

**KERAGAMAN GENETIK ZOOXANTHELLAE
DARI BEBERAPA SUMBER INANG
DI PERAIRAN TERUMBU KARANG PULAU BOKOR JEPARA**

***Genetic Diversity of Zooxanthellae from Several Host
in the Coral Reef Waters at Bokor Island Jepara***

Pujiono Wahyu Purnomo

Staf Pengajar pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK-UNDIP
email : poed_purnomo_20@yahoo.com

Diserahkan tanggal 4 Maret 2011, Diterima tanggal 12 Januari 2012

ABSTRAK

Dalam sejarah kehidupan karang, hampir tidak ditemukan karang yang hidup tanpa zooxanthellae. Beragam clade zooxanthellae telah diidentifikasi dan ditemukan. Kajian tentang clade zooxanthellae memberikan kontribusi terhadap informasi diversitas dan memberikan makna penjelas dari fenomena fluktuasi terumbu karang, termasuk di perairan terumbu karang Pulau Bokor Jepara. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keragaman zooxanthellae yang bersumber dari beberapa jenis inang dan sebaran keberadaannya. Penelitian dilangsungkan di Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara antara Juli hingga Oktober 2005. Penyediaan stok zooxanthellae dilakukan dengan melakukan tahap pemurnian, sedangkan untuk analisis keragaman mempergunakan kajian DNA dengan teknik RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphisme*). Hasil uji DNA zooxanthellae dilanjutkan dengan analisis phylogenetik untuk melakukan pengelompokan kekerabatan antar clade yang ditemukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (a) Variasi keragaman clade dari sumber inang *Sea anemon*, *Tridacna*, *Acropora*, *Favites* dan *Goniastrea* adalah clade A, clade B dan clade C, dengan sebaran *Sea anemon* mengandung zooxanthellae clade A (80%) dan clade B (20%), *Tridacna* mengandung zooxanthellae clade A (80%) dan clade B (20%), *Acropora* mengandung zooxanthellae clade A (60%), clade B (20%) dan clade C (20%), *Favites* mengandung zooxanthellae clade A (20%) dan clade C (80%) serta *Goniastrea* mengandung zooxanthellae clade A (60%) dan clade B (40%); (b) Berdasarkan sebaran inang, maka Clade A lebih dominan ditemukan pada kedalaman dangkal (<3m).

Kata kunci : Zooxanthellae, clade

ABSTRACT

*In the life history of coral, which is almost no corals living without zooxanthellae. Some clade of zooxanthellae have been identified and found. Studies on clade of zooxanthellae contributes to the diversity of the information and explanations which provides for the meaning of the phenomenon of fluctuations in coral reefs, include at around coral reef waters of Bokor Island Jepara. This study aims to evaluate the diversity of zooxanthellae derived from several types of hosts and distribution of its existence. Research was conducted at the Brackishwater Aquaculture Development Centre (BBPBAP) Jepara between July to October 2005. Provision of zooxanthellae has been done with the stage of purification, whereas for the evaluate of zooxanthellae diversity by using DNA analysis with RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphisme*) technique and continued with the phylogenetik analysis to perform grouping among clade found. Results showed that : (a) Variation of zooxanthellae clade diversity from host sea anemone, tridacna, Acropora, Favites and Goniastrea are clade A, clade B and clade C, with the zooxanthellae clade Tridacna and sea anemones profile by 80% are clade A and 20% are clade B; zooxanthellae clade profile from Acropora by clade A (60%), clade B (20%) dan clade C (20%); zooxanthellae clade profile from Favites by clade A (20%), and clade C (80%) and zooxanthellae clade profile from Goniastrea by clade A (60%), and clade C (40%). (b) Based on the distribution of the host, then clade A is predominantly found in shallow depths (<3m).*

Key words: Zooxanthellae, clade

PENDAHULUAN

Salah satu sifat konservatif dari biota karang adalah adanya simbiosis dengan zooxanthellae. Dari hubungan konservatif ini maka terbentuk bangunan terumbu karang yang banyak ditemukan di lingkungan perairan benthic tropis (Muller-Parker dan D’Elia, 1997). Dalam hal ini zooxanthellae menyediakan lebih kurang 95% hasil fotosintetik mereka kepada inang karang, dan produk ini dimanfaatkan karang untuk pertumbuhan, reproduksi, dan pemeliharaan fisiologisnya. Sebagai umpan balik, inang karang menyediakan kebutuhan fisiologi endosimbion berupa nutrisi dan perlindungan di dalam jaringan-jaringan polipnya (Davies, 1993; Falkowski *et al.* 1984, Barnes and Chalker 1990, Muller-Parker and D’Elia 1997).

