

PENGARUH PENINGKATAN SUHU TERHADAP ADAPTASI FISILOGI ANEMON PASIR (*Heteractis malu*): SKALA LABORATORIUM***FISIOLOGY ADAPTATION OF SANDY ANEMONE (Heteractis malu) EXPOSED TO ELEVATED TEMPERATURES: LABORATORY CONDITION*****Neviaty Putri Zamani**Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. *Corresponding author*: np_zamani@yahoo.com**ABSTRACT**

Sandy anemone (Heteractis malu), belongs to Phylum Cnidaria, physiologically is very close to coral stone, which was a major component of coral reef ecosystems. As coral stone, Heteractis malu also has symbiotic algae (Zooxanthella). Physiologically, the alga symbiotic relationship of coral stone is almost similar with Heteractis malu. Maintaining Heteractis malu in the laboratory is relatively easier compared to that of coral stone. Advantages of the Heteractis malu vs. stone coral, its body is not covered by limestone making it easier in processing analyses. The response of the anemone to stress is expected similar with coral stone. This research aims to analyze the response and adaptation of Heteractis malu to the temperature increase of 1 °C and 2 °C of the normal temperature (28 °C). The impact of temperature increases on Heteractis malu did not significantly affect the density of zooxanthellae, however, there was a significant increase of mitotic index. In addition, during a recovery process, Heteractis malu immune system did not show a significant increase based on its mitotic index results tended to decrease during the second phase of stress treatment.

Keywords: adaptation, sandy anemone (*Heteractis malu*), temperature increase, zooxanthellae

ABSTRAK

Anemon Pasir (*Heteractis malu*), merupakan bagian dari Filum Cnidaria, secara fisiologis sangat dekat dengan karang batu, yang merupakan pembentuk utama ekosistem terumbu karang. Seperti halnya karang batu, *Heteractis malu* juga bersimbiosis dengan zooxanthella. Secara fisiologis, hubungan simbiosis karang batu dengan zooxanthella hampir sama. Penanganan *Heteractis malu* di laboratorium relative lebih mudah dibandingkan dengan karang batu karena tubuhnya tidak terbungkus kerangka kapur, sehingga mempermudah dalam proses analisis. Hal ini sangat membantu dalam mempelajari pengaruh peningkatan suhu terhadap pembentuk utama ekosistem terumbu karang. Respon dari anemone terhadap stres suhu diharapkan tidak jauh berbeda dengan karang batu. Oleh karena itu dalam studi ini digunakan *Heteractis malu* untuk melihat respon dan adaptasi Filum Cnidaria atau Coelenterata khususnya penyusun utama ekosistem terumbu karang terhadap perubahan suhu secara global. Tujuan penelitian ini mengkaji respon dan adaptasi *Heteractis malu* yang dipelihara di laboratorium terhadap peningkatan suhu 1°C dan 2°C dari suhu normal (28°C). Peningkatan jumlah sel zooxanthella yang mengalami proses mitosis (dilihat dari indeks mitotik), teramati pada perlakuan peningkatan suhu 2°C. Pengaruh peningkatan suhu 1°C dan 2°C tidak berpengaruh nyata terhadap densitas zooxanthellae, namun terjadi peningkatan yang signifikan terhadap mitotik indek. Akan tetapi, proses pemulihan belum memperlihatkan adanya peningkatan pertahanan tubuh dari anemone terhadap stress yang diberikan terlihat dari kecenderungan menurunnya mitotik indek pada stress tahap II.

Kata kunci: adaptasi, anemon pasir (*Heteractis malu*), peningkatan suhu, zooxanthella

I. PENDAHULUAN

Fenomena pemutihan karang terjadi karena berkurangnya pigmen dan atau densitas zooxanthella dalam lapisan endorem inangnya (Anemon dan karang batu) (Zamani, 1995). Pemutihan pada Coelenterata dapat terjadi baik akibat fenomena alam maupun antropogenik. Brown (1987) menyatakan bahwa pemutihan disebabkan karena pengaruh perubahan salinitas dan suhu yang drastis. Brown (1988) menyatakan hilangnya zooxanthella secara umum dianggap sebagai respon terhadap adanya gangguan/ancaman secara alami maupun pengaruh kegiatan manusia. Disisi lain, karang sangat tergantung pada zooxanthella karena zooxanthella berkontribusi menyediakan makanan bagi karang hingga 98% (Veron, 1993; Tackett and Tackett, 2002). Dapat dikatakan bahwa zooxanthella merupakan salah satu asosiasi endosimbion terpenting pada lingkungan laut (Trench, 1979; Smith and Douglas, 1987). Faktor utama terjadinya pemutihan yang menimbulkan kematian masal karang batu secara global adalah akibat peningkatan suhu air seperti yang dilaporkan Glynn (1983) di Teluk Panama; Suharsono (1984) di Pulau Pari, Indonesia; Jaap (1985) di Florida Keys, Amerika. Wilkinson (2000) menyatakan Kerusakan terumbu karang akibat kenaikan suhu meningkat hampir 2x lipat dari 27% di tahun 2000 menjadi 40-58% di tahun 2010.

