

# Densitas Symbion Alga Zooxanthellae pada Anemon Laut *Stichodactyla gigantea* Alam dan Hasil Reproduksi Aseksual

M. Ahsin Rifa'i<sup>1\*</sup>, Ambo Tuwo<sup>2</sup>, Budimawan<sup>2</sup>, dan Andi Niartiningih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,  
Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70713

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,  
Universitas Hasanuddin, Makassar Sulawesi Selatan 90245

Diterima 17-01-2011

Disetujui 23-03-2012

## ABSTRACT

The aims of this research were to discover the density of algae symbiont of zooxanthellae in the giant carpet anemone (*Stichodactyla gigantea*) from the nature and the asexual reproduction by longitudinal body fragmentation technique. The research was conducted from October 2007 to July 2008, in The Hatchery of University of Hasanuddin Marine Station in Barrang Lompo Island for seed production and coral reefs area of Barrang Lompo Island for the implementation of culture. The series of study was started with parental collection and acclimatization of anemones, fragmentation of the body, culturing anemones in the coral reefs area and collection of algae zooxanthellae which is conducted every two months. The results of this study indicated the difference of zooxanthellae density from nature and asexual reproduction anemones. The highest density of zooxanthellae algae found in the non fragmented or nature population (AA) ( $10.84 \times 10^6$  cell/cm<sup>2</sup>), followed by the anemone which was resulted from 2 parts body fragmentation (AF2) ( $10.24 \times 10^6$  cells/cm<sup>2</sup>), and the anemone which was resulted from 4 parts body fragmentation (AF4) ( $9.17 \times 10^6$  cell/cm<sup>2</sup>). Whereas, between the good coral (KB) and bad coral (KR) not significant.

**Keywords:** fragmentation, sea anemones, *Stichodactyla gigantea*, zooxanthellae algae

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dinamika densitas symbion alga zooxanthellae yang ditemukan pada anemon laut *Stichodactyla gigantea* hasil reproduksi seksual yang berasal dari alam dan hasil reproduksi aseksual secara longitudinal dengan teknik fragmentasi tubuh. Penelitian dilaksanakan selama sepuluh bulan, mulai Oktober 2007–Juli 2008, di *Marine Station* Universitas Hasanuddin Pulau Barrang Lompo untuk produksi benih dan kawasan karang Pulau Barrang Lompo untuk pelaksanaan kultur. Rangkaian penelitian meliputi koleksi dan aklimatisasi induk anemon, kultur anemon di kawasan terumbu karang, dan koleksi alga zooxanthellae yang dilaksanakan setiap dua bulan sekali. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan densitas zooxanthellae ditemukan pada anemon alam dan hasil reproduksi aseksual. Densitas alga zooxanthellae paling tinggi ditemukan pada populasi anemon alam atau non fragmentasi (AA) ( $10,84 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>), diikuti oleh anemon hasil fragmentasi 2 bagian (AF2) ( $10,24 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>), dan anemon hasil fragmentasi 4 bagian (AF4) ( $9,17 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>). Sedangkan, densitas alga zooxanthellae antara karang dominan baik (KB) dan karang dominan rusak (KR) tidak ditemukan perbedaan yang signifikan.

**Kata Kunci:** alga zooxanthellae, anemon laut, fragmentasi, *Stichodactyla gigantea*

## PENDAHULUAN

*Stichodactyla gigantea* merupakan salah satu spesies anemon yang melimpah di perairan laut Indonesia. Umumnya dijumpai pada daerah terumbu karang yang kurang subur

dan dangkal, di gua atau di lereng terumbu (Dunn 1981; Rifa'i 1998; Rifa'i *et al.* 2009). Nama umumnya adalah *giant carpet anemone* dan *gigantic sea anemone* (Fautin & Allen 1997). Beberapa hasil penelitian menunjukkan anemon laut menjadi inang berbagai ikan karang dari genus *Amphiprion* dan *Premnas* (Fautin & Allen 1997; Randall & Fautin 2002;