Bagi biota karang atau biota sessile lainnya di lingkungan ekosistem terumbu karang, zooxanthellae mempunyai peranan yang sangat penting. Dalam sejarah kehidupan karang hampir tidak ditemukan biota karang yang hidup tanpa bersimbiosis dengan zooxanthellae (Veron, 1995). Disamping hal tersebut, keberadaan zooxanthellae dalam jaringan karang diduga menjadi faktor utama bagi karang dalam mensiasati kondisi terburuk yang dialaminya untuk mampu bertahan hidup (Buddemier dan Fautin, 1993). Menurut Porter *et al.*, 1989, Fitt *et al.* (1993) dan Gleason (1993) kemampuan karang untuk mempertahankan zooxanthellae dalam jaringannya akibat *bleaching* (*bleaching parsial*) merupakan salah satu petunjuk dimungkinkannya karang untuk pulih.

Kajian tentang diversitas zooxanthellae secara molekular mulai dikaji sejak tahun 1980 (Schoenberg and Trench,1980; Baker 2003; LaJeunesse 2001 dan Santos *et al.* 2001). Dari serangkaian kajian tersebut, hingga kini telah terinformasikan sebanyak 8 strain yaitu clade A, B, C, D, E, F, G dan H (Coffroth dan Santos, 2005). Masing-masing clade mempunyai daya toleransi yang spesifik terhadap kondisi lingkungan sekitarnya bergantung kepada biogeografinya (Kinzie *et al.* 2001; LaJeunesse *et al.* 2003; Savage *et al.* 2002; Tchernov *et al.* 2004; Iglesias-Prieto and Trench, 1997; Rowan *et al.* 1997; Warner *et al.* 1996). Daya toleransi yang spesifik ini memungkinkan terjadinya infeksi ke dalam jaringan polip karang baik dalam kondisi planulae maupun dalam masa tumbuh karang di lingkungan alaminya (Hoegh-Guldberg, O dan Hinde, R. 1986).

Pada perairan tropis khususnya di lingkungan terumbu karang Pulau Bokor Jepara diperlukan informasi yang spesifik mengenai diversitas zooxanthellae. Arti penting dari informasi diversitas tidak saja memberikan kontribusi terhadap keragamannya semata akan tetapi juga memberikan makna penjelas dari kemungkinan terhadap fenomena fluktuasi atau timbul tenggelamnya keberadaan karang dan kualitas terumbu karang. Terkait dengan hal tersebut, maka penelitian mengenai keragaman genetik zooxanthellae dari beberapa sumber inang di Perairan Terumbu Karang Pulau Bokor Jepara bertujuan untuk mengevaluasi keragaman DNA zooxanthellae dari beberapa jenis biota inang.

METODE PENELITIAN

Materi inang zooxanthellae adalah *sea anemon*, *tridacna* yang diambil pada kedalaman 3 m serta *Acropora*, *Favites* dan *Goneastrea* yang diambil pada kedalaman 5 m.

Inokulasi dan Pemisahan Zooxanthellae

Inokulasi zooxanthellae menerapkan teknik isolasi zooxanthellae mengikuti cara yang dilakukan oleh Nordemar *et al.* (2003). Inang dipotong sebesar lebih kurang 50 g, dilanjutkan dengan blending. Hasil blending disentrifugal dengan kecepatan 2.500 rpm selama 10 menit. Cairan supernatan mengandung zooxanthellae dan diinokulasikan ke dalam media agar. Media agar yang dipergunakan dalam pemurnian zooxanthellae media DIFCO Bacto-agar yang diperkaya larutan trace mineral dan larutan vitamin C sebesar 2 g/l (Pujiono *et al.*, 2010) (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi Kimia Media Agar Bacto

Jenis Kimia	Σ yang ditambahkan	Stok (g/950 ml Air Laut Tersaring)
NaNO ₃	1 ml	75
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O	1 ml	5
Na ₂ SiO ₃ .9H ₂ O	1 ml	30
<i>Larutan Trace Mineral</i>		
1. FeCl ₃ .6H ₂ O	3,15 g	
2. Na ₂ EDTA.2H ₂ O	4,36 g	
3. CuSO ₄ .5H ₂ O	1 ml	9,8
4. Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	1 ml	6,3
5. ZnSO ₄ .7H ₂ O	1 ml	22,0
6. CoCl ₂ .6H ₂ O	1 ml	10
7. MnCl ₂ .4H ₂ O	1 ml	180
<i>Larutan Vitamin</i>		
1. Vitamin B12	1ml	1
2. Biotin	10 ml	0,1
3. Thiamine.HCl	200 mg	

