

## ULASAN

### Reproduksi Seksual Karang: Suatu Peluang dan Tantangan dalam Penelitian Biologi Laut di Indonesia

#### *Sexual Reproduction of Coral: An Opportunity and Challenge in Marine Biology Researches in Indonesia*

CHAIR RANI

*Jurusan Ilmu Kelautan, Faperikan, Universitas Hasanuddin,*

*Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245, Tel. +62-411-585189, E-mail: erick\_icha@yahoo.com*

Diterima 26 September 2001/Disetujui 8 Maret 2002

Indonesia is considered as one of the centers of coral distribution in Indo-Pacific and the highest coral species richness in the world. In Kepulauan Seribu there have been noted 56 genera containing 193 species. Two hundreds and twenty five species belonging to 61 genera were also recorded in Nusa Tenggara. While in Taka Bonerate (South Sulawesi), a total of 198 coral species was known to belong to 68 genera. So far, the number of *Acropora* species that has been recorded was 91. However, just a few of the coral species has been known in detail for its sexual reproduction. This situation showed that the data on coral sexual reproduction aspects are too little and give widely opportunity and challenge marine biologist to study on coral reproduction. Data on sexual reproduction is very important to manage and utilize of coral resources. Therefore, we have to develop hatchery that could provide result larvae either for cultivation or management and conservation of coral reef by restocking and rehabilitation (coral transplantation).

Invertebrata laut memperlihatkan suatu keragaman yang tinggi dalam cara reproduksi, yang secara umum dapat dibedakan dalam dua bentuk, yaitu secara aseksual dan seksual. Salah satu kelompok organisme tersebut ialah karang skleraktinia yang merupakan pembangun utama terumbu karang (Szmant 1986, Harrison & Wallace 1990, Richmond & Hunter 1990, Richmond 1997).

Biologi reproduksi dan proses yang terkait dengan penyebaran dan peremajaan karang adalah prasyarat penting untuk studi ekologi populasi dan komunitas karang (Harrison & Wallace 1990) dan menjadi dasar utama dalam memahami mekanisme yang mengendalikan populasi dan menjembatani kehidupan bersama bagi suatu spesies (Underwood & Fairweather 1989).

Penelitian reproduksi karang pertama kali dilakukan oleh Cavolini pada tahun 1790 dan kemudian disusul oleh Lacaze-Duthiers pada tahun 1873, 1894, dan 1897 (Harrison & Wallace 1990). Meskipun kajian mengenai reproduksi seksual karang telah dilakukan lebih dari 200 tahun yang lalu, namun Fadlallah dan Pearse (1982) menganggap bahwa pengetahuan mengenai reproduksi seksual karang masih kurang terutama berhubungan dengan proses gametogenesis.

Beberapa aspek reproduksi yang meliputi seksualitas, cara dan waktu reproduksi karang telah dikaji dengan baik oleh beberapa peneliti, yaitu 210 dari kurang lebih 600 spesies karang di dunia. Jika dilihat menurut wilayah maka fenomena mengenai reproduksi seksual spesies karang yang telah banyak

diketahui berasal dari daerah subtropik Pasifik (*Great Barrier Reef*, Guam, Palau, Enewetak, Hawaii, Okinawa, dan Panama) yaitu sekitar 40%. Spesies terumbu di Karibia (Laut Atlantik) sekitar 30% dan di Laut Merah (Laut Indian) hanya sekitar 6% (Richmond & Hunter 1990).

Perairan Asia Tenggara, khususnya Indonesia yang terletak di daerah Indo-Pasifik Barat, terkenal memiliki keragaman spesies karang tertinggi di dunia, namun demikian tercatat hanya satu penelitian oleh Supriharyono (1986). Ia melaporkan waktu reproduksi *Cyphastrea serailia*, *Acropora aspera*, dan *Pocillopora damicornis* di Pantai Bandengan, Jepara, Jawa Tengah. Penelitian tersebut dianggap belum lengkap karena dilakukan hanya selama beberapa bulan. Hal ini mengindikasikan betapa sedikitnya data dan masih begitu besar peluang dan tantangan bagi ilmuwan biologi laut Indonesia mempelajari biologi reproduksi sumber daya karang yang kita miliki.

