

**PERUBAHAN TEKANAN MEDIA PEMELIHARAAN LARVA KERANG MUTIARA
(*Pinctada maxima*) TERHADAP DAYA REAKSI ENZIM PROTEASE DALAM
MEMACU PERTUMBUHAN DAN SINTASAN**

PRESSURE CHANGES IN MEDIA MAINTENANCE OF SHELL PEARL (Pinctada maxima) LARVAE ON PROTEASE ENZYME ACTIVITY ENHANCING GROWTH AND SURVIVAL

M.S. Hamzah

UPT. Loka Pengembangan Bio Industri Laut Mataram, Puslit. Oseanografi LIPI

Email : mats.cancuhou@yahoo.co.id

ABSTRACT

The growth of pearl shell oyster is influenced by nacre availability consisting of calcium carbonate. Nacre is identified as a protein metabolism product in pearl oyster. The aim of this study was to evaluate the effects of media level pressure in larva rearing tank on protease enzyme activity to promote growth performance and survival rate of Pinctada maxima larvae. The research was conducted from March 6th to May 7th 2015 in laboratorium of Mataram Marine Bio Industry Technical Implementation Unit, LIPI. "Chi-Square" test showed that survival rate of larvae at Umbo-veliger stage (planktonic) was significantly affected by water level pressure within 99% with ratio 1.00:1.61. In contrast, treatment with no water level pressure also significantly influenced the survival rate of larvae in spat stage within 99% confidence with ratio of 1.00:1.93. The highest average survival rate of larvae in umbo-veliger and spat stages were 13.10% and 2.60%, respectively. The effect of protease enzyme activity on calcium carbonate production to produce oyster shell are also discussed in this paper.

Keywords: *water level pressure, protease enzyme activity, survival rate, growth, larvae, P. maxima*

ABSTRAK

Pertumbuhan cangkang moluska termasuk kerang mutiara dipengaruhi oleh ketersediaan cairan nacre yang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) berupa lendir hasil metabolisme enzim dalam mencerna protein. Tujuan penelitian ini untuk melihat perubahan tekanan media pemeliharaan larva terhadap aktivitas enzim protease dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan sintasan. Penelitian dilakukan pada tgl. 6 Maret–7 Mei 2015 di laboratorium UPT. Loka Pengembangan Bio Industri Laut. Sintasan larva pada fase Umbo-veliger (bersifat planktonik) dipengaruhi secara nyata oleh perubahan tekanan media pemeliharaan pada tingkat kepercayaan 99% dengan perbandingan 1,00:1,61. Sementara uji "Chi-Square" larva pada fase spat (menempel) tercatat media pemeliharaan tanpa gerakan pola pasang-surut memberikan pengaruh sangat nyata (99%) dengan perbandingan 1,00:1,93. Persentasi sintasan rerata tertinggi dari fase Umbo-veliger sebesar 13,10% dan fase spat sebesar 2,60% tercatat pada media tanpa perubahan tekanan. Daya reaksi enzim protease kaitannya dengan produksi kandungan kadar kalsium karbonat sebagai bahan mineralisasi pembentukan cangkang kerang turut dibahas dalam makalah ini.

Kata kunci: *perubahan tekanan media air, daya reaksi enzim protease, sintasan, pertumbuhan, larva kerang mutiara, P. maxima.*

I. PENDAHULUAN

Teknologi budidaya kerang mutiara semakin berkembang dan didukung oleh hasil riset dari beberapa negara yang beriklim

tropis maupun subtropis yang dimuat dalam berbagai penerbitan jurnal internasional. Penerbitan yang telah dilakukan dijadikan sebagai pendekatan referensi dan acuan dalam peningkatan kualitas hasil pemijahan hingga

pembesaran di laut. Pertumbuhan cangkang kerang dan pembentukan butiran adalah hasil biomineralisasi dari lapisan cairan nacre yang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) (Naganuma *et al.*, 2014; Caiping *et al.*, 2005; Hamester *et al.*, 2012). Dikemukakan pula bahwa persentasi kandungan kalsium karbonat dalam cangkang kerang sebesar 95% sementara sisanya adalah kandungan bahan organik yang lain (Hamester *et al.*, 2012; Feng *et al.*, 2009)

Proses pembentukan cangkang larva kerang mutiara sangat ditentukan oleh ketersediaan kalsium karbonat yang diproduksi oleh enzim dalam mencerna protein. Sebagaimana dikemukakan oleh Naganuma *et al.* (2014) bahwa kegagalan pembentukan cangkang kerang mabe (*Pteria penguin*) pada fase *D-veliger* sangat ditentukan oleh ketersediaan komponen protein yang digunakan untuk proses metabolisme enzim dalam pembentukan cairan nacre yang menghasilkan elemen kristal kalsium karbonat (CaCO_3). Kekurangan cairan nacre dapat memperlambat pertumbuhan cangkang (Zaremba *et al.*, 1996; Weiner & Addadi, 1997; Fritz & Morse, 1998) dalam Blank *et al.* (2003). Cangkang moluska dan butiran mutiara dibentuk oleh mineral yang tersusun dari kandungan kristal kalsium karbonat (CaCO_3) dan polymer organik (Caiping *et al.*, 2005). Demikian juga penjelasan Feng *et al.* (2009) bahwa ketersediaan kandungan protein dalam daging sangat mempengaruhi endapan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam membentuk pertumbuhan cangkang melalui cairan nacre.

Cekaman kondisi lingkungan seperti suhu, salinitas dan perubahan tekanan pasang surut turut mempengaruhi kehidupan biota moluska yang hidup pada daerah intertidal. Sebagaimana dikemukakan Islami (2012) bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kehidupan moluska di laut pada daerah intertidal adalah selain faktor fisik termasuk pasang surut juga faktor kimia. Lebih lanjut dijelaskan bahwa pola agregasi, pergerakan, pertumbuhan, ukuran tumbuh dan ritme biologis dari moluska turut dipengaruhi oleh pa-

sang surut dimana terjadi fluktuasi harian pada naik turunnya permukaan air. Cekaman kehidupan moluska pada daerah intertidal yang diakibatkan oleh perubahan tekanan lingkungan secara fisik maupun kimia turut memicu reaksi metabolisme enzim dalam daging moluska. Sebagaimana dikemukakan oleh Wong & Cheung (2001) dalam Islami (2012) bahwa aktivitas makan kerang *Perna viridis* meningkat seiring dengan bertambahnya bahan organik dan turut dipengaruhi oleh gerakan pasang surut, penyerapan makanan tertinggi terjadi pada periode surut dan terendah pada periode pasang. Lebih lanjut dijelaskan bahwa kaitan dengan proses pencernaan menunjukkan aktivitas enzim α -amilase meningkat pada saat periode pasang purnama, sementara aktivitas selulase tidak memperlihatkan perbedaan nyata terkait dengan gerakan pasang surut. Zeng *et al.* (2009) mengemukakan bahwa kadar aktivitas enzim dalam daging kerang mutiara (*Pinctada martensii*) setelah dihidrolisasi dengan perlakuan suhu yang berbeda ternyata mengalami reaksi. Respon reaksi tinggi yang termasuk dalam komponen enzim protease adalah antara lain enzim alkalase yaitu $4,84 \pm 0,9 \text{ mL}^{-1}$ pada kondisi suhu 50°C dengan kadar pH 8,0 dan disusul reaksi enzim pancreatin yaitu $4,79 \pm 0,89 \text{ } \mu\text{mol/ml/ menit}$ pada suhu 37°C dengan kadar pH 8,0.

