

**TEKNOLOGI TERUMBU BUATAN :  
SUATU UPAYA UNTUK MENINGKATKAN SUMBERDAYA  
HAYATI LAUT**

oleh

**Malikusworo Hutomo<sup>1)</sup>**

**ABSTRACT**

ARTIFICIAL REEFS TECHNOLOGY : AN EFFORT TO ENHANCE THE COASTAL LIVING RESOURCES. *Several fishery resources in the western Indonesian waters have reached critical condition. The increase of exploitation on these resources will cause overfishing. The existing critical condition will be more serious in the coming decades due to population increase and expanding of development activities. Rational management, therefore, of those resources is urgently needed. The article discusses the importance of artificial reefs as management tool in term of its function as aggregating device for fish and other marine lifes and in increasing their local concentration. Natural coral reef and artificial reefs are compared. Research on the structures is recommended in order to get technical, biological and sosio-economical input for its development. Proper monitoring of standing crop, yield, fishing effort and recruitment patterns of existing artificial reefs is also emphasized.*

**PENDAHULUAN**

Oleh karena terjadinya tangkap lebih dari sumberdaya laut yang ada dan tuntutan untuk meningkatkan produksi perikanan guna memenuhi kebutuhan penduduk yang terus bertambah, beberapa negara di kawasan ASEAN mempunyai perhatian besar untuk menerapkan teknologi peningkatan sumberdaya hayati. Di beberapa negara, misalnya Filipina dan Thailand, telah dikem-

bangkan program peningkatan potensi sumberdaya hayati yang meliputi ; penghutan kembali wilayah mangrove, perbaikan lingkungan terumbu karang dan pembangunan terumbu buatan.

Di Indonesia, pemerintah DKI telah mulai melakukan pembangunan terumbu buatan dengan menenggelamkan becak dan kendaraan-kendaraan bekas di perairan Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu. Meskipun data kuantitatif yang menunjukkan

---

\*) Balai Penelitian dan Pengembangan Biologi Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi - LIPI, Jakarta.

keberhasilan usaha ini sangat sedikit, tetapi data kualitatif menunjukkan bahwa pembangunan terumbu buatan tersebut positif dalam meningkatkan gerombolan ikan. Di negara-negara ASEAN lainnya data kuantitatif yang mendukung keberhasilan program inipun masih sangat sedikit. Tulisan ini merupakan telaah pustaka mengenai terumbu buatan yang sebagian besar berasal dari berbagai negara ASEAN, dan dimaksudkan untuk bahan masukan dan pemikiran apabila pemerintah Indonesia akan mengembangkan program ini.

#### MASALAH PENGELOLAAN SUMBER-DAYA HAYATILAUT

Potensi perikanan laut Indonesia sekitar 6,6 juta ton per tahun, yaitu 4,5 juta ton per tahun dari perairan nusantara dan 2,1 juta ton per tahun dari Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI). Sedangkan jumlah produksi ikan laut baru 2,2 juta ton per tahun, terutama berasal dari perairan teritorial yang dangkal.

Walaupun keseluruhan wilayah penangkapan ikan di laut masih memberikan kemungkinan besar bagi pengembangan perikanan, tetapi beberapa daerah, terutama perairan teritorial yang dangkal, telah diusahakan sangat intensif sehingga sumber perikanan sudah mendekati atau mencapai tingkat pemanfaatan penuh. Status sumber perikanan tersebut digolongkan sudah kritis.

