

**TEKNOLOGI TEPAT GUNA SEBAGAI APLIKASI PENGEMBANGAN
PERIKANAN PANTAI TERPADU BERBASIS TERUMBU BUATAN**
(*An Appropriate Technology for Artificial Reefs Based Coastal Fisheries Development
Reefs*)

Oleh:

Emil Reppie¹⁾

ABSTRACT

Realizing the continuous damages of Indonesian natural coral reefs, the artificial reefs from an ecological perspective, exhibit a significant potential as a tool in the rehabilitation of coastal ecosystems. At least an alternative to decrease the harvesting pressure on natural reefs by creating new fishing grounds. However, their utilization as reef fishing grounds in practice, may not be beneficial economically without significant support of protected nursery ground reefs. But on the other hand, the protected nursery ground reef it self could not attract private sector since it act indirect use and public works. Therefore, it is important to manage an appropriate technology in application of integrated coastal fisheries based on artificial reefs, which simultaneously can meet the objectives of nursery ground, as well as habitat rehabilitation and commercial activities.

Keywords: an appropriate technology, integrated fisheries, and artificial reefs.

ABSTRAK

Menyadari kerusakan terumbu karang di Indonesia yang terus berlanjut, maka terumbu buatan memiliki potensi sebagai alat rehabilitasi ekosistem perairan pantai. Atau minimal sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi tekanan pemanfaatan di terumbu alami, melalui penciptaan *artificial reefs fishing ground* yang baru. Tetapi penempatan terumbu buatan sebagai *fishing grounds*, tidak akan memberikan manfaat ekonomi jika tidak didukung oleh *artificial reefs nursery ground* yang diproteksi. Namun di lain pihak, *artificial reefs nursery ground* yang diproteksi itu sendiri tidak dapat menarik peran sektor swasta, karena sifatnya yang *indirect use* dan *public works*. Oleh karena itu perlu diciptakan suatu teknologi tepat guna dalam bentuk aplikasi perikanan pantai terpadu berbasis terumbu buatan yang secara simultan dapat memenuhi tujuan *nursery ground*, pemulihan habitat, dan aktivitas komersial.

Kata kunci: teknologi tepat guna, perikanan terpadu, dan terumbu buatan.

1 PENDAHULUAN

Indonesia memiliki hamparan terumbu karang terluas ke dua di dunia setelah Australia, yaitu mencakup areal sekitar 50.000 km² (Supriharyono 2000). Beberapa laporan sebelumnya menyebutkan sekitar 75.000 km² (Cesar 1998; Johannes dan Riepen 1995), ada juga yang menyebutkan luas sekitar 42.000 km² berdasarkan estimasi nilai total terkecil (Anonymous 2000a). Keanekaragaman terumbu karang Indonesia merupakan yang terkaya di dunia (Edinger *et al.* 1998; Chou 2000); sehingga menempatkannya sebagai pusat keanekaragaman terumbu karang global (De Vantier *et al.* 1998; Cesar 1998; Supriharyono 2000; dan Suharsono 2001).

Terumbu karang mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan manusia, di antaranya adalah sebagai sumber bahan pangan, obat-obatan dan bahan baku industri, serta tempat rekreasi dan pendidikan. Selain itu, dari segi ekologi, terumbu karang berperan sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan abrasi pantai, dan sebagai tempat pemijahan, pembesaran dan mencari makan dari sebagian

¹ Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115, Telp. (0431) 868027, 862486; Fax. (0431) 868027

besar ikan ekonomis penting. Sayangnya, aktivitas pembangunan yang dilakukan di wilayah pesisir dewasa ini telah memberikan beragam dampak negatif yang cukup nyata terhadap keberadaan dan kualitas sumberdaya terumbu karang di Indonesia. Beberapa laporan yang senada menyebutkan bahwa sumberdaya terumbu karang telah mengalami degradasi yang sangat serius (Cesar 1998; Anonymous 2000b; dan Chou 2000). Kondisi terumbu karang Indonesia yang dapat dikategorikan sebagai *good to excellent* saat ini diperkirakan hanya tinggal sekitar 29% (Suharsono *et al.* 1997; Cesar 1996, 1998; Djohani 1998; dan Chou 2000). Bahkan, kondisi terumbu karang pada beberapa tempat di Sulawesi Utara yang diklasifikasikan sebagai *good to excellent* hanya tinggal 2% (JICA 2002). Terdapat indikasi kuat bahwa kerusakan terumbu karang Indonesia masih terus berlanjut dan nampaknya sulit untuk dibendung lagi, kecuali jika ada langkah-langkah pemulihan yang memadai.