#### **Peluang dan Tantangan dalam Penelitian Reproduksi Karang di Indonesia: Implikasi terhadap Pengelolaan Terumbu Karang**

Suharsono (1998) melaporkan bahwa di Kepulauan Seribu terdapat 63 genus dengan 193 spesies, Nusa Tenggara terdapat 61 genus dengan 225 spesies, dan Taka Bonerate (Sulawesi Selatan) terdapat 63 genus karang. Khusus untuk genus *Acropora* tercatat 91 spesies (Wallace *et al.* 2001). Dari

keseluruhan spesies tersebut belum ada satu spesies pun yang terungkap secara terperinci tentang perkembangbiakannya. Pengetahuan dasar mengenai biologi reproduksi mutlak diperlukan untuk pengelolaan terumbu karang. Pengetahuan biologi reproduksi karang dari daerah subtropik atau *Great Barrier Reef* tidak dapat sepenuhnya diadopsi karena spesies karang dikenal memiliki variasi sangat tinggi dalam cara dan waktu reproduksi serta siklus gametogenesisnya, baik antarspesies maupun dari spesies yang sama. Variasi tersebut disebabkan perbedaan letak geografi ataupun oleh keragaman lingkungan seperti suhu, salinitas, pasang surut, dan pencahayaan (siklus penyinaran) (Richmond & Jokiel 1984, Wallace 1985, Szmant 1986, Babcock *et al.* 1986, Hunter 1988, Oliver *et al.* 1988, Richmond & Hunter 1990, McGuire 1998).

Pengetahuan dasar mengenai reproduksi karang penting dan dapat membantu dalam usaha pengelolaan sumber daya terumbu karang. Cara dan waktu reproduksi karang sangat besar pengaruhnya dalam proses pemulihan terhadap kerusakan terumbu karang (Glynn *et al.* 1991). Sebagai contoh, bagian daerah terumbu karang yang baru mengalami kerusakan dapat terkolonisasi dengan cepat jika karang yang bertahan di sekitarnya sering bereproduksi dengan menghasilkan larva yang melekat di sekitar koloni induk (Szmant 1986, Sammarco & Andrews 1988). Informasi ini tentu dapat digunakan dalam usaha rehabilitasi terumbu karang dengan mempertahankan koloni induk dari spesies yang bereproduksi dengan cara planulasi (mengeluarkan keturunan berupa anak, tidak dalam bentuk telur) di sekitar daerah yang mengalami kerusakan atau dengan cara melakukan transplantasi koloni karang dewasa dari spesies tersebut. Dengan demikian dapat diharapkan terjadi percepatan laju peremajaan di sekitar lokasi yang mengalami kerusakan. Oleh karena itu perlu diketahui mengenai cara dan waktu reproduksi dari setiap spesies karang. Hal lain yang perlu diperhatikan mengenai reproduksi karang dalam kaitan dengan pengelolaan terumbu karang ialah pencemaran. Karang pada umumnya memijah dalam suatu periode yang pendek sehingga jika terdapat zat pencemar seperti minyak, pestisida, herbisida, dan berbagai logam berat maka dapat mencegah terjadinya pematangan telur oleh sperma dan akhirnya membatasi peremajaan karang. Gangguan terhadap proses reproduksi ini, pada akhirnya akan menyebabkan spesies-spesies karang hilang dari suatu area terumbu (Richmond & Hunter 1990).

Faktor lain yang mendasari pentingnya pengetahuan mengenai biologi reproduksi karang di Indonesia ialah menunjang pemanfaatan sumber daya karang serta konservasi dan rehabilitasi terumbu karang melalui usaha pembenihan massal dan budi daya organisme terumbu karang. Indonesia sejak tahun 1989 dilaporkan menjadi negara pengekspor terbesar dalam perdagangan karang dunia. Sistem perdagangan karang oleh negara anggota *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* (CITES) ialah dengan sistem penjatahan (kuota) dan pengawasan. Data pada tahun 1997 menunjukkan bahwa dari 39 spesies karang yang diperdagangkan oleh Indonesia sebagian besar (34 spesies) masih di bawah kuota yang

ditetapkan (Green & Shirley 1999). Kondisi ini tentu masih memberikan peluang besar bagi Indonesia untuk meningkatkan volume ekspor dalam perdagangan karang dunia.