Heteractis malu, merupakan bagian dari Filum Cnidaria yang juga bersimbiosis dengan zooxanthella, secara fisiologi sangat dekat dengan karang batu (Scleractinia). Peningkatan suhu air dapat mengakibatkan penurunan kesehatan karang dilihat dari perubahan warna, produksi mukus dan abnormalisasi mesenterial fillamen (Zamani, 1995, 2011; Kornel *et al.*, in press). Mekanisme hilangnya zooxanthella dapat melalui tiga

sampai lima cara seperti yang di observasi oleh Zamani (1995) dan Gates *et al.* (1992). Hal serupa juga diamati dalam penelitian Kornel *et al.*, (in press). Penggunaan *Heteractis malu* sebagai objek penelitian akan mempermudah dalam proses analisis dibandingkan dengan karang batu, karena tubuhnya tidak terbungkus kerangka kapur. Respon stress dari anemone diharapkan tidak jauh berbeda dengan karang pembangun terumbu, sehingga dari kajian ini dapat dijadikan acuan lebih lanjut untuk mempelajari pengaruh perubahan suhu global dan mekanisme adaptasi karang batu terhadap perubahan suhu. Oleh karena itu dalam studi akan dikaji pengaruh peningkatan suhu 1 °C dan 2 °C serta adaptasi Anemon Pasir (*Heteractis malu*), dengan menggunakan indikator densitas zooxanthella dan mitotik indeks.

II. METODE PENELITIAN

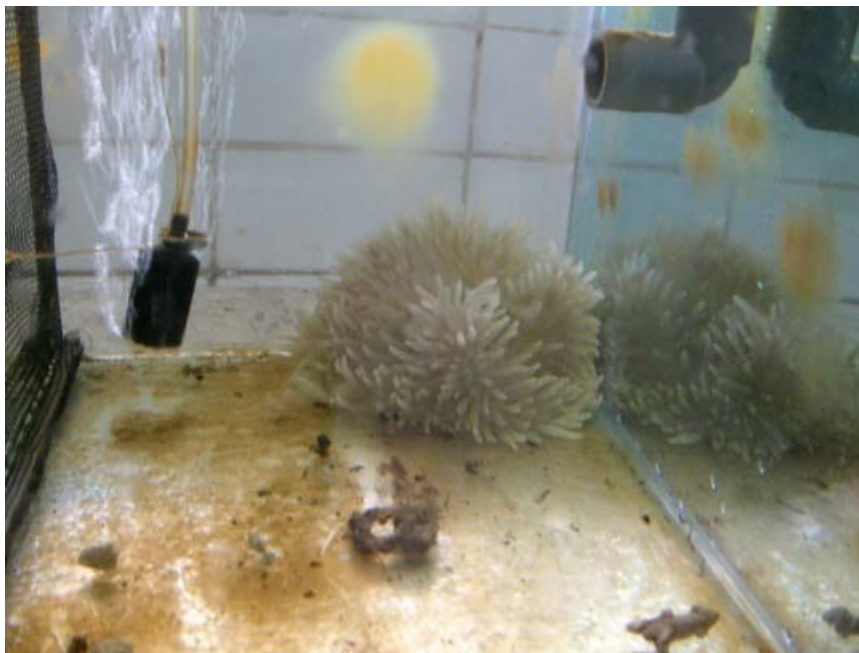
Penelitian dilaksanakan pada Bulan Februari-Juni 2011. Sampel *Heteractis malu* (Gambar 1) berasal dari perairan kepulauan Seribu. Pelaksanaan eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Basah dan Laboratorium Kering, Bagian Hidrobiologi Laut, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan tiga set akuarium *Recirculation Water System (RWS)*. Masing-masing akuarium mewakili masing-masing perlakuan (peningkatan suhu 1 °C, 2 °C dari kontrol dan kontrol 28 °C). Suhu perairan Teluk Jakarta pada musim panas berkisar antara 28 - 30 °C. Peningkatan suhu 1 °C pada saat suhu maksimum musim panas dapat menimbulkan kematian karang (Suharsono, 1984; Brown 1988). Oleh karena itu dalam penelitian ini kontrol diambil pada suhu 28 °C, untuk menghindari stress berlebihan apabila

diambil pada suhu yang lebih tinggi. Diharapkan pada suhu 28 °C, karang secara fisiologis berada pada kondisi yang stabil. Masing-masing perlakuan akuarium diisi tiga ekor anemon dengan sekat dari jaring hapa sebagai pemisah antar anemon.

