tidak menunjukkan atau hanya mempunyai kekuatan osmoregulasi ekstraseluler kecil, mekanisme regulasi isoosmotik intraseluler akan membawa sejumlah volume sel regulasi dan itu merupakan strategi adaptasi terbaik dalam medium. Sebagai contoh, kerang spesies *M. granosissimus* yang berasal dari laut dengan salinitas > 32 ‰, kemudian diadaptasikan ke salinitas 3 ‰, maka akan mengalami stress dan mungkin akan mati jika tidak dikembalikan ke laut. Pada spesies tertentu, media air tidak lebih hanya sebagai penyebab stres salinitas, sehingga variabelnya tergantung pada kemampuan adaptasi masing-masing spesies (Gilles & Jeuniaux 1979).

Hasil analisis menunjukkan, bahwa belanja energi untuk metabolisme rutin menurun seiring dengan meningkatnya berat badan larva. Hasil percobaan ini berbeda dengan hasil penelitian Bayne (1983) tentang adanya korelasi linear positif antara laju konsumsi oksigen larva veliger Prosobranch dengan berat, dijelaskan laju konsumsi oksigen meningkat dengan bertambahnya berat. Diduga selain spesies yang diamati berbeda, juga lama waktu pengamatan yang berbeda. Peneliti tersebut dilakukan secara partial, yaitu hanya mengamati stadia veliger (prosobranch) kecil (D1)

sampai veliger besar (D5). Sedangkan dalam percobaan ini dimulai dari larva stadia veliger bentuk-D (D1) sampai stadia plantigrade umur 20 hari (D20). Sumber perbedaan lainya diduga berasal dari pengukuran berat, dalam penelitian ini digunakan sampel berat basah larva, sedangkan mereka menggunakan berat kering. Menurut Chacon *et al.* (2003) perbedaan spesies-spesifik dan metodologi yang berbeda dapat digunakan untuk menjelaskan hasil penelitian yang bertentangan atau terdapat kontradiksi.

Hasil penelitian yang mendukung disampaikan Vernberg (1972) dan Pechenik (1980), keduanya mengamati larva *Nassarius obsoletus* mengalami penurunan konsumsi oksigen, manakala berkembang atau mengalami metamorfose dari stadia berenang aktif berubah menjadi pediveliger yang mempunyai behavior berenang berputar-putar (*crawling*).

Kajian toleransi larva terhadap suhu dan salinitas memberikan hasil yang komparable utamanya pada toleransi larva tiram mutiara *P. maxima* yang dipelihara di dalam wadah terbatas dan diberi perlakuan berbagai suhu dan salinitas. Menurut Gosling (2004) pada saat ini akan lebih bermanfaat apabila dilakukan pengkajian dengan melihat pengaruh kombinasi suhu dan salinitas terhadap pertumbuhan. Suhu dan salinitas berpengaruh terhadap kecepatan dan keberhasilan pertumbuhan awal larva *P. imbricata* (O'Connor & Lawler 2004).

Berdasarkan hasil percobaan ini, sintasan dan pertumbuhan larva *P. maxima* dari stadia veliger sampai plantigrade nyata dipengaruhi oleh suhu

dan salinitas. Hal ini terlihat dari hasil analisis varian dan uji lanjut Tukey yang nyata pengaruhnya ($P < 0,05$) pada setiap perlakuan suhu dan salinitas, tetapi tidak ditemukan pengaruh nyata ($P > 0,05$) pada interaksi suhu dan salinitas. Sehingga diinterpretasikan tidak ada sinergi antara suhu dan salinitas dalam mempengaruhi sintasan dan pertumbuhan larva *P. maxima*. Penelitian O'Connor & Lawler (2004) juga menemukan tidak ada pengaruh sinergi suhu dan salinitas, walaupun ada pengaruh signifikan suhu dan salinitas terhadap perkembangan larva *P. imbricata*.

Dalam penelitian ini sintasan tertinggi terjadi pada perlakuan suhu 28 °C, salinitas 32 ‰ dan 34 ‰. Sintasan terendah terjadi pada perlakuan suhu 26 °C, salinitas 30 ‰. Rendahnya sintasan diduga karena suhu dan salinitas media relatif rendah untuk perkembangan larva *P. maxima* sehingga proses metabolisme dan osmoregulasi fluida ekstraseluler tidak dapat berlangsung efektif. Pendapat yang dikemukakan didukung oleh data yang menunjukkan adanya pengaruh suhu dan salinitas yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap laju metabolisme rutin. Hasil penelitian yang tidak jauh berbeda disampaikan O'Connor & Lawler (2004) yaitu adanya pengaruh suhu serta salinitas pada sintasan larva *P. imbricata* dan terlepas dari adanya pengaruh suhu, sintasan tertinggi ditemukan pada salinitas 32 dan 35 ‰. Sebaliknya tingkat mortalitas tertinggi terjadi pada salinitas 23 ‰, umumnya mortalitas terjadi dengan cepat dan sangat tinggi pada percobaan suhu ekstrim 14 dan 26 °C. Larva *P.*