---

\*Telp: +6281342232186

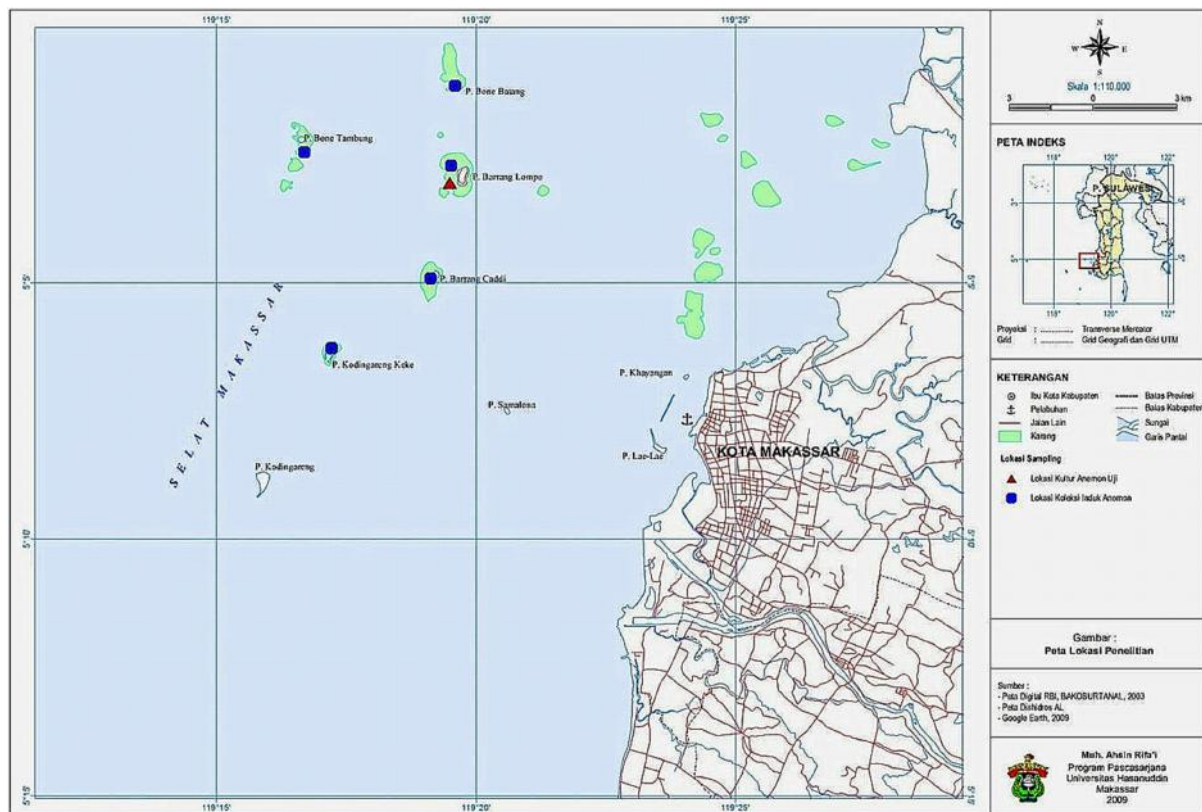
Email: muh\_ahsin@yahoo.com

Richardson 1999) dan sumber yang kaya akan senyawa bioaktif (Lagos *et al.* 2001). Anemon juga sangat populer sebagai bahan makanan laut, terutama di luar negeri antara lain Perancis, Jepang, Korea, dan Kepulauan Pasifik bagian timur. Nilai ekonomis penting lainnya adalah dapat dijadikan sebagai hewan pengisi akuarium yang sangat indah dan menarik karena memiliki bentuk tubuh yang beraneka warna.

Anemon laut jenis *S. gigantea* dapat dikembangbiakkan secara aseksual dengan teknik fragmentasi tubuh secara longitudinal (Rifa'i *et al.* 2005; 2008; Rifa'i 2011). Benih anemon yang dihasilkan dari teknologi ini membutuhkan kajian bioekologi lebih lanjut sehingga dapat diaplikasikan untuk kepentingan konservasi dan budidaya. Salah satu aspek yang sangat penting adalah dinamika alga zooxanthellae yang hidup bersimbiosis pada jaringan intraseluler anemon laut pasca fragmentasi tubuh secara longitudinal. Zooxanthellae merupakan dinoflagellata simbiotik yang mampu menyuplai energi ke inangnya dalam bentuk senyawa karbon terikat (Muscatine *et al.* 1984; Klumpp *et al.* 1992) dan sangat penting untuk pertumbuhan dan survival inang pada kondisi nutrisi yang terbatas (Bé *et al.* 1982). Zooxanthellae mampu memberikan kontribusi terhadap ketahanan inang-inangnya (Rinkevick 1989) dan memainkan peranan penting dalam keberhasilan

*reef-building corals* (Heckel 1974). Menurut Fautin & Allen (1997) dan Muscatine *et al.* (1998), zooxanthellae hidup bersimbiosis sebagai simbion intraseluler dalam sel-sel endodermis anemon laut di banyak daerah tropis. Ada kecenderungan zooxanthellae menjadi faktor-faktor pengendali dalam kelimpahan dan distribusi anemon (Muscatine & Weis 1992).

Teknik fragmentasi tubuh secara longitudinal diduga menimbulkan efek stres bagi anemon laut dan kehadiran biota simbiosis seperti simbion alga zooxanthellae. Stres dapat mengakibatkan warna tubuh karang dan anemon mengalami keputaran yang dikenal dengan istilah *bleaching*. *Bleaching* disebabkan adanya reduksi densitas populasi zooxanthellae (Hoegh-Guldberg & Smith 1989a,b; Suharsono 1990), reduksi pigmen-pigmen fotosintesis (Vaughan 1914; Coles & Jokiel 1977), atau kombinasi keduanya (Glynn & D'Croz 1990; Lesser *et al.* 1990). Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efek fragmentasi tubuh anemon *S. gigantea* secara longitudinal terhadap dinamika densitas alga zooxanthellae yang dipelihara pada kawasan terumbu karang Pulau Barrang Lompo Sulawesi Selatan. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan



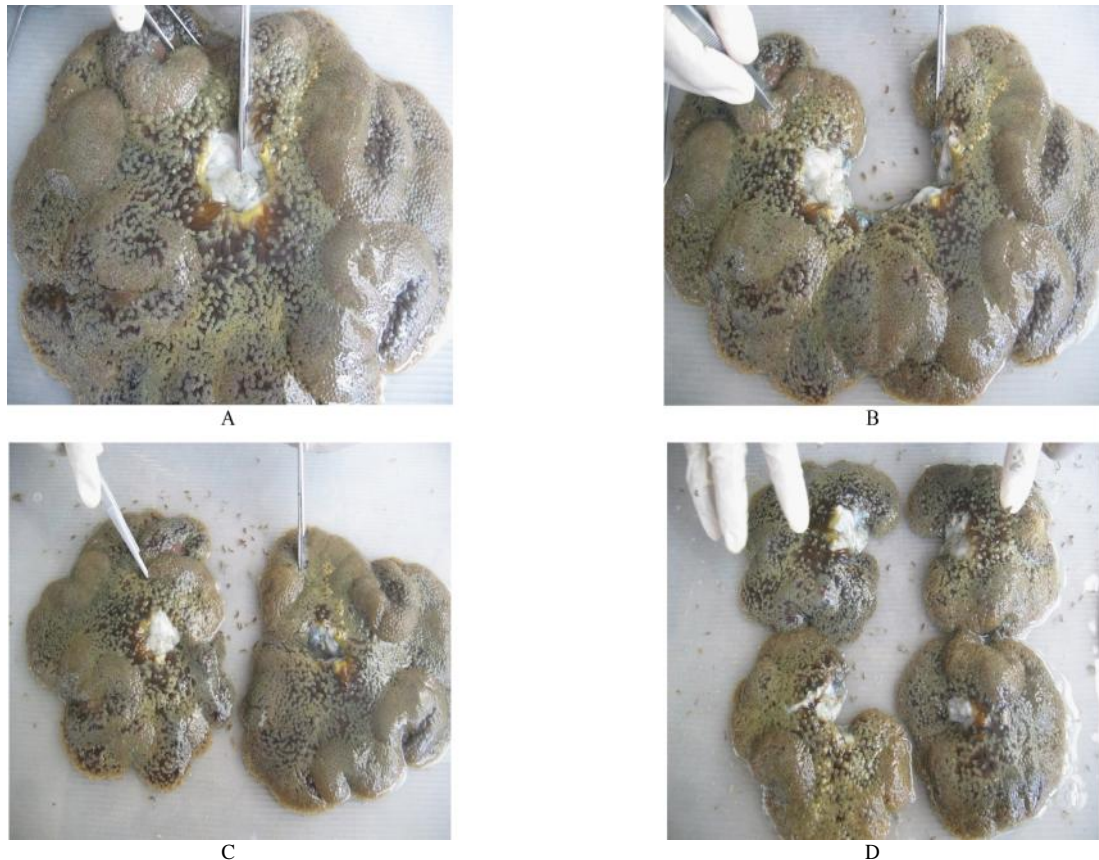
Gambar 1 Peta lokasi penelitian dan lokasi koleksi induk anemon *S. gigantea* (Forskall 1775)