Hasil pembiakan di dalam media agar dipisahkan dan dinetralsir ke dalam media cair volume 25 ml. Materi ini untuk masing-masing sumber inang dipisah dalam 5 botol tabung dan dikultur bertahap dengan perlakuan pencahayaan TL hijau (rendah 10 watt) dengan manipulasi suhu (penambahan es dalam media, suhu terukur berfluktuasi antara 20 – 23°C) serta penambahan NaNO₃ sebesar 6,5 µM (Pujiono *et al.*, 2010). Hasil pertumbuhan optimum dari manipulasi lingkungan tersebut selanjutnya dilakukan peningkatan media secara bertahap mulai dari 1 liter sampai dengan 3 liter. Dalam kaitan tersebut Pujiono *et al.* (2010) mengemukakan bahwa untuk mempertahankan pertumbuhan optimal dilakukan dengan penambahan ulang NO₃-N sebesar 0,0445 mg/l dalam selang waktu 16 hari.

Uji Diversitas Zooxanthellae

Untuk melakukan uji diversitas atau keragaman zooxanthellae dilakukan beberapa tahap, yaitu :

Penyiapan zooxanthellae. Contoh zooxanthellae dari medium bervolume 3 liter difiltrasi bertahap dengan sentrifugasi pada 2500 rpm selama 10 menit. Materi endapan sebagai zooxanthellae atau pelet dipisahkan dari cairan ekstrak. Pelet zooxanthellae diresuspensi dengan larutan Buffer Isolasi Zooxanthellae {0,4 M NaCl; 40 mM MgSO₄; 10 mM EDTA; 20 mM Tris-HCl; pH 7,6; 8 mM dithiothreitol; 0,05% (v/v) dan Tween-20 (polyoxyethylene-sorbitan); Sigma Chemical Co}, sebanyak 10 ml.

DNA Zooxanthellae. Sel zooxanthellae dibilas lagi dengan Buffer isolasi DNA (DNAB : 0,4 M NaCl; 50 mM EDTA, pH 8,0) dalam tube microcentrifuge, selanjutnya diresuspensi dalam 0,4 ml DNAB dengan sodium dodecyl sulfat (SDS) sebagai konsentrasi final 1% (v/v). Cairan ini kemudian dipanaskan pada suhu 65°C selama 60 menit. Contoh diinkubasi dengan penambahan Proteinase K (Boehringer Mannheim Biochemicals) 0,5 mg/ml pada suhu 37 – 45°C selama 6 jam dan disimpan pada suhu -20°C. Asam nukleat dari materi tersebut dipresipitasi dengan penambahan 100 µl dari 0,3 M sodium asetat, dan dipresipitasi lagi dengan ethanol. Endapan diresuspensi dengan 50 µl aquadest (hasil penyaringan deionized instrument) dan disimpan pada suhu -20°C.

Amplifikasi DNA. Diversitas DNA dalam uji ini diamplifikasi sesuai dengan teknik amplifikasi yang dilakukan oleh Rowan dan Power (1991); Rowan dan Knowlton (1995) Chen *et al* (2003) dengan mempergunakan universal primer ss5 (5' – GGTTGATCCT GCCAGTAGTCATATGCTTG-3'). Reagen yang dilakukan dalam analisis PCR (PCR cocktail) mengandung 4 µl DNA template (target), 10 µl 10 x larutan buffer PCR (1 M Tris-HCl, pH : 8,3); 6 µl dari 25 mM MgCl₂; 1,5 mM total dNTPs, 30 pmol dari setiap primer dan 0,5 µl Taq polymerase (5 unit/µl); keseluruhan dalam 100 µl. Proses amplifikasi ini mempergunakan DNA thermal cycler (PCR ekspres, Hybaid) dengan mengikuti profil pengaturan suhu : 94°C selama 1 menit; 65°C selama 2 menit dan 72°C selama 3 menit. Keseluruhan dilaksanakan dalam 30 siklus.