imbricata mempunyai toleransi yang rendah terhadap salinitas, apalagi jika salinitas turun sampai kurang dari 29 ‰, larva tidak dapat berkembang pada suhu rendah dan ekstrim sekitar 14 °C. Pada kisaran salinitas 29–35 ‰, persentase perkembangan embrio sampai stadia D-veliger meningkat signifikan seiring dengan meningkatnya salinitas.

Hasil pengamatan terhadap lama waktu pencapaian stadia plantigrade semakin mempertegas bahwa kondisi lingkungan optimum untuk larva *P. maxima* adalah suhu 28 °C dan salinitas 32 – 34 ‰ (BE; BF). Pada kajian ini ditemukan tidak ada pengaruh sinergi antara suhu dan salinitas, tetapi keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap lama waktu pencapaian stadia. Pada suhu optimum aktivitas metabolisme berjalan maksimum, sehingga larva berkembang dengan baik. Sedangkan suhu 26 °C diduga relatif rendah untuk perkembangan larva dan sebaliknya suhu 30 °C relatif tinggi untuk perkembangan larva. Hasil penelitian yang hampir sama dikemukakan oleh O'Connor and Lawler (2004) bahwa pencapaian stadia D-veliger larva *P. imbricata* (Roding) dipengaruhi oleh suhu dan salinitas, tetapi tidak ditemukan adanya pengaruh sinergi antara suhu dan salinitas. Penundaan waktu metamorfosa larva bivalvia biasanya berasosiasi dengan suhu (Loosanof & Davis 1963; Bayne 1965. dalam Alagarwami *et al.* 1983). Disamping adanya variable lain, diduga suhu dan salinitas rendah merupakan penyebab utama mengapa larva memperpanjang waktu stadia planktonisnya (Alagarwami *et al.* 1983). Berkaitan

dengan kompetensi larva untuk menempel, beberapa peneliti mengamati bahwa planktonis larva bisa dijumpai sampai hari ke tiga jika kondisi lingkungan tidak sesuai dan tidak menemukan substrat yang cocok untuk menempel (Baker 1994).

Menurut O'Connor, personal observasi, dalam O'Connor and Lawler (2004) jumlah larva *P. imbricata* stadia D-veliger menurun seiring dengan meningkatnya salinitas, tetapi pada suhu kurang pengaruhnya. Berkaitan dengan ontogeni atau perkembangan organisme dari sigot sampai dewasa, ternyata pada suhu dan salinitas optimum tidak tampak adanya pengaruh perbedaan yang besar. Oleh sebab itu ukuran larva pada suhu 22 dan 26 °C variasinya kecil. Penelitian Yukihiro *et al.* (2000) di dalam laguna Great Barrier Reef, Queensland Utara, Australia mencatat bahwa kisaran suhu optimum pada *P. maxima* dan *P. margaritifera* antara 23–28 °C.

KESIMPULAN

Suhu dan salinitas optimum untuk larva *P. maxima* adalah 28 °C dan 32 – 34 ‰ (BE dan BF).

Pembelanjaan energi untuk metabolisme rutin tertinggi terdapat pada perlakuan suhu 28 °C, salinitas 34 ‰ (BF) dan tidak berbeda nyata dengan suhu 28 °C, salinitas 32 ‰ (BE). Pada stadia I pembelanjaan energi mencapai 6,58 – 7,20 C/g berat basah/jam (27,53 – 30,13 J/g berat basah/jam); Stadia II antara 5,74 – 5,83 C/g berat basah/jam (24,02 – 24,39 J/g berat basah/jam) dan pada stadia III antara 4,62 – 4,67 C/g

berat basah/jam (19,32– 19,58 J/g berat basah/jam).

Pengaruh suhu (81,58 %) terhadap pembelanjaan energi untuk metabolisme rutin lebih besar jika dibanding salinitas (49,78 %). Pembelanjaan energi untuk metabolisme rutin menurun seiring dengan meningkatnya berat badan larva.