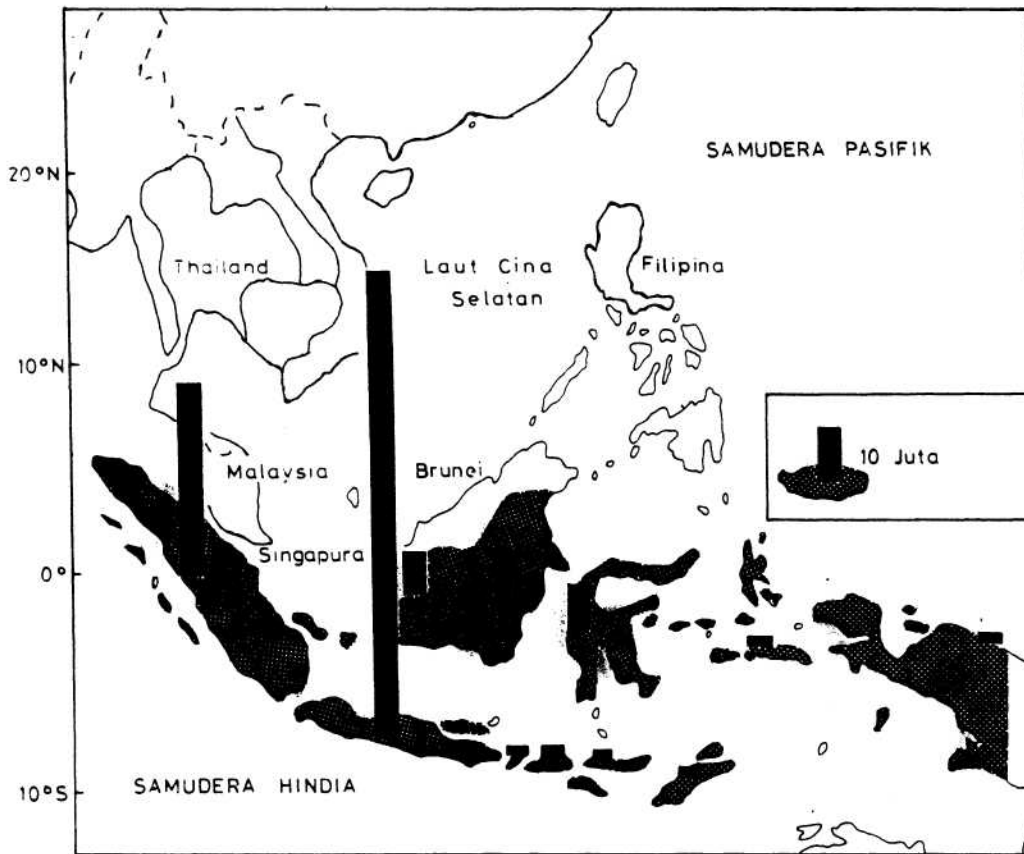
Berdasarkan hasil evaluasi Departemen Pertanian tahun 1980, daerah-daerah kritis tersebut dapat digolongkan menurut jenis sumbernya (ANONIMUS 1990) sebagai berikut;

1. *Sumber perikanan pelagis kecil* : Selat Malaka, pantai utara Jawa, Selat Bali,

Selat Makasar (khusus ikan tembang) dan Selat Alas (khusus cumi-cumi);

2. *Sumber perikanan udang* : Selat Malaka, pantai barat Sumatera Utara, pantai barat/selatan dan timur Kalimantan, Sulawesi Selatan dan Cilacap;
3. *Sumber perikanan demersal* : Selat Malaka, pantai Utara Jawa (dekat pantai sebagai daerah perikanan tradisional).

Lokasi-lokasi kritis tersebut ternyata ada hubungannya dengan sebaran penduduk Indonesia yang tidak merata (Gambar 1). Laporan dari BAILEY *et al* (1987) memberikan tekanan pada masalah ketidakseimbangan antara Indonesia bagian barat, dimana nelayan dan pasar terkonsentrasi, dan Indonesia bagian timur, dimana sumberdaya perikanan masih kurang dieksploitasi karena ketiadaan pasar dan/atau tidak menguntungkan untuk dipasarkan ke Jawa sebagai pasar utama. Masalah tersebut akan menjadi lebih berat untuk tahun-tahun mendatang. Dengan proyeksi pertumbuhan penduduk sebesar 2%, maka jumlah penduduk Indonesia menjadi sekitar 230 juta pada tahun 2000 dan sekitar 300 juta di tahun 2018. Selain laju pertumbuhan penduduk yang tinggi dengan sebaran yang tidak merata, maka peningkatan kegiatan pembangunan akan terus memberikan tekanan terhadap lingkungan dan sumberdaya laut terutama di lokasi-lokasi yang konsentrasi penduduknya tinggi. Tekanan-tekanan tersebut dapat berupa pencemaran baik yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga maupun pertanian; erosi karena penebangan hutan dan pengelolaan daerah aliran sungai yang tidak memadai; degradasi lingkungan berupa rusaknya hutan mangrove dan terumbu karang dan yang terakhir ialah terjadinya tangkapan lebih (*overfishing*) terhadap sumberdaya perikanan.