Umumnya karang-karang yang diekspor oleh Indonesia berasal dari hasil pengumpulan di alam (ekstraksi sumber daya). Sistem pengumpulan itu sendiri pada masa yang akan datang tidak dapat menjadi tumpuan dalam menunjang ekspor karang untuk pemasukan devisa negara karena ada kecenderungan peningkatan pencemaran dan degradasi terumbu karang oleh berbagai aktivitas manusia, terutama dari aktivitas penangkapan ikan, pencemaran dan aliran air dari penggundulan hutan dan pertanian di daratan, serta pengumpulan organisme terumbu karang (Bryant *et al.* 1998).

Perhatian dunia terhadap kelestarian terumbu karang akhir-akhir ini semakin meningkat. Pertemuan-pertemuan terakhir oleh negara anggota CITES, mengusulkan bahwa biota laut yang diperdagangkan sebaiknya harus ditunjang dengan usaha budi daya atau pembenihan, meskipun usulan ini masih diperdebatkan (Suharsono, komunikasi pribadi). Hal ini menjadi peringatan bagi Indonesia bahwa sistem pengumpulan yang selama ini dilakukan tidak dapat menjadi tumpuan dalam pemanfaatan karang untuk tujuan ekspor. Sistem pengumpulan ini dapat menyebabkan kerusakan lokal dan mengubah komposisi karang pada beberapa terumbu (Wells 1981). Oleh karena itu, salah satu alternatif dalam mengurangi tekanan pada ekosistem terumbu karang dari pengumpulan organisme terumbu karang di alam untuk tujuan perdagangan ialah dengan cara pengembangan budi dayanya (Bruckner 2001). Budi daya karang, baik untuk tujuan perdagangan maupun rehabilitasi, telah dilakukan di berbagai daerah dengan sistem fragmentasi seperti di Filipina (Gatus *et al.* 2001), Kepulauan Solomon, Vanuatu, dan Fiji (Harriott 2001).

Sistem fragmentasi dalam budi daya karang juga masih perlu dikaji lebih jauh. Pengurangan terhadap ukuran koloni induk akan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit (Rogers *et al.* 1988) dan juga laju kematian (Ward 1995). Sebagai tambahan, pengurangan ukuran koloni kemungkinan berpengaruh buruk terhadap sistem reproduksi seksual karang dan mengurangi total produksi gamet atau larva yang dierami (Kojis & Quinn 1985, Szmant-Froelich 1985, Szmant 1986). Zakai *et al.* (2000) membuktikan bahwa peristiwa fragmentasi pada sebagian koloni *Pocillopora damicornis* (penghilangan jaringan sebesar 25%) dapat menurunkan jumlah larva yang dihasilkan. Sebagian besar koloni karang *Stylophora pistillata* bahkan menjadi steril (tidak melakukan reproduksi secara seksual) selama setahun setelah mengalami pengurangan koloni sebesar 23% (Rinkevich & Loya 1989). Sistem fragmentasi akan mengganggu reproduksi karang dan memberikan pengaruh buruk terhadap laju peremajaan karang sehingga pada akhirnya mempengaruhi struktur populasi. Oleh karena itu usaha pemanfaatan karang termasuk dalam kegiatan rehabilitasi dan konservasi harus diarahkan untuk memproduksi benih secara massal melalui usaha pembenihan.

Untuk menunjang usaha pengelolaan dan rehabilitasi ekosistem terumbu karang di Indonesia serta pemanfaatannya untuk tujuan ekspor melalui usaha pembenihan massal dan

budi daya karang diperlukan penelitian-penelitian dasar, terutama yang terkait dengan biologi reproduksi (seksualitas, cara, pola dan waktu pemijahan, perkembangan gonad [gametogenesis] serta keterkaitannya dengan faktor lingkungan) termasuk penelitian tentang pemijahan buatan, perkembangan embrio dan larva serta kajian lingkungan dan nutrisi yang optimum bagi pertumbuhan larva organisme terumbu karang, khususnya terhadap karang skleraktinia yang merupakan komponen utama penyusun terumbu karang.