Sintasan tertinggi terjadi pada perlakuan BF dan tidak berbeda nyata. Pada stadia I sintasan antara 87,75 – 87,92 %; Stadia II antara 81,91 – 82,39 % dan stadia III antara 76,72 – 77,26 %.

Pertumbuhan panjang relatif (AP x DV) tertinggi pada perlakuan BF dan tidak berbeda nyata namun lebih besar dengan BE. Pada stadia I pertumbuhan relatif mencapai 33,90 x 20,80 μm –34,28 x 21,43 μm ; Stadia II antara 57,62 x 46,73 μm – 58,13x7,33 μm dan stadia III antara 80,32x 69,29 μm – 80,88 x 69,62 μm .

Waktu pencapaian stadia akhir larva (plantigrade) tercepat terjadi pada perlakuan suhu 28 °C, salinitas 34 ‰ (BF, 18,93 hari) dan tidak berbeda nyata lebih kecil dari suhu 28 °C dan salinitas 32 ‰. (BE, 19,55 hari).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pimpinan dan teman-teman di Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut, serta C.V. Mina Mitra Usaha, atas bantuan yang diberikan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Affandi R., DS. Sjafei, MF. Rahardjo &, Sulistiono 2005. *Fisiologi Ikan*.

Pencernaan dan Penyerapan Makanan. Dep. Manajemen Sumberdaya Perairan. FPIK, IPB. Bogor

Alagarawami K, S. Dharmaraj, TS. Velayudhan, A. Chellam, ACC Victor & AD. Gandhi. 1983. *Larva Rearing and Production of Spat of Pearl Oyster Pinctada fucata (Gould)*. *Aquaculture 3*. Elsevier Science Publisher. B. V. Amsterdam. 287-301.

Alfaro, AC. 2005. Effect of Water Flow and Oxygen Concentration on Early Settlement of The Zealand Green-lipped Mussel, *Perna canaliculus*. *J. Aquaculture 246*: 285-294.

Anna, 2006. Mengenal Mutiara, Perhiasan Para Bangsawan. Warta Pasar Ikan. Ditjen. Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perikanan. DKP. Ed. Pebruari, No. 29: 4-6.

Asha, PS & P. Muthiah. 2005. Effects of Temperature, Salinity and pH on Larval Growth, Survival and Development of Sea cucumber *Holothuria spinifera* Theel. *J. Aquaculture 250*: 823-829.

Baker, P. 1994. Competency to Settle in Oyster Larvae, *Crassostrea virginica*. Wild versus hatchery-reared larvae. *J. Aquaculture 122*: 161-169.

Balai Budidaya Laut., 2001. Pembenuhan Tiram Mutiara (*Pinctada maxima*). Balai Budidaya Laut Lampung. Petunjuk Teknis (6): 61 hal.

_____. 2002. *Kultur Pakan Hidup*. Balai Budidaya Laut Lampung. Petunjuk Teknis (VII): 106 hal.

- Bayne, BL. 1983. Physiological ecology of marine molluscan larvae. *In: Tompa, AS., NH. Verdonk, JAMV. Biggeleer. The Mollusca. Development* 3(8): 299-336.
- Bayne, BL & RC. Newell. 1983. Physiological Energetics of Marine Molluscs. *In: A.S.M. Saleuddin and K.M. Wilbur (Editors). The Mollusca IV. Physiology. Part I.* Academic Press. New York.
- Chacon, O., MT. Viana, A. Farias, C. Vazques & Z. Garcia-Esquivel. 2003. Circadian metabolic rate and short-term response of juvenile green abalone (*Haliotis fulgens* Philippi) to three anesthetics. *J. Shellfish Res.* 22(1): 415-421.
- Crisp, DJ. 1974. Energy Relation of Marine Invertebrate Larvae. *Thalassia Jugosl.* 10: 103-120.
- Crisp, DJ. 1984. Energy flow measurements. *In: Holme, N.A., McIntyre, A.D. (Eds). Methods for the Study of Marine Benthos.* Blackwell Sc. Publ, Oxford, 284-372.
- Dame, RF. 1996. *Ecology of Marine Bivalves. An Ecosystem Approach.* CRC Press. Boca Raton. 254 pp.
- Dharmaraj. S. 1983. Oxygen Consumption in Pearl Oyster *Pinctada fucata* (Gould) and *Pinctada sugilata* (Reeve). *Proc. Symp. Coastal Aquaculture* 2: 627-632.
- Elliot, JM. & W. Davidson. 1975. Energy Equivalent of Oxygen Consumption in Animal Energetics. *Oecologia* 19: 195-201.
- Fassler, CR. 1995. Farming Jewels. New Developments in Pearl Farming. *J. World Aquaculture* 29 (3): 5-10.
- Gilles, R. & CH. Jeuniaux. 1979. Osmoregulation and Ecology in Media of Fluctuating Salinity. *In: Gilles, R. Mechanism of Osmoregulation in Animals. Maintenance of Cell Volume.* John Wiley & Sons. New York. 13: 581-604.
- Goddard, S. 1996. Feeding, Temperature and Water Quality. *In: Feed Management in Intensive Aquaculture.* 4: 51-73.
- Gosling, E., 2004. *Bivalve Molluscs. Biology, Ecology and Culture.* Fishing News Book. Great Britain.
- Gricourt, L., M. Mathieu & K. Kellner. 2006. An Insulin-Like System Involved in The Control of Pacific Oyster *Crassostrea gigas* Reproduction: hrIGF-1 Effect on Germinal Cell Proliferation and Maturation Associated with Expression Of an Homologous Insulin Receptor-related Receptor. *Aquaculture* 251: 85-98.
- Loosanof, V & H. Davis. 1963. Rearing of Bivalve Mollusks. US. Beureau of Commercial Fisheries Biological Laboratory. Mildford, Connecticut. 130p.
- Martinez-Fernandez, E., H. Acosta-Salmon, C. Rangel-Davalos, 2004. Ingestion and Digestion of 10 Species of Microalgae by Wing Pearl Oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) Larvae. *Aquaculture* 230: 417-423.
- Neter, J., W. Wesseran, & MH. Kutsner 1990. *Applied Linear Statistikal*