Kerusakan terumbu karang dapat disebabkan oleh berbagai faktor fisika, kimia dan biologis, tetapi secara umum dibedakan menjadi kerusakan karena kejadian alam dan kerusakan karena aktivitas manusia atau antropogenik (Salm *et al.* 2000). Aktivitas manusia yang merupakan ancaman utama terhadap kerusakan terumbu karang adalah penangkapan ikan menggunakan racun sianida dan bahan peledak, penambangan karang, sedimentasi dan polusi, serta eksploitasi berlebihan (Cesar 1996 & 1998). Dampak kerusakan terumbu karang adalah menipisnya jumlah spesies ikan yang berasosiasi dengannya disertai dengan penurunan daya tarik pariwisata dan hilangnya suatu ekosistem yang sangat berharga (Clark 1992).

Banyak upaya telah dilakukan untuk menyelamatkan ekosistem terumbu karang Indonesia, antara lain dengan pembuatan peraturan-peraturan tentang konservasi dan rehabilitasi ekosistem terumbu karang, dan menetapkan program-program pengelolannya. Namun, menurut White *et al.* (1994), upaya implementasi instrumen pengelolaan tersebut di berbagai tempat di dunia dipandang tidak efektif. Hukum nampaknya tidak ditegakkan, prosedur pendugaan dampak jarang diikuti, konflik di antara *user interests* makin memburuk, dan hak tradisional makin terkikis, sehingga dampak kerusakan lingkungan terus meluas.

2 KONSEP ARTIFICIAL REEFS FISHING GROUND

Menyadari kerusakan terumbu karang di Indonesia yang terus berlanjut, maka terumbu buatan (*artificial reefs*) merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi tekanan penangkapan ikan dan kerusakan terumbu karang alami. Caranya dengan menciptakan daerah penangkapan ikan alternatif (*artificial reefs fishing ground*) yang letaknya jauh di luar habitat alami. Terumbu karang alami yang telah mengalami degradasi diharapkan secara berangsur-angsur dapat pulih kembali. Terumbu buatan telah digunakan dalam berbagai tujuan (Rilov & Benayahu 2002), seperti untuk meningkatkan produksi perikanan di Jepang, rekreasi menyelam, *sport fishing* di Amerika, mencegah pengoperasian alat tangkap *trawl* di Eropa (Baine 2001), substrat kolonisasi karang merah *Corallium rubrum* di Monako, *biofilters* perairan eutropik di Rusia, Finlandia, Polandia dan Rumania serta *submarine tourism sites* di Bahama dan Hawaii (Seaman & Jensen 2000).

Program terumbu buatan di beberapa tempat di dunia telah digunakan sebagai suatu alternatif pengembangan perikanan rakyat, misalnya apakah akan meyalurkan bantuan kredit kepada nelayan berupa sarana produksi, atau menetapkan kebijakan pengelolaan perikanan pantai yang efektif dan mengurangi konflik pemanfaatan sumberdaya (Willmann 1991). FAO (1995) melalui *Code of Conduct for Responsible Fisheries* menyarankan pengembangan kebijakan penggunaan terumbu buatan untuk

meningkatkan stok populasi ikan dan peluang pemanfaatannya, serta melakukan penelitian-penelitian tentang dampak struktur terhadap organisme laut dan lingkungan.

Berbagai laporan menyebutkan bahwa terumbu buatan dapat meningkatkan produksi perikanan dan pendapatan nelayan (Montemayor 1991; Sinanuwong 1991; Hung 1991; dan Polovina, 1991). Biomasa di terumbu buatan umumnya tujuh kali lebih besar dari pada biomasa di habitat alami (Stone *et al.* 1979). Pickering & Whitmarsh (1997) melaporkan bahwa terdapat sejumlah fakta empiris tentang pengaruh biologis pada terumbu buatan, dan beberapa di antaranya mendukung hipotesis bahwa terumbu buatan dalam kondisi spesifik mampu meningkatkan produksi.