Gambar 1. Ketidak seimbangan sebaran penduduk antara wilayah Indonesia bagian barat dan Indonesia bagian timur.

Terjadinya tangkap lebih di perairan pantai merupakan masalah pengelolaan daerah pantai secara menyeluruh (PAULY & CHUA 1988). Masalah tersebut tidak dapat dikelola hanya dengan pelaksanaan perundang-undangan yang sederhana. Berbagai alternatif usaha yang dapat diterima oleh masyarakat nelayan harus dicari agar pelaksanaan perundang-undangan/peraturan dapat dijalankan secara efektif. Meskipun pelaksanaan perundang-undangan/peraturan merupakan keharusan dalam mengelola sumber-

daya perikanan, intervensi tindakan pengelolaan yang lain, seperti perbaikan habitat dan budidaya laut, juga diperlukan. Keberhasilan ilmiah mutakhir dalam pengembangan bangunan untuk menarik gerombolan ikan seperti terumbu buatan; rehabilitasi padang lamun dan terumbu karang; penghutanan kembali daerah mangrove; budidaya rumput laut di rataan terumbu; dan pembesaran bulu babi serta teripang adalah beberapa alternatif usaha yang dapat dilaksanakan. Selain itu pembesaran ikan di dalam

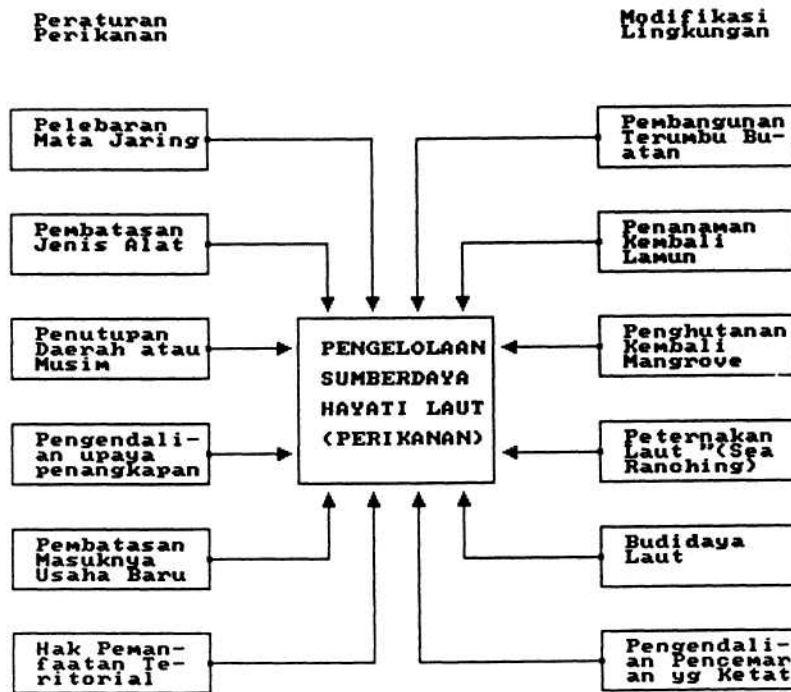
jaring apung dan peternakan ikan (fish ranching) dapat meningkatkan hasil perikanan dan mengurangi konflik pemanfaatan sumber. Gambar 2 menyajikan pendekatan dua arah yang telah dibahas di atas, dan beberapa alternatif usaha tersebut harus dijalankan agar perairan pantai Indonesia tetap produktif. Tetapi dalam tulisan ini yang dibahas adalah khusus mengenai pengembangan terumbu buatan (artificial reef).

**TIPE DAN FUNGSI TERUMBU BUATAN**

Eksplorasi yang berlebihan terhadap sumberdaya perikanan sebagai akibat banyaknya alat tangkap yang beroperasi dan modernisasi alat penangkapan serta praktek-praktek penangkapan ikan yang merusak sumber seperti pemakaian racun dan bahan

peledak telah menjadi masalah di Indonesia. Sementara itu berbagai aktivitas pembangunan telah menyebabkan penurunan sumberdaya perikanan melalui perusakan rantai makanan dan habitatnya.

