

PERKEMBANGAN LARVA DALAM EMBRIOGENESIS KARANG *Acropora* HASIL PEMIJAHAN EX-SITU

Larval Development in Embriogenesis of *Acropora* from Ex-Situ Spawning

Syafyudin Yusuf*, N P. Zamani, J. Jompa

Diterima : 28 Mei 2014; Disetujui : 15 Juli 2014

ABSTRACT

Fertilization and larval development determine the coral population survival of species, which has a difference characteristic of embryogenesis. This research was aimed to compare the embryo and larval development spawned in November 2011 in Great Barrier Reef, Australia. Embryonic cells development were observed in interval times from one cell of egg to multicellular stage (prawn chip), and larval development observed from the prawn chip stage to the planulae. The results showed the development of embryos and larvae significantly differed between two species, i.e. embryos and larvae of *Acropora millepora* grew faster than *A. tenuis*. The maximum size of planulae larvae of *A. millepora* (800-1000 μm) is bigger than *A. tenuis* (650-900 μm). Embryo and larvae development were different due to species variability, hence this research can be adapted for laboratory process of coral larvae nursery.

Keywords: embryo, planulae, *Acropora millepora*, *A. Tenuis*

PENDAHULUAN

Kelangsungan hidup organisme perairan sangat ditentukan oleh kesuksesan fase awal dalam siklus hidupnya. Seperti organisme sesil laut lainnya, stadia embrio karang (*Scleractinia*) bersifat planktonik yang rentan akibat perubahan lingkungan, predasi kompetisi dan penyakit. Kegagalan satu fase akan berdampak pada keberadaan populasi organisme (Levitan 2006, Markey *et al.* 2007). Namun demikian, salah satu strategi biologis pada karang adalah dengan melakukan reproduksi secara massal.

Sekitar 85% reproduksi seksual karang dilakukan dengan cara melepaskan gamet di kolom air (*broadcaster*) sehingga fertilisasi gamet berlangsung di luar tubuh (Lasker 2006, Levitan *et al.* 1992). Dalam siklus hidup hewan karang, fertilisasi merupakan fase hidup yang sangat ringkas dan sebagai komponen yang sangat penting dalam evolusi organisme (Lasker 2006). Telur karang yang fertil berkembang menjadi stadia embrio (*embryo stage*), kemudian menjadi larva planula dan bermetamorfosis menjadi polip muda. Selama fase embrio dan larva planula sebagai planktonik terbawa oleh arus massa air menyebar ke berbagai lokasi hingga mengendap (Hayashibara *et al.* 1997, Schwarz *et al.* 1999, Portune *et al.*, 2010, Gleason dan Hoffman, 2011).

Proses embriogenesis karang secara umum dijelaskan oleh Harrison dan Wallace (1990), khusus genus *Acropora* oleh Hayashibara *et al.* (1997), *Fungia scutaria* (Schwarz *et al.* 1999), selanjutnya Ball *et al.* (2002), Okubo dan Motokawa (2007), dan Gleason dan Hoffman (2011) mereview beberapa aspek dalam embriogenesis karang. Embrio dan larva membutuhkan waktu yang berbeda selama fase planktonik hingga melekat di dasar atau yang disebut *competence time* (Gleason dan Hoffmann, 2011). *Competence time* berbeda setiap spesies, model reproduksi dan posisi geografi. Secara umum, *competence time* bagi karang sekitar 48 jam (Thamrin 2006). Menurut Okubo dan Motokawa (2007), perkembangan embrio karang memperlihatkan kemiripan dengan embrio hewan lainnya pada bentuk *pole*, *blastopole* dan mulut.

Walaupun telah ada penemuan pemijahan karang secara massal (Harrison *et al.* 1984, Willis *et al.* 1985), namun informasi perkembangan larva secara embriologi dan morfologi dari berbagai spesies

* Korespondensi:

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan Km 10, Tamalanrea, Makassar 90245
Telp./Fax: (0411-586025). E-mail: s.yusuf69@gmail.com

belum semuanya terungkap. Penelitian detail mengenai embriologi muncul bersamaan dengan berkembangnya penelitian anatomi dan biologi molekular (Ball *et al.* 2002). Sementara penelitian embriologi dan anatomi kandungan embrio dan larva biota laut terus berkembang untuk menyempurnakan penanganan terbaik terhadap larva dan juvenil karang untuk tujuan riset lanjutan, budidaya dan konservasi.

