

Indeks Mitotik Simbion Alga Zooxanthellae pada Anemon Laut *Stichodactyla gigantea* Hasil Reproduksi Aseksual

M. Ahsin Rifa'i

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Lambung Mangkurat,
Jl. Jenderal Ahmad Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia.
Email: muh_ahsin@yahoo.com

Abstrak

Zooxanthella adalah alga simbiotik yang hidup berasosiasi secara mutualisme pada jaringan endodermis anemon laut. Dinamika alga zooxanthellae telah banyak diketahui pada anemon hasil reproduksi seksual namun sebaliknya pada anemon hasil reproduksi aseksual. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan pembelahan sel-sel zooxanthellae yang bersimbiosis dengan anemon laut *Stichodactyla gigantea* (Forskal 1775) hasil reproduksi aseksual dengan teknik fragmentasi. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Oktober 2010 sampai Juli 2011 di kawasan terumbu karang Teluk Tamiang, Provinsi Kalimantan Selatan. Parameter yang diuji adalah indeks mitotik zooxanthellae yang bersimbiosis dengan anemon laut. Zooxanthellae bersumber dari anemon alam hasil reproduksi seksual dan anemon hasil reproduksi aseksual yang dipelihara secara bersama selama sepuluh bulan pada perairan alami. Hasil penelitian menunjukkan kecepatan pembelahan sel zooxanthellae (indeks mitotik) memiliki perbedaan secara signifikan antara anemon hasil reproduksi aseksual dan anemon alami. Indeks mitotik zooxanthellae tertinggi ditemukan pada anemon alam dibandingkan anemon hasil reproduksi aseksual. Indeks mitotik relatif sama ditemukan antar lokasi pemeliharaan. Disimpulkan bahwa anemon alam memiliki zooxanthellae yang lebih banyak dibandingkan dengan anemon hasil reproduksi aseksual yang akan memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap pertumbuhannya.

Kata kunci: Anemon, indeks mitotik, zooxanthellae, aseksual, reproduksi

Abstract

Mitotic Index of Algal Symbion Zooxanthellae on Giant Carpet Anemone (*Stichodactyla gigantea*)
Resulted from Asexual Reproduction

Zooxanthellae are symbiotic algal that form mutualism relation in endodermis tissue of sea anemone. The dynamics of zooxanthellae algae are well known in the anemone sexual reproduction, but otherwise the asexual reproduction. The aims of the research was to determine the rate of zooxanthellae cells bisection that have the symbiosis with The giant carpet anemone (*Stichodactyla gigantea*, Forskal 1775) which is resulted from asexual reproduction with the technique of fragmentation. Research was conducted from October 2010 to July 2011 in area of coral reef, Teluk Tamiang, South Kalimantan Province. The examination variable was mitotic index of zooxanthellae symbiont of sea anemone. Zooxanthellae from sea anemone that was resulted from asexual reproduction and sea anemone from the nature were cultured for ten months in the natural waters. The result showed that the rate of zooxanthellae cells division (mitotic index) have a significant difference between anemone which were resulted from asexual reproduction and sea anemone from the nature. The higher mitotic index was found at the sea anemone from the nature compared with those from asexual reproduction. The mitotic index was relatively similar between locations of culture.

Keywords: anemone, mitotic index, zooxanthellae, asexual, reproduction

Pendahuluan

Zooxanthellae adalah dinoflagellata simbiotik yang dapat membentuk hubungan

mutualisme dengan berbagai invertebrata laut. Algae ini mensuplai energi ke inangnya dalam bentuk senyawa karbon terikat dan sangat penting untuk pertumbuhan dan survival inang pada kondisi

nutrient yang terbatas (Holbrook dan Schmitt, 2005). Zooxanthellae mampu memberikan kontribusi terhadap kondisi inang-inangnya dan memainkan peranan penting dalam keberhasilan *reef-building corals* (Mitchell, 2003) dan kima (Ambariyanto, 1997). Menurut Fautin dan Allen (1997) dan Muscatine *et al.* (1998), zooxanthellae hidup bersimbiosis sebagai simbiosis intraseluler dalam sel-sel endodermis anemon laut di banyak daerah tropis. Ada kecenderungan zooxanthellae menjadi faktor-faktor pengendali dalam kelimpahan dan distribusi anemon (Rifa'i, 2009).