teknologi pembenihan anemon laut untuk kepentingan konservasi dan budidaya komersial.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2007 hingga Juli 2008 di *Marine Station* Universitas Hasanuddin Pulau Barrang Lompo dan kawasan terumbu karang sebelah barat Pulau Barrang Lompo, Makassar, Sulawesi Selatan. Inang yang digunakan dalam penelitian ini adalah anemon laut jenis *Stichodactyla gigantea* yang dikumpulkan pada bulan Juli–September 2007 di sekitar kawasan terumbu karang beberapa pulau, seperti Pulau Barrang Lompo, Barrang Caddi, Bone Tambung, Bone Batang, dan Kodengareng Keke (Gambar 1). Anemon kemudian dibawa ke *hatchery Marine Station* Universitas Hasanuddin Pulau Barrang Lompo, selanjutnya diaklimatisasi dalam akuarium-akuarium kaca berkapasitas 500 L air selama 1 minggu. Air yang digunakan bersumber dari air laut yang telah mengalami proses pengendapan dan filterisasi. Selama proses aklimatisasi ini air akuarium diberi aerasi dan anemon diberi pakan tambahan berupa *Nauplii artemia* dan *Tetraselmis* sp.

Setelah anemon terlihat, 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 (Gambar 2). Fragmen-fragmen tubuh yang dihasilkan, kemudian dimasukkan dalam kurungan dasar dengan kepadatan 30 ekor. Kurungan berukuran 3 m x 2 m x 0,75 m dengan desain terbuka pada bagian atas. 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. Kriteria pemilihan kawasan terumbu karang dominan rusak (KR) dan kawasan terumbu karang yang dominan baik (KB) berdasarkan nilai persentase tutupan karang hidup menurut UPMSC (1979 dalam Brown & Scoffin 1986), seperti pada Tabel 1. Lama pemeliharaan anemon di perairan alam adalah 10 bulan, yaitu mulai dari bulan Oktober 2007 sampai dengan Juli 2008.



Gambar 2 Proses fragmentasi tubuh secara longitudinal (A dan B); Benih anemon hasil fragmentasi 2 bagian (C); Benih anemon hasil fragmentasi 4 bagian (D)

Tabel 1 Kondisi terumbu karang berdasarkan nilai persentase tutupan karang hidup (UPMSC (1979 dalam Brown &amp; Scoffin 1986))

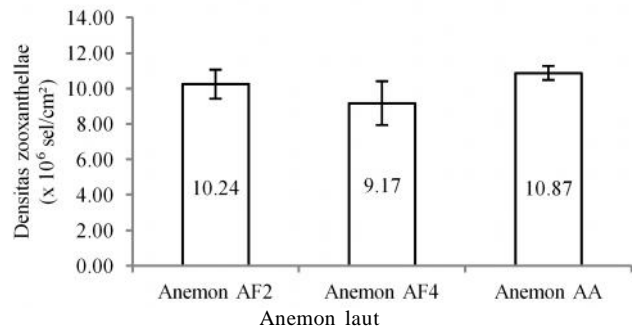
No	Kondisi terumbu karang	Persentase tutupan karang hidup (%)
1.	Sangat Baik	75–100
2.	Baik	50–74,9
3.	Sedang	25–49,9
4.	Buruk	0–24,9

Untuk mengetahui densitas zooxanthellae dilakukan pengambilan sampel mengikuti cara Zamani (1995), yaitu dengan mengambil sampel pada lapisan endodermis, kemudian dikeruk seluas 1 cm<sup>2</sup>, diulang sebanyak 3 kali, disaring dengan saringan bertingkat. Selanjutnya disuspensikan dalam air laut yang telah disaring sampai mencapai volume 100 mL. Suspensi zooxanthellae diamati di bawah mikroskop kemudian dilakukan perhitungan. Untuk mengetahui adanya perbedaan densitas zooxanthellae antara AF2 (benih hasil fragmentasi 2 bagian), AF4 (benih hasil fragmentasi 4 bagian), dan AA (benih anemon alam/non fragmentasi) digunakan Uji Kruskal-Wallis. Uji Kruskal-Wallis dianalisis menggunakan bantuan *Software* SPSS 11,5 (Santoso 2003). Sebagai data penunjang dilakukan pengukuran terhadap parameter kualitas air meliputi: kecerahan (%), kecepatan arus (cm/detik), suhu (°C), salinitas (ppt), oksigen terlarut (ppm), dan kekeruhan (NTU).

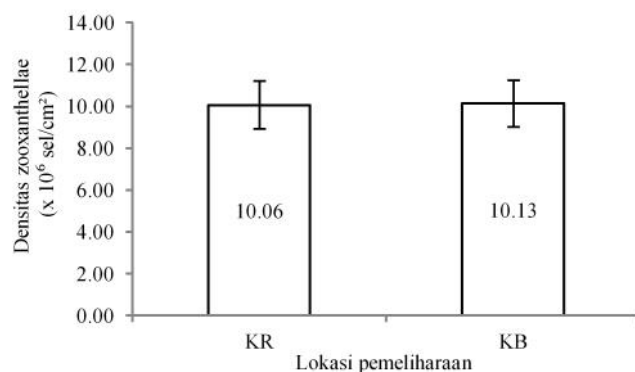
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata densitas zooxanthellae antar anemon AF2, AF4, dan AA menunjukkan adanya perbedaan (signifikan, Asymp sig 0,000 < 0,05). Densitas zooxanthellae tertinggi ditemukan pada anemon AA (10,84 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>), disusul anemon AF2 (10,24 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>), dan anemon AF4 (9,17 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>) (Gambar 3). Begitu pula antar bulan pemeliharaan (signifikan, Asymp sig 0,000 < 0,05). Rata-rata densitas zooxanthellae tertinggi berasal dari anemon yang dipelihara pada bulan Juli 2008 sebesar 11,05 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>, disusul bulan Mei 2008 sebesar 10,74 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>, bulan Maret 2008 sebesar 10,14 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>, bulan Januari 2008 sebesar 9,49 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>, dan bulan November 2007 sebesar 9,05 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup> (Gambar 4). Rata-rata densitas zooxanthellae yang ditemukan pada anemon laut dipelihara antar lokasi KR dan KB (Gambar 5) tidak menunjukkan adanya perbedaan (tidak signifikan, Asymp sig 0,296 > 0,05).