Terdapat tiga perlakuan terhadap unit eksperimen (anemon), yaitu kontrol (menggunakan suhu normal yaitu rata-rata 28°C), peningkatan 1°C dari suhu normal (29 °C) dan peningkatan 2 °C dari suhu normal (30 °C) (Tabel 1). Secara keseluruhan eksperimen dilaksanakan selama 192 jam, yaitu 48 jam perlakuan Tahap I, 96 jam masa istirahat, dan 48 jam perlakuan Tahap II. Tahap I dan II

merupakan waktu ketika akuarium diberi perlakuan peningkatan suhu.

Pengamatan densitas zooxanthella dan pengamatan mitotik indeks menggunakan preparat segar dari potongan tentakel anemon. Pengamatan dilakukan dibawah mikroskop cahaya pembesaran 10 X 40 dengan 5 lapang pandang. Tiga potong tentakel diambil pada setiap individu per hari pada saat perlakuan dilaksanakan (Tahap I, periode istirahat dan Tahap II). Sampel yang didapat kemudian digerus dan langsung dibuat preparat segar. Penghitungan mitotik indeks dilakukan dengan melihat persentase sel zooxanthella pada fase telopase dari proses mitosis dari 500 sel zooxanthella (Brwon and Zamani, 1992).



Gambar 1. Sampel anemon *Heteractis malu*.

Tabel 1. Perlakuan suhu terhadap unit eksperimen.

Akuarium	Awal	Tahap I		Istirahat			Tahap II		
	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)		
	0	24	48	72	96	120	144	168	192
Kontrol (°C)	28	28	28		28			28	28
Perlakuan 1 (°C)	28	29	29		28			29	29
Perlakuan 2 (°C)	28	30	30		28			30	30