Anemon laut jenis *Stichodactyla gigantea* (Fosskal, 1775) ditemukan sangat melimpah di perairan Indonesia (Dunn, 1981) dan memiliki densitas zooxanthellae (sel/cm^2) lebih tinggi dibandingkan kima sisik *Tridacna squamosa* dan karang bercabang *Acropora samoensis* (Nartiningasih, 2001). Kehadiran simbiosis zooxanthellae sangat penting bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan anemon laut. Secara alamiah anemon laut dapat melakukan reproduksi seksual dan aseksual. Anemon laut *Stichodactyla gigantea* dapat dikembangbiakan secara aseksual dengan teknik fragmentasi tubuh. Reproduksi aseksual dengan teknik ini mampu menghasilkan benih lebih cepat dan efektif dengan sintasan hingga mencapai 100% (Rifa'i *et al.*, 2005; Rifa'i dan Kudsiah, 2007). Namun hingga saat ini belum diketahui secara pasti dinamika zooxanthellae terutama kecepatan pembelahan sel (indeks mitotik) yang sangat penting untuk mengetahui tingkat pertumbuhan zooxanthellae di dalam inang pasca reproduksi aseksual.

Penelitian ini mengkaji kecepatan pembelahan zooxanthellae pada anemon laut *Stichodactyla gigantea* (Fosskal, 1775) hasil reproduksi aseksual dengan teknik fragmentasi. Kajian dinamika zooxanthellae hasil reproduksi aseksual ini sangat penting untuk pengelolaan sumberdaya anemon dimasa yang akan datang.

Materi dan Metode

Reproduksi aseksual

Inang yang digunakan dalam penelitian ini adalah anemon laut *Stichodactyla gigantea* (Fosskal, 1775) yang dikumpulkan selama 10 bulan, mulai bulan Oktober 2010 hingga Juli 2011 dari kawasan terumbu karang Desa Teluk Tamiang, Kalimantan Selatan. Anemon uji dibawa ke Hatchery Mini untuk diaklimatisasi dalam bak-bak fiber berkapasitas 500 liter air selama 1 minggu sebelum dilakukan proses reproduksi aseksual. Selama proses aklimatisasi bak pemeliharaan dialiri air laut

segar secara terus menerus dengan debit $\pm 0,1$ liter/detik dan diberi aerasi untuk menambah kandungan oksigen. Induk anemon diberi pakan tambahan berupa *Tetraselmis* sp. dari hasil kultur.

Setelah anemon nampak sehat maka dilakukan proses reproduksi aseksual dengan teknik fragmentasi. Teknik fragmentasi tubuh dilakukan dengan membelah tubuh anemon uji secara longitudinal menjadi 2 dan 4 fragmen. Fragmen tubuh yang dihasilkan, kemudian dimasukkan dalam kurungan dasar dengan kepadatan 30 ekor. Kurungan berukuran $3 \times 2 \times 0,75$ m dengan desain terbuka pada bagian atas. Sedangkan pada bagian dasar diletakkan pecahan karang mati secara merata. Penempatan pecahan karang mati dimaksudkan sebagai substrat untuk melengketkan kaki jalannya setelah anemon uji dimasukkan ke dalam kurungan percobaan. Selanjutnya kurungan tersebut ditempatkan pada kawasan terumbu karang *reef flat* yang dominan rusak (KR) dan kawasan terumbu karang *slope* yang dominan baik (KB). Kedalaman lokasi KR berkisar 1–2,5 m dan lokasi KB berkisar 2–5 m. Lama pemeliharaan anemon ini diperairan alam adalah 10 bulan, yaitu mulai bulan Oktober 2010–Juli 2011.

Koleksi sampel zooxanthellae

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 5 kali yaitu pada 2, 4, 6, 8 dan 10 bulan setelah kultur. Sampel zooxanthellae tersebut kemudian dianalisis indeks mitotiknya mengikuti petunjuk Ambariyanto (1996) dan Nartiningasih (2001), yaitu dengan menggunakan metode homogenisasi dimana zooxanthellae dan inangnya dipisahkan dengan cara dikeruk dengan scalpel, selanjutnya disuspensikan dengan air laut bersih. Untuk memisahkan zooxanthellae dengan kotoran maka dilakukan penyaringan bertingkat mulai saringan ukuran 250, 175–150 μm .