3 KONSEP ARTIFICIAL REEFS NURSERY GROUND

Jika perikanan karang dikembangkan melalui penempatan *artificial reefs fishing ground* dan kegiatan penangkapan ikan tidak terkendali, maka dampak yang akan muncul adalah *recruitment over fishing*, yaitu tertangkapnya ikan-ikan muda dari spesies komersial dalam jumlah besar. Hal ini juga yang terjadi pada *fish aggregating device* (FAD) untuk perikanan pelagis. Oleh karena itu, perencanaan penempatan terumbu buatan untuk tujuan penangkapan ikan ataupun *stock enhancement* sangat perlu didukung oleh *artificial reefs nursery ground* yang diproteksi yang . Dimana diharapkan dapat mensuplai ketersediaan stok ikan ke *artificial reefs fishing ground* secara berkelanjutan. Dengan demikian, *artificial reefs nursery ground* mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan sumberdaya dan produksi perikanan karang. *Nursery ground* diartikan sebagai tempat asuhan atau tempat berlindung dan pembesaran ikan-ikan muda, sejak dari *juvenile* sampai dewasa.

Salah satu tujuan umum penempatan terumbu buatan adalah membatasi penghuni terumbu secara lokal dengan disediakannya *shelter* yang sesuai (Eggleston *et al.* 1992). Tujuan utama pengembangannya adalah untuk *recruitment* dan *survival* dari *juvenile* (Spanier *et al.* 1990) dimana mereka memulai suatu tahapan hidup yang membutuhkan habitat yang agak khusus. Sayangnya, proyek terumbu buatan terutama yang ditujukan untuk rekreasi atau perikanan komersial, sebagian besar hanya menyediakan habitat untuk ikan dewasa. Banyak terumbu tidak didesain secara spesifik untuk *juvenile* atau spesies lebih kecil, sehingga setiap upaya pengelolaan perikanan terpadu terganggu oleh tingkat *recruitment mortality* yang sangat tinggi (West *et al.* 1994).

4 ASPEK LEGAL TERUMBU BUATAN

Seperti halnya pada sebagian besar perairan laut, *fishing ground* terumbu buatan juga bersifat *open-access*, karena *property right* ke kawasan tersebut tidak dinyatakan secara tegas dan diproteksi (Milon *et al.* 2000); atau umumnya habitat buatan merupakan *common property resources* (Samples & Sproul 1985). Kadang-kadang kelompok swasta dapat membangun terumbu buatan dan melarang kelompok yang lain menggunakannya, sehingga *property right* dijalankan sesuai kebiasaan kelompok swasta tersebut. Dalam kondisi demikian, kemampuan mengontrol akses ke habitat bergantung pada hak kepemilikan swasta terhadap suatu kawasan laut, isolasi dari kelompok pengguna lain, hak penggunaan eksklusif yang diberikan oleh pemerintah atau kebiasaan dan kearifan tradisional atas suatu sumberdaya laut (Milon *et al.* 2000).

Sebagian besar sistem legal menyebutkan bahwa laut dan segala isinya merupakan milik negara (Christy 1991), sehingga pengembang harus memperoleh izin penggunaan dasar laut untuk penempatan terumbu buatan. Perijinan tersebut dapat berupa sewa atau kontrak, *licence*, *permit*, konsesi atau otorisasi yang bergantung pada

resim legal, serta tujuan pembangunan dan lembaga pengembang terumbu buatan, apakah swasta atau pemerintah (Pickering 1997). Pengaturan dalam pengelolaan terumbu buatan umumnya berupaya mencegah atau membatasi konflik diantara pengguna. Pada beberapa negara, konflik dapat dicegah karena hak akses ke habitat diberikan kepada satu kelompok pengguna. Seperti koperasi perikanan di Jepang yang mendapat hak eksklusif penangkapan ikan di perairan pantai tertentu (Nakamae 1991); dan melarang kelompok pengguna lain (bukan anggota koperasi) memasuki lokasi terumbu buatan (Polovina & Sakai 1989). Malaysia melarang semua kegiatan penangkapan ikan di sekitar terumbu pada radius setengah mil laut yang ditandai dengan pelampung (Hung 1991). Terumbu buatan yang dibangun pemerintah Thailand bersifat *open-access* bagi perikanan skala kecil, tetapi sayangnya nelayan tidak merasa memilikinya dan tidak ikut bertanggung jawab menjaga keutuhan struktur habitat (Sinanuwong 1991). Terumbu buatan di Philippines juga bersifat *open-access*, sehingga terjadi *overcrowded* dan nelayan skala kecil menuntut *territorial use rights* di kawasan terumbu buatan (Montemayor 1991).