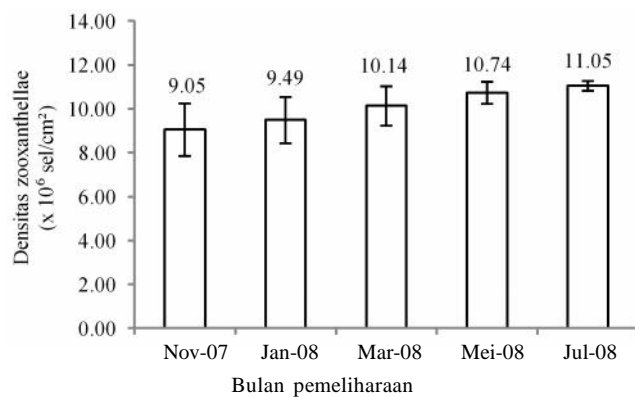
Rata-rata densitas zooxanthellae yang ditemukan dalam penelitian ini, baik anemon hasil reproduksi aseksual maupun anemon alami masih lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Niartiningasih (2001). Rata-rata densitas



Gambar 3 Rata-rata densitas zooxanthellae antar anemon AF2, AF4, dan AA selama 10 bulan pemeliharaan di kawasan terumbu karang dominan rusak (KR) dan dominan baik (KB) ( $\bar{x} \pm SE=10,30 \pm 0,118$ , N = 90)



Gambar 4 Rata-rata densitas zooxanthellae antar kawasan terumbu karang dominan rusak (KR) dan dominan baik (KB) anemon AF2, AF4, dan AA selama 10 bulan pemeliharaan ( $\bar{x} \pm SE=10,30 \pm 0,118$ , N = 90)



Gambar 5 Rata-rata densitas zooxanthellae antar bulan pemeliharaan anemon AF2, AF4, dan AA yang dikultur pada kawasan terumbu karang dominan rusak (KR) dan dominan baik (KB) selama 10 bulan ( $\bar{x} \pm SE=10,30 \pm 0,118$ , N = 90)

zooxanthellae pada anemon AF2 berkisar 9,0793–11,0384 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>, anemon AF4 berkisar 7,6490–10,9006 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>, dan anemon AA berkisar 10,4283–11,2127 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>. Sedangkan rata-rata densitas zooxanthellae hasil penelitian Niartiningasih (2001) sebesar 11,46 x 10<sup>6</sup> sel/cm<sup>2</sup>. Densitas zooxanthellae hasil penelitian ini juga lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Karossi (2003)

terhadap karang *Pocillopora damicornis* di Perairan Pulau Kotok Besar, Pulau Peteloran Barat, Pulau Kayu Angin Bira-Kepulauan Seribu. Pada kedalaman 3 m di perairan Pulau Kotok Besar ditemukan densitas zooxanthellae sebesar  $37,0 \times 10^6$  sel/g/mL, di perairan Pulau Peteloran Barat sebesar  $33,4 \times 10^6$  sel/g/mL, dan di perairan Pulau Kayu Angin Bira sebesar  $37,6 \times 10^6$  sel/g/mL. Rendahnya densitas zooxanthellae yang ditemukan dalam penelitian ini disebabkan anemon yang menjadi inang simbiosis zooxanthellae ini telah mengalami rangkaian perlakuan fisik dan lingkungan yang panjang mulai koleksi induk, aklimatisasi, reproduksi aseksual hingga kultur di perairan. Perlakuan-perlakuan ini menyebabkan anemon menghadapi berbagai kondisi perairan yang tidak stabil dari satu tahapan ke tahapan lain atau satu lokasi ke lokasi lain seperti terjadinya fluktuasi salinitas, suhu, dan pencahayaan. Fluktuasi ini menyebabkan inang mengalami stres dan berpengaruh nyata bagi kehidupan zooxanthellae yang tinggal di dalam jaringan endodermis anemon untuk tumbuh dan berkembang biak. Steen & Muscatine (1987) menyatakan bahwa berbagai perubahan kondisi lingkungan yang terjadi pada cnidarian simbiotik di laboratorium dan lapangan menyebabkan inang stres dan terjadi kehilangan simbiosis alga zooxanthellae. Berbagai kondisi tersebut antara lain cahaya yang konstan, suhu yang meningkat, dan salinitas yang meningkat, (Reimer 1971; Steele 1976; 1977), cahaya gelap (*darkness*) yang panjang (Yonge & Nicholls 1931; Franzisket 1970; Kevin & Hudson 1979). Ruiz-Zarate *et al.* (2000) melaporkan bahwa reduksi alga zooxanthellae terjadi pada koloni karang *Manicina areolata* yang mengalami stres akibat dipindahkan ke area dengan densitas lamun *Thalassia testudinum* yang tinggi.

Berdasarkan sumber anemonnya, densitas zooxanthellae pada anemon alam nonfragmentasi (anemon AA) lebih tinggi dibandingkan anemon laut hasil reproduksi aseksual dengan teknik fragmentasi (anemon AF2 dan AF4). Rata-rata densitas zooxanthellae yang berasal dari anemon AA mencapai  $10,87 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>, disusul anemon AF2  $10,24 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>, dan anemon AF4  $9,17 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>. Dengan demikian maka perlakuan fragmentasi tubuh anemon pada saat reproduksi aseksual memberikan efek yang signifikan terhadap kehadiran alga zooxanthellae untuk melakukan simbiosis. Tingginya densitas alga zooxanthellae pada anemon alam (AA) disebabkan anemon ini tidak mengalami luka tubuh yang menyebabkan stres sebagaimana yang terjadi pada anemon hasil reproduksi aseksual (AF4 dan