Indeks mitotik dihitung dari 500 zooxanthellae yang sedang dalam proses sitokinesis ataupun karyokinesis yang terikat sebagai sel kembar dengan mikroskop (pembesaran 400x). Pengamatan sampel dilakukan pada jam 03.00, 06.00, 09.00, 12.00, 15.00, 18.00, 21.00 dan 24.00 selama 24 jam diulang selama 5 kali. Untuk mengetahui adanya perbedaan indeks mitotik zooxanthellae yang berasal dari anemon hasil reproduksi aseksual dan anemon alami digunakan Uji Kruskal-Wallis menggunakan bantuan Software SPSS 17.

Hasil dan Pembahasan

Secara umum indeks mitotik periode tinggi ditemukan sekitar pukul 03.00–09.00 dan periode

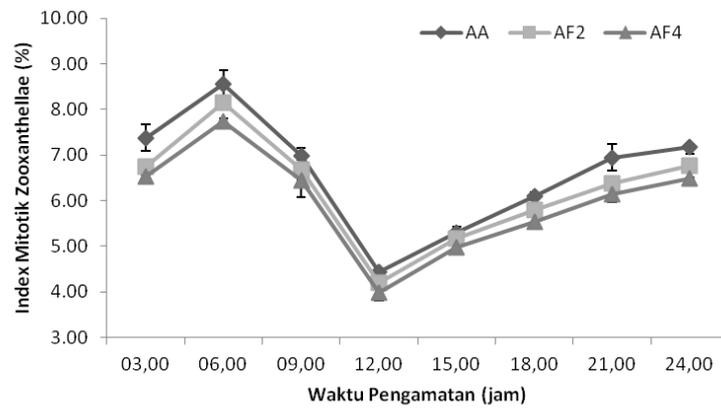
rendah sekitar pada pukul 12.00–18.00. Indeks mitotik tertinggi ditemukan pada pukul 06.00 dan terendah pukul 12.00 (signifikan, Asymp sig= 0,000<0,05, $X \pm SE = 6,273 \pm 0,076$, N= 240) (Gambar 1). Jika dilihat dari teknik fragmentasi maka Indeks mitotik tertinggi ditemukan pada anemon non fragmentasi (AA) dan terendah pada anemon difragmentasi 4 fragment (AF4) (Gambar 2). Secara statistik terdapat perbedaan yang signifikan antara indeks mitotik anemon laut yang difragmentasi dan tidak difragmentasi (signifikan, Asymp sig= 0,007<0,05). Jika dilihat dari waktu pemeliharaan pasca reproduksi aseksual maka tidak terdapat perbedaan indeks mitotik antar bulan pemeliharaan (tidak signifikan, Asymp sig= 0,701>0,05, $X \pm SE = 6,273 \pm 1,177$, N= 240) (Gambar 3). Begitu pula jika dilihat dari lokasi pemeliharaan (non signifikan, Asymp sig= 0,184>0,05, $X \pm SE = 6,273 \pm 0,076$, N= 240) (Gambar 4).

Kecepatan pembelahan sel zooxanthellae disebut sebagai indeks mitotik yang dinyatakan dalam persentase dari sel yang mengalami pembelahan dalam populasi zooxanthellae Harland dan Brown (1989). Indeks mitotik diamati untuk mengetahui bagaimana tingkat pertumbuhan zooxanthellae tersebut di dalam inang dan pengaruhnya terhadap hewan simbiosis (Ambariyanto, 1996). Hasil pengamatan rerata indeks mitotik zooxanthellae pada bulan Nopember 2010, Januari 2011, Maret 2011, Mei 2011, dan Juli 2011 yang berasal dari anemon AF2, AF4, AA dan dipelihara pada kawasan terumbu karang KB dan KR menunjukkan pola yang sama yaitu indeks mitotik tertinggi ditemukan pada pukul 06.00 (7,70-8,78%) dan terendah pada pukul 12.00 (3,87–4,46%). Siklus hidup alga zooxanthellae berada diantara fase *mastigote motil* dan fase *coccolid*. Pembelahan dilakukan secara mitosis tergantung tersedianya hara dan spesies yang berkisar satu sampai beberapa hari. Hasil pembelahan secara mitosis menghasilkan dua *mastigote* sebelum mencapai fase *coccolid*. Selanjutnya masuk ke fase *tetrads* melalui pembelahan meiosis (Fitt dan Trench, 1983). Waktu yang diperoleh ini sama dengan didapatkan oleh Zamani (1995) pada anemon laut *Heteractis malu* yaitu nilai indeks mitotik tertinggi terjadi pada pukul 06.00 (11,47%) dan yang terendah pada siang hingga sore hari (12.00–18.00) (3,5%). Sedangkan Wilkerson *et al.* (1983) mendapatkan nilai indeks mitotik tertinggi pada anemon laut *Anthopleura elegantissima* terjadi pada pukul 22.00 (6%) dan terendah pada pukul 16.00 (2%). Suharsono (1990) mendapatkan nilai indeks mitotik anemon laut *Anemonia viridis* tertinggi pada periode pukul 24.00–05.00 dan terendah pukul 16.00. Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut tampak indeks mitotik anemon laut tertinggi