Penelitian ini menggunakan specimen Acroporidae (*Acropora millepora* dan *A. tenuis*) yang berasal dari habitat yang sama pada zona reef flat 2-3 m di Cattle Bay Orpheus Island. Kedua spesies ini menyebar di seluruh dunia dan umum ditemukan baik di daerah tropis tengah, maupun wilayah tropis bagian utara (Jepang) dan selatan khatulistiwa (GBR Australia), namun masih belum diketahui embriogenesis dari keduanya.

Penelitian ini bertujuan membandingkan perkembangan embrio dan *competence time* karang dalam proses embriogenesis dari famili Acroporidae (*A. millepora* dan *A. tenuis*) di Great Barrier Reef, Australia.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2011, bertepatan dengan awal musim panas di Queensland, Australia. Seluruh kegiatan dalam tahap penelitian ini bertempat di laboratorium OIRS (Orpheus Island Research Station) James Cook University yang berlokasi di Orpheus Island, Central Great Barrier Reef.

Perlakuan Pemijahan

Karang induk yang matang gonad diambil dari Cattle Bay Orpheus Island, Great Barrier Reef, Australia pada siang hari sebelum malam pemijahan. Karang yang dipilih dari famili Acroporidae (*A. millepora*, *A. tenuis*) dan Fungiidae (*Ctenactis crassa* dan *Fungia concina*). Koloni karang diambil dari habitatnya menggunakan betel dan palu untuk melepaskan koloni dari habitatnya. Semua koloni karang diangkat dengan keranjang terbuka hingga dimasukkan ke dalam wadah polyethilen yang berisi air laut guna pengangkutan di kapal. Koloni ditempatkan dalam wadah pemijahan disertai air mengalir dan aerasi. Aerasi dihentikan setelah matahari terbenam untuk memberikan kesempatan karang berelaksasi dan lebih mudah mengumpulkan telurnya.

Telur dan sperma dikoleksi sesaat setelah pemijahan, kemudian dilakukan pencucian sperma. Pencucian dilakukan dengan memanen dan memindahkan telur yang mulai pecah (*brusting*) dari stok lama ke media air bersih sebanyak 4 kali sehingga larutan telur lebih jernih pada wadah ke empat, berarti bahwa sperma telah berkurang dalam konsentrasi yang sangat minim.

Fertilisasi dan Embriogenesis

Perlakuan fertilisasi gamet dengan mencampurkan sperma dan telur secara bersilangan dari koloni yang berbeda masing-masing spesies (Guest *et al.* 2010). Sperma dan telur karang dicampur dengan perbandingan konsentrasi 10^5 /ml sperma : 10^2 /L telur. Proses awal fertilisasi terjadi minimal dalam waktu 30 menit setelah pemijahan (Negri dan Heyward, 2001). Percampuran sperma dan telur dilakukan dalam tiga wadah yang terpisah sebagai ulangan perlakuan.

Sampling embriodilakukan sebanyak 5 kali setiap jam selama 6 jam pertama setelah dilakukan fertilisasi. Pengamatan menggunakan mikroskop binokuler Olymplus S2-51 dengan pembesaran 10x40. Jumlah telur yang membelah menjadi dua atau lebih merupakan indikasi terjadinya fertilisasi. Seiring dengan hal tersebut, juga dilakukan pemotretan untuk mengamati perkembangan dan pembelahan sel hingga fase planula. Pengamatan pembelahan sel embrio dilakukan hingga stadia blastula '*prawnchip*'.

Perkembangan embriogenesis dilakukan dengan mengukur diameter sel telur fertil, sel embrio dan panjang larva planula. Standar ukuran diameter obyek menggunakan mikrometer okuler yang dipasang pada lensa okuler mikroskop binokuler Olymplus S2-51.