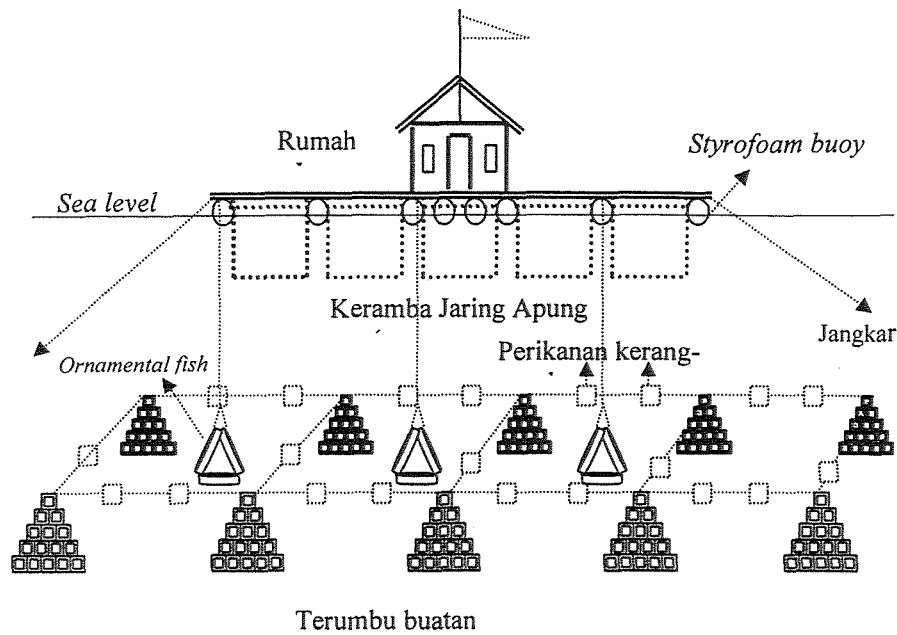
Salah satu tujuan pembangunan terumbu buatan di Laut Tengah, seperti Italy, Prancis dan Spanyol, adalah untuk memproteksi *nursery grounds* dari *illegal trawling* (Polovina 1991a). Pada mulanya kapal-kapal *trawl* menentang kebijakan tersebut, tetapi ketika menyadari bahwa hasil tangkapan ikan meningkat pesat di sepanjang pinggiran kawasan habitat buatan, maka perusahaan perikanan komersial di Italia mempromosikan dan berupaya agar lebih banyak kawasan laut yang diproteksi dengan terumbu buatan.

Dibandingkan dengan *fish aggregating devices* (FAD), sektor swasta tidak tertarik menanamkan investasinya pada terumbu buatan, karena proyek demikian dicirikan serupa dengan *public goods* atau *public works*, dan *economic returns* rendah (Willmann 1991). Penyebab lain adalah proyek harus dalam jangka panjang dan paling utama adalah tidak ada jaminan hukum yang jelas tentang kepemilikan atau pengusahaan suatu kawasan laut, sehingga berpotensi besar menimbulkan konflik sosial dengan masyarakat lokal di sekitarnya. Sebaliknya pada FAD, letaknya jauh di laut lepas, *economic returns* dapat dicapai dalam jangka pendek dan ketika ada gangguan dari luar, pengusaha telah memperoleh keuntungan walaupun telah terjadi *overfishing*.

5. TEKNOLOGI TEPAT GUNA SEBAGAI APLIKASI PENGEMBANGAN PERIKANAN PANTAI TERPADU BERBASIS TERUMBU BUATAN

Pembangunan terumbu buatan sebagai *nursery ground* yang diproteksi merupakan proyek yang bersifat *public works* yang tidak dapat memberikan manfaat langsung (*direct value*) kepada masyarakat, sehingga pembiayaannya dibebankan sepenuhnya kepada dana pemerintah. Hal ini nampaknya akan sulit terwujud dengan menyadari kondisi perekonomian bangsa yang masih terbelit utang luar negeri. Oleh karena itu perlu diciptakan suatu teknologi tepat guna yang bersifat terpadu, *multi purpose*, dan aplikatif dari segi teknis dan ekonomis, dimana secara simultan dapat memenuhi tujuan *nursery ground*, pemulihan habitat dan aktivitas komersil. Dengan demikian diharapkan sektor swasta akan tertarik dan ikut berperan menanamkan investasinya untuk mengembangkan proyek-proyek sejenis.