Pengamatan yang terfokus pada perubahan tekanan lingkungan secara fisik dengan pola gerakan pasang dan surut terutama bagi kehidupan kerang mutiara pada fase larva hingga menempel pada kolektor di laboratorium masih sangat jarang dilakukan. Perubahan tekanan media pemeliharaan larva dapat berpengaruh terhadap reaksi enzim protease dalam memacu pertumbuhan cangkang. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati reaksi enzim protease yang memproduksi cairan nacre sebagai bahan organik dalam pembentukan elemen-elemen kristal yang mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) untuk pertumbuhan cangkang kerang. Luaran hasil penelitian ini dapat dijadikan tambahan referensi dan acuan dalam mendesain

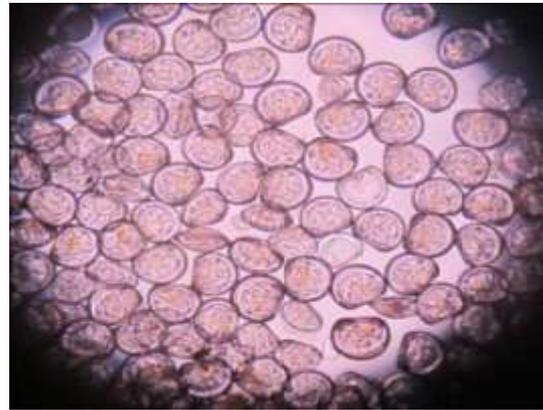
pengembangan penelitian lebih lanjut, terutama pasca pemeliharaan larva kerang mutiara hingga menempel pada kolektor di laboratorium.

II. METODA PENELITIAN

2.1. Pemijahan Induk Kerang Mutiara (*P. maxima*)

Larva kerang mutiara (*P. maxima*) fase *D-veliger* (bersifat planktonik) diperoleh dari hasil pemijahan "PT. Autore Pearl Culture" (Gambar 1) yang berlokasi di Teluk Nare dan berjarak kurang dari 1 km dari laboratorium UPT. Loka Pengembangan Bio Industri Laut Mataram. Induk kerang mutiara yang dipijahkan berasal dari induk F1 sebanyak 40 ekor yang sudah matang gonad terdiri dari 21 jenis jantan dan 19 ekor jenis betina dengan ukuran lebar cangkang berturut-turut antara 12,0-14,7 cm dengan bobot tubuh antara 550-730 gr dan antara 12,6-14,6 cm dengan bobot tubuh antara 550-660 gr. Namun dalam waktu proses rangsangan pemijahan dengan menggunakan kejutan suhu ternyata yang respon memijah hanya 19 ekor yang terdiri dari 8 ekor jenis jantan dan 11 ekor betina. Jumlah telur yang dibuahi sebanyak kurang lebih 77,46 juta. Telur-telur yang dibuahi ditampung dalam bak fibre kapasitas muat 5 ton air sebanyak 5 buah bak dengan padat tebar kurang lebih 15.000.000/bak. Proses pemeliharaan selama 24 jam dalam bak-bak tersebut tidak diberi pakan, kecuali sedikit suplai oksigen terlarut hingga mencapai fase *D-veliger*. Selanjutnya dilakukan penyaringan larva dengan menggunakan saringan net plankton (screen net) dengan ukuran mata cukup besar yaitu 75 μm , 63 μm dan 57 μm yang disusul berdasarkan ukuran mata besar lapisan bagian atas dan terkecil lapisan paling bawah. Tujuan menggunakan saringan ukuran ini adalah untuk mendapatkan kualitas larva dengan indikator berukuran besar, sehingga diharapkan sintasan dan pertumbuhan yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan ukuran larva yang kecil. Sampel larva setelah mencapai fase *D-veliger*. Larva

fase *D-veliger* diangkut menggunakan galon air kapasitas 20 liter berjumlah kurang lebih 1,5 juta larva dan selanjutnya dilakukan pengamatan di laboratorium UPT. Loka Pengembangan Bio Industri Laut Mataram.



Gambar 1. Morfologi larva fase *D-veliger* setelah 24 jam pemeliharaan di bak penampungan.

2.2. Pemeliharaan Larva pada Bak Uji

Bak uji menggunakan aquarium kaca dengan luas 26 cm x 52 cm dan tinggi 51 cm dengan kapasitas muat \pm 68 liter berjumlah 8 buah dan ditebar larva fase *D-veliger* sebanyak 20.000 larva/bak dengan volume areal renang tiap larva 3,4 ml. Sedangkan bagi perusahaan skala industri padat tebar larva fase *D-veliger* sebanyak 10.000.000 larva dalam 5 ton air dengan rincian volume renang tiap larva 2 ml (hasil wawancara teknis Lab. PT. Autore Pearl Culture). Bak aquarium tersebut dibagi menjadi 2 bagian yaitu 4 buah dijadikan sebagai ulangan perlakuan uji perubahan tekanan pola gerakan pasang surut dan sisanya (4 buah) sebagai pembandingan tanpa perubahan tekanan (media diam). Bak uji diletakan di atas meja dengan tinggi 40 cm dan saling berhadapan serta diatur secara acak (Gambar 2). Aquarium uji yang diberi perlakuan perubahan tekanan dipasang selang aerasi diameter 4,8 mm masuk melalui pipa paralon 0,5 inch dan pada ujung pipa dipasang net plankton ukuran mata 25 μm , sehingga pada saat air mengalir ke wadah plastik kapasitas 20 liter larva tidak



Gambar 2. Aquarium yang digunakan untuk pengamatan perubahan tekanan pola gerakan pasang (A) dan penyedotan air pola gerakan surut (B).

ikut tersedot. Pipa paralon dan selang aerasi sama panjang dan di masukan kedalam bak uji hingga kedalaman 20cm dari permukaan, sebanding dengan air yang tersedot sebanyak 20 liter. Perubahan tekanan air dialirkan melalui selang yang dilengkapi dengan keran aerasi sebagai pengatur debit air, maka posisi wada penampung air lebih rendah dari bak uji dan sebaliknya pengembalian pengisian air semula, maka wada diletakan lebih tinggi dari bak uji. Perhitungan periode waktu penyedotan air keluar dan masuk melalui selang aerasi dalam bak uji digunakan waktu daftar pasang surut. Contoh waktu periode surut atau pasang dalam daftar pasut tercatat 3,3 jam, maka perhitungan penyedotan air bak uji adalah sebagai berikut: sampel air 100 mL tersedot dengan waktu 1 menit, maka dalam jumlah 20 liter waktu dibutuhkan adalah $20 \text{ liter } (20.000 \text{ mL}) / 100 \text{ mL} = 200 \text{ menit} / 60 \text{ menit} = 3,3 \text{ jam}$.