Terumbu buatan diharapkan memberikan sumbangan bagi sebgai pemecahan terhadap berbagai masalah tersebut. Saat ini, terumbu buatan telah dibangun di berbagai negara dengan tujuan tidak hanya untuk meningkatkan sumberdaya hayati laut, tetapi mempunyai tujuan-tujuan lain seperti perlindungan pantai. Bangunan tersebut telah berhasil menyediakan habitat bagi berbagai organisme bentik seperti udang karang, tiram, abalone, susu bundar dan rumput laut serta digunakan secara efektif untuk menghalangi beroperasinya kapal-kapal trawl ke perairan pantai.



Gambar 2. Pengelolaan dua arah terhadap Sumberdaya Hayati Laut (Perikanan), (PAULY&CHUA(1988).

Terumbu buatan adalah stmktur yang dibangun antara lain untuk habitat bagi kehidupan biota laut dan perlindungan pan-tai. Struktur tersebut dapat dibuat dari berbagai material dan bahan mulai dari ban-ban kendaraan bekas, batu granit, kayu, bangkai mobil/bus, plastik, beton sampai fibreglass. Struktur tersebut mempunyai umur yang sangat berbeda (Tabel 1). Dari Tabel tersebut terlihat bahwa untuk memba-ngun terumbu buatan harus diperhatikan jenis bahan yang akan dipergunakan dengan mempertimbangkan aspek daya tahan,harga bahan, biaya penangganan dan bentuk celah serta permukaannya. Setiap jenis bahan mempunyai keuntungan berbeda. Menurut tabel tersebut bahan dari ban bekas meru-pakan bahan yang terbaik untuk terumbu buatan.

Sehubungan dengan jenis bahan yang dipakai maka bentuk terumbu buatan itu berbeda-beda. Bagian yang terpenting adalah tersedianya celah-celah yang akan diguna-kan oleh berbagai jenis ikan sebagai tern-

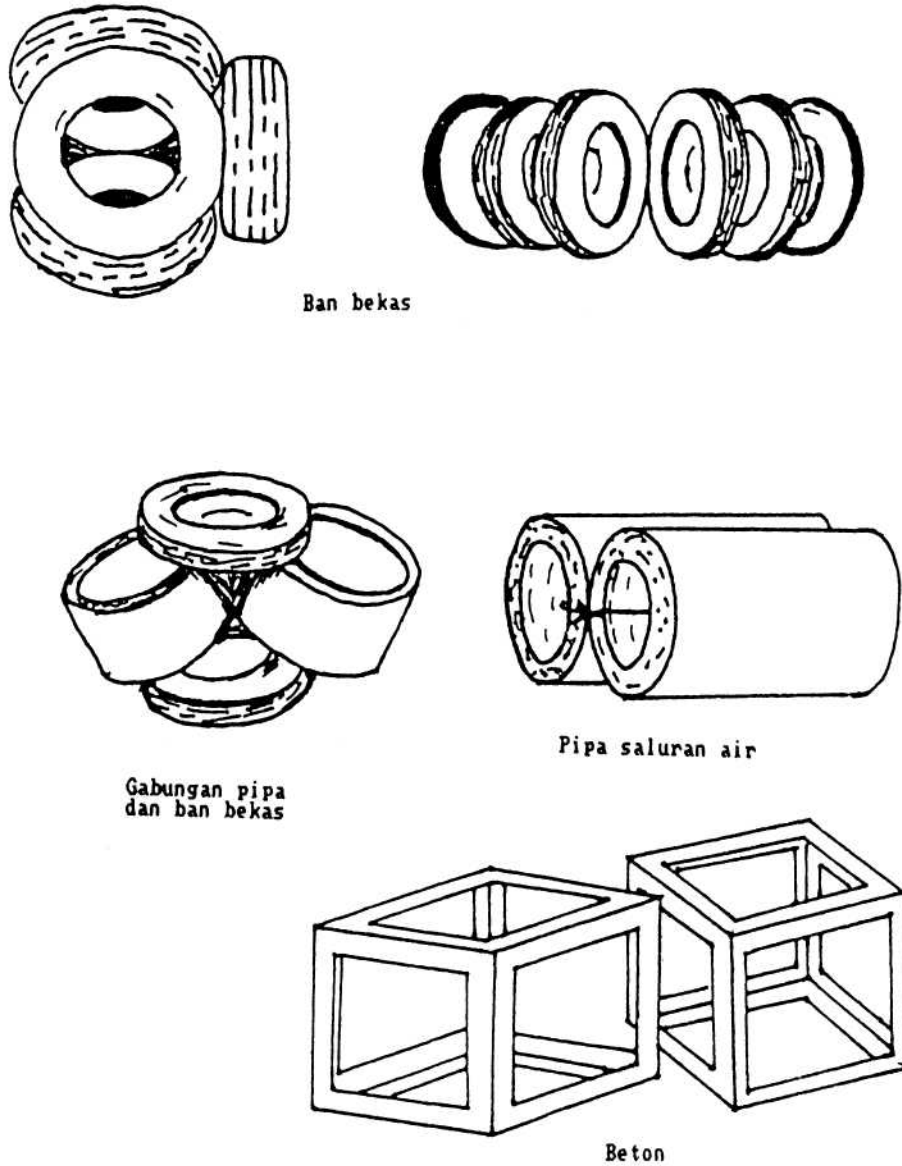
pat berlindung (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1988), Gambar 3 memperlihatkan berbagai bentuk terumbu buatan yang terbuat dari berbagai bahan.