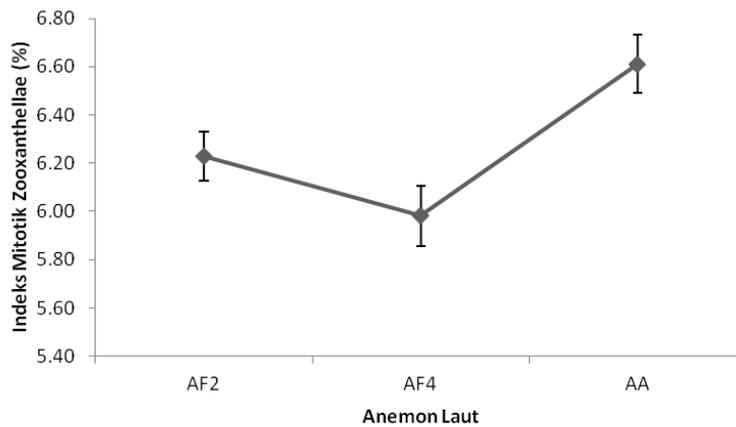
umumnya terjadi pada malam hari hingga pagi hari (22.00–06.00) dan terendah terjadi pada siang hari hingga sore hari (12.00–18.00). Hal ini terjadi kemungkinan berkaitan dengan kondisi suhu perairan yang berbeda signifikan pada dini hari dan siang hari. Pada saat penelitian berlangsung suhu perairan pada dini hari hingga pagi hari (22.00–06.00) berkisar 26,8–28,5°C, sedangkan pada siang hari (09.00–18.00) berkisar 29,1–30,9°C (Gambar 5). Menurut Suharsono dan Brown (1992), pengukuran indeks mitotik alga yang berdasarkan pembelahan sel telah terbukti sangat sensitif terhadap berbagai tekanan lingkungan, peningkatan-penurunan suhu.

Tingginya indeks mitotik pada periode dini hari (21.00-06.00) dalam penelitian ini kemungkinan disebabkan rendahnya suhu perairan yang berkisar antara 26,8–28,5°C. Menurut Niartiningsih (2001), suhu yang rendah memaksa hewan inang untuk melakukan proses metabolisme (katabolisme) yang menghasilkan energi bebas berupa panas untuk menstabilkan suhu badannya. Panas yang dihasilkan oleh sel inang dimanfaatkan oleh sel zooxanthellae untuk melakukan proses metabolisme guna merombak molekul-molekul kompleks hasil fotosintesis pada siang hari. Molekul kompleks ini disimpan pada cairan ekstra selnya untuk kemudian menjadi energi yang pada gilirannya mempercepat proses pembelahan sel-sel zooxanthellae. Selanjutnya Gates dan Brown (1985) menyatakan pertambahan pembelahan sel zooxanthellae merupakan respon terhadap fluktuasi suhu. Steen dan Muscatine (1987) menyatakan bahwa temperatur rendah dan cahaya gelap berpengaruh terhadap kecepatan pembelahan sel zooxanthellae pada *Anemonia pulchellae*. Temperatur rendah dan gelap dapat meningkatkan kecepatan indeks mitotik zooxanthellae. Suharsono (1990) mempelajari indeks mitotik zooxanthellae selama 24 jam pada anemon *Anemonia viridis* dan hasil pengamatannya menunjukkan nilai indeks mitotik paling tinggi terjadi pada tengah malam dan sore hari. Sedangkan Nganro (1992) menemukan indeks mitotik paling tinggi untuk spesies yang sama ditemukan pada malam hari.