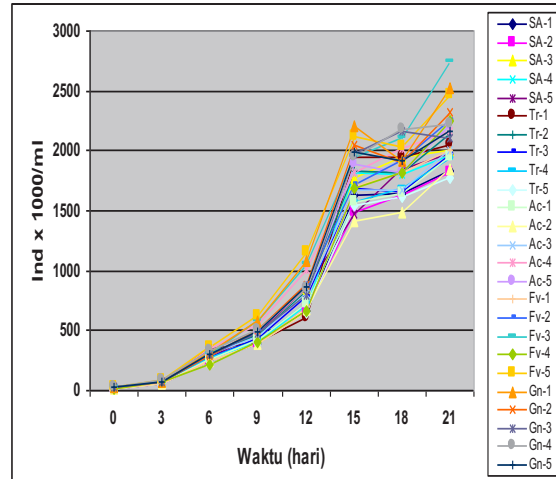
Enzim yang dipergunakan dalam pemutusan ikatan basa adalah HaeIII. Hasil restriksi dengan enzim HaeIII didapatkan pita-pita DNA dengan ukuran DNA yang bervariasi (polimorfik). Pita DNA tersebut merupakan penera besarnya pasangan basa (base pair/bp) dari zooxanthellae yang diuji. Nilai pasangan basa (base pair) ini selanjutnya diuji kekerabatannya dengan nilai pasangan basa yang didapatkan dari GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov) dengan analisis cluster.

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Pakan Alami dan Genetika Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Waktu pelaksanaan kajian ini adalah 20 minggu mulai Juli sampai Oktober 2005.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan ini menumbuhkan 25 contoh yang berasal dari pengulangan inang sea anemon (SA), tridacna (Tr), karang Acropora (Ac), karang Favites (Fv) dan Gonestrea (Gn) masing-masing 5 kali. Hasil

penumbuhan inokulan zooxanthellae pada media yang telah ditumbuhkan hingga 3 liter pada lingkungan dengan fluktuasi suhu yang pendek antara 20-23°C serta cahaya hijau (10 watt) serta pemberian nutrisi NaNO₃ sebanyak 6,5 mg adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



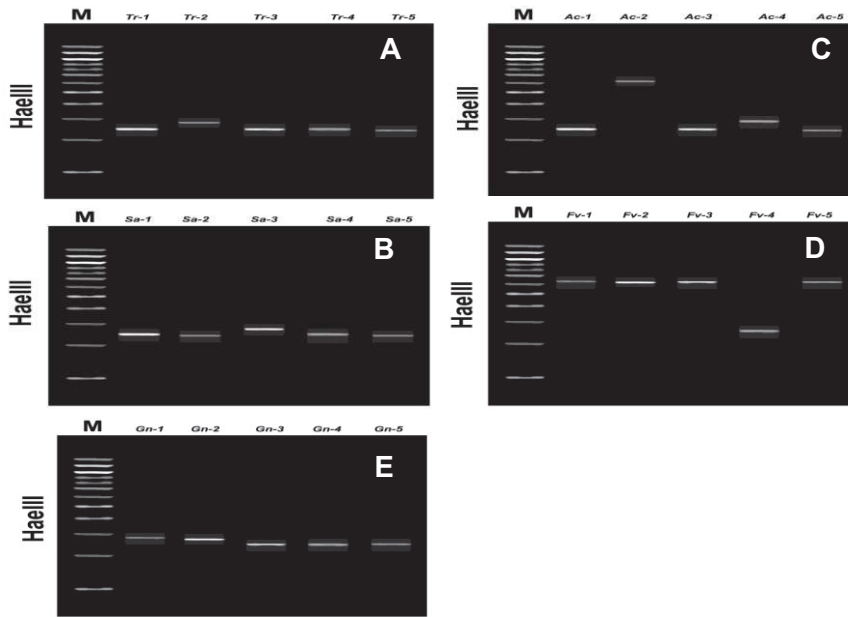
Gambar 1. Perkembangan Zooxanthellae pada media dengan pencahayaan TL green (rendah 10 watt) dengan fluktuasi suhu antara 20 – 23°C) serta penambahan NaNO₃ sebesar 6,5 µg.

Pada awal masa penumbuhannya, zooxanthellae memperlihatkan perkembangan yang lambat. Selanjutnya pertumbuhan meningkat dengan cepat pada hari ke 9 sampai ke 16. Pertumbuhan eksponensial tersebut tergolong cukup lama dibandingkan dengan pertumbuhan jenis diatom lain seperti *Chaetoceros* (Droop, 1994). Dalam penelitiannya tersebut diperoleh hasil bahwa pertumbuhan maksimum terjadi pada hari ke 5, sedangkan jenis *Nitzschia* pertumbuhannya maksimumnya dicapai pada hari ke 7. Penumbuhan zooxanthellae yang dilakukan oleh Goh dan Chou (1992) pada uji penambahan Zn pada media budidayanya diperoleh pertumbuhan maksimum pada hari ke 15.