Umumnya, ikan dan biota laut lain berkumpul di sekitar bangunan bawah laut, baik buatan maupun alami. Fungsi bangunan bawah laut tersebut, termasuk terumbu buatan ialah meningkatkan kekayaan kehidupan laut dengan memberikan :

1. Naungan terhadap arus yang kuat dan tempat berlindung terhadap pemangsa;
2. Substrat untuk menempel berbagai biota;
3. Sumber makanan dalam bentuk algae dan organisme penempel atau menjalar lainnya maupun ikan4kan kecil dan invertebrata yang biasa hidup bersamanya;
4. Tempat asuhan dan memijah, dan
5. Sebagai titik orientasi bagi beberapa organisme pelagis.

**Tabel 1. Materi pembentuk terumbu buatan dan keuntungan-keuntungannya (EDMUND dalam de SILVA, 1989).**

Material	Umur	Harga material	Biaya pengakutan & penanganan	Celah dan permukaan
Bangkai mobil	3 - 5 th	rendah	tinggi	baik
Tumpukan batu karang	lama	sedang	tinggi	sangat baik
Puing bangunan	lama	rendah	tinggi	baik
Bangunan beton	lama	tinggi	tinggi	sangat baik
Kapal tua	lama	tinggi	sedang	baik
Ban bekas	lama	rendah	rendah	sangat baik
Bekas anjungan minyak	lama	bekas	tinggi	baik
Fiberglass	20 th	tinggi	sedang	baik



Gambar 3. Variasi bentuk terumbu buatan dari ban bekas, pipa dan beton (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1988; PRAMOKCHUTIMA & VADHANAKUL1987).

Peranan faktor-faktor tersebut akan tergantung pada spesies biota dan tingkat dalam daur hidupnya. Apabila kondisi lingkungan cocok, maka luas daerah yang ditempati bangunan bawah air, tipe dasar perairan dan ketersediaan makanan, akan menentukan jenis dan ukuran organisme yang tertarik terhadap bangunan tersebut. Sejak lama nelayan tradisional telah memanfaatkan kapal tenggelam dan bangunan bawah air yang lain sebagai daerah pengangkapan mereka. Lokasi-lokasi kapal tenggelam yang mengandung banyak ikan tetap dirahasiakan oleh nelayan-nelayan dan keluarganya.

#### MENGAPA TERUMBU BUATAN

Masih menjadi perdebatan apakah terumbu buatan dapat mencapai produktivitas hayati yang tinggi seperti terumbu karang atau ekosistem alam lainnya. Perbandingan sifat-sifat penting antara terumbu karang dan terumbu buatan yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan manfaat terumbu buatan dalam hal-hal berikut:

1. Bangunan tersebut dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan yang spesifik di lokasi yang diinginkan dalam waktu yang relatif singkat;
2. Dapat dibangun dari berbagai material; dan
3. Dapat meningkatkan sumberdaya hayati laut pada lokasi yang dikehendaki.