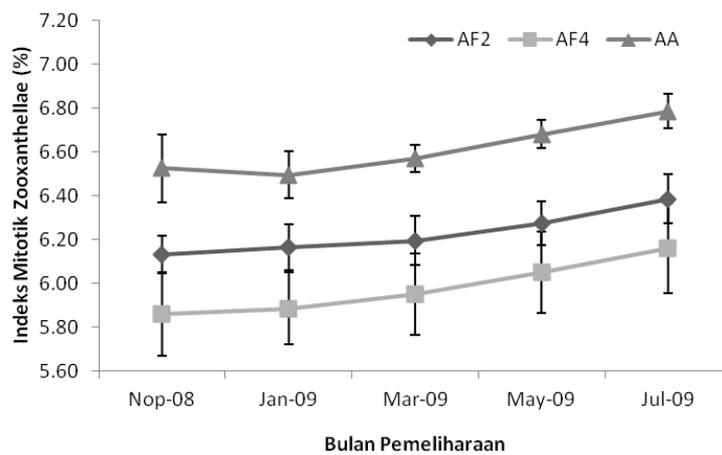
Rendahnya indeks mitotik pada siang hari kemungkinan disebabkan hampir seluruh aktifitas zooxanthellae diarahkan pada proses fotosintesis untuk menghasilkan nutrisi karbon. Menurut Kozloff (1990), pada saat zooxanthellae aktif berfotosintesis, banyak karbon yang dihasilkan sehingga memungkinkan induk semangnya membentuk gliserol, glukosa, dan bahan organik lainnya. Zooxanthellae salah satu mediator aliran nutrien antara lingkungan dan hewan inang (D'Elia dan Wiebe, 1990; Muscatine, 1990). Menggunakan teknik radioisotop, Stambler dan Dubinsky (1987)



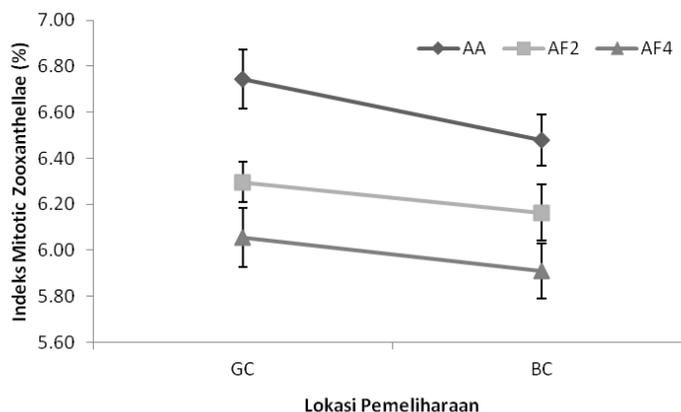
Gambar 1. Rerata indeks mitotik zooxanthellae ($X \pm SE = 6,273 \pm 0,076$, $N = 240$) berdasarkan waktu pengamatan selama 24 jam. AA: Anemon laut non fragmentasi, AF2: Anemon laut hasil fragmentasi 2 bagian, AF4: Anemon laut hasil fragmentasi 4 bagian.



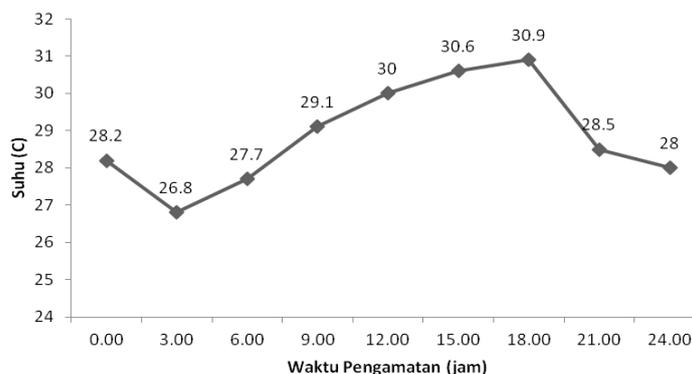
Gambar 2. Rerata indeks mitotik zooxanthellae ($X \pm SE = 6,273 \pm 0,076$, $N = 240$) berdasarkan sumber anemon laut. AA: Anemon laut non fragmentasi, AF2: Anemon laut hasil fragmentasi 2 bagian, AF4: Anemon laut hasil fragmentasi 4 bagian.