AF2). Stres yang ditimbulkan telah menyebabkan hubungan mutualisme antara alga zooxanthellae sebagai simbiosis dan anemon sebagai inang tidak dapat berlangsung sebagaimana mestinya. Stres didefinisikan sebagai stimulus fisik dan lingkungan yang dapat mengganggu fungsi-fungsi biologisnya secara normal (Bayne 1985). Brown dan Howard (1985) menyatakan bahwa adanya kerusakan fisik dan lingkungan dapat menyebabkan terganggunya fungsi-fungsi fisiologis karang antara lain seperti tingkat pertumbuhan, tingkat metabolisme, produksi mukus, dan potensi kehilangan alga zooxanthellae. Stres dapat mengakibatkan warna tubuh karang dan anemon mengalami keputihan yang dikenal dengan istilah *bleaching*. *Bleaching* disebabkan adanya reduksi densitas populasi zooxanthellae (Hoegh-Guldberg & Smith 1989a, b; Suharsono 1990), reduksi pigmen fotosintesis (Vaughan 1914; Coles & Jokiel 1977), atau kombinasi keduanya (Glynn & D'Croze 1990; Lesser *et al.* 1990). Steen dan Muscatine (1987), menemukan efek stres suhu rendah (4°C) dan cahaya gelap selama 4 hari telah menyebabkan alga zooxanthellae keluar dari anemon laut hingga mencapai 99%.

Efek stres ini menyebabkan aktivitas metabolisme anemon terkonsentrasi pada upaya penyembuhan luka tubuh pasca fragmentasi. Selama proses penyembuhan ini sebagian besar hasil metabolisme tubuh anemon dikonsentrasikan untuk upaya memperbaiki sel-sel yang rusak, sedangkan fungsi biologis lainnya seperti suplai nutrisi bagi simbiosisnya turut mengalami gangguan. Akibat gangguan ini maka sel-sel alga zooxanthellae diduga sebagian akan keluar dari jaringan endodermis untuk melakukan migrasi, sebagian mengalami kerusakan sel, sebagian mengalami kematian, dan sebagian lagi mengurangi bahkan menghentikan aktivitas pertumbuhan untuk sementara waktu. Kondisi serupa terjadi pada terumbu karang. Di bawah kondisi stres, karang akan mereduksi densitas zooxanthellae, konsentrasi klorofil-a, dan *tissue thickness* (Ruiz-Zarate *et al.* 2000; Mendes & Woodle 2002). Quan-Young dan Espinoza-Avalos (2006) melaporkan bahwa karang *Montastrea faveolata* melakukan reduksi densitas zooxanthellae, konsentrasi klorofil-a, dan ketebalan jaringan *thickness* ketika mendapatkan jaringan tubuhnya ditutupi *mixed turf algae* (MTA). Reduksi densitas zooxanthellae dan konsentrasi klorofil-a juga terjadi pada koloni karang *Porites porites* setelah terpapar tembaga (Jones 1997). Kondisi yang sama juga dijumpai ketika terpapar sianida (Cervino *et al.* 2003). Menurut Gibbons (2008) terdapat lima

kemungkinan mekanisme pelepasan alga zooxanthellae dari sel inang akibat stres, yaitu: 1) eksositososis (Steen & Muscatine 1987), yaitu pengeluaran zooxanthellae dari sel vakuola endodermal; 2) apoptosis (Dunn *et al.* 2004), atau yang lebih dikenal dengan istilah sel mati terprogram (*programmed cell death* = PCD); 3) nekrosis (Searle *et al.* 1982), yaitu kematian sel inang dan pengeluaran kandungan sel termasuk zooxanthellae; 4) *pinching off* (Gates *et al.* 1992), yaitu pelepasan bagian distal sel inang yang mengandung zooxanthellae dan vakuola yang diikuti pembebasan zooxanthellae; 5) *detachment* (perusakan) sel endodermis inang (Gates *et al.* 1992; Sandeman 2006), yaitu pembebasan seluruh sel inang yang mengandung zooxanthellae.

Akibat berkurangnya jumlah populasi alga zooxanthellae pada jaringan endodermis karang dengan berbagai mekanisme pengeluaran sebagaimana dijelaskan di atas, maka berbagai fungsi fisiologis alga zooxanthellae tidak mampu berjalan optimal seperti aktivitas fotosintesis, pembelahan, dan pertumbuhan sel. Dengan demikian, hasil analisis ini telah mampu membuktikan hipotesis penelitian ini, yaitu fragmentasi tubuh yang dilakukan pada anemon laut saat reproduksi aseksual memberikan pengaruh terhadap dinamika densitas alga zooxanthellae yaitu terjadinya penurunan densitas zooxanthellae yang lebih tinggi pada anemon yang mengalami fragmentasi 4 bagian (AF4) dibandingkan dengan 2 bagian (AF2) dan anemon alami non fragmentasi (AA).

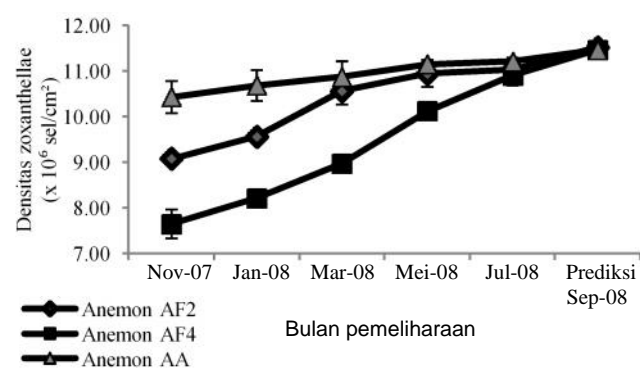
Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin lama anemon uji dipelihara pada kawasan terumbu karang semakin meningkat kehadiran alga zooxanthellae untuk melakukan simbiosis. Hal ini terbukti dengan rata-rata densitas zooxanthella pada bulan November 2007 (2 bulan pemeliharaan) hanya mencapai  $9,05 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>, kemudian pada bulan Januari 2008 (4 bulan pemeliharaan) terjadi peningkatan mencapai  $9,49 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>, dan terus meningkat pada bulan Maret 2008 (6 bulan pemeliharaan) mencapai  $10,14 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup> Mei 2008 (8 bulan pemeliharaan) mencapai  $10,74 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>, dan tertinggi pada bulan Juli 2008 (10 bulan pemeliharaan) mencapai  $11,05 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>.