Hasil penelitian tersebut, akan menjadi informasi dasar mengenai aspek reproduksi karang yang dapat digunakan dalam usaha-usaha pengelolaan dan pembenihan karang. Selain itu juga dapat mengisi kekosongan informasi mengenai beberapa aspek reproduksi karang dari daerah tropik Indo-Pasifik.

### **Pendekatan dalam Penelitian Reproduksi Karang untuk Tujuan Pembenihan atau Budi Daya, Pengelolaan dan Konservasi**

Cara reproduksi karang dapat dibedakan atas dua macam, yaitu: (i) kelompok spesies yang memijahkan gametnya (telur dan sperma) ke dalam kolom air, dan selanjutnya terjadi pembuahan di luar tubuh (polip) dan kemudian terjadi perkembangan embrio, dan (ii) kelompok spesies dengan telur yang dibuahi di dalam polip dan selanjutnya perkembangan embrio dan larva terjadi di dalamnya (Harrison & Wallace 1990, Richmond & Hunter 1990, McGuire 1998). Umumnya spesies karang bercabang dan berpolip kecil memiliki sedikit telur dan planula yang dierami (*brooding*), sedangkan spesies yang masif dan berpolip besar menghasilkan banyak telur yang dipijahkan pada kolom air (*broadcast spawning*) untuk pembuahan (Rinkevich & Loya 1979).

Karang yang mengerami ditemukan lebih dominan di rataan terumbu dangkal yang banyak mengalami gangguan, sedangkan karang yang memijah lebih mendominasi perairan yang kurang mengalami gangguan (Stimson 1978). Perbedaan kedua cara reproduksi tersebut dipengaruhi oleh banyak aspek ekologi yang meliputi transfer alga simbiotik ke larva, kemampuan larva untuk berhasil menempel dan bermetamorfosis, penyebaran larva, pola distribusi geografi, variasi genetika, laju spesiasi, dan evolusi (Richmond 1990).

Larva planula yang dilepaskan oleh karang yang mengerami mampu untuk segera melekat dan bermetamorfosis. Larva ini berukuran lebih besar dibandingkan dengan larva dari hasil pemijahan, dan pada larva karang hermatipik dilengkapi dengan zooxantela yang memberi kontribusi dalam metabolisme pada larva untuk penyebaran jarak jauh (Richmond 1997).

Pola reproduksi karang dapat dikelompokkan menjadi: (i) *broadcast spawning hermaphrodit*, (ii) *brooding hermaphrodit*, (iii) *broadcast spawning gonochoric*, dan (iv) *brooding gonochoric*. Spesies karang di Indo-Pasifik mengikuti pola (i) dan (iii) ketika berada pada kondisi lingkungan yang menguntungkan dengan ukuran diameter koloni > 30 cm. Ukuran ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa spesies tersebut berumur panjang.

Spesies yang mengikuti pola (ii) dan (iv) secara umum berukuran kecil sebagai akibat penurunan pertumbuhan dengan peningkatan umur atau kematian induk yang tinggi (Szmant 1986). Spesies *brooding* berhubungan dengan ukuran koloni yang lebih kecil dengan banyak siklus reproduksi dalam setahun. Karakter ini merupakan salah satu bentuk strategi reproduksi dalam meningkatkan efisiensi reproduksinya baik spesies hermafrodit ataupun gonokorik. Strategi ini juga untuk menghindari tingginya kematian larva ketika fase plankton dan meningkatkan kesempatan larva untuk menemukan substrat yang cocok.