Alat pengukur tekanan air media pemeliharaan larva beberapa kedalaman menggunakan kamera digital merek: *Nikon Coolpix aw120 underwater* dan hasilnya terlihat pada Tabel 1. Pengamatan perubahan tekanan air dalam bak uji sebagai batas penyedotan media dilakukan pada kedalaman 20cm dengan nilai tekanan air sebesar 1,033 bar. Rentang waktu penyedotan air melalui selang aerasi diukur disesuaikan dengan lamanya

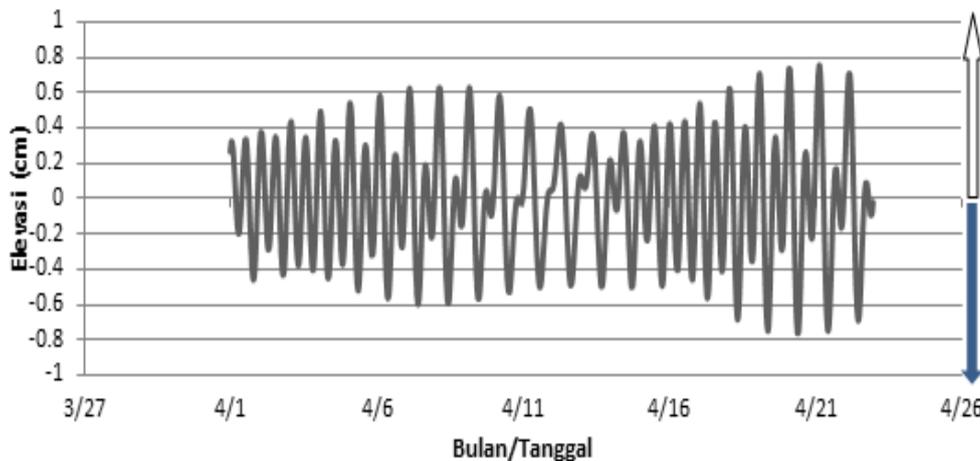
waktu periode pasang dan surut dengan menggunakan daftar pasang surut dan stop sementara pada saat pergantian air 50%/2 hari dan 100%/4 hari (Gambar 3). Bersamaan dengan pergantian air total (100 %) pada media bak uji tiap 4 hari, maka dilakukan pengukuran kualitas air antara lain suhu, salinitas dan derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat termometer batang, refraktometer dan pH meter *HANNA HI91 24N*.

Pemberian pakan campuran diberikan 2 kali sehari yaitu pagi dan sore hari dengan jenis *Pavlova luteri*, *Chaetoceros* spp. dan *Isochrysis galbana*. Penebaran kolektor dalam bak uji dengan ukuran luas 20cm x 30cm dilakukan setelah larva mencapai fase *eye spot* kurang lebih 75% sebanyak 3 lembar/bak uji. Pengamatan ini dilakukan hingga larva semua menempel pada kolektor dan selanjutnya dibesarkan hingga pada hari ke 60 di dalam bak uji. Hasil pembesaran benih diseleksi ukuran besar sebanyak 48 ekor dengan rincian 6 ekor tiap bak uji untuk kebutuhan analisa enzim dan kandungan kadar kalsium karbonat cangkang diukur menggunakan alat *kalipper digital* dan timbangan digital merek *BSA323S-CW, d = 1mg*.

Indikator penentuan ukuran pertumbuhan dan sintasan larva terutama pada fase *Umbo-veliger* dan *Pedi-veliger* yang masih bersifat planktonik diketahui dari saringan ukuran mata net plankton (screen net) yaitu

Tabel 1. Hasil pengukuran rerata tekanan air dalam bak uji dengan menggunakan kamera digital merek : *Nikon Coolpix aw120 underwater*.

| Kedalaman media uji | Suhu (°C) | hPa (Alat ukur) | Konversi tekanan | | | | |
|---------------------|-----------|-----------------|------------------|------------|----------|-------|---------|
| | | | Pascal | cmHg | mmHg | Bar | atm |
| Udara | 27,7 | 1.011 | 101.100 | 75,8312378 | 758,3124 | 1,011 | 1,03093 |
| Permukaan | 27,6 | 1.014 | 101.400 | 76,0562564 | 760,5626 | 1,014 | 1,03399 |
| 10 cm | 27,6 | 1.022 | 102.200 | 76,6563057 | 766,5631 | 1,022 | 1,04215 |
| 20 cm | 27,5 | 1.033 | 103.300 | 77,4813736 | 774,8137 | 1,033 | 1,05337 |
| 30 cm | 27,5 | 1.043 | 104.300 | 78,2314353 | 782,3144 | 1,043 | 1,06356 |
| 40 cm | 27,3 | 1.055 | 105.500 | 79,1315093 | 791,3151 | 1,055 | 1,07580 |



Keterangan.: Panah warna putih = periode waktu pasang & panah warna biru = periode waktu surut (Balai Penelitian dan Observasi Laut-KKP, Sembrana-Bali, 2015).

Gambar 3. Prediksi pasang surut Lombok Utara tgl. 27/3-26/4 -2015.

180 μm , 100 μm dan 60 μm . Jumlah larva yang tertahan pada masing-masing ukuran mata saringan dipisahkan dan selanjutnya dihitung menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100x.

Selanjutnya alat "*Sedgewik Rafter*" dipasang di bawah lensa okuler mikroskop untuk menghitung sampel larva dan diulang 3 kali, sehingga jumlah larva pada masing-masing ukuran saringan dapat diketahui. Sementara larva fase juvenil (menempel) pada kolektor dan dinding bak uji dihitung secara visual menggunakan kaca pembesar dan alat hitung (hand counter). Perkembangan fase larva dan juvenil (menempel) serta dibesarkan hingga mencapai fase anakan terlihat pada Tabel 2.

2.3. Daya Reaksi Enzim Protease dan Kandungan Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Analisa daya reaksi enzim protease dan kandungan kalsium karbonat anakan kerang mutiara (*P. maxima*) dilakukan di Lab. Kimia, Univ. Brawijaya sebanyak 48 ekor dengan rincian 24 ekor untuk media perubahan tekanan dan 24 ekor untuk perlakuan netral (media diam). Daging kerang untuk analisa reaksi enzim protease tiap perlakuan diulang 4 kali dan tiap unit ulangan sebanyak 6 ekor. Hal yang sama dilakukan analisa kandungan kadar kalsium karbonat (CaCO_3) dengan menggunakan metoda AAS dengan tujuan untuk mengetahui daya reaksi enzim protease hubungannya dengan pertumbuhan cangkang.

Tabel 2. Hasil pengamatan perkembangan larva kerang mutiara hingga menjadi spat (benih) pada hari ke 60 di laboratorium. Klasifikasi penentuan fase mengikuti prosedur Haws and Ellis (2000).

| No | Gambar | Fase | Keterangan |
|----|---|--|--|
| 1 |  | Embriogenesis (Plantonik) <i>D-Veliger</i> | Cangkang larva berbentuk <i>D</i> , garis ensel (hinge) telah tampak. Umur : 2hari (24 jam) |
| 2 |  | <i>Umbo-veliger</i> | Dua sisi cangkang telah terbentuk setelah adanya tonjolan pada bagian dorsal. Umur : 14hari |
| 3 |  | <i>Eye - spot</i> | Bintik hitam kecil pada dua sisi cangkang mulai tampak setelah berumur 16-17 hari. Bintik hitam ini menggambarkan larva mulai menempel dan kolektor segera ditebarkan dalam bak pemeliharaan Umur antara : 16-17 hari |
| 4 |  | <i>Pedi-veliger</i> (<i>Umbo akhir</i>) | Kaki bysus mulai tampak dan menonjol pada bagian dorsal yang digunakan untuk menempel pada substrat/kolektor. Umur : 20 hari |
| 5 |  | <i>Metamorfosis</i> (<i>Bentik</i>) <i>Plantigrade</i> | Larva masuk dalam fase transisi akhir plantonik. Cangkang telah sempurna lengkap dengan anterior, posterior dan bysus serta mulai proses menempel pada kolektor. Umur 22 hari |
| 6 |  | <i>Spot (juvenil)</i> | Larva berkembang dan tumbuh menjadi fase juvenil (spot) dalam keadaan menempel pada substrat/kolektor Umur antara : 35-40 hari |
| 7 |  | <i>Spat</i> | Bentuk morfologi terutama cangkang telah sempurna menyerupai bentuk anakan kerang mutiara Umur : 60 hari |