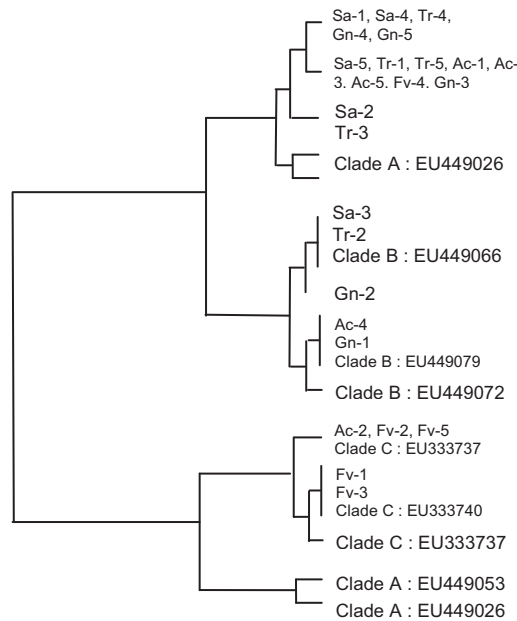
Penumbuhan zooxanthellae di media binaan berpedoman kepada model media sebagaimana dinyatakan oleh Pujiono *et al* (2010) masih dapat dikembangkan lagi menjadi pola penumbuhan massal. Penumbuhan zooxanthellae ini dalam media binaan masih dikategorikan cukup lambat apabila dibandingkan dengan perkembangannya pada polip inang. Dalam hal ini puncak pertumbuhannya terjadi pada hari ke 15. Laju pertumbuhannya pada posisi perkembangan tertinggi adalah sebesar 322.644 individu/hari. Sementara itu perkembangan zooxanthellae di dalam jaringan inangnya yaitu sebesar 478.824 individu/hari (Muscatine, 1990).

Setelah melalui serangkaian uji DNA terhadap 25 contoh zooxanthellae, dihasilkan restriksi DNA zooxanthellae oleh enzim HaeIII dalam bentuk profil RFPL (pita) yang bervariasi dalam nilai pasangan basanya yaitu dengan kisaran nilai antara 250 bp (*base pair*) hingga 1250 bp. Dari telaah profil RFPL yang diperoleh berdasar rangkaian analisis PCR terhadap

contoh-contoh zooxanthellae yang diuji maka dapat diketahui nilai-nilai base pairnya (Gambar 2).



Gambar 2. Genotip RFLP zooxanthellae yang dimurnikan dari beberapa sumber inang. Amplifikasi PCR dilanjutkan dengan restriksi DNA menggunakan enzim HaeIII. (A) Zooxanthellae yang dimurnikan dari inang 5 individu *sea anemon*, (B) Zooxanthellae yang dimurnikan dari inang 5 individu *tridacna*, (C) Zooxanthellae yang dimurnikan dari inang 5 individu *Acropora*, (D) Zooxanthellae yang dimurnikan dari inang 5 individu *Favites* dan (E) Zooxanthellae yang dimurnikan dari 5 individu inang *Goniastrea*. Marker DNA berukuran standart 1500 bp, dengan selang peningkatkan 100 bp dari bawah.



Gambar 3. Hubungan kekerabatan DNA dari zooxanthellae berdasarkan Analisis Cluster. Clade A diakses dari GenBank dengan kode EU449053 dan EU449026; Clade B : EU449070, EU449072 dan EU449066; Clade C : EU333740, EU333737 dan EU333735; Clade D : EU333707 dan EU333708. Sa1 - Sa5 adalah Zooxanthellae yang di-murnikan dari inang 5 individu *sea anemon*, Tr1 - Tr5 dari inang *tridacna*; Ac1 - Ac5 dari inang *Acropora*; Fv1 - Fv5 dari inang *Favites* serta Gn1 - Gn5 adalah zooxanthellae yang dimurnikan dari 5 individu inang *Goniastrea*.

Nilai-nilai bp hasil amplifikasi PCR tersebut selanjutnya diuji untuk mengetahui tingkat kekerabatan diantaranya. Uji tersebut berupa analisis cluster dengan mem-pergunakan nilai base pair ingroup yang diperoleh dari analisis PCR-RPLF dengan outgroup yang diperoleh dari GenBank yang berkesesuaian. Outgroup mencirikan jenis clade. Dari hasil analisis

phylogenetik akan didapatkan tingkat kekerabatan dari contoh yang diuji (Gambar 3).