Waktu pemijahan pada kebanyakan spesies karang berlangsung antara menjelang malam sampai tengah malam (Harrison *et al.* 1984, Shlesinger & Loya 1985, Babcock *et al.* 1986, Szmant 1986). Pemijahan terjadi dalam suatu periode tertentu setelah matahari terbenam dan konsisten dari tahun ke tahun untuk masing-masing spesies (Harrison *et al.* 1984, Babcock *et al.* 1986). Waktu pemijahan yang mirip juga dicatat di antara populasi pada spesies yang sama di terumbu yang berbeda. Sebanyak 17 dari 33 spesies yang diamati pada beberapa terumbu, populasi memijah pada hari bulan yang sama. Sebagai contoh *Platygyra sinensis* memijah selama 3 jam 40 menit setelah matahari terbenam pada tahun 1982 dan 3 jam 25 menit pada tahun 1983 (Babcock *et al.* 1986).

Cara dan pola reproduksi, perkembangan gonad (gametogenesis), serta waktu dan puncak reproduksi sangat ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang bertanggung jawab dalam mengendalikan reproduksi karang ialah suhu perairan, pencahayaan, fase bulan, dan pasang surut (Hunter 1988, Harrison & Wallace 1990). Faktor utama yang diduga mengatur waktu reproduksi ialah suhu dan pasang surut (Oliver *et al.* 1988). Perubahan suhu perairan oleh perubahan musim dapat menentukan waktu siklus reproduksi tahunan (gametogenesis) pada karang (menentukan awal dan akhir periode reproduksi musiman) dan menjadi isyarat untuk pemijahan, demikian pula siklus pasang surut dan fase bulan juga dapat mempengaruhi waktu pelepasan hasil reproduksi (Harriott 1983, Richmond & Jokiel 1984, Babcock *et al.* 1986, Hunter 1988, Harrison & Wallace 1990, Richmond & Hunter 1990, Szmant 1991). Pencahayaan dapat menentukan awal perkembangan gonad dan atau pemijahan pada hewan invertebrata laut (Babcock *et al.* 1994).

Pada kebanyakan spesies hewan laut, siklus bulan mungkin memicu waktu pematangan sperma dan telur (Norton 1981, Phillips *et al.* 1990), demikian pula pada karang (Wallace 1985, Glynn *et al.* 1991, McGuire 1998). Hasil penelitian secara eksperimental membuktikan bahwa fase bulan juga mempengaruhi tingkah laku pemijahan (Babcock *et al.* 1986, Hunter 1988) dan mengatur waktu pelepasan larva dari *Pocillopora damicornis* di Hawaii (Richmond & Jokiel 1984, Jokiel *et al.* 1985) dan *Porites astreoides* di Teluk Florida bagian utara (McGuire 1998).

Faktor fisik-geografi juga perlu dikaji karena beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan lokasi dan habitat tempat karang hidup memperlihatkan perbedaan dalam beberapa aspek reproduksi. Sebagai contoh, *Pocillopora verrucosa* bersifat mengerami (*brooding*) di Atol Enewetak

(Stimson 1978), tetapi melakukan pemijahan (*spawning*) di Laut Merah (Shlesinger & Loya 1985). Demikian pula *Acropora humilis* yang mengerami planulanya di Enewetak tetapi memijahkan gametnya di Laut Merah dan *Great Barrier Reef* (Richmond 1997). Puncak pemijahan juga dapat bervariasi di antara lokasi pada suatu terumbu karang. Sebagai contoh di *Great Barrier Reef*, *Acropora elseyi* memijah setelah bulan baru di Pulau Magnetic, tetapi setelah bulan purnama di terumbu *Big broadhurst* (Babcock *et al.* 1986).

Strategi bereproduksi suatu jenis karang merupakan suatu usaha untuk mempertahankan kelangsungan hidup yang berhubungan dengan kondisi lingkungan tempat karang itu hidup. Indonesia sebagai negara tropik memiliki suhu perairan yang relatif tinggi dengan variasi suhu yang kecil sehingga karang-karang kemungkinan memiliki waktu reproduksi sepanjang tahun (McGuire 1998). Meskipun demikian, kebutuhan fisiologi optimum antara spesies berbeda. Oleh karena itu, penelitian harus dilakukan sepanjang tahun untuk menduga puncak musim reproduksi (pemijahan dan planulasi).