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

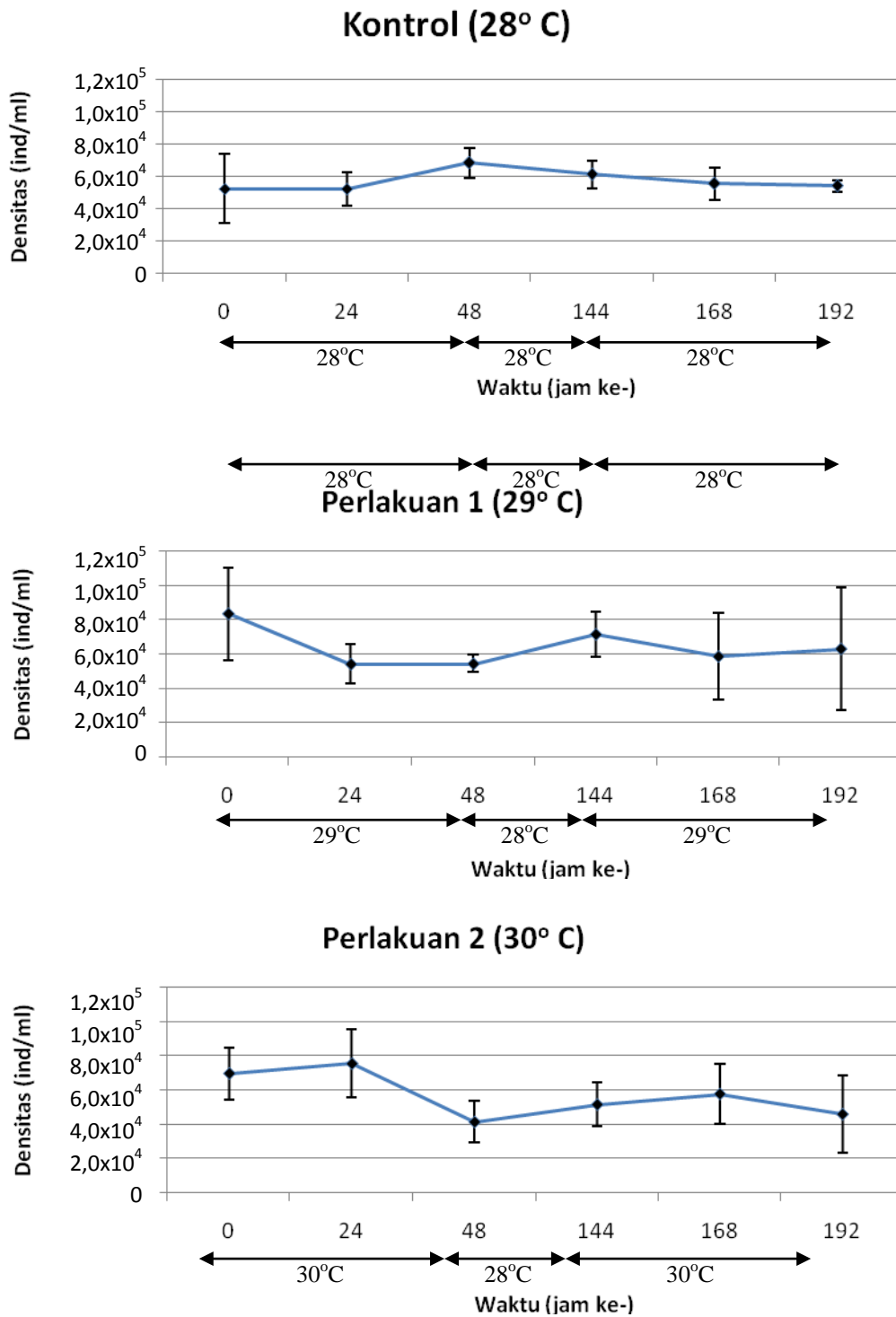
Penurunan kesehatan karang dapat diobservasi secara visual yang secara kualitatif dapat dilihat dari perubahan warna (Kornel *et al.*, *in press*). Perubahan warna menjadi relatif lebih pucat diamati setelah 24 jam dari dimulainya pemberian perlakuan baik pada peningkatan suhu 1°C maupun 2°C. Lebih lanjut perubahan pemucatan warna diikuti dengan kondisi *mesenterial* Filamen yang abnormal. Perubahan secara bertahap mulai dari pemucatan sampai dengan *mesenterial* Filamen yang abnormal dapat dilihat dalam Kornel *et al.* (*in press*). Pengamatan serupa, perubahan warna dan abnormalisasi *mesenterial* Filamen juga diamati oleh Zamani (1995) pada *Heteractis malu* dengan pemberian stress suhu dan Cu (tembaga). Stress respons secara kualitatif juga teramati dengan meningkatnya produksi mukus (Kornel *et al.* *in press*; Zamani, 1995). Secara kuantitatif stress respon dianalisis dengan mengkaji indeks mitosis, yaitu suatu indeks yang memberikan gambaran kuantitatif proporsi sel zooxanthella yang mengalami proses mitosis. Secara teori dikatakan bahwa dalam kondisi stres zooxanthella akan meningkatkan kemampuan membelah diri (Brown dan Zamani, 1992). Hal ini ditunjukkan dengan indeks mitosis.

Berdasarkan hasil uji statistik selama 196 jam, densitas zooxanthella pada kontrol tidak memperlihatkan perubahan yang nyata, meskipun grafik pada Gambar 2 memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan densitas zooxanthella setelah 48 jam sebesar 31,16% dan diikuti oleh penurunan 2% hingga jam ke 192. Dapat dikatakan kepadatan zooxanthella selama pengamatan pada kontrol tidak mengalami perubahan yang berarti. Berbeda halnya pada perlakuan 1 dan 2 yang memiliki kemiripan fluktuasi pola. Setelah 48 jam