Prosedur kerja untuk uji daya reaksi enzim protease berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Simonian (2002) dalam Amalia (2011) adalah sebagai berikut: Sampel 1 mL ekstrak kasar enzim dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambahkan 2,5 mL larutan kasein 1% dalam buffer fosfat pada pH 6,5. Selanjutnya diinkubasi dalam water-bath pada suhu 37°C selama 10 menit dan ditambahkan 2,5 mL larutan TCA 5%, didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar. Kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 5 menit dan diambil filtratnya. Diukur absorbansinya dengan menggunakan *spektrofotometer UV-Vis* pada panjang gelombang (λ) 275,2 nm, untuk blanko digunakan larutan enzim dengan perlakuan yang sama, tetapi penambahan TCA dilakukan sebelum penambahan substrat. Daya reaksi enzim protease dihitung melalui kadar tirosin yaitu pengkonversian nilai absorbansi protease pada standar tirosin dengan menggunakan persamaan regresi kurva baku Tiro-sin menurut rumus yang dikembangkan oleh Simonian (2002) dalam Amalia (2011) yaitu:

$$Y = 0,007x \dots \dots \dots (1)$$

dimana: Y=absorbansi, x=konsentrasi.

Sementara penentuan aktivitas enzim protease dinyatakan dalam satuan unit. Dimana 1 unit adalah jumlah μmol tirosin yang terbentuk pada setiap 1 mL enzim/menit. Penentuan aktivitas enzim protease mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$AE = \frac{[\text{Tirosin}]}{\text{BM Tirosin}} \times \frac{V}{pq}$$

dimana: AE=aktivitas enzim (unit), V= volume sampel tiap tabung (1 mL)
BM=berat molekul Tirosin (1 mL) (181 $\mu\text{g}/\mu\text{mol}$), q=waktu reaksi (1 mL) (10 menit), p=volume ekstrak kasar protease (1 mL).

Data sintasan anakan kerang mutiara pada fase *Umbo-veliger* yang bersifat planktonik dan fase *juvenil* (menempel) dianalisa

dengan menggunakan uji “*Chi Square*” (Gaspersz, 1989).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kandungan Kalsium Karbonat

Hasil kandungan kadar kalsium karbonat (CaCO_3) cangkang kerang mutiara tiap unit ulangan perlakuan dan kadar tirosin dihitung melalui konversi nilai absorbansi protease pada persamaan regresi kurva standar Tiro-sin ($Y = 0,007x$) (Tabel 3). Tabel tersebut terlihat bahwa kandungan kadar kalsium karbonat (CaCO_3) cangkang kerang mutiara cenderung lebih tinggi tercatat pada perlakuan media yang digerakan mengikuti pola pasang dan surut yaitu nilai rerata sebesar $94,873 \pm 0,04$ % dengan daya reaksi enzim protease rerata sebesar 0,0518 Unit. Sementara benih kerang mutiara yang dipelihara pada perlakuan media yang netral (diam) diperoleh kadar kandungan kalsium karbonat sedikit lebih rendah yaitu nilai rerata sebesar $94,302 \pm 0,04$ % dengan daya reaksi enzim protease rerata sebesar 0,0485 Unit.

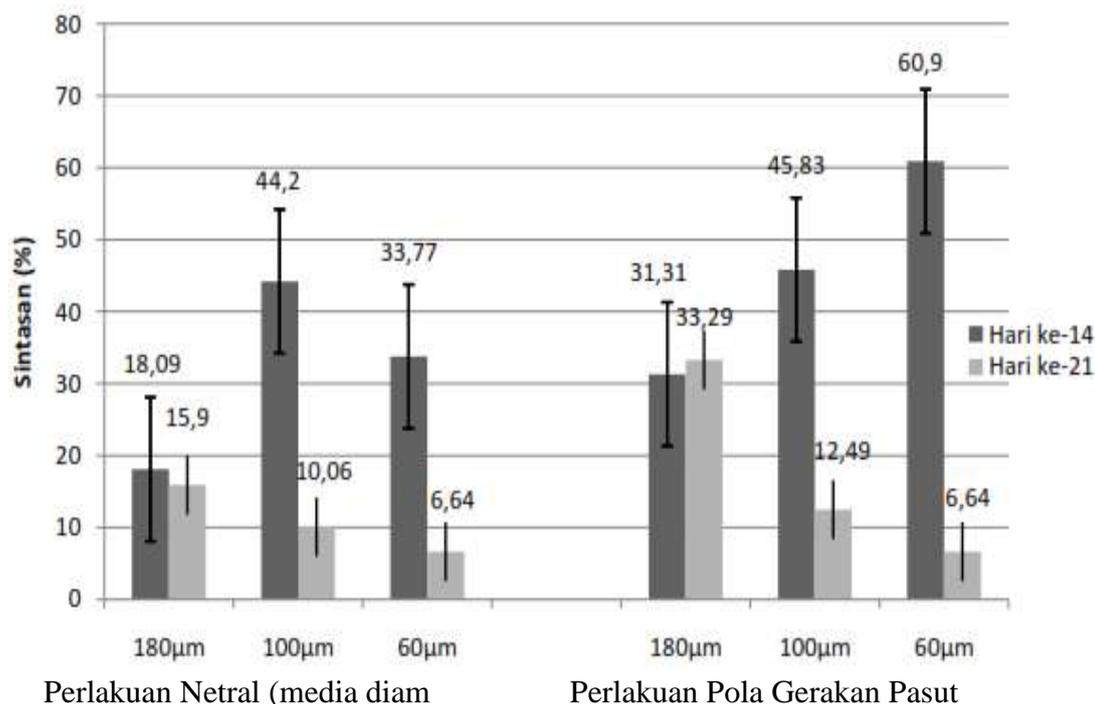
3.2. Sintasan dan Pertumbuhan Fase *Umbo-veliger* & *Pedi-veliger*

Hasil pengamatan sintasan pada fase *Umbo-veliger* dan *Pedi-veliger* berdasarkan perlakuan perubahan pola gerakan pasut (air naik dan turun) dan netral (media diam) terlihat pada Gambar 4. Gambar ini terlihat bahwa sintasan pada kedua fase ternyata cenderung lebih menguntungkan tercatat pada perlakuan pola gerakan pasang dan surut (perubahan tekanan) dibandingkan terhadap perlakuan netral (media diam). Keadaan ini secara imperisasi terlihat pada uji “*Chi-Square*” terutama sintasan larva pada fase *Umbo-veliger*. Hasilnya memperlihatkan bahwa persentasi sintasan larva fase *Umbo-veliger* yang dipelihara pada perlakuan media pemeliharaan yang berbeda memberikan pengaruh sangat nyata pada tingkat keyakinan 99% dengan perbandingan 1,00:1,61. Keberhasilan larva yang dipelihara pada

Tabel 3. Hasil kadar kalsium karbonat (CaCO₃) cangkang kerang dan daya reaksi enzim protease hubungannya dengan sintasan dan pertumbuhan cangkang.