Meskipun tidak banyak tulisan mengenai terumbu buatan, ada sedikit bukti ilmiah mengenai kemampuan bangunan tersebut untuk meningkatkan sumberdaya laut. Dalam banyak hal, terumbu buatan tidak dimaksudkan sebagai alternatif pengganti terumbu karang alami yang berproduktivitas tinggi, tetapi sebagai struktur yang dapat member ikan salah satu fungsinya.

BOHNSACK dan SUTHERLAND (1985) telah melakukan tinjauan komprehensif terhadap 413 tulisan yang diterbitkan tentang berbagai aspek mengenai terumbu buatan dan berkomentar ; "Terumbu buatan telah menjadi tehnik peningkatan habitat yang sangat populer meskipun hanya relatif sedikit penelitian yang telah dilakukan mengenai aspek biologi terumbu buatan ini". Oleh karena itu kami berhati-hati untuk tidak terlalu cepat menerima suatu tehnik peningkatan habitat yang kurang atau tidak secara lengkap dipahami. Mungkin terlalu banyak usaha yang telah dicurahkan untuk membangun terumbu buatan tetapi sedikit usaha dilakukan untuk menelitinya. Di banyak tempat para pengelola mempunyai anggapan yang salah yaitu mereka langsung membuat program pembangunan terumbu buatan secara besar-besaran tanpa didukung oleh hasil penelitian. Keputusan tersebut seringkali didasarkan pada kebijaksanaan politik, biaya yang sudah pasti, mated yang telah tersedia, pertimbangan-pertimbangan kenavigasian dan masalah limbah padat, tanpa mempertimbangkan dampak-dampak biologis, ekbnomis dan sosial". Meskipun demikian, mereka akhirnya berkesimpulan bahwa "terumbu buatan memberikan potensi yang besar bagi peningkatan habitat. Kami berharap bahwa tehnologi terumbu buatan akan diterapkan di dalam strategi pengelolaan yang integral untuk mencapai tujuan akhir peningkatan sumberdaya perikanan".

Semua negara ASEAN telah sepakat untuk membangun terumbu buatan untuk meningkatkan sumberdaya perikanan mereka. Meskipun demikian, sangat sedikit penelitian ilmiah terhadap terumbu buatan yang dilaksanakan.

**Tabel 2. Perbandingan antara terumbu karang dan terumbu buatan (de SILVA 1989).**

Terumbu karang	Terumbu buatan
1. Struktur alami yang tergantung pada faktor lingkungan tertentu seperti cahaya, salinitas, suhu dan substrat yang sesuai bagi bahan dasarnya untuk pertumbuhannya.	Buatan manusia yang bahan dasarnya tidak tergantung pada kondisi lingkungan;
2. Bentuk, ukuran, dan lokasi tergantung pada lingkungan;	Bentuk, ukuran dan lokasi tidak tergantung pada lingkungan
3. Bahan dasarnya CaCO <sub>3</sub> . Pertumbuhannya lambat, paling cepat 15 - 20 cm/tahun. Tidak ada biaya dalam pertumbuhan;	Bahan dasarnya beragam : metal, beton, ban bekas, kayu dan lain-lain. Dapat dibuat dalam waktu yang cepat tetapi mahal;
4. Daya tahan tak terhingga;	Umur dari bangunan tergantung pada materi yang dipakai;
5. Rikrutmen dari kehidupan biota laut tergantung pada kondisi lingkungan;	Rikrutmen biota laut tergantung pada kondisi lingkungan dan sifat dari bahan dasar serta bentuknya;
6. Produktivitas primer tinggi;	Produktivitas primer tergantung pada fotosintesis biota yang tumbuh pada bahan dasar;
7. Celah-celah dan lubang secara alamiah terdapat pada bahan dasar; menyediakan naungan dan ruang bersembunyi bagi berbagai biota laut;	Penyediaan ruangan persembunyian merupakan fungsi kunci dari bangunan dasar. Ukuran dan spesies yang tertarik tergantung sebgaiian besar pada ukuran dan sifat dari ruang persembunyian yang disediakan;
8. Pembentukan terumbu karang melalui transplantasi atau teknik lain berjalan lambat dan memakan waktu lama;	Pembentukan terumbu buatan relatif cepat dan dalam beberapa hal menguntungkan (cost effective);
9. Berdasarkan pencatatan telah dilakukan di terumbu karang Filipina, produksi perikanan berkisar antara 10 - 24 ton/km <sup>2</sup> /tahun;	Sangat sedikit dilakukan penelitian terhadap produksi. Hasil perhitungan dari terumbu buatan dengan luas dasar 312 <i>wr</i> di Filipina memberikan produksi 2 kg/ minggu; bila diekstrapolasi akan memberikan produksi 333 ton/km /tahun (Sumber : Bureau of Fisheries and Aquatic Resources Philipines).