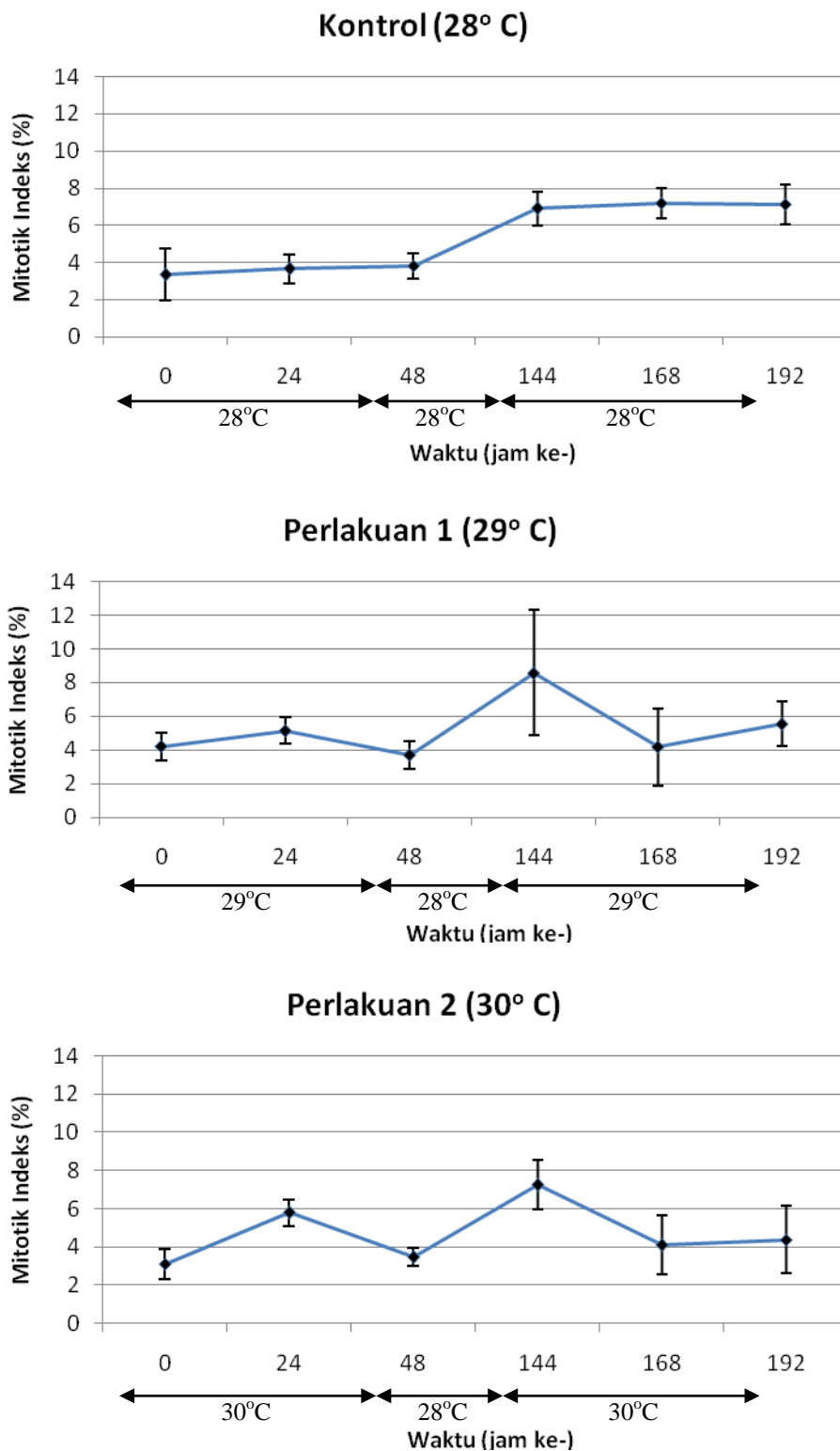
pertama (Tahap I), terlihat adanya kecenderungan penurunan densitas. Saat masa pemulihan (Tahap II), densitas zooxanthella meningkat. Penurunan zooxanthella kembali teramati pada peningkatan suhu kedua kalinya (Tahap III).

Pada proses pemulihan jam ke 48 sampai dengan 144, terlihat adanya kecenderungan peningkatan densitas pada kedua perlakuan. Namun Hasil uji Analisis Varians (ANOVA) memperlihatkan tidak adanya perbedaan yang nyata antara kontrol dan treatment. Lebih lanjut hasil uji ini diperkuat dengan uji statistik beda nyata terkecil (BNT) memperlihatkan bahwa baik perlakuan peningkatan suhu 1 ° C dan 2 ° C tidak berbeda nyata dengan kontrol. Apakah proses peningkatan ketahanan ini belum teruji secara nyata dengan statistik, dikarenakan kurangnya waktu dalam proses pemulihan, ini perlu kajian lebih lanjut. Kemungkinan dengan memperpanjang masa pemulihan, akan memberi peluang bagi anemone untuk membangun sistem pertahanan tubuh terhadap peningkatan suhu. Sharp (1991) mengamati terbentuknya hsp 70 (heat shock protein) pada anemone sub tropis (*Anemonia viridis*) yang mengalami stress terhadap peningkatan suhu 12°C selama 120 jam.