| Ulangan | Perlakuan | Absorbansi | Konsentrasi Tirosin µg/ml | Daya Reaksi Enzim Protease | | Kadar Kalsium Karbonat Cangkang (CaCO ₃) (%) |
|---------|-----------|------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---|
| | | | | µmol/mL .menit ⁻¹⁰ | µmol/mL .menit ⁻¹ | |
| 1 | PS1 | 0,666 | 95,143 | 0,525 | 0,0525 | 94,86±0,03 |
| 2 | PS2 | 0,633 | 90,429 | 0,499 | 0,0499 | 94,70±0,05 |
| 3 | PS3 | 0,656 | 93,714 | 0,518 | 0,0518 | 95,06±0,04 |
| 4 | PS4 | 0,671 | 95,857 | 0,529 | 0,0529 | 94,87±0,04 |
| | Rerata | 0,656 | 93,668 | 0,518 | 0,0518 | 94,873±0,04 |
| 1 | N1 | 0,611 | 87,286 | 0,481 | 0,0481 | 94,38±0,02 |
| 2 | N2 | 0,609 | 86,88 | 0,482 | 0,0482 | 94,00±0,05 |
| 3 | N3 | 0,613 | 87,571 | 0,484 | 0,0484 | 94,45±0,05 |
| 4 | N4 | 0,624 | 89,143 | 0,493 | 0,0493 | 94,30±0,04 |
| | Rerata | 0,614 | 87,72 | 0,485 | 0,0485 | 94,302±0,04 |

Keterangan : PS= Perlakuan pola gerakan air turun (surut) dan naik (pasang) media pemeliharaan larva mengikuti waktu daftar pasut pada periode waktu penelitian yang sama. N = Media uji netral (media diam). PS dan N adalah perlakuan yang diuji dan masing-masing perlakuan diulang 4 kali (sebagai ulangan perlakuan).



Keterangan: Larva fase *Umbo-veliger* = larva bersifat planktonik yaitu berenang-renang memutar sesuai arah jarum jam memenuhi kolom air mencari makanan.

Gambar 4. Persentasi sintasan rerata larva kerang mutiara fase *Umbo-veliger* (hari ke-14) dan *Umbo-akhir* (hari ke-21) berdasarkan ukuran pertumbuhan pada perlakuan media pemeliharaan yang berbeda.

media perlakuan mengikuti pola gerakan pasang dan surut diduga sebagai akibat pengadukan massa air, sehingga memungkinkan pakan yang diberikan menyebar merata dan mudah dimangsa oleh larva kerang mutiara yang masih bersifat planktonik. Dugaan ini diperkuat oleh hasil penelitian Wong & Cheung (2001) dalam Islami (2012) bahwa aktivitas makan kerang *Perna viridis* meningkat seiring dengan bertambahnya bahan organik dan turut dipengaruhi oleh gerakan pasang surut, penyerapan makanan tertinggi terjadi pada periode surut dan terendah pada periode pasang. Kaitan dengan proses pencernaan memperlihatkan aktivitas enzim α -amilase meningkat pada saat periode pasang purnama, sementara aktivitas selulase tidak memperlihatkan perbedaan nyata terkait dengan gerakan pasang surut. Lebih lanjut dijelaskan pula faktor fisik antara lain dorongan air pasang dan surut diketahui berpengaruh terhadap penyebaran, perkembangan, ritme biologis, fisiologis dan aspek x lainnya pada moluska.

Pertumbuhan larva berdasarkan ukuran mata screen net (180 μm , 100 μm dan 60 μm) ternyata cenderung lebih cepat tumbuh tercatat pada perlakuan mengikuti pola gerakan pasang seperti terlihat pada Gambar 4. Gambar ini terlihat bahwa larva fase *Umboveliger* maupun fase *Pedi veliger* yang dipelihara pada media yang diberi perlakuan yang berbeda, ternyata media yang digerakkan mengikuti pola pasang dan surut mendominasi ukuran pertumbuhan besar baik pada umur 14 hari maupun 21 hari dibandingkan dengan media netral (diam). Perlakuan media yang digerakkan mengikuti pola pasang dan surut tercatat larva pada umur 14 hari dengan ukuran mata screen net 180 μm , 100 μm dan 60 μm diperoleh jumlah sintasan larva berturut-turut sebesar 31,31%; 45,83% dan 60,9% dan pada umur 21 hari sebesar 33,29%; 12,49% dan 6,64%. Sementara perlakuan media diam sintasan larva pada umur 14 hari tercatat sedikit menurun yaitu 18,09%; 44,2% dan 33,77 %, dan pada umur 21 hari diperoleh 15,9%; 10,06% dan 6,64%.

Kecepatan tumbuh larva yang dipelihara pada media mengikuti pola gerakan pasang dan surut adalah dimungkinkan adanya reaksi enzim dalam tubuh larva yang memicu pertumbuhan yaitu salah satu diantaranya adalah reaksi enzim protease seperti terlihat pada Tabel 2 di atas. Pada tabel ini terlihat bahwa daya reaksi enzim protease rerata benih kerang mutiara dipelihara pada media yang diberi perlakuan mengikuti gerakan pasang dan surut cenderung lebih tinggi yaitu 0,0518 $\mu\text{mol/mL}$.menit-1 (Unit) dengan kandungan kadar kalsium karbonat (CaCO_3) rerata sebesar 94,873 \pm 0,04%. Sementara daya reaksi enzim protease rerata yang tercatat pada perlakuan media diam adalah sedikit rendah yaitu 0,0485 $\mu\text{mol/mL}$.menit-1 (Unit) dengan kadar kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) rerata sebesar 94,302 \pm 0,04 %.

Kadar kalsium karbonat (CaCO_3) yang terkandung dalam cangkang kerang mutiara merupakan hasil produksi dari metabolisme reaksi enzim dalam mencerna protein yang hasilnya sebagian dalam bentuk cairan nacre. Hal ini dapat diduga bahwa semakin tinggi kadar kalsium karbonat yang terkandung dalam cangkang adalah berbanding lurus dengan tingginya daya metabolisme reaksi enzim dalam mencerna protein untuk pertumbuhan. Dugaan ini diperkuat oleh beberapa hasil riset seperti yang telah dijelaskan terdahulu antara lain yaitu Nagamura *et al.* (2014) bahwa kegagalan pembentukan cangkang kerang mabe (*Pteria penguin*) pada fase *D-veliger* sangat ditentukan oleh ketersediaan komponen protein yang digunakan untuk proses metabolisme enzim dalam pembentukan cairan nacre yang menghasilkan elemen kristal kalsium karbonat (CaCO_3). Kekurangan cairan nacre dapat memperlambat pertumbuhan cangkang (Zarrema *et al.*, 1996; Weiner & Addadi, 1997; Fritz & Morse, 1998) dalam Blank *et al.* (2003). Cangkang moluska dan butiran mutiara dibentuk oleh mineral yang tersusun dari kandungan kristal kalsium karbonat (CaCO_3) dan polymer organik (Caiping *et al.*,

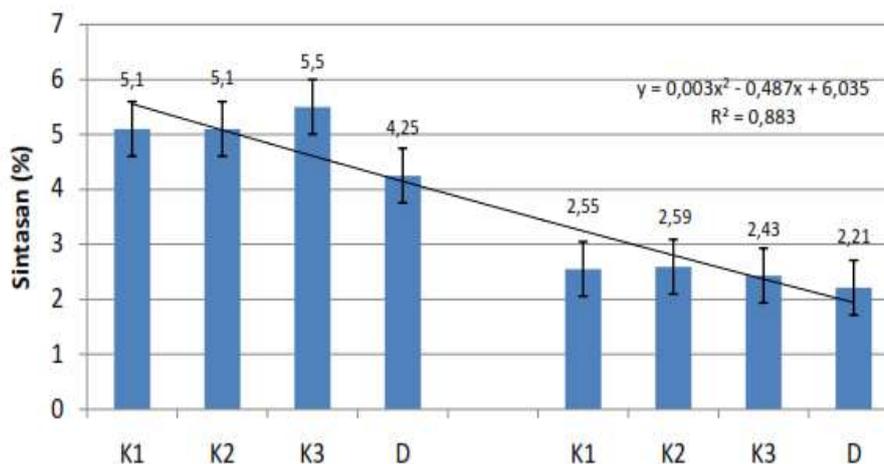
2005). Demikian juga penjelasan Feng *et al.* (2009) bahwa ketersediaan kandungan protein dalam daging sangat mempengaruhi endapan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam memben tuk pertumbuhan cangkang melalui cairan nacre. Dijelaskan terdahulu bahwa persentasi kandungan kalsium karbonat dalam cangkang kerang sebesar 95%, sementara sisanya adalah kandungan bahan organik yang lain (Hamester *et al.*, 2012; Feng *et al.*, 2009)