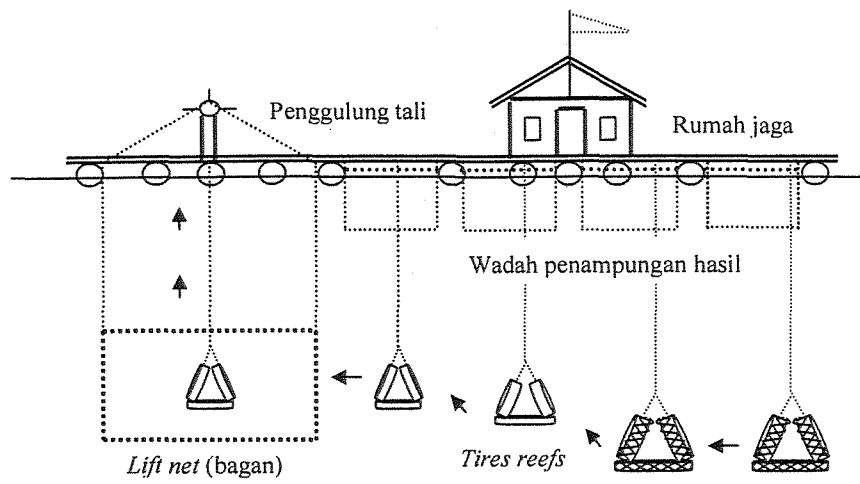
Berdasarkan kajian-kajian sebelumnya dan pengamatan lapang (Reppie 2006), maka secara sederhana dapat disusun suatu konsep perikanan terpadu yang berbasis terumbu buatan (*integrated coastal fisheries based on artificial reefs*) yang dalam aplikasinya mirip dengan *marine ranching*. Salahsatu aplikasi lapang konsep ini adalah keterpaduan antara penyediaan habitat *nursery ground* dengan aktivitas budidaya *mariculture* dan daerah penangkapan ikan yang terkontrol. Upaya ini secara skematis diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram skematis perikanan terpadu berbasis terumbu buatan

Integrated fisheries yang dimaksud adalah keterpaduan aktivitas perikanan antara: (1) Penampungan hidup ikan-ikan komersial dalam keramba jaring apung dekat permukaan, (2) *artificial reefs nursery ground* di dasar perairan, yang pada waktu-waktu tertentu ikan dewasanya dapat ditangkap (*selected catch*) dengan *bottom gillnet* dan *hand line*, (3) perikanan kerang-kerangan (komersial) sistem tali di antara terumbu, yang berfungsi sebagai *biofilter* untuk memulihkan kualitas perairan dan dapat dipanen selektif secara berkala, dan (4) pemeliharaan atau pengumpulan ikan hias (*ornamental fishes*) dengan *tires reefs*, yang dapat pula digiring dan ditangkap secara berkelanjutan dengan alat bagan sederhana (*lift net*), sehingga tidak perlu lagi menangkap ikan hias di terumbu karang alami atau menggunakan alat tangkap destruktif.

Ikan-ikan dewasa dalam jumlah tertentu di terumbu buatan harus ditangkap dalam keadaan hidup, kemudian ditampung sementara di jaring keramba untuk memperoleh harga pasar yang tepat. Biasanya keramba jaring apung dikunjungi oleh berbagai jenis ikan pelagis sesuai musim, dan jika kepadatannya terlalu tinggi maka dapat ditangkap dengan *floating gillnet* sesuai permintaan pasar. Bagan juga dapat dioperasikan untuk menangkap ikan-ikan pelagis kecil sebagai pakan tambahan ikan-ikan dalam penampungan; atau sebagai *live baits* bagi perikanan *pole and line*. Kerang-kerangan dapat dipanen dengan mengangkat seluruh rangkaian tali atau dipanen pilih oleh penyelam. Teknik pengumpulan ikan hias dari terumbu buatan (*tires reefs*) diilustrasikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Teknik penangkapan ikan hias berbasis terumbu buatan