Gambar 3. Rerata indeks mitotik zooxanthellae ($X \pm SE = 6,273 \pm 0,076$, $N = 240$) berdasarkan bulan pemeliharaan AA: Anemon laut non fragmentasi, AF2: Anemon laut hasil fragmentasi 2 bagian, AF4: Anemon laut hasil fragmentasi 4 bagian.



Gambar 4. Rerata indeks mitotik zooxanthellae ($X \pm SE = 6,273 \pm 0,076$, $N = 240$) berdasarkan lokasi pemeliharaan. AA: Anemon laut non fragmentasi, AF2: Anemon laut hasil fragmentasi 2 bagian, AF4: Anemon laut hasil fragmentasi 4 bagian, KB: Kawasan terumbu karang dominan baik, KR: Kawasan terumbu karang dominan rusak.



Gambar 5. Rerata suhu perairan pada saat pengamatan indeks mitotik zooxanthellae selama 24 jam

mengestimasi 45–48% hasil fotosintesis ditranslokasi ke inang anemon laut *A. viridis*.

Adanya perbedaan indeks mitotik zooxanthellae yang berasal dari anemon AA, AF2, dan AF4 (Gambar 1) menunjukkan bahwa reproduksi aseksual dengan teknik fragmentasi tubuh telah memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kecepatan pembelahan sel-sel zooxanthellae. Indeks mitotik terendah ditemukan pada zooxanthellae yang berasal dari anemon hasil fragmentasi 4 bagian (AF4) dan yang tertinggi ditemukan pada anemon non fragmentasi (AA). Rendahnya persentase indeks mitotik zooxanthellae yang berasal dari anemon AF4 disebabkan adanya efek stress yang disebabkan adanya gangguan fisiologi akibat luka tubuh yang lebih masif dibandingkan dengan anemon AF2 dan AA pasca fragmentasi tubuh. Disfungsi fisiologi ini menyebabkan terganggunya suplai nutrisi yang diberikan oleh anemon terhadap zooxanthellae dan

terganggunya daerah perlindungan zooxanthella. Karang dan anemon mampu memberikan proteksi, shelter, dan suplai karbondioksida secara konstan untuk kebutuhan aktifitas fotosintesisnya. Densitas populasi zooxanthellae dalam jaringan inang dibatasi ketersediaan nutrient, cahaya matahari, dan kelebihan sel. Disamping itu juga dipengaruhi oleh kekeruhan (Thamrin *et al.*, 2004) dan polusi (Ambariyanto, 2011). Sedangkan zooxanthellae bersifat autotrof dan mampu menyediakan energi bagi inangnya dari hasil transformasi senyawa karbon dari hasil aktifitas fotosintesis. Inang menyediakan perlindungan dan menyediakan beberapa hasil metabolisme seperti karbondioksida dan kemungkinan beberapa nutrisi untuk zooxanthellae. Zooxanthellae menggunakan produk-produk ekskresi seperti fosfor esensial, sulfur, dan senyawa nitrogen yang berasal dari inang.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan adanya perbedaan persentase indeks mitotik

zooxanthellae seiring dengan lamanya pemeliharaan meskipun tidak signifikan. Semakin lama pemeliharaan maka semakin tinggi persentase indeks mitotiknya. Kondisi ini diduga disebabkan semakin membaiknya kondisi fisiologi dan morfologi tubuh anemon pasca fragmentasi tubuh sehingga suplai nutrisi oleh anemon sebagai inang ke simbiosis zooxanthellae dan sebaliknya mulai berjalan normal. Menurut Suharsono (1990), anemon laut tidak mempunyai lapisan pelindung seperti kima dan karang sehingga memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut anemon laut membutuhkan waktu adaptasi fisiologis yang berpengaruh terhadap proses metabolisme organisme simbiosisnya.