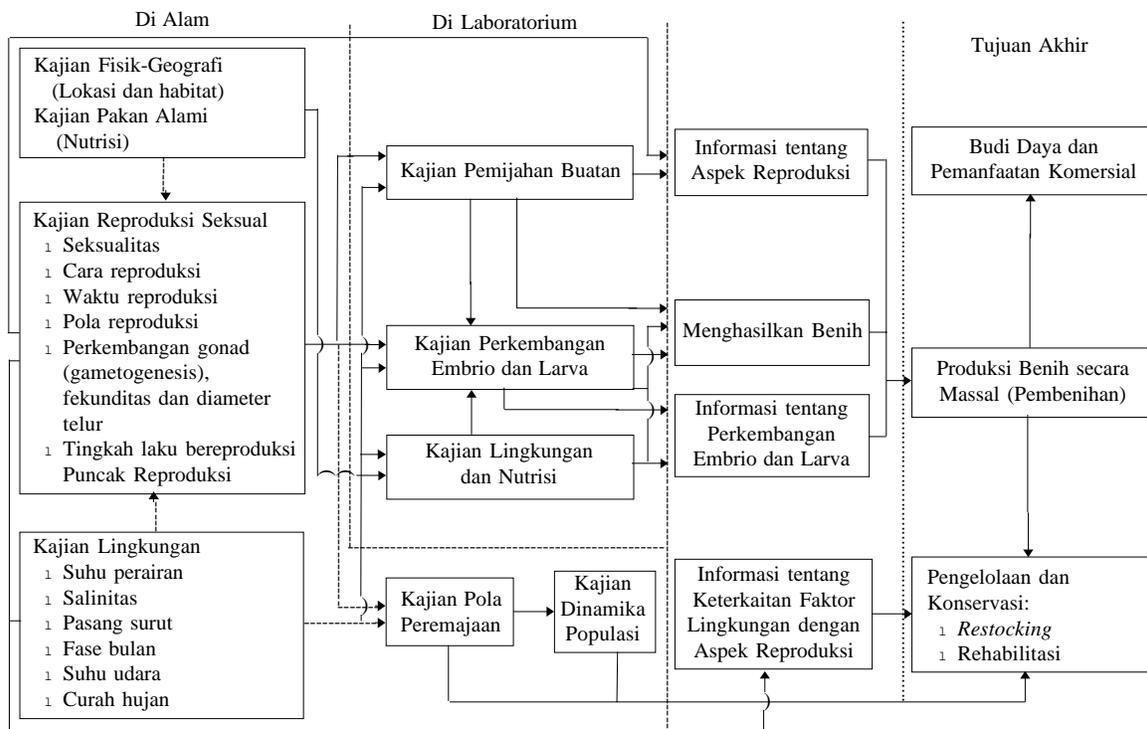
Terdapat tiga faktor lingkungan yang sangat berperan dalam mengendalikan berbagai aktivitas reproduksi yang perlu dikaji, yaitu suhu perairan, pasang surut, dan fase bulan. Peubah tambahan yang juga perlu diuraikan ialah salinitas perairan, suhu udara, dan curah hujan bulanan karena semuanya terkait dengan variasi suhu perairan oleh perubahan musim.

Informasi tentang aspek reproduksi dan hasil analisis keterkaitan faktor lingkungan dengan beberapa aspek reproduksi karang, selanjutnya dapat digunakan dalam melakukan penelitian pemijahan buatan. Hasil pemijahan ini dapat digunakan dalam mengkaji perkembangan embrio dan

larva. Hal lain juga perlu diungkapkan ialah kebutuhan lingkungan dan nutrisi optimum bagi perkembangan larva karang. Sumber nutrisi karang di alam perlu dikaji sebagai informasi dasar dalam menentukan jenis pakan alami yang akan digunakan dalam pembesaran larva karang di panti pembenihan (*hatchery*). Demikian pula pola peremajaan karang di alam juga perlu dikaji untuk mempelajari dinamika populasi dari suatu spesies karang. Semua informasi dasar ini nanti dapat diaplikasikan dalam usaha pengelolaan dan menghasilkan benih karang secara massal, baik untuk tujuan budi daya dan pemanfaatan secara komersial ataupun untuk kegiatan konservasi melalui *restocking* dan rehabilitasi terumbu karang (Gambar 1).