Kondisi mitotik indeks (MI) zooxanthella pada masa perlakuan (Tahap I dan II) dapat dilihat pada Gambar 3. Kondisi rata-rata Mitotik Indeks (MI) zooxanthella pada anemon kontrol tidak terlalu berfluktuasi. Pada masa Tahap I, nilai rata-rata MI mengalami peningkatan dari 3,33% pada awal perlakuan (jam ke-0) menjadi 3,82%. Pada masa istirahat nilai rata-rata MI mengalami peningkatan yang besar yaitu sebesar 3,02% menjadi 6,89% pada 144 jam. Namun pada masa Tahap II, selain terjadi peningkatan nilai rata-rata juga terjadi penurunan yaitu pada jam ke-192 yang bernilai 7,11%.



Gambar 2. Nilai rata-rata dan *standard error* densitas zooxanthella pada masa tahap I (0, 24, 48 jam) dan tahap II (144, 168, 192 jam), kontrol (atas), perlakuan peningkatan 1°C (tengah), dan perlakuan peningkatan 2°C (bawah).



Gambar 3. Nilai rata-rata dan *standard error* mitotik indeks zooxanthella pada masa tahap I (0, 24, 48 jam) dan tahap II (144, 168, 192 jam), kontrol (atas), perlakuan peningkatan 1°C (tengah), dan perlakuan peningkatan 2°C (bawah).

Perlakuan satu dan dua memperlihatkan pola nilai rata-rata MI pada masa Tahap I, istirahat, dan Tahap II yang tidak jauh berbeda. Pada masa Tahap I, nilai rata-rata MI mengalami kenaikan pada jam ke-24 dan penurunan pada jam ke-48. Namun sampai jam ke-48 secara keseluruhan perlakuan satu mengalami penurunan sebesar 0,51%, sedangkan perlakuan dua mengalami kenaikan sebesar 0,36%. Pada masa istirahat, nilai rata-rata MI mengalami kenaikan kembali (jam ke-144) yaitu sebesar 4,88% untuk perlakuan satu dan 3,77% untuk perlakuan dua. Kemudian pada masa Tahap II, terjadi penurunan yang diikuti kenaikan nilai rata-rata MI sehingga pada jam ke-192 nilai rata-rata MI berkurang sebanyak 3,04% untuk perlakuan satu dan 2,86% untuk perlakuan dua dari nilai rata-rata MI pada jam ke-144.

Analisis ragam (ANOVA) yang dilakukan terhadap data mitotik indeks zooxanthella saat jam ke ke-24, pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan. Berdasarkan hal tersebut, uji lanjut BNT dilakukan terhadap data pada jam ke ke-24 yang menunjukkan bahwa perlakuan dengan suhu 30⁰C berbeda nyata dengan kontrol (suhu 28⁰C) dan perlakuan dengan suhu 29⁰C tidak berbeda nyata baik dengan perlakuan suhu 30⁰C maupun 28⁰C.

Pengamatan mitotik indeks pada preparat segar memperlihatkan perbedaan pola perubahan nilai antara masa Tahap I dan II. Pada masa Tahap I terjadi kenaikan nilai mitotik indeks pada jam ke-24 sebagai respon *stress*, sedangkan pada Tahap II tidak terlihat adanya respon *stress* berupa kenaikan nilai mitotik indeks pada awal dimulainya Tahap II. Berdasarkan hasil analisis ragam dan uji BNT, pada masa Tahap I (jam ke-24) terjadi perbedaan nilai yang nyata pada selang kepercayaan 95% antara kontrol

(suhu 28⁰C) dan perlakuan dua (suhu 30⁰C), sedangkan pada masa Tahap II analisis ragam menyatakan tidak adanya perbedaan yang nyata. Sehingga dapat dikatakan untuk parameter mitotik indeks pada preparat segar perlakuan dua (suhu 30⁰C), anemon mengalami penyesuaian terhadap kenaikan suhu perairan.