3.3. Sintasan dan Pertumbuhan Fase Juvenil

Sintasan pada fase juvenil kerang mutiara berdasarkan perlakuan media diam dan perubahan tekanan mengikuti pola pasut terlihat pada Gambar 5. Gambar ini terlihat bahwa sintasan tertinggi pada fase juvenil (menempel) tercatat pada perlakuan media netral yaitu sebesar 19,95% yang terdiri dari menempel pada kolektor 15,7% dan dinding

4,25%. Sementara media yang diberi tekanan mengikuti pola gerakan pasang dan surut cenderung lebih menurun yaitu hanya sebesar 9,78% terdiri dari menempel dikolektor 7,57% dan didinding bak uji 2,21%. Nilai diterminasi ($R^2 = 0,883$) menggambar bahwa pemeliharaan larva dalam bak uji yang diberi perlakuan mengikuti gerakan pasut dan media diam berpengaruh nyata terhadap sintasan sebesar 88,3%, sementara sisanya sebesar 11,7% adalah pengaruh faktor luar yang tidak dapat dijelaskan dalam model.

Uji “*Chi-Square*” terhadap sintasan juvenil yang diberi perlakuan media diam dan pola gerakan pasut memperlihatkan hasil sangat berpengaruh nyata dengan tingkat keyakinan 99% dengan perbandingan 1,00: 1,93. Rendahnya nilai sintasan yang tercatat pada perlakuan pola gerakan pasut adalah diduga lebih diakibatkan oleh faktor fisik yaitu pengeringan dinding bak uji selama



Perlakuan netral (media diam) Perlakuan pola gerakan pasut

Keterangan : Larva fase *spat* = larva bersifat benthik yaitu larva dalam keadaan menempel pada substrat/kolektor, sehingga makanan (phytoplankton) yang diperoleh sangat tergantung dari gerakan massa air (arus). Perlakuan pola gerakan pasut, larva yang menempel dekat lapisan permukaan bak uji akan mengalami kekeringan pada waktu periode surut. Sementara perlakuan netral (diam) larva yang menempel pada dinding bak uji tidak mengalami kekeringan.

Gambar 5. Persentasi sintasan rerata larva kerang mutiara fase *spat* (hari ke-40) berdasarkan daya penempelan pada kolektor (K1-K3) dan dinding bak aquarium (D) pada perlakuan media pemeliharaan yang berbeda.

periode waktu penyedotan media, sehingga juvenil yang menempel pada dinding bak kedalaman 20 cm dari permukaan mengalami kekeringan, akhirnya stres dan mati. Hasil riset di laboratorium memperlihatkan bahwa tingkah laku larva kerang mutiara (*P. maxima*) lebih senang menempel pada kolektor warna hitam yang cenderung berada pada lapisan dekat permukaan (Hamzah, 2013). Demikian juga halnya dengan sifat sebaran larva kerang mabe (*Pteria penguin*) (Hamzah, 2007). Dari kedua hasil riset ini diduga bahwa rendahnya nilai persentase sintasan yang tercatat pada perlakuan pola gerakan pasang dan surut terutama fase *juvenil* (menempel) adalah lebih cenderung diakibatkan karena mengalami kekeringan selama periode surut (penyedotan media).

Nilai selisih determinasi sebesar 11,7% yang tidak dapat dijelaskan dalam model adalah diduga merupakan faktor fisik luar yaitu kekeringan yang turut mempengaruhi kehidupan *juvenil* yang menempel pada dinding bak uji. Sebagaimana dikemukakan oleh Islami (2012) bahwa masalah utama bagi organisme yang hidup di daerah intertidal adalah kekeringan pada waktu periode surut yakni minimnya air, bahkan terjadi pengeringan total pada intertidal bagian atas pada saat pasang purnama. Sifat organisme untuk mempertahankan hidupnya pada kondisi demikian adalah menghindar, bersembunyi dan mencari tempat yang basah. Demikian juga penjelasan Hamzah (2015) bahwa salah satu sifat hidup moluska contoh, *Turbo chrysostomus* yang sering naik ke permukaan wadah hingga mengering merupakan pemicu faktor kematian, bila tidak segera diselamatkan.

Pertumbuhan cangkang kerang mutiara yang dipelihara pada media mengikuti pola gerakan pasut dan media diam terlihat pada Tabel 4. Tabel ini memperlihatkan bahwa pertumbuhan rerata lebar, tinggi dan bobot tubuh cangkang cenderung lebih tinggi dipelihara pada perlakuan media mengikuti pola gerakan pasut yaitu berturut-turut 5,855 mm; 1,0225 mm dan 0,008 gr, sementara

untuk media diam tercatat 5,489 mm; 0,999 mm dengan bobot tubuh 0,007gr. Tingginya nilai pertumbuhan yang tercatat pada perlakuan mengikuti pola gerakan pasut adalah diduga berkaitan dengan daya metabolisme reaksi enzim protease dalam mencerna protein. Hal ini diindikasikan dari kandungan kadar kalsium karbonat (CaCO_3) rerata sebesar $94,873 \pm 0,04\%$ dengan daya reaksi enzim protease $0,0518 \mu\text{mol/mL}\cdot\text{menit}^{-1}$ (Unit) tercatat pada perlakuan pola gerakan pasut, sementara perlakuan media diam kandungan kadar kalsium karbonat (CaCO_3) sedikit rendah yaitu $94,302 \pm 0,04\%$ dengan daya reaksi enzim protease sebesar $0,0485 \mu\text{mol/mL}\cdot\text{menit}^{-1}$ (Unit). Mouries *et al.* (2002) mengemukakan bahwa hasil analisa karakterisasi protein melalui kandungan cairan nacre kerang mutiara (*P. maxima*) dengan menggunakan metoda *SDS-PAGE* ditemukan bend marker lebih kontras pada kisaran antara 14-96 kDa. Cangkang moluska dan butiran mutiara dibentuk oleh mineral yang tersusun dari kandungan kristal kalsium karbonat (CaCO_3) dan polymer organik (Caiping *et al.*, 2005). Demikian juga penjelasan Feng *et al.* (2009) bahwa ketersediaan kandungan protein dalam daging sangat mempengaruhi endapan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam membentuk pertumbuhan cangkang melalui cairan nacre.