**DAFTAR PUSTAKA**

Babcock RC, Bull GD, Harrison PL, Heyward AJ, Oliver JK, Wallace CC, Willis BL. 1986. Synchronous spawnings of 105 scleractinian coral species on the Great Barrier Reef. *Mar Biol* 90:379-394.  
 Babcock RC, Wills BL, Simpson CJ. 1994. Mass spawning of coral a high latitude coral reef. *Coral Reefs* 13:161-169.  
 Bruckner AW. 2001. New threat to coral reefs: trade in coral organisms. Di dalam: Development of Sustainable Management Guidelines. *International Workshop on the Trade in Stony Corals*. Jakarta, 9-12 Apr 2001. hlm 19-24.  
 Bryant D, Burke L, McManus J, Spalding M. 1998. *Reefs at Risk: A Map-based Indicator of Threats to the World's Coral Reefs*. Washington DC: World Resources Institute.  
 Fadlallah YH, Pearse JS. 1982. Sexual reproduction in solitary corals: synchronous gametogenesis and broadcast spawning in *Paracyathus stearnsii*. *Mar Biol* 71:233-239.  
 Gatus JII, Pratt VR, Sotto FB, Laron CG, Heeger T. 2001. Rebuilding the reef: community-based coral reef rehabilitation program. Di dalam: Development of Sustainable Management Guidelines. *International Workshop on the Trade in Stony Corals*. Jakarta, 9-12 Apr 2001. hlm 49-54.



Gambar 1. Tahapan penelitian reproduksi seksual karang untuk tujuan budi daya dan pemanfaatan komersial, pengelolaan dan konservasi.