3.2. Pembahasan

Proses adaptasi fisiologis *H. malu* terhadap kenaikan suhu perairan diamati pada parameter densitas dan mitotik indeks zooxanthella. Pengamatan terutama dilakukan pada masa pemberian perlakuan yaitu Tahap I dan II, sedangkan pada masa istirahat anemon di beri kesempatan untuk berada pada kondisi lingkungan yang normal (seperti kontrol) sebelum diberikan perlakuan kembali (Tahap II). Masa Tahap I (perlakuan) yang diberikan bertujuan sebagai masa adaptasi anemon terhadap *stress* yang diberikan. Masa istirahat yang diberikan bertujuan untuk memberikan waktu kepada anemon untuk kembali pulih (diharapkan kondisi anemon kembali sehat) terutama untuk kondisi metabolisme oksigen (O₂). Masa istirahat juga diharapkan sebagai suatu proses untuk memberi kesempatan anemone membangun sistem pertahanan baru terhadap *stress* yang telah diberikan. Berdasarkan hasil penelitian Hoegh-Guldberg dan Smith (1989), kondisi metabolisme oksigen (O₂) hewan karang yang telah mengalami *stress* akibat kenaikan suhu, akan mengalami ketidaknormalan hingga 4 hari. Sharp (1991) mengamati adanya suatu system pertahanan baru berupa HsP 70 dari *Anemonia viridis* yang mengalami *stress* peningkatan suhu sebesar 12 °C selama 120 jam. Masa Tahap II, diberikan untuk melihat apakah tahapan pemulihan yang diberikan telah mampu membangun pertahanan baru terhadap *stress* yang sama.

Pada pengamatan densitas zooxanthella pada preparat segar, pemberian perlakuan cenderung menurunkan nilai densitas zooxanthella pada *H. malu*. Menurunnya nilai densitas zooxanthella akibat kenaikan suhu air (lingkungan), dapat disebabkan karena meningkatnya tingkat kerusakan sel zooxanthella (hingga lebih dari empat kali lipat) yang kemudian dikeluarkan dari jaringan endoderm. Hal tersebut dapat terjadi karena, anemon sebagai inang mengalami *stress* akibat kondisi lingkungan yang tidak mendukung (pada penelitian ini berupa kenaikan suhu) sehingga anemon hanya menyediakan sedikit nutrisi (zat hara) untuk zooxanthella sehingga tingkat kerusakan sel zooxanthella bertambah (Ainsworth *et al.*, 2008; Titlyanov *et al.*, 1996). Menurunnya nilai densitas juga dapat disebabkan oleh keluarnya zooxanthella akibat rusaknya sel jaringan anemon karena senyawa oksigen yang bersifat toksik yang dikeluarkan oleh zooxanthella (Rachmawati, 2008). Zooxanthella akan mengeluarkan senyawa oksigen yang bersifat toksik, ketika zooxanthella mengalami *stress* akibat kekurangan nutrisi/zat hara. Namun jika hewan karang ataupun anemon mempunyai antioksidan dari senyawa toksik tersebut, maka anemon ataupun hewan karang dapat mempertahankan zooxanthella tetap pada jaringan endoderm. Hal tersebut yang kemungkinan menjadi penyebab terjadinya peningkatan nilai densitas pada data yang didapat.

Pemberian perlakuan cenderung menurunkan nilai MI zooxanthella pada *H. malu*. Selain nilai yang cenderung menurun, perlakuan peningkatan suhu juga menyebabkan nilai yang lebih berfluktuatif dibandingkan kontrol. Hal tersebut dapat terjadi karena MI dari zooxanthella menjadi indikator yang lebih sensitif terhadap *stress* lingkungan dari pada respon pemutihan (kehilangan

zooxanthella dan atau pigment) (Zamani, 1995). Penurunan nilai MI zooxanthella akibat adanya kenaikan suhu lingkungan, juga ditunjukkan oleh hasil penelitian Zamani, 1995 yang menyatakan jumlah pembelahan zooxanthella berkurang seiring dengan bertambahnya suhu lingkungan. Hal tersebut dikarenakan oleh berkurangnya kemampuan fotosintesis akibat tingginya suhu perairan (diatas normal) (Jokiell dan Coles, 1990). Fotosintesis menjadi faktor penting dalam mendukung kehidupan alga dan pertumbuhan jaringan tentunya. Terganggunya proses fotosintesis tentu saja dapat mempengaruhi tingkat pembelahan sel alga. Namun pada beberapa hasil pengamatan, juga terlihat peningkatan nilai MI, baik anemon ataupun zooxanthella sedang terkena *stress* suhu (diberi perlakuan kenaikan suhu). Hal tersebut dapat terjadi sebagai akibat dari hormesis (Zamani, 1995). Menurut Stebbing (1979), hormesis merupakan efek dari *stimulatory* sebagai proses biologi untuk mencegah keracunan dari zat beracun. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan hormesis merupakan suatu bentuk pertahanan diri dari zooxanthella.

IV. KESIMPULAN

Pengaruh peningkatan suhu 1°C dan 2°C tidak berpengaruh nyata terhadap densitas zooxanthellae, namun terjadi peningkatan yang signifikan terhadap mitotik indek. Akan tetapi, proses pemulihan belum memperlihatkan adanya peningkatan pertahanan tubuh dari anemone terhadap stress yang diberikan terlihat dari kecenderungan menurunnya mitotik index pada stress tahap II.