Analisis Data

Tingkat fertilisasi telur dinyatakan dalam proporsi jumlah telur yang terbuahi atau fertil dibanding dengan jumlah keseluruhan populasi telur. Nilai rata-rata setiap data hasil pengukuran dan standar deviasi ditentukan menggunakan analisis *descriptive statistic*. Data fertilisasi dari tiap spesies dan perkembangan ukuran larva dianalisis dengan univariat ANOVA, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan Uji Tukey. Untuk analisis data perkembangan embrio karang digunakan analisis regresi linear.

HASIL DAN PEMBAHASAN

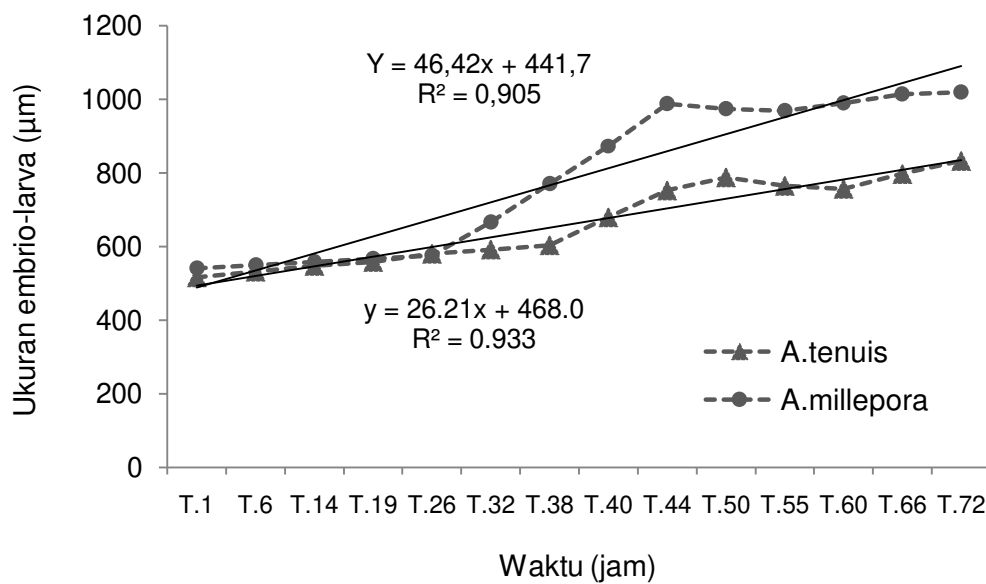
Perkembangan Ukuran Embrio dan Larva Planula

Cukup banyak informasi hasil penelitian yang menjelaskan umur larva semenjak pemijahan (*broadcasting* atau *brooding*) seperti yang telah dijelaskan di atas pada pembahasan *competence time* larva, namun masih sedikit yang meneliti perkembangan ukuran larva mulai dari fase telur hingga planula. Pada bagian hasil dan pembahasan ini akan dibahas perkembangan ukuran embrio dan larva karang dari masing-masing spesies dari Acroporidae (*A. millepora* dan *A. tenuis*). Hipotesis yang dimunculkan dalam subbagian penelitian ini adalah terdapat perbedaan ukuran (diameter dan panjang) dalam perkembangan embrio dan larva masing-masing spesies.

Ukuran awal bagi telur karang saat pemijahan bervariasi baik antar spesies maupun antar buntelan atau antar individu telur dalam buntelan. Pada hewan uji dua spesies *A. millepora* dan *A. tenuis*, ukuran telur yang matang hasil pemijahan dalam diameter tidak berbeda jauh yakni $451 \pm 5,9 \mu\text{m}$ dan $517 \pm 13 \mu\text{m}$. Perkembangan embrio-larva planula untuk semua spesies menurut hasil Uji-Tukey ($\alpha=0,05$) berbeda secara signifikan ($df=24$; $F=58,921$), sementara uji beda ukuran antara waktu (T_n) tidak berbeda.