Berdasarkan analisis cluster dengan bantuan perangkat lunak SAS 9.1 terhadap clade zooxanthellae diatas menginformasikan bahwa pemurnian zooxanthellae yang telah dilakukan secara sekuensial didapatkan tiga jenis clade yaitu : Clade A, Clade B dan Clade C. Hasil analisis juga memberikan gambaran

bahwa clade zooxanthellae yang ditemukan berdasarkan sekuensi pemurnian beragam antar sumber inang. Rekapitulasi sebaran clade antar inang dirangkum dalam Tabel 2.

No	Inang	Ulangan	Clade
	Sea Anemon		
1	(SA)	1	A
2		2	A
3		3	B
4		4	A
5		5	A
6	Tridacna (TR)	1	A
7		2	B
8		3	A
9		4	A
10		5	A
	Acropora		
11	(AC)	1	A
12		2	C
13		3	A
14		4	B
15		5	A
16	Favites (FV)	1	C
17		2	C
18		3	C
19		4	A
20		5	C
	Goniastrea		
21	(GN)	1	B
22		2	B
23		3	A
24		4	A
25		5	A

Tabel 2. Ragam DNA Zooxanthellae dari Beberapa Inang

Diversitas clade DNA pada karang *Acropora* lebih beragam yaitu mengandung Clade A, Clade B dan Clade C. Karang jenis *Favites* ditemukan jenis Clade A dan C, sedangkan pada biota *sea anemon*, *tridacna* dan karang *Goneastrea* ditemukan jenis Clade A dan B.

Variasi clade pada zooxanthellae yang telah dibuktikan keberadaannya serta dikaitkan dengan kebutuhan inang terhadap simbiosisnya pada jaringan polip merupakan konsekuensi kebutuhan faali variasi clade terhadap diversitas lingkungan eksternalnya. Menurut Van Oppen *et al* (2005) dikemukakan bahwa karang di terumbu karang Atlantik dan Karibia selalu mengandung zooxanthellae clade A dan mempunyai variasi clade B dan C sebagai pembeda. Sementara karang di Kawasan Pasifik selalu mempunyai variasi zooxanthellae clade C. Fenomena ini diperkirakan mempunyai keterkaitan dengan sifat pola distribusi aliran laut. Pada dua lautan pertama mempunyai ciri sirkulasi spesifik yang mempunyai pengaruh terhadap distribusi karang maupun zooxanthellae secara relatif tertutup. Pengaruh glasial dan hemisfer utara merupakan faktor yang menyebabkan adaptasi karang maupun co-dominansi clade zooxanthellae di kawasan

ini. Sementara di kawasan Pasifik pengaruh bervariasinya lingkungan tropis sangat mempengaruhi adaptasi karang selama periode tersebut, sehingga zooxanthellae clade C tersebut menjadi dominan.

Di lain pihak Pochon *et al* (2001) mempunyai pendapat lain bahwa populasi simbiosis mengikuti pola log normal Fisher dan jarang mengikuti sebaran inangnya (species karang) secara spesifik. Oleh karenanya Coffroth dan Santos (2005) menyebutkan bahwa infeksi dari zooxanthellae terhadap inangnya dapat terjadi melalui dua kondisi yang disebut close system (sistem tertutup) yaitu suatu kondisi terjadinya hubungan inang-simbion yang terjadi melalui infeksi sejak planulanya (bersifat endemik) serta open system (sistem terbuka) yaitu suatu kondisi ditemukannya ragam clade pada suatu inang berasal dari infeksinya dengan lingkungan sekitar sebagaimana dikemukakan oleh Pochon *et al* (2001). Pendapat ini sesuai dengan pernyataan Iglesias-Preto dan Trench, (1997); Kinzie *et al*, (2001); Rowan *et al*, (1997); Warner *et al*, (1996) yang menyatakan bahwa tipe *Symbiodinium* berubah-ubah dalam responnya terhadap perubahan lingkungan.

Dalam hal sebaran clade zooxanthellae pada berbagai sumber inang terdapat banyak ragam variasi yang telah ditemukan. Berbagai studi tersebut telah mendemonstrasikan bahwa identitas clade tersebut selalu berkorelasi dengan fungsi fisiologis (Kinzie *et al*, 2001; La Jeunesse *et al*, 2003; Tchernov *et al*, 2004; Savage *et al*, 2002). Hal tersebut menunjukkan bahwa zooxanthellae mempunyai fleksibilitas yang tinggi dalam membentuk hubungan simbiosis dengan inangnya yang tidak hanya terbatas pada karang semata, akan tetapi dengan beberapa jenis biota laut lainnya seperti *Sea anemon* maupun *Tridacna*. Hal terakhir telah diperlihatkan dari hasil analisis DNA pada penelitian ini.