Diperlukan kajian lebih lanjut dalam hal proses pemulihan. Kemungkinan dengan memperpanjang masa pemulihan, akan memberi peluang bagi anemone

untuk membangun sistem pertahanan tubuh terhadap peningkatan suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, T.D., O. Hoegh-Guldberg, S.F. Heron, W.J. Skirving, and W. Leggat. 2008. Pre-pemutihan signs of thermal stress in reef building corals. *J. of Experimental Marine Biology and Ecology*, 364:63-71.
- Brown, B.E. 1987. Heavy metals pollution on coral reefs. *In: human impacts on coral reefs: facts and recommendations*. Salvat, S. (ed.). Antene Museum EPHE. French Polynesia. 119-134pp.
- Brown, B.E. 1988. Assessing environmental impacts on coral reefs. *Proc. Int.Coral reef Symp.*, 1:71-79.
- Brown, B. E. dan N. P. Zamani. 1992. Mitotic indices of zooxanthella: a comparison of techniques based on nuclear and cell frequencies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 89:99-102.
- Gates, R.D., G. Bagdhasarian, and L. Muscatine. 1992. Temperature stress causes host cell detachment in symbiotic cnidarians: implication for coral pemutihan. *Biol. Bull.*, 182:324-332.
- Glynn, P.W. 1983. Extensive pemutihan and death of reef corals on the Pacific Coast of Panama. *Environ.Conserv.*, 10:149-154.
- Hoegh-Guldberg, O. and G.J. Smith. 1989. The effect of sudden changes in temperature, light and salinity on the population density and export of zooxanthella from the reef corals *Stylophora pistillata* Esper and *Seriatopora hystrix* Dana. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 129:279-303.
- Jaap, W.C. 1979. Observations on zooxanthella expulsion at Middle sambo Reef, Florida Keys. *Bull. Mar. Sci.*, 29:414-422.
- Jokiel, P.L. and S.L. Coles. 1990. Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. *Coral Reefs*, 8:155-162.
- Kornel, and N.P. Zamani. (*in press*). Pengaruh peningkatan suhu terhadap hubungan simbiotik zooxanthellae dengan *heteractis malu*.
- Rachmawati, R. 2009. Dampak peningkatan suhu global terhadap simbiosis karang-zooxanthella. *In: Jompa, J., E. Nezon, dan Sarmintohadi (eds.). Simposium Nasional Terumbu Karang. Program Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang Tahap II. COREMAP II. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. Hlm.:215-226.*
- Sharp, V.A. 1991. The molecular and cellular heat shock responses of *amonia viridis* and its endosymbiotic zooxanthella. B.Sc. Final Honours Project in Marine Biology. The Univ. of Newcastle upon Tyne, UK., 83p.
- Smith, D.C., and A.E. Douglas. 1987. The biology of symbiosis. Edward Arnold., 302p.
- Stebbing, A.R.D. 1979. An experimental approach to the determinants of biological water quality. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 286:465-481.
- Suharsono. 1984. Kematian alami karang di Laut Jawa. *Oceana*, 9(1):31-40.
- Tackett, D.N. and L. Tackett. 2002. Reef life: natural history and behaviors of marine fishes and invertebrates. Neptune City, NJ: T.F.H. Publications, Inc. 224p.
- Trench, R.K. 1979. The cell biology of plan-animal symbiosis. *Ann. rev. Plant Physiol.*, 30:485-531.

- Titlyanov E.A., T.V. Titlyanov, V.A. Leletkin, J. Tsukahara, R. van Woesik, and K. Yamazato. 1996. Degradation of zooxanthella and regulation of their density in hermatypic corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 139:167–178.
- Wilkinson and Clive (eds.). 2000. Status of coral reefs of the world: 2000. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Veron, J.E.N. 1993. Hermatypic corals of Ashmore reef and Cartier Island. Part 2. *In*: Berry, P.F. (ed.). Marine faunal surveys of Ashmore reef and Cartier Island, north-western Australia. *Records of the Western Australian Museum Supplement*, 44: 13-20.
- Zamani, N.P. 1995. Effects of enviromental stress on cell division and other cellular parameters of zooxanthella in the tropical symbiotic anemone *Heteractis malu*, Huddon and shackleton. Ph.D. Thesis in tropical coastal management the Univ. of Newcastle upon tyne. Newcastle.