Indeks mitotik zooxanthellae anemon laut yang dipelihara pada lokasi karang dominan rusak (KR) dan dominan baik (KB) menunjukkan kondisi kerusakan terumbu karang tidak berpengaruh terhadap persentase indeks mitotik (Gambar 3). Hal ini disebabkan alga zooxanthellae yang digunakan bukan berasal dari hewan karang melainkan dari anemon percobaan yang ditempatkan pada kawasan karang dominan rusak (KR) dan dominan baik (KB). Dengan demikian kondisi terumbu karang tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase indeks mitotik zooxanthellae. Jika dilihat lebih jauh ternyata kedua lokasi pemeliharaan tersebut memiliki suhu dan kedalaman perairan yang relatif sama. Pada lokasi kawasan terumbu karang dominan rusak (KR) kedalaman perairan berkisar 0,75–1,5 m, sedangkan pada kawasan terumbu karang dominan baik (KB) kedalaman perairan berkisar 1–2 m. Kedua lokasi pemeliharaan ini memiliki kisaran temperatur dan intensitas matahari yang hampir sama. Kedalaman perairan tidak mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kecepatan indeks mitotik zooxanthellae. Hal ini dapat dilihat dari beberapa penelitian sebelumnya yang menunjukkan kedalaman perairan berpengaruh signifikan terhadap indeks mitotik zooxanthellae. Hasil pengamatan Wilkerson *et al.* (1988) terhadap variabilitas rerata indeks mitotik harian zooxanthellae dari sembilan spesies karang (*Madracis mirabilis*, *Acropora cervicornis*, *Agaricia agaricites*, *Acropora palmata*, *Porites astreoides*, *Montastrea annularis*, *Montastrea cavernosa*, *Eusmilia fastigiata*, *Dendrogyra cylindrus*) yang dikoleksi dari berbagai kedalaman perairan Teluk Discovery, Jamaica, yaitu kedalaman 1,5, 10, 30, dan 51 m. Wilkerson *et al.* (1988) menemukan rerata indeks mitotik zooxanthellae berkisar 1,1% (kedalaman 1 m, karang *Montastrea annularis* pada jam 03.00) hingga 14,1% (kedalaman 10 m, karang *Dendrogyra cylindrus* pada jam 13.00). Lima dari delapan sampel karang, menunjukkan terjadinya peningkatan indeks mitotik zooxanthellae seiring

dengan kedalaman perairan (*Madracis mirabilis*, *Acropora cervicornis*, *Acropora palmata*, *Montastrea annularis*, *Eusmilia fastigiata*) satu sampel karang menurun dengan bertambahnya kedalaman (*Porites astreoides*), dan dua sampel karang serupa pada semua kedalaman perairan (*Agaricia agaricites* dan *Montastrea cavernosa*).

Kesimpulan

Kecepatan pembelahan sel zooxanthellae (indeks mitotik) memiliki perbedaan secara signifikan antara anemon hasil reproduksi aseksual dan anemon alami. Indeks mitotik zooxanthellae tertinggi ditemukan pada anemon alam dibandingkan anemon hasil reproduksi aseksual. Indeks mitotik ditemukan relatif sama antar lokasi pemeliharaan karang dominan rusak dan dominan baik.

Daftar Pustaka

- Ambariyanto. 1996. Effect of Nutrient Enrichment in the Field on the Giant Clam *Tridacna maxima*. Ph.D. Thesis School of Biological Science and Marine Studies Centre the University of Sidney, Australia. 269 pp.
- Ambariyanto. 1997. The role of zooxanthellae on the nutrition of giant clams. *J. Coast. Dev.* 1(1): 43-48.
- Ambariyanto. 2011. Pengaruh Surfaktan dan Hidrokarbon Terhadap Zooxanthellae. *Ilmu Kelautan.* 16(1):30-34.
- D'Elia, C.F., & W.J. Wiebe. 1990. Biogeochemical nutrient cycles in coral reef ecosystem. In: Dubinsky, Z. (ed). *Coral Reefs. Elsevier, Ecosystems of the World.* 25:49-74.
- Dunn, D. F. 1981. The Clownfish Sea Anemones: Stichodactylidae (Coelenterata: Actiniaria) and Other Sea Anemones Symbiotic with Pomacentrid Fishes. *Trans. American Philosophical Soc.* 71(1):1-115.
- Fitt, W.K. & R.K. Trench. 1983. The Relation of Diel Patterns of Cell Division to Diel Patterns of Motility in The Symbiotic Dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum* Freudenthal in Culture. *New Phytol.*, 94: 421-432.
- Fautin, D.G., & Allen. 1997. Field Guide to Anemone Fishes and Their Host Sea Anemones. 2nd ed.