Perkembangan embrio dan larva *A. millepora* dan *A. tenuis* dalam penelitian ini dibagi dalam 4 fase perkembangan, yakni: (1) fase pembelahan sel (T.1–T.14) untuk kedua spesies, (2) fase embrio (T.14–T.26) *A. millepora* dan (T.14–T.38) *A. tenuis*, (3) fase planula berkembang (T.26–T.44), dan (4) fase pra metamorfosis (T.44–T.72) *A. millepora*, sedangkan untuk spesies *A. tenuis* fase planula terbentuk pada (T.38–T.50) dan pra metamorfosis (T.50–T.72) (Gambar 1).

Perkembangan embrio *A. millepora* lebih cepat dibanding *A. tenuis*. Dari analisis regresi linear *A. millepora* dengan persamaan $Y=46,42x+441,7$ dengan $R^2=0,905$ memperlihatkan nilai kemiringan yang lebih besar dibanding pada *A. tenuis* dengan persamaan $Y=26,21x+468$ dengan $R^2=0,933$.



Gambar 1. Perkembangan ukuran embrio dan larva Acroporidae (*A.tenuis* dan *A. millepora*).

Secara spesifik Gambar 1 memperlihatkan perkembangan embrio kedua spesies Acropora (*A. millepora* dan *A. tenuis*) hampir berimpit pada (T.0–T.26), terutama pada T.19 dengan diameter 566 µm dan 558,8µm, dan pada T.26 dengan diameter 580 µm dan 575 µm. Perkembangan embrio *A. millepora* lebih besar dibanding dengan *A. tenuis*. Perbedaan mulai terlihat 26 jam pasca pemijahan (T.26) dimana *A. millepora* mulai menunjukkan perkembangan yang lebih cepat, sementara *A. tenuis* terlihat meningkat ukurannya setelah 32 jam pasca pemijahan (T.32). Setelah 44 jam pasca pemijahan (T.44) *A. millepora* dan T.50 *A. tenuis* ukuran larva mulai tereduksi, karena ukuran panjang planula yang berenang bebas telah mencapai titik maksimal untuk mempersiapkan diri fase pra metamorfosis. Karena pertumbuhannya yang tidak meningkat pasca perubahan fase pra planula, *A.millepora* membutuhkan waktu lebih lama, sementara beberapa jam kemudian larva *A. tenuis* juga terlihat mengkerut setelah perubahan fase planula hingga T.60 dan kembali tumbuh pada T.66 hingga akhir penelitian T.72. Pada akhir penelitian ini sebelum metamorfosa, panjang larva *A.millepora* 1020 µm dan *A. tenuis* 832 µm.

Dari pembagian fase berdasarkan waktu perkembangan embrio dan larva masing-masing spesies di atas, dapat diklasifikasi diameter telur (oosit), embrio, panjang larva planula, diameter larva yang metamorfosa (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-rata dan rentang ukuran setiap fase embriogenesis masing-masing spesies karang.

Spesies	Rentang ukuran tiap fase larva (µm)			
	Telur	Embrio	Planula	Metamorfosa
<i>A. millepora</i>	451	560– 770	800 – 1000	>1000
<i>A. tenuis</i>	517	540 – 600	650 – 900	>900

Data tersebut memperlihatkan adanya perbedaan ukuran masing-masing spesies pada setiap fase/stadia perkembangan fase awal dari siklus kehidupan karang. Walaupun diameter telur *A. millepora* (451 µm) sedikit lebih kecil dibanding *A. tenuis*(517 µm), namun dengan perkembangan ukuran yang lebih cepat pada stadia embrio *A. millepora* sehingga ukuran panjang larva planula (800–1000 µm) melebihi panjang planula *A. tenuis*.