6 PENUTUP

Salah satu kunci dari potensi terumbu buatan masa depan adalah diarahkan pada sejumlah kebijakan dan pengembangan legal pemanfaatannya sebagai *ranching substrate* komersial untuk species target spesifik. Dengan melihat penurunan hasil tangkapan ikan di alam dan peningkatan pengangguran di antara komunitas perikanan, maka teknologi tepat guna ini dapat digunakan sebagai salah satu dari sejumlah alat yang potensial untuk meningkatkan produksi perikanan. Disadari juga bahwa pengembangan terumbu buatan untuk tujuan produksi (komersial) membutuhkan biaya yang relatif tinggi bagi komunitas nelayan pada umumnya. Oleh karena itu diperlukan kemitraan yang saling menguntungkan antara sektor swasta (pengusaha) dengan nelayan yang didasarkan pada sistem rumah tangga perikanan terpilih.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2000a. Konsep kebijakan dan strategi nasional pengelolaan terumbu karang Indonesia. Kerjasama PKSPL-IPB dan Puslitbang LIPI. 153 hal.
- Anonymous. 2000b. Konsep kebijakan, strategi dan rancang tindak pengelolaan terumbu karang. Kerjasama PKSPL-IPB dan Puslitbang LIPI. 33 hal.
- Baine M. 2001. Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance. *Ocean and Coastal Management*. 44: 241 – 259.
- Cesar H. 1996. Economic analysis of Indonesian coral reefs. Environment Department. Work in progress. Toward environmentally and socially sustainable development. The World Bank. 97 p.
- Cesar H. 1998. Indonesia coral reefs: A precious but threatened resources. In Hatzilios, ME, Hooten AJ, Fodor M.(Eds.), *Coral Reefs: Challenges and opportunities for sustainable management*. Proceedings of an associated event of the fifth annual World Bank Conference on Environmentally and Socially Sustainable Development. The World Bank. Washington DC. p. 163 – 171.
- Chou LM. 2000. Southeast Asian Reefs – Status Update: Bangladesh, Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore, Thailand and Vietnam. In: Wilkinson C. (Ed.). *Status of coral reefs of the world*. GCRMM. Australian Institute of Marine Science. 117–129 p.

- Christy L. 1991. Artificial reefs and fish aggregating device (FADs): legal issues (105-115). *In: IPFC Symposium on Artificial reefs and fish aggregating device as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka.*
- Clark JR. 1992. Integrated management of coastal zones. FAO Technical Paper.327.167 p.
- De Vantier L, Suharsono, Budiyanto A, Tuti J, Imanto P, Ledesma R. 1998. Status of coral communities of Pulau Seribu, 1985 – 1995. *In: Soemodihardjo S. (Ed.). Contending With Global Change. Proceedings Coral Reef Evaluation Workshop Pulau Seribu, Jakarta, Indonesia. UNESCO Jakarta Office. 10: 1 – 26.*
- Djohani R. 1988. Abatement of destructive fishing practices in Indonesia: who will pay? In Hatzioalos ME, Hooten AJ, Fodor M. (Eds.), Coral Reefs: Challenges and opportunities for sustainable management. Proceedings of an associated event of the fifth annual World Bank Conference on Environmentally and Socially Sustainable Development. The World Bank. Washington DC. p. 25 – 29.
- Edinger EN, Jompa J, Limon GV, Widjatmoko W, Risk MJ. 1998. Reef degradation and coral biodiversity in Indonesia: effects of land-based pollution, destructive fishing practices and changes over time. *Marine Pollution Bulletin* 36: 617 – 630.
- Eggleston DB, Lipcius RN, Miller DL. 1992. Artificial shelter and survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*: spatial habitat and lobster size effects. *Fisheries Bulletin*. 90(4): 691 – 702.
- FAO. 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome. 41 p.
- Hung EWF. 1991. Artificial reef and management in Malaysia. *In: IPFC Symposium on artificial reefs and fish aggregating device as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo Sri Lanka (392 – 422).*
- JICA Study Team. 2002. The study on the integrated coral reef management plan in North Sulawesi in The Republic of Indonesia. Draft Final Report Volume I. Japan International Cooperation Agency, Ministry of Marine Affairs and Fisheries Government of Indonesia; Regional Planning, Research and Development Agency North Sulawesi Province. 41 p.
- Johannes RE, Riepen M. 1995. Environmental, economic and social implications of the live reef fish trade in Asia and the western Pacific. The Nature Conservancy. 81 p.
- Milon JW, Holand SM, Whitmarsh DJ. 2000. Social and economic evaluation methods (165-194). *In: Seaman WJr. Artificial reef evaluation, with application to natural marine habitats. CRC Press New York.*
- Montemayor J. 1991. A review of developments on artificial reefs for fishery enhancement in the Philippines. *In: IPFC Symposium on artificial reefs and fish aggregating device as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka (229 – 243).*
- Nakamae A. 1991. Artificial reef projects in Japan. *In: IPFC Symposium on Artificial reefs and fish aggregating device as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka. RAPA Report: 1991/11 p. 244 – 250.*
- Pickering H. 1997. Legal framework governing artificial reefs in the EU (195-232). *In: EARN Proceeding of the first conference, March 1996 Ancona, Italy.*
- Pickering H, Whitmarsh D. 1997. Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the attraction versus production debate, the influence on design and its significance for policy. *Fisheries Research*. 31: 39 – 59.
- Polovina JJ, Sakai I. 1989. Impacts of artificial reefs on fishery production in Shimamaki, Japan. *Bulletin of Marine Science*. 44: 997 – 1003.