- Western Australian Museum, Perth, Australia. 160 pp.
- Gates, R.D., & B.E. Brown. 1985. The Loss of Zooxanthellae in the Sea Anemone *Anemonia viridis* (Forsskal) under Stress. *Proc. 5th. Int. Coral Reef Congr.* 2:143.
- Hoolbrok, S.J., & R.J. Schmitt. 2005. Growth, Reproduction and Survival of Tropical sea anemone (Actiniaria): Benefit of Hosting Anemone fish. *Coral Reef.* 24:67–73.
- Kozloff, E.N. 1990. Invertebrates. Sounders Collage. New York.
- Mitchell, J.S. 2003. Mobility of *Stichodactyla gigantea* Sea Anemones and Implications for Resident False Anemonefish, *Amphiprion ocellaris*. *Environ. Biol. Fish.* 66:85–90.
- Muscatine, L., C.F. Pages, A. Blackburn, R.D. Gates, G. Baghdasarian, & D. Allemand. 1998. Cell-Specific Density of Symbiotic Dinoflagellates in Tropical Anthozoans. *Coral Reefs.* 17:329–337.
- Muscatine, L. 1990. The Role of Symbiotic Algae in Carbon and Energy Flux. In: Dubinsky, Z. (ed). *Coral Reefs*. Elsevier. *Ecosystems of the World.* 25:75-87.
- Nganro, N.R. 1992. Development of a Tropical Marine Water Quality Bioassay Using Symbiotic Coelenterates. PhD Thesis. University of Newcastle upon Tyne, U.K. 225 p.
- Niartiningsih, A. 2001. Analisis Mutu Zooxanthellae dari Berbagai Inang dan Pengaruhnya Terhadap Sintasan dan Pertumbuhan Juvenil Kima Sisik (*Tridacna squamosa*). Disertasi Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin. Makassar. 168 hal.
- Rifa'i, M.A. 2009. Dinamika Symbion Alga Zooxanthellae pada Anemon Laut *Stichodactyla gigantea* (Forsskal, 1775) Alam dan Hasil Reproduksi Aseksual. Disertasi Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Rifa'i, M.A., P. Ansyari, H. Kudsiah, & A. Naparin. 2005. Rekayasa Fragmentasi Anemon Laut Jenis *Stichodactyla gigantea* untuk Restocking dan Rehabilitasi Kawasan Terumbu Karang non Produktif. Laporan Penelitian Hibah Bersaing XI tahun 2003-2005. Lembaga Penelitian Unlam Banjarmasin.
- Rifa'i, M.A., & H. Kudsiah. 2007. Reproduksi Aseksual Anemon Laut *Stichodactyla gigantea* (Forsskal, 1775) dengan Teknik Fragmentasi dan Habitat Penumbuhan Berbeda. *J. Sains & Teknologi.* 7(2): 65–76.
- Stamber, N., & Z. Dubinsky. 1987. Energy Relationships between *Anemonia sulcata* and Its Endosymbiotic Zooxanthellae. *Symbiosis.* 3: 233–248.
- Steen, R.G. & L. Muscatine. 1987. Low Temperature Evokes Rapid Exocytosis of Symbiotic Algae by a Sea Anemone. *Biol. Bull.* 172: 246–263.
- Suharsono. 1990. Ecological and Physiological Implications of Coral Bleaching at Pari Island, Thousand Island, Indonesia. PhD. Thesis. University of Newcastle upon Tyne. 278 p.
- Suharsono & B.E. Brown. 1992. Cellular and Ultrastructure Changes in the Endoderm of the Temperate Sea Anemone *Anemonia viridis* as a Result of Increased Temperature. *Mar. Biol.* 116: 311–318.
- Thamrin, M. Hafiz & A. Mulyadi. 2004. Pengaruh Kekurangan Terhadap Densitas Zooxanthellae pada Karang Scleractinia *Acropora aspera* di Perairan Pulau Mursala dan Pulau Poncan Sibolga, Sumatera Utara. *Ilmu Kelautan.* 9(2): 82-85.
- Wilkerson, F.P., G.M. Parker & L. Muscatine. 1983. Temporal Patterns of Cell Division in Natural Populations of Endosymbiotic Algae. *Limnol. Oceanogr.* 28: 1009-1014.
- Wilkerson, F.P., D. Kobayashi & L. Muscatine. 1988. Mitotic Index and Size of Symbiotic Algae in Caribbean Reef Corals. *Coral Reefs.* 7:29–36.
- Zamani, N.P. 1995. Effect of Environmental Stress on Cell Division and Other Cellular Parameter of zooxanthellae in Tropical Symbiotic Anemon *Heteractis malu*, *Haddoni*, and *Shackleton*. Dissertation Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy Marine Science and Coastal Management Department. University of New Castle Upon Tyne, United Kingdom. 261 pp.