Meskipun densitas zooxanthellae antara anemon AF2, AF4, dan AA berbeda secara signifikan selama 10 bulan pemeliharaan, namun ada kecenderungan perbedaan ini semakin mengecil dengan bertambahnya waktu pemeliharaan dan diprediksikan pada bulan ke 12 masa pemeliharaan (September 2008) densitas zooxanthellae yang berasal dari anemon AF2, AF4, dan AA tidak akan jauh

berbeda (Gambar 6). Pola perkembangan densitas zooxanthellae yang terjadi pada anemon alam dan anemon hasil reproduksi aseksual ini terkait erat dengan efek fragmentasi tubuh pada saat proses reproduksi aseksual dan upaya adaptasi seiring dengan lamanya pemeliharaan pada saat kultur di perairan alam.

Tidak adanya perbedaan densitas zooxanthellae antar lokasi pemeliharaan yaitu antar kawasan terumbu karang dominan baik (KB) dan dominan rusak (KR) menunjukkan bahwa kondisi kerusakan terumbu karang tidak berpengaruh signifikan terhadap dinamika yang ditemukan pada anemon hasil reproduksi aseksual. Hal ini disebabkan: pertama, kondisi kualitas air dan produktivitas primer kedua perairan yang menjadi lokasi pemeliharaan anemon tidak jauh berbeda. Kedua, kehadiran alga zooxanthellae lebih banyak dipengaruhi faktor inang dibandingkan produktivitas primer perairan di sekitarnya. Ketiga, kedalaman perairan lokasi pemeliharaan tidak jauh berbeda, kedalaman kawasan terumbu karang KR 0,75–1,5 m, dan KB 1,5–2 m.

Kondisi parameter kualitas air antara kawasan terumbu karang dominan baik (KB) dan dominan rusak (KR) tidak jauh berbeda, begitu pula kisaran produktivitas primernya. Hasil pengukuran kandungan produktivitas primer di lokasi terumbu karang dominan baik (KB) yang diambil pada kedalaman 0 m dan selang waktu pukul 10.00–14.00 berkisar  $30,23$ – $45,78$  mgC/m<sup>3</sup>/jam dan dominan rusak (KR) berkisar  $28,93$ – $43,58$  mgC/m<sup>3</sup>/jam. Kisaran kandungan produktivitas primer kedua lokasi ini tidak jauh berbeda, sehingga potensi nutrisi yang tersedia bagi alga zooxanthellae untuk melakukan aktivitas fotosintesis kurang lebih sama. Pada kawasan terumbu karang dominan baik (KB) produktivitas primer diduga bersumber dari: 1) *filamentous green algae* yang ditemukan dalam karang hidup; 2) *algae zooxanthellae*



Gambar 6 Perkembangan densitas zooxanthellae antar anemon AF2, AF4, dan AA selama 10 bulan pemeliharaan (November 2007 sampai Juli 2008) dan prediksi pada bulan ke-12 masa pemeliharaan (September 2008)

yang ditemukan dalam jaringan endodermis karang hidup sebagai simbiosis intraseluler; dan 3) alga planktonik. Sedangkan pada kawasan terumbu karang dominan rusak (KR) produktivitas primernya bersumber dari: 1) alga *encrusting* dan *calcareous* yang tumbuh di substrat dasar perairan atau di atas permukaan karang atau pecahan yang telah mati; 2) alga zooxanthellae yang dapat pula bersumber dari biota lainnya yang ditemukan pada kawasan terumbu karang dominan rusak seperti kerang lola, kerang kima; serta 3) alga planktonik. Kecilnya kisaran kandungan produktivitas primer di kedua lokasi pemeliharaan ini yang diduga menjadi salah satu penyebab sehingga densitas alga zooxanthellae yang ditemukan pada anemon hasil reproduksi aseksual tidak berbeda signifikan antara lokasi pemeliharaan kawasan terumbu karang dominan baik dan dominan rusak.

Kehadiran alga zooxanthellae diduga lebih banyak dipengaruhi faktor inang dibandingkan produktivitas primer perairan di sekitarnya. Alga zooxanthellae sebagai simbiosis dan anemon laut sebagai inang memiliki hubungan mutualisme yang sangat erat. Untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bagi kelangsungan hidup dan aktivitas fotosintesis, zooxanthellae sebagian besar mengandalkan sumbangan dari inangnya dibandingkan perairan sekitarnya. Produk ekskresi seperti fosfor esensial, sulfur, dan senyawa nitrogen yang dihasilkan oleh anemon digunakan oleh zooxanthellae untuk melakukan aktivitas fotosintesis. Selanjutnya karbon yang dihasilkan dari aktivitas fotosintesis zooxanthellae disumbangkan ke anemon laut. Faktor inilah yang menyebabkan densitas alga zooxanthellae yang ditemukan pada anemon hasil reproduksi aseksual dan alami tidak berbeda signifikan antara lokasi pemeliharaan kawasan terumbu karang dominan baik dan dominan rusak. Lokasi pemeliharaan anemon keduanya berada pada daerah rata-rata terumbu karang (*reef flat*) hingga tubir (*reef slope*) dengan kedalaman 0,75–2 m. Pada kedalaman ini, kedua lokasi pemeliharaan memiliki potensi yang sama dalam memanfaatkan cahaya matahari secara optimal untuk kepentingan aktivitas fotosintesis oleh alga maupun oleh plankton, sehingga densitas alga zooxanthellae tidak berbeda signifikan antara lokasi pemeliharaan pada kawasan terumbu karang dominan baik dan dominan rusak.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reproduksi aseksual anemon laut jenis *S. gigantea* dengan teknik fragmentasi tubuh memberikan pengaruh signifikan terhadap densitas alga zooxanthellae yang melakukan simbiosis. Anemon alami non fragmentasi memiliki densitas alga

zooxanthellae tertinggi disusul anemon yang difragmentasi menjadi 2 bagian dan 4 bagian. Namun perbedaan ini terjadi pada bulan-bulan awal pemeliharaan (0–10 bulan). Selanjutnya seiring dengan lamanya waktu pemeliharaan dan membaiknya kondisi tubuh pasca fragmentasi, maka densitas zooxanthellae terus meningkat mendekati kesamaan dan diprediksikan pada bulan ke-12 pemeliharaan, densitas zooxanthellae antar anemon ini akan relatif sama. Selain itu ditemukan pula bahwa densitas zooxanthellae yang berasal dari anemon hasil reproduksi aseksual tidak memiliki perbedaan yang signifikan meski dipelihara pada kawasan terumbu karang yang berbeda yaitu kawasan terumbu karang dominan baik dan dominan rusak. Berdasarkan hasil penelitian ini maka benih anemon laut jenis *S. gigantea* hasil reproduksi aseksual jika dilihat dari aspek densitas alga zooxanthellae memiliki potensi dan peluang untuk dijadikan benih dalam upaya konservasi dan budidaya.