Penelitian embriogenesis telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Babcock *et al.* (1986), Hayashibara *et al.* (1997) dan Okubo dan Motokawa (2007), dimana umumnya menjelaskan embriogenesis genus *Acropora*. Lebih dari 75% spesies karang keras (Scleractinia) dari tipe reproduksi yang *hermaphrodite broadcast* dan lebih dari 70 spesies yang *gonochoris broadcaster* melakukan fertilisasi eksternal (Guest *et al.* 2010). Telur-telur karang umumnya mengalami fertilisasi setelah 2 jam pasca pemijahan (Guest *et al.* 2010). Fertilisasi dan perkembangan embrio selama fase planktonik karang berlangsung di permukaan air (Harrison dan Wallace 1990). Pasca pelepasan dari polip, telur karang membutuhkan waktu pemisahan dari buntelan dan waktu pematangan lanjutan untuk beradaptasi dengan lingkungan perairan sebelum melakukan hibridisasi dengan sperma. Disamping itu, dibutuhkan waktu beberapa saat untuk penetrasi sperma dan proses pembelahan sel. Dengan alasan kebutuhan waktu tersebut, maka fertilisasi memiliki waktu jeda antara saat pelepasan dan pembelahan sel.

Embriogenesis pada *Acropora intermedia*, *A. solitaryensis*, *A. hyacinthus*, *A. digitifera*, and *A. tenuis* telah diteliti hingga tingkat morfologinya (Okubo dan Notokawa 2007). Semua spesies memperlihatkan pola perkembangan yang sama. Embriogenesis *A. palmata* dari Laut Karibia menurut Portune *et al.* (2010) sama dengan embriogenesis pada *A. millepora* di Pasifik. Hasil penelitian Okubo dan Motokawa (2007) melaporkan pembelahan sel dari oosit *Acropora* umumnya dicapai dalam waktu kurang dari 6 jam setelah pemijahan.

Pada jam ke-1 telur belum terbuahi (oosit) biasanya berbentuk bulat, atau sedikit lonjong atau oval. Selanjutnya sekitar 2 jam setelah terbuahi sel telur terbagi menjadi dua sel yang disebut *blastomere* (prosesnya disebut *cleavage*). Embrio yang membelah terpilin di bagian tengah disebut '*holoblastik cleavage*' memiliki kuning telur (*islecithalyolk*) yang lebih banyak. Selama 3 jam embrio terbagi lagi menjadi 4 sel, 4 jam menjadi 8 sel dan 5 jam menjadi 16 sel hingga menjadi multisel (*morula*) pada 6 jam setelah fertilisasi (Okubo dan Motokawa, 2007). Setelah stadia *morula*, embrio membentuk stadia *prawnchip* dengan bentuk yang melebar tidak beraturan terdiri dari dua lapis sel. Embrio *prawnchip* yang menggulung pada bagian pinggir membentuk stadia *bowl* sebagai bagian dari proses awal gastrulasi. Bagaimanapun juga, lubang blastopore mulai tertutup dan stomodeum (mulut dan faring) terbentuk melalui invaginasi pada daerah dekat blastopore yang tertutup tersebut.

Dalam penelitian ini, pengamatan perkembangan sel atau tingkat pembelahan sel gamet hingga mencapai stadia multiseluler (*morula*) atau sebelum stadia blastula. Untuk dua spesies dari genus *Acropora* fase *morula* hanya membutuhkan waktu sekitar 4 jam, lebih cepat dibanding hasil pengamatan Okubo dan Motokawa (2007) dan Ball *et al.* (2002). Lebih jauh Ball *et al.* (2002) mendapatkan stadia *morula* pada 9 jam setelah fertilisasi.

Perkembangan embrio dan larva karang famili Acroporidae (*A. millepora* dan *A. tenuis*) berbeda signifikan terhadap dua spesies dari Fungiidae (*Ctenactis crassa* dan *Fungia concina*, belum dipublikasi). Di antara spesies *Acropora*, embrio dan larva *A. millepora* berkembang lebih cepat dibanding *A. tenuis*. Mungkin inilah alasan mengapa para peneliti biologi reproduksi karang cenderung memilih kelompok Acroporidae untuk dijadikan hewan uji eksperimen reproduksi dan perkembangan larva. Disamping itu, *Acropora* lebih mudah ditemukan karena komposisi spesies dan kelimpahannya di alam jauh lebih besar (Wallace, 1999). Reproduksi *Acropora* lebih mudah diprediksi dan bersifat massal serta sinkron (Baird *et al.* 2009, Wallace *et al.* 1985).