3.4. Kualitas Air

Pengamatan kualitas air selama periode pengamatan terutama pada larva yang masih bersifat planktonik (*Umbo-veliger* dan *Pedi-veliger*) dan fase juvenil (menempel) ditunjukkan pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat bahwa fluktuasi suhu bak uji selama periode pengamatan pada fase planktonik maupun bentik tidak jauh berbeda yaitu bervariasi antara $27-29^\circ\text{C}$ dengan nilai rerata harian $28,0^\circ\text{C}$. Variasi kadar salinitas harian antara 32,5-34,5 ppt dengan nilai rerata harian 33,43 ppt, sementara nilai derajat keasaman harian bervariasi antara 7,5-7,8. Variasi kondisi suhu hasil riset dari penelitian ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian

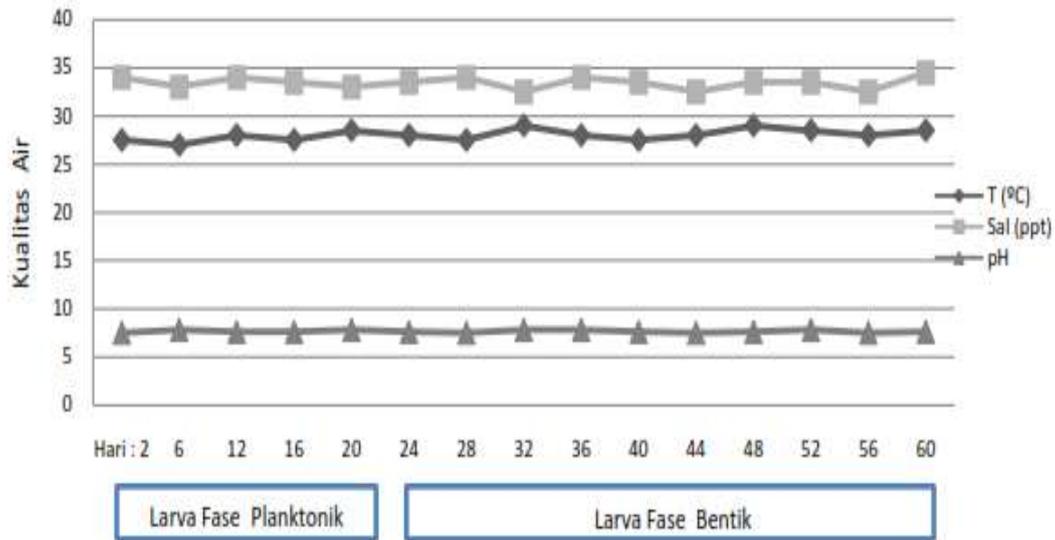
Tabel 4. Pertumbuhan kerang mutiara fase juvenil berdasarkan metoda media pemeliharaan yang berbeda.

| Perlakuan | Perubahan Tekanan | | | | Perlakuan | Netral (Media diam) | | | |
|-----------|-------------------|------------|------------|------------|-----------|---------------------|------------|------------|------------|
| | UI | LC (mm) | TC (mm) | BT (gr) | | UI | LC (mm) | TC (mm) | BT (gr) |
| PS.1 | 1 | 6,93 | 1,12 | 0,012 | N.1 | 1 | 5,32 | 1,11 | 0,011 |
| | 2 | 6,76 | 1,12 | 0,012 | | 2 | 5,17 | 1,11 | 0,011 |
| | 3 | 7,15 | 1,16 | 0,013 | | 3 | 5,99 | 1,01 | 0,006 |
| | 4 | 6,24 | 1,12 | 0,012 | | 4 | 4,45 | 1,01 | 0,002 |
| | 5 | 5,65 | 1,11 | 0,011 | | 5 | 4,85 | 0,55 | 0,003 |
| | 6 | 6,73 | 1,13 | 0,011 | | 6 | 5,8 | 1,12 | 0,012 |
| PS.2 | 1 | 5,45 | 1,11 | 0,004 | N.2 | 1 | 5,73 | 1,12 | 0,011 |
| | 2 | 5,56 | 1,05 | 0,005 | | 2 | 5,76 | 1,11 | 0,011 |
| | 3 | 4,62 | 1,04 | 0,002 | | 3 | 4,76 | 0,56 | 0,004 |
| | 4 | 5,78 | 1,12 | 0,002 | | 4 | 4,43 | 0,76 | 0,003 |
| | 5 | 5,91 | 1,12 | 0,003 | | 5 | 5,18 | 1,11 | 0,005 |
| | 6 | 4,12 | 0,69 | 0,002 | | 6 | 5,65 | 1,12 | 0,005 |
| PS.3 | 1 | 7,92 | 1,13 | 0,013 | N.3 | 1 | 5,99 | 1,13 | 0,004 |
| | 2 | 4,14 | 0,7 | 0,003 | | 2 | 5,76 | 1,11 | 0,004 |
| | 3 | 4,11 | 0,71 | 0,002 | | 3 | 4,87 | 0,71 | 0,002 |
| | 4 | 4,83 | 0,87 | 0,003 | | 4 | 5,8 | 1,11 | 0,004 |
| | 5 | 4,92 | 0,54 | 0,002 | | 5 | 4,72 | 0,73 | 0,002 |
| | 6 | 5,75 | 1,13 | 0,011 | | 6 | 4,71 | 0,82 | 0,002 |
| PS.4 | 1 | 6,78 | 1,11 | 0,012 | N.4 | 1 | 5,12 | 1,1 | 0,005 |
| | 2 | 6,75 | 1,11 | 0,013 | | 2 | 6,78 | 1,12 | 0,013 |
| | 3 | 5,89 | 1,12 | 0,013 | | 3 | 6,81 | 1,12 | 0,014 |
| | 4 | 6,98 | 1,14 | 0,014 | | 4 | 5,79 | 1,11 | 0,012 |
| | 5 | 6,56 | 1,13 | 0,013 | | 5 | 5,76 | 1,11 | 0,011 |
| | 6 | 4,98 | 0,96 | 0,004 | | 6 | 6,53 | 1,12 | 0,012 |
| Jumlah : | 24 | 140,51 | 24,54 | 0,192 | Jumlah : | 24 | 131,73 | 23,98 | 0,169 |
| Rerata : | 6 | 5,855 | 1,0225 | 0,008 | Rerata : | 6 | 5,489 | 0,999 | 0,007 |

Keterangan LC = Lebar cangkang (mm), TC = Tinggi cangkang (mm) & BT= Bobot tubuh (gr) PS = Perlakuan perubahan tekanan mengikuti pola gerakan pasut, UI= Ulangan N = Perlakuan media netral (media diam)

kerang mutiara yang diperoleh oleh Susilowati dan Sumantadinata (2011) yaitu antara 26-29°C. Selanjutnya dikemukakan bahwa kisaran kondisi suhu tersebut bagi biota yang masuk dalam filum moluska, lebih aktif melakukan proses metabolisme dan tumbuh dengan baik. Kisaran nilai salinitas yang tercatat selama periode pengamatan masih

berada dalam kondisi batas ambang toleransi kehidupan kerang mutiara. Hal ini didukung oleh hasil riset Effendi (2003) dalam Litaay (2011) yang mengemukakan bahwa kisaran parameter kualitas air sebagai pendukung kehidupan kekerangan yaitu suhu antara 20-30°C dan salinitas antara 30-40 mg/L, pH antara 7-8 dan oksigen terlarut antara 7,5-7,8



Gambar 6. Kualitas air pemeliharaan larva kerang mutiara yang bersifat planktonik dan bentik pada bak uji.

mg/L. Hamzah (2013) mengemukakan bahwa kisaran kualitas air masih layak untuk pemeliharaan larva kerang mutiara di laboratorium yaitu pH antara 7,3-7,8. Suhu antara 26,5-28,0°C, salinitas antara 32-33 ppt dan oksigen terlarut antara 4,7-5,5 ppm. Demikian juga pemeliharaan anakan kerang mutiara ditemukan kisaran kualitas air yaitu suhu antara 27-28°C dengan pH antara 7,6-8,3 tercatat hasil kelangsungan hidup tertinggi sebesar 83,33% dibandingkan dengan perlakuan suhu yang lainnya (Hamzah dan Setiyono, 2009).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Sintasan larva kerang mutiara pada fase *Umbo-veliger* (planktonik) yang dipelihara dalam bak yang diberi perlakuan pola gerakan pasut adalah memberi pengaruh sangat nyata dibandingkan terhadap pemeliharaan media diam (netral) pada tingkat keyakinan 99% dengan perbandingan 1,00:1,61. Namun sebaliknya pada fase juvenil (bentik) pemeliharaan dengan media diam memberi pengaruh sangat nyata terhadap pemeliharaan dengan pola gerakan pasut pada tingkat keyakinan 99% dengan perbandingan 1,00:1,93. Selisih nilai diterminasi

sebesar 11,7% diduga kuat menurunnya persentasi sintasan benih fase juvenil adalah dipicu oleh kekeringan dinding bak uji sebagai tempat penempelan benih pada saat penyedotan air mengikuti pola gerakan surut.