Fleksibilitas infeksi zooxanthellae pada jaringan polip karang tetap bergantung kepada rentang perubahan kondisi lingkungan eksternal. Rodriguez-Larety *et al*, (2001) dalam penelitiannya di bagian utara Australia melaporkan bahwa analisis DNA *Montipora digitata* yang diuji dalam suatu periode tertentu sebelumnya diduga merupakan jenis karang yang endemik dengan zooxanthellae clade C. Namun demikian, dalam monitoring selanjutnya ternyata terjadi proses infeksi dalam waktu yang 1 bulan. Infeksi ini konsisten dalam perkembangan lanjut dari karang tersebut. Oleh karenanya, maka tingkat fluktuasi dari variabilitas lingkungan sangat menentukan konsistensi perkembangan zooxanthellae dalam jaringan polip karang.

Dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan khususnya terhadap isolasi zooxanthellae dari berbagai jenis biota, mengindikasikan bahwa terdapat kesamaan clade antar inang dengan penekanan clade A dan B spesifik hanya ditemukan pada *Tridacna* dan *Sea anemon*. Jenis ini mempunyai kemampuan yang kuat terhadap tekanan eksternalnya mengingat pemisahannya diambil dari lingkungan dengan kedalaman yang rendah yaitu 3 meter. Namun demikian, clade ini juga ditemukan pada *Favites* dan

Goneastrea aspera yang diperoleh pada kedalaman 5 meter.

KESIMPULAN

- (a) Variasi keragaman clade dari sumber inang Sea anemon, *Tridacna*, *Acropora*, *Favites* dan *Goniastrea* adalah clade A, clade B dan clade C, dengan sebaran Sea anemon mengandung zooxanthellae clade A (80%) dan clade B (20%), *Tridacna* mengandung zooxanthellae clade A (80%) dan clade B (20%), *Acropora* mengandung zooxanthellae clade A (60%), clade B (20%) dan clade C (20%), *Favites* mengandung zooxanthellae clade A (20%) dan clade C (80%) serta *Goniastrea* mengandung zooxanthellae clade A (60%) dan clade B (40%).
- (b) Berdasarkan sebaran clade terhadap kedalaman perairan ditemukannya inangnya, maka clade A lebih dominan ditemukan pada kedalaman dangkal (<3m).

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, A., 2003. Flexibility and specificity in coral/algal symbiosis: Diversity, ecology and biogeography of *Symbiodinium*. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 34:661-689.
- Barnes, D.J and B.E. Chalker. 1990. Calcification and photosynthesis in reef-building corals and algae. In Z. Dubinsky (Ed) *Ecosystems of the World*. Vol. 25 Coral Reefs. New York : Elsevier, pp 109-131.
- Buddemier, R.W. and Fautin, D.G. 1993. Coral Bleaching as an adaptive mechanism. *BioScience* 43:320-326.
- Coffroth, M. and S. Santos, 2005. Genetic diversity of symbiotic dinoflagellates in the genus *Symbiodinium*. *Protist*, 156:19-34. Davies, 1993;
- Davies, P.S. 1993. Endosymbiosis in marine cnidarians. In DM John, S.J. Hawkins and J.H. Price (Eds). *Plant-animal interactions in the marine benthos*. Oxford, UK Clarendon Press, pp 551-540.
- Droop, M. R. 1974 The nutrient status of algal cells in continuous culture. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 54, 825-855
- Falkowski, P.G.; Z. Dubinsky; L. Muscatine and J.W. Porter. 1984. Light and the Bioenergetic of a Symbiotic Coral. *Bioscience* 34 : 705 – 709.
- Fitt, W.K.; H.J. Spero; J. Halas; M.W. White; and J.W. Porter. 1993. Recovery of the Coral *Montastrea annularis* in the Florida Keys after 1987 Caribbean Bleaching Event. *Coral Reefs* 12:57-64.
- Gleason, M.G. 1993. Effect of Disturbance on Coral Communities : Bleaching in Moorea, French Polynesia. *Coral Reefs* 12 : 193-201
- Goh, B.P.L. and L.M. Choi. 1992. Effect of low levels of Zinc on zooxanthellae cells in culture. *Proc. Of 7th Coral Reef Symp.*, Guam, I:367-372.
- Hoegh-Guldberg, O and Hinde, R. 1986. Studies on a nudibrach that contains zooxanthellae. I. Photosynthesis, respiration and the translocation of newly fixed carbon by zooxanthellae in *Pteraeolidia ianthina*. *Proc. R. Soc. (London) Ser. B.*, 228 :493-509.
- Iglesias-Prieto, R. and R.K. Trench. 1997. Photoadaptation, photoacclimation and Niche Diversification in Invertebrate-Dinoflagellate Symbioses. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.* 2:1319-1324.
- Kinzie, R.A.; Takayama, M; Santos S.R. and Coffroth, M.A. 2001. The adaptive bleaching hypothesis : experimental tests of critical assumptions. *Biol. Bull.* 200:51-58.
- La Jeunesse, J.C. 2001. Investigating the Biodiversity, Ecology and Phylogeny of Endosymbiotic Dinoflagellates in the Genus *Symbiodinium* using the Internal Transcribed Spencer Region : in Search of Species level marker. *J. Phycol.* 37 : 866-880.
- La Jeunesse, T., W. Loh, R. van Woesik, O. Hoegh-Guldberg, G. Schmidt and W. Fitt, 2003. Low symbionts diversity in southern Great Barrier Reef corals, relative to those in the Caribbean. *Limnol. Oceanogr.*, 48(5):2046-2054.
- Muller-Parker G. and D'Elia C. 1997. Interactions between corals and their symbiotic algae. In Birkeland C (Ed) *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman & Hall, New York, pp : 96-113.
- Muscatine, L. 1990. The Role of Symbiotic Algae in Carbon and Energy Flux in Reef Corals. *Coral Reefs* 25, 1-29.
- Nordemar, J; M Nystrom; R Dizon; 2003. Effect of elevated seawater temperature and nitrat enrichment on the branching coral *Porites cylindrica* in the absence of particular food. *Mar. Biol.* 142 : 669-672)
- Pochon, X., J. Pawlowski, L. Zaninetti and R. Rowan, 2001. High genetic diversity and relative specificity among *Symbiodinium*-like endosymbiotic dinoflagellates in soritid foraminiferans. *Mar. Biol.*, 139:1069-1078.