- Polovina JJ. 1991. A global perspective on artificial reefs and fish aggregation devices. *In: IPFC Symposium on Artificial reefs and fish aggregating device as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka* (251 – 257).
- Reppie E. 2006. Desain, konstruksi dan kinerja (fisik, biologi dan sosial ekonomi) terumbu buatan sebagai *nursery ground* ikan-ikan karang. Disertasi, pada Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 187 hal.
- Rilov G, Benayahu Y. 2002. Rehabilitation of coral reef-fish communities: the importance of artificial reef relief to recruitment. *Bull. Mar. Sci.* 70(1): 185-197.
- Samples KC, Sproul JT. 1985. Fish aggregating devices and open-access commercial fisheries. A theoretical inquiry. *Bulletin of Marine Science.* 37:305-317.
- Seaman W Jr, Jensen AC. 2000. Purposes and practices of artificial reef evaluation (1 – 19). *In Seaman W Jr. Artificial reef evaluation, with application to natural marine habitats.* CRC Press New York.
- Sinanuwong K. 1991. Artificial reefs in Thailand. *In: IPFC Paper Symposium on Artificial reefs and fish aggregating device as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka* (340 – 363).
- Spanier E, Tom H, Pistancy S, Almog-Shtayer G. 1990. Artificial reefs in the low productive marine environments of the southeastern Mediterranean. *Marine Ecology* 11, 61-75.
- Stone RB, Pratt HL, Parker RO, Davis GE. 1979. A comparison of fish populaton on an artificial and a natural reef in the Florida Keys. *Mar. Fish. Rev.* 42 (9): 1 – 11.
- Suharsono. 2001. Regional distribution patterns of acropora and their use in the conservation of coral reefs in Indonesia. *J. Pesisir dan Lautan.* Vol. 4 No. 1: 40 – 58.
- Suharsono, Lillie A, Andamari R. 1997. Report of the working group on coral reefs and ornamental fish. Venema, S.C. (Ed). Report on the Indonesia/FAO/ANDIDA Workshop on the Assessment of the Potential of the Marine Fishery Resources of Indonesia. FAO, Rome. 247 p.
- Supriharyono. 2000. Pengelolaan terumbu karang. Djambatan. 118 hal.
- Willmann R. 1991. Economic and social aspects of artificial reefs and fish aggregating devices (384-391). *In: IPFC Symposium on Artificial reefs and fish aggregating device as tools for the management and enhancement of marine fishery resources, Colombo, Sri Lanka.*
- West JE, Buckley RM, Doty DC. 1994. Ecology and habitat use of juvenile rockfishes associated with artificial reefs in Puget Sound. *Bulletin of Marine Science* 55 (2-3): 244 –350.
- White AT, Hale LZ, Renard Y, Cortesi L. (Eds.). 1994. The need for community-based coral reef management. Collaborative and community-based management of coral reefs. Lessons from experience. Kumarian Press. 1 – 18 p.