Kecepatan tumbuh larva pada fase *Umbo-veliger*, *Pedi-veliger* dan juvenil yang dipelihara pada media mengikuti pola gerakan pasut cenderung lebih besar dibandingkan dengan pemeliharaan pada media diam. Keadaan ini diduga kuat sebagai akibat dari daya metabolisme reaksi enzim protease yang dipelihara pada media mengikuti pola gerakan pasut cenderung lebih tinggi yaitu 0,0518 Unit dengan kandungan kadar kalsium karbonat sebesar 94,873±0,04 % dibandingkan dengan media diam 0,0485 Unit dengan kadar kalsium karbonat sebesar 94,302 ±0,04 %. Nilai kualitas air (suhu, salinitas dan pH) dalam bak uji selama periode pengamatan masih berada dalam kisaran ambang batas untuk kehidupan kerang mutiara.

Hasil kajian ini disarankan aplikasi penggunaan perlakuan pola gerakan pasut hanya dilakukan pada saat larva masih bersifat planktonik, dan sebaliknya ketika larva mulai proses menempel (fase bentik), maka media pemeliharaan larva didiamkan netral.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Direktur Perusahaan PT. Autore Pearl Culture (Jens Knauer, PhD) dan teknisi laboratoriumnya yang telah memberikan larva karang mutiara pada fase *D-veliger* untuk kebutuhan riset. Ucapan yang senada disampaikan kepada Ramli Marsuki, S.Pi dan Balkam F. Badi sebagai teknisi budidaya di UPT. Loka Pengembangan Bio Industri Laut, Puslit. Oseanografi-LIPI yang banyak membantu pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga kami ucapkan kepada para mitra bebestari yang telah banyak memberikan saran dan masukan untuk memperbaiki mutu paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R. 2011. Pengaruh jenis pengembang pada kultur *Streptococcus thermophilus* terhadap aktivitas enzim protease. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fak. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Univ. Brawijaya. Malang. 65hlm.
- Blank, S., M. Arnoldi, S. Khoshnavaz, L. Treccani, M. Kuntz, K.Mann, G. Grathwohl, and M. Fritz. 2003. The nacre protein perlucin nucleates growth calcium carbonate crystals. *J. of Microscopy*, 212:280-291.
- Caiping, M., Z. Cen, N. Yancheng, X. Liping, and Z. Rongqing. 2005. Extraction and purification of matrix protein from the nacre of pearl oyster *Pinctada fucata*. *Tsinghua Science Technology*, 10(4):499-503.
- Feng, Q., Zi Fang, Z. Yan, R. Xing, L. Xie, and R. Zhang. 2009. The structure-fungsional relationship of MS17, a matrix protein from pearl oyster *Pinctada fucata*. *Acta Biochim. Biophys. Sin.*, 11:955-962.
- Gaspersz, V. 1989. Metode perancangan percobaan untuk ilmu pertanian, ilmu-ilmu teknik dan biologi. CV. Armico. Bandung. 472hlm.
- Hamzah, M.S. 2007. Pengaruh level kedalaman terhadap daya tempel larva kerang mabe (*Pteria penguin*) dengan jaring sebagai kolektor spat di Teluk Kapontori, Pulau Buton-Sulawesi Tenggara. *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Muluska dalam penelitian, konservasi dan ekonomi*. BRKP DKP RI bekerja sama dengan Jurusan Ilmu Kelautan, FPIK Undip, Semarang. Hlm.:134-141.
- Hamzah, M.S. dan D.E.D. Setyono. 2009. Studi pertumbuhan dan kelangsungan hidup anakan kerang mutiara (*Pinctada maxima*) pada kondisi suhu yang berbeda. *Dalam: Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan ISOI 2008 di Bandung*. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI). Hlm.:240-246.
- Hamzah, M.S. 2013. Daya penempelan larva kerang mutiara (*Pinctada maxima*) pada kolektor dengan posisi tebar dan kedalaman berbeda. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1):60-68.
- Hamzah, M.S. 2015. Sintasan dan pertumbuhan anakan siput mata bulan (*Turbo chrysostomus* L.) pada kondisi suhu yang berbeda. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1):299-308.
- Hamster, M.R.R., P.S. Balze, and D. Becker. 2012. Characterization of calcium carbonate obtained from oyster and mussel shells and incorporation in Polypropylene. *Materials Research*, 15(2):204-208.
- Haws, M. and S. Ellis. 2000. Aquafarmer information sheet: collection black-lipped pearl oyster spat. Resources Center Univ. Of Hawaii at Hilo, HI 96720 USA. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture CTSA Publication No. 144. 8p.
- Islami, M.M. 2012. Beberapa aspek bioekologi moluska terkait kondisi pa-

- sang surut. *Fauna Indonesia*, 11(1): 37-43.
- Litaay, M. 2011. Budidaya lola *Trochus nilotiucus* L. refleksi pengembangan budidaya Indonesia. *Dalam: Refleksi pengembangan budidaya kekerangan di Indonesia*. Sugadi, M.F., I.N.A. Giri, and D. Pringgenies (eds.). Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budi-
daya Jakarta. Hlm.:149-163.
- Mouries, L.P., M.J. Almeida, C. Ribeiro, J. Peduzzi, M. Barthelemy, C. Milet, and E. Lopez. 2002. Soluble silklike organic matrix in the nacreous layer the bivalve *Pinctada maxima*. *Eur. J. Biochim.* 269:4994-5003
- Naganuma, T., W. Hoshino, Y. Shikanai, R. Sato, K. Liu, K. Muramoto, M. Osada, K. Yoshimi, T. Ogawa, and S. Sato. 2014. Novel matrix proteins of *Pteria penguin* Pearl Oyster shell nacre homologous to the jacalin-related β -prism fold lectin. *PLoS One*, 9(11):e112326. doi:10.1371/journal.
- Susilowati, R., K. Sumantadinata. 2011. Keragaman genetik tiram mutiara sebagai informasi dasar untuk pemuliaan tiram mutiara. *Dalam: Refleksi pengembangan budidaya kekerangan di Indonesia*. Sugadi, M.F., I.N.A. Giri, and D. Pringgenies (eds.). Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budi-
daya Jakarta. Hlm.:53-67.
- Zeng, H., C. Zhang, W. Cao, S. Liu, and H. Ji. 2009. Preparation and chracterisation of the pearl oyater (*Pinctada martensii*) maet protein hydrolysates with a high Fischer ratio. *International J. of Food Science and Technology*, 44:1183-1191.
- Diterima* : 17 November 2015
Direview : 30 November 2015
Disetujui : 29 Desember 2015