Pembentukan lapisan endodermal pada spesies *Platygyra sinensis* melalui invaginasi dan nampaknya larva menjadi tidak sehat atau lemah pada semua spesies setelah larva berumur 36 jam setelah spawning. Larva kembali terlihat sehat dan bergerak pada umur 48 jam. Larva planula mengalami pengendapan dalam akuarium pada umur 4–7 hari setelah fertilisasi. Kesimpulannya, larva karang yang dihasilkan dari gamet yang dilepaskan spesies karang menyebar dari karang induknya (Babcock *et al.* 1986).

Ukuran masing-masing fase planktonik larva karang tergantung pada karakteristik tiap spesies. Perkembangan larva yang berenang bebas menjadi larva yang mengendap dan melekat membutuhkan waktu yang berbeda-beda setiap stadia (Schwarz *et al.* 1999). Dalam waktu 12 jam setelah fertilisasi, pada spesies *Fungia scutaria* sudah terbentuk larva planula berbentuk lonjong bersilia yang berenang perlahan. Pada umur 24 jam setelah fertilisasi sudah mencapai 100 μm ,

kemudian dalam waktu 3 x 24 jam larva sudah memiliki mulut dan rongga gastrik yang fungsional dan sudah difungsikan untuk proses memakan seperti *Artemia* (Schwarz *et al.* 1999). Ukuran panjang larva planula *A. millepora* sebelum metamorfosis masih jauh beberapa kali lebih besar dibanding *A. tenuis* 650–900 μm .

Dalam penelitian ini, *competencetime* spesies karang kelompok Acroporidae adalah *A. millepora* 94–130 jam dan *A. tenuis* 100–130 jam. Berbagai laporan yang mengungkap *competencetime* minimum sebelum larva mengendap (Harrison dan Wallace 1990) terkadang masih bisa diprediksi dengan tepat. Namun keraguan tersebut ditepis oleh beberapa penelitian lain (Baird, 1998) dimana larva karang ada yang mampu bertahan hidup sampai 93–105 hari sampai mengendap.

Bagi karang Pocilloporidae seperti *Stylophora*, *Seriatopora* dan *Pocillopora* memiliki *competencetime* larva yang lebih pendek dibanding karang Faviidae seperti *Goniastrea*, *Platygyra* dan *Favia*. Karang Faviidae membutuhkan *competencetime* 6–8 hari dibanding Pocilloporid 1–5 hari (Shlesinger dan Loya 1985). Sementara larva planula *Platygyra sinensis* mulai mengendap dalam akuarium pada umur 4 hari namun ada pula yang mencapai 7 hari setelah fertilisasi. Larva karang yang dihasilkan dari gamet yang dilepaskan menyebar dari karang induknya (Babcock *et al.* 1986) membutuhkan waktu yang lebih lama dibanding dengan larva planula hasil *brooding*. Bagaimana planula merespon variasi faktor lingkungan secara bersamaan, seperti cahaya, biotik dan sedimentasi hingga saat ini belum diketahui (Morse *et al.* 1988).

Larva hasil pelepasan gamet berenang sebagai planktonik mengalami perkembangan selama lebih kurang 4–10 hari sebelum mengalami metamorfosis dan mengendap secara permanen (Shlesinger dan Loya 1985, Shlesinger dan Loya 1986). Untuk *Acropora longycianthus* memperlihatkan 50% larva mengendap pada tegel yang terpasang dalam waktu 2–4 hari setelah pemijahan, sedangkan *competencetime* jauh lebih lama terdapat pada *A. millepora* selama 60 hari, *A. valida* 90 hari (Baird 1998) dan *A. solitaryensis* 65–72 hari (Wilson dan Harrison 1998; Baird 1998).

KESIMPULAN

Ukuran telur *Acropora millepora* (451 μm) sedikit lebih kecil dibanding *A. tenuis* (517 μm), namun dengan perkembangan ukuran yang lebih cepat pada stadia embrio *A. millepora* sehingga ukuran panjang larva planula (800–1000 μm) melebihi panjang planula *A. tenuis*. Embriolarva karang *A. millepora* berkembang lebih cepat dibanding *A. tenuis*.