- Models. Regression, Analysis of Variance and Experimental Designs. 3rd Edition.* Toppan Copany, LTD. Tokyo, Japan. 1173 p.
- O'Connor, WA & NF. Lawler. 2004. Salinity and Temperature Tolerance of Embryos and Juveniles of The Pearl Oyster, *Pinctada imbricata* Roding. *J. Aquaculture* 229: 493-506.
- Pechenik, JA. 1980. Growth and energy balance during the larva lives of three prosobranch gastropods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 44: 1-28.
- Resgalla, C.Jr., ES. Brasil, KS. Laitano & RW. Reis Filho. 2007. Physioecology of the mussel *Perna perna* (Mytilidae) in Southern Brazil. *J. Aquaculture* 270: 464-474.
- Smaal, AC & J. Widdows. 1994. The scope for growth of bivalves as an integrated response parameter in biological monitoring. *In: Kramer, K.J.M. (Ed)., Bionitoring of coastal waters and estuaries.* CRC Press, Boca Raton, pp. 247-267.
- Soria, G, G. Merino & E. Von Brand. 2007. Effect of increasing salinity on physiological response in juvenile scallop *Agropecten purpuratus* at two rearing temperatures. *J. Aquaculture* 270: 451-463.
- Steel, RGD & JH. Torrie. 1993. Prinsip dan Prosedur Statistika. Suatu Pendekatan Biometrik. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 748 hal.
- Sulaiman, W., 2004. Analisis REGRESI Menggunakan SPSS. Contoh Kasus dan Pemecahannya. Andi Offset, Yogyakarta. 138 hal.
- Taylor, JJ., RA. Rose, PC. Southgate & CE. Taylor. 1997. Effects of Stocking Density on Growth and Survival of Early Juvenile Silverlip Pearl Oyster *Pinctada maxima* (Jameson) Held in Suspended Nursery Culture. *J. Aquaculture* 153: 31-40.
- Vernberg, WB. 1972. Metabolic-environmental interaction in the marine plankton. *Proceeding European Marine Biology Symposium. 5th, 1970.* pp: 189-196.
- Vernberg, WB & SU. Silverthorn. 1979. Temperature and Osmoregulation in Aquatic Species. *In. Gilles, R (ed). Mechanism of Osmoregulation in Animals. Maintenance of Cell Volume.* John Wiley & Sons. New York. 11:537-554.
- Wirahadikusumah, M., 1985. Biokimia: Metabolisme Energi, Karbohidrat dan Lipid. ITB, Bandung.
- Yukihira, H., JS. Lucas & DW. Klumpp. 2000. Comparative effects of temperature on suspension feeding and energy budgets of the pearl oyster *Pinctada maxima* and *P. Margaritifera*. *Marine Ecology., Prog. Ser.* 195: 179-17
- 2006. The pearl oyster, *Pinctada maxima* and *P. Margaritifera*, respon in different ways to culture in similar environments. *J. Aquaculture.* 252: 208-224.

Memasukkan: Maret 2009
Diterima: Juli 2009