- Porter, J.W., Fitt, W.K., Spero, H.J., Rogers, C.S and White, M.W. 1989. Bleaching in coral reefs : Physiological and stable isotope response. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 86:9342-9346.
- Pujiono, W.P; D. Soedharma, N.P. Zamani; H.S. Sanusi. 2010. Model Kehidupan Zooxanthellae dan Penumbuhan Massalnya pada Media Binaan. Jurnal Saintek Perikanan 6(1):46-54.
- Rodriquez-Larety M.; Loh W.; Carter D.; Hoegh-Guldberg O. 2001. Latitudinal variability in simbiot specificity within the widespread scleractinian coral *Plesiastrea versipora*. Mar Biol 138 : 1176-1181.
- Rowan, R. and D.A. Powers. 1991. Molecular genetic identification of zymbiotic dinoflagellates (zooxanthellae). Mar. Ecol Prog. Series. 71 : 65-73
- Rowan, R. and N. Knowlton. 1995. Intraspecific diversity and ecological zonation in coral-algal symbiosis. Proc. Natl. Sci. USA, 92:2850-2853.
- Santos, S., D. Taylor and M. Coffroth, 2001. Genetic comparisons of freshly isolated versus cultured symbiotic dinoflagellates: Implications to extrapolating to the intact symbiosis. J. Phycol., 37:900-912.
- Savage, A.M.; Trapido, R.H.; Douglas A.E. 2002. On the functional significance of molecular variation in *Symbiodinium*, the symbiotic algae of Cnidaria : photosynthetic response to irradiance. Mar. Ecol Prog Ser 244 : 27 – 37.
- Schoenberg, D.A. and R.K.Trench.1980. Genetic variation in *Symbiodinium* (=Gymnodinium) *microadriaticum* Freudenthal, and Specificity and Infectivity of *Symbodinium microadriaticum*. Proc. R. Soc. Lond. B. 207 : 445-460.
- Tchernov, D., M. Gorbunov, C. de Vargas, S. Yadav, A. Milligan, M. Hggblom, and P. Falkowski, 2004. Membrane lipids of symbiotic algae are diagnostic of sensitivity to thermal bleaching in corals. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 101, 37: 13531-13535.
- Van Oppen, M., A. Mahiny, and T. Done, 2005. Geographical distribution of zooxanthella types of three coral species of the Great Barrier Reef sampled after the 2002 bleaching events. Coral Reefs, in press.
- Veron, J. E. N. 1995. Coral in space and time. Australian Institute of Marine Science Cape Ferguson, Townsville, Queensland.
- Warner, M.F. and Fitt W.K. Schmidt G.W. 1996. Damage of Photosystem II in Symbiotic Dinoflagellates a Determinant of Coral Bleaching. Proc. Natl. Acad Sci USA 96 : 8007-8012.