## SIMPULAN

Terdapat perbedaan densitas alga zooxanthellae antar anemon hasil reproduksi aseksual dan anemon alami. Anemon alami lebih tinggi dibandingkan dengan anemon hasil reproduksi aseksual. Perbedaan semakin mengecil seiring lamanya pemeliharaan. Densitas alga zooxanthellae pada anemon yang dipelihara pada lokasi dominan karang mati dan karang hidup tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Mengingat efek lokasi pemeliharaan tidak berbeda maka disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai lokasi pemeliharaan dengan perbedaan kedalaman perairan yang lebih besar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Prof. Ir. Ambo Tuwo, DEA., Bapak Prof. Ir. Budimawan, DEA., dan Ibu Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningih, atas bimbingan dan arahannya dalam pelaksanaan dan penyusunan artikel ini. Terima kasih pula disampaikan kepada Direktorat Pendidikan Dikti Kemdiknas atas bantuan dana dalam bentuk beasiswa BPPS selama studi Program Doktor di Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

## DAFTAR PUSTAKA

Bayne, B.L. 1985. Responses to Environmental Stress: Tolerance, Resistance, and Adaptation. In: Gray, J.S., Christiansen, M.E. (eds) *Marine Biology of Polar Regions and the Effect of Stress on Marine Organisms*. New York: Preager.

- Bé, A.W.H., Spero, H.J & Anderson, O.R.** 1982. Effect of symbiont elimination and reinfection on the life processes of the planktonic foraminifer *globigerinoides sacculifer*. *Mar. Biol* **70(1)**: 73–86.
- Brown, B.E & Howard, L.S.** 1985. Assessing the effect of stress on reef corals. *Adv. Mar. Biol* **22**: 1–63.
- Brown, B.E & Scoffin.** 1986. *Human Induced damage to Coral Reef*. Jakarta: Diponegoro University Semarang and National Institute of Oceanology.
- Cervino, J.M., Hayes, R.L., Honovich, M., Goreau, T.J., Jones, S & Rubec, P.J.** 2003. Changes in zooxanthellae density, morphology, and mitotic index in hermatypic corals and anemones exposed to cyanide. *Mar. Poll. Bull* **46(5)**: 573–586.
- Coles, S.L & Jokiel, P.L.** 1977. Effect of the temperature on photosynthesis and respiration in the hermatypic corals. *Mar. Biol* **43(3)**: 209–216.
- Dunn, D.F.** 1981. The clownfish sea anemones: stichodactylidae (coelenterata: actiniaria) and other sea anemones symbiotic with pomacentrid fishes. *Tran. Amer. Phil. Soc* **71(1)**: 1–115.
- Dunn, S.R., Thomason, J.C., Le Tissier, M.D.A & Bythell, J.C.** 2004. Heat stress induces different forms of cell death in sea anemones and their endosymbiotic algae depending on temperature duration. *Cell. Death. Differ* **11(11)**: 1213–1222.
- Fautin, D.G. & Allen.** 1997. Field Guide to anemone fishes and their host sea anemones. 2<sup>nd</sup> ed. Western Australian Museum, Perth Australia. <http://www.nhm.ku.edu>. (Diakses: 31 Oktober 2006).
- Franzisket, L.** 1970. The atrophy of hermatypic reef corals maintained in darkness and their subsequent regeneration in Light. *Int. Rev. Hydrobiol* **55**: 1–12.
- Gates, R.D., Baghdasarian, G & Muscatine, L.** 1992. Temperature stress causes host cell detachment in symbiotic cnidarians: implications for coral bleaching. *Biol. Bull* **182**: 324–332.
- Gibbons, C.L.** 2008. Carbon flux in temperate zooxanthellae sea anemone *anthopleura aureoradiata*. A Thesis Victoria University of Wellington School of Biological Sciences.
- Glynn P. W & D’Croz, L.** 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Nino-coincident coral mortality. *Coral Reefs* **8(4)**: 181–191.
- Heckel, P.H.** 1974. Carbonate Build Up in The Geologic Record: A Review, In: *Laporte LF* (ed) *Reefs in Time and Space*. Spec. Publs Soc. Econ. Palont Miner Tulsa, Oklahoma.
- Hoegh-Guldberg O & Smith, G.J.** 1989a. The effect of sudden changes in temperature, light and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals *stylophora pistillata* esper and *seriatopora hystrix* dana. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol* **129**: 279–303.
- Hoegh-Guldberg, O & Smith, G.J.** 1989. Influence of the population density of zooxanthellae and supply of ammonium on the biomass and metabolic characteristics of the reef corals *seriatopora hystrix* and *stylophora pistillata*. *Mar. Ecol. Prog. Ser* **57**: 173–186.
- Jones, R.J.** 1997. Zooxanthellae loss as a bioassay for assessing stress in corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser* **149**: 163–171.
- Karossi, A.Z.** 2003. Kelimpahan dan indeks mitosis simbion alga zooxanthellae pada karang *pocillopora damicornis* di Perairan Pulau Kotok Besar, Pulau Peteloran Barat, Pulau Kayu Angin Bira-Kepulauan Seribu. Thesis Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH)–ITB, Bandung.
- Kevin, K.M & Hudson, R.C.L.** 1979. The role of zooxanthellae in the hermatypic coral *Plesiastrea urvillei* (Milne-Edwards and Haime) from Cold Waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol* **36**: 157–170.
- Klumpp, D.W., Bayne, B.L & Hawkins, A.J.S.** 1992. Nutrition of the giant clam *tridacna gigas* (L). I. contribution of filter feeding and photosynthates to respiration and growth. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol* **155**: 105–122.
- Lagos, P., Duran, R., Cerveñansky, C., Freitas, J.C & Silveira, R.** 2001. Identification of hemolytic and neuroactive fractions in the venom of the sea anemone *bunodosoma cangicum*. *Braz. J. Biol. Res* **34(7)**: 895–902.
- Lesser, M.P., Stochaj, W.R., Tapley, D.W & Shick, J.M.** 1990. Bleaching in coral reef anthozoans: effects of irradiance, ultraviolet radiation, and temperature on the activities of protective enzymes against active oxygen. *Coral Reefs* **8(4)**: 225–232.
- Mendes, J. M & Woodle, J.D.** 2002. Effect of the 1995–1996 bleaching event on polyp tissue depth, growth, reproduction and skeletal band formation in *Montastraea annularis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser* **235**: 93–102.
- Muscatine, L., Falkowski, P.G., Porter, J.W & Dubinsky, Z.** 1984. Fate of photosynthetic fixed carbon in light-adapted and shade-adapted colonies of the symbiotic coral *stylophora pistillata*. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B. Biol. Sci* **222(1227)**: 181–202.
- Muscatine, L & Weis, V.** 1992. Productivity of Zooxanthellae and Biogeochemical cycles. In: Falkowski PG, Woodhead AD (eds). *Primary Productivity and Biogeochemical Cycles*. Plenum, New York, pp.
- Muscatine, L., Falkowski, P.G., Dubinsky, Z., Cook, P.A & McCloskey, L.R.** 1998. The effect of external nutrient resources on population dynamics of zooxanthellae in reef coral. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B. Biol. Sci* **236**: 311–324.
- Niartiningih, A.** 2001. Analisis mutu zooxanthellae dari berbagai inang dan pengaruhnya terhadap sintasan dan pertumbuhan juvenil kima sisik (*Tridacna squamosa*). *Disertasi*. Makassar: Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- Quan-Young, L.I & Espinoza-Avalos, J.** 2006. Reduction of zooxanthellae density, chlorophyll *a* concentration, and tissue thickness of the coral *Montastraea faveolata* (Scleractinia) when competing with mixed turf algae. *Limnol. Oceanogr* **51(2)**: 1159–1166.
- Randall, J.E & Fautin, D.G.** 2002. Fishes other than anemone