Informasi yang ada memberikan indikasi bahwa nelayan tradisional telah mendapatkan manfaat dari gerombolan ikan4kan niaga di lokasi terumbu buatan (JOTHY 1982; PRAMOKCHUTIMA & VADHANAKUL 1987; YIP & CHOU 1987; Dinas Perikanan DKI 1987), tetapi data kuantitatif yang mendukung pernyataan tersebut sangat sedikit. Ikan kerapu (Serranidae), kakap/ tanda-tanda (Lutjanidae) dan beronang (Siganidae) adalah ikan-ikan niaga yang umumnya tertarik kepada terumbu buatan. Data hasil penelitian oleh Siliman University di Filipina (Tabel 3) telah memberikan gambaran yang kuantitatif mengenai "Standing Stock" ikan yang dipanen dari terumbu buatan di Central Visayas.

Percobaan penangkapan ikan oleh Department of Fisheries, Thailand di terumbu buatan di Rayong dan Phuket dengan mempergunakan bubu dan pancing, mendapatkan bahwa kerapu (Serranidae) dan kakap/ tanda-tanda (Lutjanidae) banyak tertangkap dengan bubu, sedangkan beberapa spesies pelagis (Scombridae dan Carangidae) banyak tertangkap dengan pancing. Departemen Perikanan Brunei juga telah mulai membangun terumbu buatan dari 9394 buah ban bekas. Percobaan penangkapan yang dilakukan mendapatkan hasil yang memberikan harapan. Percobaan penangkapan dengan pancing telah berhasil menangkap 78 beraccuda (Sphyraenidae).

**Tabel 3. "Standing stock" dugaan dari ikan yang dipanen di terumbu buatan di Central Visayas, Filipina**

Lokasi (Propinsi)	Standing stock (kg/1.3 m <sup>3</sup> )	Volume Terumbu (m <sup>3</sup> )	Material terumbu
Bantayan, Dumagaete (Negros Oriental)	0.68	213	Ban
Bantayan, Dumagaete (Negros Oriental)	0.29	84	Bambu; ban
Sumaliring, Siaton (Negros Oriental)	1.07	125	Bambu
Calag-calag, Ayungon (Negros Oriental)	0.59	44	Bambu
Bagakay, Talibon (Bohol)	1.36	29	Bambu
Tolapos, E. Villanueva (Siguejor)	2.79	107	Bambu
Badian (Cebu)	0.92	89	Bambu

*Sumber* : ALCALA (1979) dan dari data yang tidak dipublikasikan dari Siliman University Marine Laboratory.

Pengamatan visual dengan penyelaman di perairan Teluk Jakarta dan Kepulauan Seribu mendapatkan bahwa terumbu buatan (bus dan becak) di perairan tersebut dihuni oleh 12 jenis ikan dengan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) dan pisang-pisang (*Caesio xanthonothus*) merupakan jenis yang dominan. Beberapa jenis ikan karang lain juga didapatkan seperti beronang (Siganiidae), kepe-kepe (Chaetodontidae), kerapu karang (*Epinephelus cyanostigma*) dan kambing-kambing (*Pomacanthus* sp.).

### PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN

Aspek mendasar dalam program pengembangan terumbu buatan ialah proses rekrutmen dari burayak ikan yang tumbuh menjadi populasi ikan dan selanjutnya merupakan sumberdaya perikanan (SCHOROE- DER 1989). Proses tersebut akan tergantung pada rancangan (design) terumbu buatan dan pemilihan lokasinya. Meskipun tidak ada panduan umum mengenai pemilihan kedua hal tersebut, tetapi parameter-parameter berikut hendaknya diperhatikan secara seksama (BONSACK & SUTHERLAND 1985):

1. Jumlah materi yang dipakai dan luas dasar laut yang ditempati;
2. Relief vertikal;
3. Kompleksitas terumbu (bentuk, susunan spasial, jumlah lubang persembunyian dan ruang antara (interstitial spaces);
4. Tekstur dan komposisi materi terumbu;
5. Orientasi (letak) dalam hubungannya dengan pola migrasi ikan dan arus;
6. Lokasi, dalam kaitannya dengan pemilihan nelayan.

Berdasarkan hal-hal yang telah dibahas di atas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Meskipun sedikit bukti ilmiah mengenai kemampuan terumbu buatan dalam meningkatkan biomassa sumber daya hayati laut, tetapi telah ada bukti yang mendukung hal tersebut apabila kondisi lingkungannya cocok;
2. Penelitian ilmiah sangat diperlukan untuk memberikan masukan teknis, biologis dan sosio-ekonomi bagi penentu kebijaksanaan dalam upaya pengembangannya di Indonesia;
3. Pengelolaan terumbu buatan yang rasional memerlukan masukan informasi hasil monitoring yang seksama mengenai "standing crop", hasil per upaya penangkapan dan pola rekrutmen pada terumbu buatan yang telah ada.

### DAFTAR PUSTAKA

- ANONIMUS, 1990. *Pembangunan aspek kelautan dalam pembangunan fangka pancing 25 tahun kedua*. Rumusan hasil diskusi tanggal 31 Januari 1990 di Jakarta. TNI - AL.
- BAILEY, C.A. DWIPONGGO and F. MARAHUDDIN, 1987. *Indonesian marine capture fisheries*. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines; Directorate General of Fisheries and Marine Fisheries Research Institute, Ministry of Agriculture, Jakarta, Indonesia.
- BOHNSACK, J.A. and D.L. SUTHERLAND 1985. Artificial reef research : a review with recommendation for future priorities. *Bull. Mar. Sci* 37 (1) : 11 - 39.

- CHOU, L.M. and A.T. WHITE, 1987. Artificial habitats. In : T.E. Chua, L.M. Chou and M.S.M Sadorra (eds). The coastal environmental profile of Brunei Darussalam resource assessment and management issues. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila. Phillipines. 60-63.
- DIN AS PERIKANAN PEMDA DKI 1989. *Studi evaluasi Hngkungan pembuatan rumpon di kawasan Pemda DKI Jakarta*. Dinas Perikanan DKI dan Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- JOTHY, A.A. 1982. A step towards alleviating the problem of declining fish resources in Malaysia coastal waters, *Proceeding of the First Marine Science Conference Malaysia Society of Marine Science*, Penang : 77 - 81.
- PAULY, O. and CHUA, T.E. 1988. The overfishing of marine resources : Socio economic background in Southeast Asia : *Ambio* 17(3): 200-206.
- PAULY, D. 1989. Fisheries Resources Management in Southeast Asia : Why Bother ?. In : Chua, F.E. and D. Pauly (eds). Coastal area management in Southeast Asia : Policies, Management Strategies and Case Studies : 1 - 9.
- PRAMOKCHUTIMA, S. and S. VADHANAKUL 1987. The use of artificial reefs as a tool for fisheries management in Thailand. Proc. Symp. on the Exploitation and Management of Marine Fishery Resources in Southeast Asia. *Indo. Pac. Fish. Counc. RAPA Report* : 1987/10 : 427 - 440.
- SCHOROEDER, R.E. 1989. Enhancing fish recruitment through optimum reef design of artificial structures and marine reserves. *Trop. Coast Area Manag.* 4 (3) : 6-8.
- De SILVA M.W.R.N. 1989. Artificial reef : a practical means to enhance living marine resources. In : T.E. CHUA and D. PAULY (eds). Coastal area management in Southeast Asia : Policies, Management, Dstrategies and Case Studies ; 173-180.
- YIP, W.K., and L.M. CHOU 1987. Man-made reefs. *Trop. Coast. Area Manag.* 2 (3): 5-6.