- Glynn PW, Gassman NJ, Eakin CM, Cortés J, Smith DB, Guzmán HM. 1991. Reef coral reproduction in the eastern Pacific: Costa Rica, Panama, and Galapagos Islands (Ecuador). I. Pocilloporidae. *Mar Biol* 109:355-368.
- Green E, Shirley F. 1999. *The Global Trade in Coral*. Cambridge: WCMC-World Conservation Pr.
- Harriott VJ. 1983. Reproductive seasonality, settlement and post settlement of *Pocillopora damicornis* (Linnaeus) at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 2:151-157.
- Harriott VJ. 2001. The sustainability of queensland's coral harvest fishery. Di dalam: Development of Sustainable Management Guidelines. *International Workshop on the Trade in Stony Corals*. Jakarta, 9-12 Apr 2001. hlm 162-180.
- 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. Di dalam: Dubinsky Z (ed). *Coral Reefs: Ecosystems of The World* 25. Amsterdam: Elsevier. hlm 132-207.
- Hunter CL. 1988. Environmental cues controlling spawning in two Hawaiian corals, *Montipora verrucosa* and *M. dilatata*. *Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Symp* Vol. 2. Townsville, 8-12 Agu 1988. hlm 727-732.
- Jokiel PL, Ito RY, Liu PM. 1985. Night irradiance and synchronization of lunar release of planula larvae in the reef coral *Pocillopora damicornis*. *Mar Biol* 88:167-184.
- Kojis BL, Quinn NJ. 1985. Puberty in *Goniastrea favulus*: age or size limited? *Proc 5<sup>th</sup> Int Coral Reef Cong* Vol. 4. Tahiti, 24-29 Jun 1985. hlm 307-312.
- McGuire MP. 1998. Timing of larval release by *Porites astreoides* in the northern Florida Keys. *Coral Reefs* 17:369-375.
- Norton TA. 1981. Gamete expulsion and release in *Sargassum muticum*. *Bot Mar* 24:465-470.
- Oliver JK, Babcock RC, Harrison PL, Willis BL. 1988. Geographic extent of mass coral spawning: clues to ultimate causal factors. *Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Symp* Vol. 2. Townsville, 8-12 Agu 1988. hlm 803-810.
- Philips JA, Clayton MN, Maier I, Boland B, Müller DG. 1990. Sexual reproduction in *Dictyota diemensis* (Dyctyotales, Phaeophyta). *Phycologia* 29:367-379.
- Richmond RH. 1990. Relationship among reproductive mode, biogeographic distribution patterns and evolution in scleractinian corals. Di dalam: Hoshi M, Yamashita Y (ed). *Advanced in Invertebrate Reproduction*. Vol. 5. Amsterdam. Elsevier. hlm 317-322.
- Richmond RH. 1997. Reproduction and recruitment in corals: critical links in the persistence of reefs. Di dalam: Birkeland C (ed). *Life and Death of Coral Reefs*. New York: Chapman & Hall. hlm 175-197.
- Richmond RH, Hunter CL. 1990. Reproduction and recruitment of corals: comparisons among the Caribbean, the Tropical Pacific, and the Red Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 60:185-203.
- Richmond RH, Jokiel PL. 1984. Lunar periodicity in larva release in the reef coral *Pocillopora damicornis* at Enewetak and Hawaii. *Bull Mar Sci* 34:280-287.
- Rinkevich B, Loya Y. 1979. The reproduction of the Red Sea coral *Stylophora pistillata*. I: gonad and planulae. *Mar Ecol Prog Ser* 1:133-144.
- Rinkevich B, Loya Y. 1989. Reproduction in regenerating colonies of the coral *Stylophora pistillata*. Di dalam: Spanier E, Steinberger Y, Luria M (ed). *Environmental Quality and Ecosystem Stability*. Jerusalem: ISEQES. hlm 257-265.
- Rogers CS, McLain L, Zullo E. 1988. Damage to coral reefs in Virgin Island National park and biosphere reserve from recreational activities. *Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Symp* Vol. 2. Townsville, 8-12 Agu 1988. hlm 405-410.
- Sammarco PW, Andrews JC. 1988. Localized dispersal and recruitment in Great Barrier Reef corals: the helix experiment. *Science* 239:1422-1424.
- Shlesinger Y, Loya Y. 1985. Coral community reproductive patterns: Red Sea versus the Great Barrier Reef. *Science* 228:1333-1335.
- Stimson JS. 1978. Mode and timing of reproduction in some common hermatypic corals of Hawaii and Enewetak. *Mar Biol* 48:173-184.
- Suharsono. 1998. Condition of coral reef resources in Indonesia. *J Pes Laut* 1:42-52.
- Supriharyono. 1986. The effects of sedimentation on a fringing reef in north Central Java, Indonesia [Disertasi]. Newcastle: The University of Newcastle upon Tyne.
- Szmant AM. 1986. Reproductive ecology of Caribbean reef corals. *Coral Reefs* 5:43-54.
- Szmant AM. 1991. Sexual reproduction by the Caribbean reef corals *Montastrea annularis* and *M. cavernosa*. *Mar Ecol Prog Ser* 74:13-25.
- Szmant-Froelich AM. 1985. The effect of coloni size on the reproductive ability of the Caribbean coral *Montastrea annularis* (Ellis and Solander). *Proc 5<sup>th</sup> Int Coral Reef Cong* Vol. 4. Tahiti, 24-29 Jun 1985. hlm 295-300.
- Underwood AJ, Fairweather PG. 1989. Supply-side ecology and benthic marine assemblage. *Trends Ecol Evol* 4:16-20.
- Wallace CC. 1985. Reproduction, recruitment and fragmentation in nine sympatric species of the coral genus *Acropora*. *Mar Biol* 88:217-233.
- Wallace CC, Richards Z, Suharsono. 2001. Regional distribution patterns of *Acropora* and their use in the conservation of coral reefs in Indonesia. *J Pes Laut* 4:40-58.
- Ward S. 1995. The effect of damage on the growth, reproduction and storage of lipids in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis* (Linnaeus). *J Exp Mar Biol Ecol* 187:193-206.
- Wells SM. 1981. The coral trade in the Philippines. *Traffic Bull* 3:50-51.
- Zakai D, Levy O, Chadwick-Furman NE. 2000. Experimental fragmentation reduces sexual reproductive output by the reef-building coral *Pocillopora damicornis*. *Coral Reefs* 19:185-188.