Daftar Pustaka

- Babcock RC, Bull GD, Harrison PL, Heyward AJ, Oliver JK. 1986. **Synchronous spawning of 105 scleractinian coral species on the Great barrier Reef.** *Mar. Biol.* 90: 379–394.
- Baird A. 1998. **The length of the larval phase in corals: new insights into patterns of coral connectivity.** *Australian Coral Reef Society Autumn Newsletter* June 1998: 6–8.
- Ball EE, Hayward DC, Hoyes JSR, Hislop NR, Samuel G, Saint R, Harrison PL, Miller DJ. 2002. **Coral development: from classical embryology to molecular control.** *Int. J. Dev. Biol.* 46: 671–678.
- Gleason DF, Hoffman DK. 2011. **Coral larvae: from gametes to recruits.** *J. Exp. Mar. Bio. Eco.* 408: 42–57.
- Guest J, Heyward A, Omori M, Iwao K, Morse A, Boch C. 2010. **Rearing corals larvae for reef rehabilitation. dalam: Edwards AJ (Editor) Reef Rehabilitation Manual.** Coral Reef Targeted Research and Capacity Building for Management Program. St. Lucia, Australia. Halaman 73–98.
- Harrison PL, Babcock RC, Bull GD, Oliver JK, Wallace CC, Willis BL. 1984. **Mass spawning in tropical reef corals.** *Science* 223: 1186–1189.
- Harrison PL, Wallace CC. 1990. **Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. Dalam: Makey et al. (ed) Insecticides and a fungicide affect multiple coral life stages.** *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 330: 127–137.

- Hayashibara T, Ohike S, Kakimuna Y. 1997. **Embryonic and larval development and planula metamorphosis of four gamete spawning *Acropora* (Anthozoa, Scleractinia)**. *Proc.8th Int. Coral Reef Symp.*2: 1231–1236.
- Lasker HR. 2006. **High fertilization success in a surface-brooding Caribbean gorgonian**. *Biol. Bull.* 210: 10–17.
- Leviton DR. 2006. **The relationship between egg size and fertilization success in broadcast-spawning marine invertebrates**. *Integrative and Comparative Biology* 46(3): 298–311.
- Markey KL, Baird AH, Humphrey C, Negri AP. 2007. **Insecticides and a fungicide affect multiple coral life stages**. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*330: 127–137.
- Negri AP, Heyward AJ. 2000. **Inhibition of fertilization and larval metamorphosis of the coral *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) by petroleum products**. *Mar. Poll. Bull.*41: 420–427.
- Okubo N, Motokawa T. 2007. **Embryogenesis of the reef building coral *Acropora* spp.** *Zoo. Sci.*24: 1169–1177.
- Portune KJ, Woolstra CR, Medina M, Szmant AM. 2010. **Development and heat stress-induced transcriptomic changes during embryogenesis of the scleractinian coral *Acropora palmata***. *Marine Genomics*3: 51–62.
- Schwarz JA, Krupp DA, Weis VM. 1999. **Late larval development and onset of symbiosis in the scleractinian coral *Fungia scutaria***. *Biol. Bull.*196: 70–79.
- Shlesinger Y, Loya Y. 1985. **Coral community reproductive patterns: Red Sea versus the Great Barrier Reef**. *Science Magazine* [terhubung berkala]. <http://www.sciencemag.org.html> [3 April 2008].
- Thamrin 2006. **Karang: Biologi Reproduksi dan Ekologi**. Minamandiri Press, Pekanbaru.
- Wallace CC. 1999. **Staghorn Corals of the World: A Revision of the Genus *Acropora***. CSIRO. Collingwood, Australia.
- Willis BL, Babcock RC, Harrison PL, Oliver JK, Wallace CC. 1985. **Pattern in the mass spawning of corals on the Great Barrier Reef from 1981 to 1984**. *Proc. 5th International Coral Reef Congress*4: 343–348.
- Wilson J, Harrison P. 1998. **Settlement competency periods of larvae of 3 species of scleractinian corals**. *Mar Biol.* 131:339–345.