- fishes that associate with sea anemones. *Coral Reefs* **21(2)**: 188–190.
- Reimer, S.A.** 1971. Observations on the relationships between several species of tropical zoanthids (Zoanthidea, Coelenterata) and their zooxanthellae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol* **7**: 207–214.
- Richardson, D.L.** 1999. Correlates of environmental variables with patterns in the distribution and abundance of two anemone fishes on an eastern Australian sub-tropical reef system. *Env. Biol. Fish* **55**: 225–263.
- Rifa'i, M.A.** 1998. Reproduksi vegetatif anemon laut *Stichodactyla gigantea* (Forsk. 1775) dan upaya rehabilitasi pada berbagai habitat terumbu karang non produktif. *Tesis*. Ujung Pandang: Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- Rifa'i, M.A.** 2011. Sintasan benih anemon laut *Stichodactyla Gigantea* (Forsk. 1775) hasil reproduksi aseksual berdasarkan waktu pemindahan ke perairan alami pasca fragmentasi longitudinal. *Jurnal Seri Hayati* **11(2)**: 93–102.
- Rifa'i, M.A., Ansyari, P & Kudsiah, H.** 2005. Rekayasa teknologi fragmentasi secara longitudinal anemon laut jenis *Stichodactyla Gigantea* (Forsk. 1775). *J. Ecosystem* **5(2)**: 47–156.
- Rifa'i, M.A., Ansyari, P & Kudsiah, H.** 2008. Kajian densitas gamet anemon laut *Stichodactyla Gigantea* (Forsk. 1775) hasil reproduksi aseksual dengan teknik fragmentasi. *Jurnal Sains & Teknologi* **8(2)**: 95–103.
- Rifa'i, M.A & Kudsiah.** 2007. Reproduksi aseksual anemon laut *Stichodactyla Gigantea* (Forsk. 1775) dengan teknik fragmentasi dan habitat penumbuhan berbeda. *Jurnal Sains & Teknologi* **7(2)**: 65–76.
- Rifa'i, M.A., Niartiningih, A & Kudsiah, H.** 2009. Indeks Mitotik Simbiosis Alga Zooxanthellae pada Anemon Laut *Stichodactyla Gigantea* (Forsk. 1775) Hasil Reproduksi Aseksual. *Prosiding*. Seminar Nasional Tahunan VI Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Tahun 2009.
- Rinkevich, B.** 1989. The contribution of photosynthetic product to coral reproduction. *Mar. Biol* **101(2)**: 259–263.
- Ruiz-Zarate, M.A., Espinoza-Avalos, J., Carricart-Ganivet, J.P & Fragoso, D.** 2000. Relationships between *Manicina areolata* (Cnidaria: Scleractinia), *Thalassia testudinum* (Anthophyta), and *Neogoniolithon* sp. (Rhodophyta). *Mar. Ecol. Prog. Ser* **206**: 135–146.
- Sanderman, I.M.** 2006. Fragmentation of the gastrodermis and detachment of zooxanthellae in symbiotic cnidarians: a role for hydrogen peroxide and Ca<sup>2+</sup> in coral bleaching and algal density control. *Int. J. Trop. Biol* **54(3)**: 79–96.
- Santoso, S.** 2003. *Buku Latihan SPSS*. Statistik Non Parametrik. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia. Cetakan ke-2.
- Searle, J., Kerr, J.F.R & Bishop, C.J.** 1982. Necrosis and apoptosis: distinct modes of cell death who fundamentally different significance. *Pathol. Annu* **17**: 229–259.
- Steele, R.D.** 1976. Light intensity as a factor in the regulation of the density of symbiotic zooxanthellae in *aiptasia tagetes*. *J. Zool. Lond* **179**: 387–405.
- Steele, R.D.** 1977. The Significance of zooxanthellae-containing pellets extruded by sea anemones. *Bull. Mar. Sci* **27**: 591–594.
- Steen, R.G & Muscatine, L.** 1987. Low temperature evokes rapid exocytosis of symbiotic algae by a sea anemone. *Biol. Bull* **172**: 246–263.
- Suharsono.** 1990. Ecological and physiological implication of coral bleaching at Pari Island. Thousand Island, Indonesia. A *Disertation* Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy to the University of New Castle Upon Tyne. United Kingdom.
- Vaughan, T.W.** 1914. Reef corals of the Bahamas and of Southern Florida. *Carnegie Insy. Wash. Yearbook* **13**: 2–226.
- Yonge, C.M & Nicholls, A.G.** 1931. Studies on the physiology of corals. v. the effect of starvation in light and in darkness on the relationship between corals and zooxanthellae. *Sci.Rep.Great. Barrier Reef Exped* 1928–1929: 177–211.
- 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*. *Disertation*. Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy Marine Science and Coastal Manajement Departement. University of New Castle Upon Tyne, United Kingdom.