

ANALISIS KESESUAIAN LOKASI UNTUK APLIKASI TEKNOLOGI TERUMBU BUATAN UNTUK PENINGKATAN HASIL PERIKANAN DAN REHABILITASI LINGKUNGAN LAUT

Ramses, S.Pi., M.S

Dosen Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Riau Kepulauan

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem khas tropik yang secara ekologi paling produktif, serta memiliki peranan penting terhadap perubahan lingkungannya sendiri maupun global. Sebagai ekosistem perairan yang memiliki produktifitas tinggi bersama ekosistem hutan bakau dan padang lamun, terumbu karang merupakan penyedia nutrisi, serta merupakan habitat dari berbagai jenis organisme laut.

Disamping memiliki fungsi fisik untuk melindungi pantai dari kikisan ombak dan gelombang, terumbu karang juga memiliki struktur fisik komunitas yang bervariasi, banyaknya celah dan lubang, wilayah alga dan adanya zonasi terumbu karang memberikan relung/ruang, tempat hidup, mencari makan dan bereproduksi bagi berbagai jenis ikan dan biota lain yang berasosiasi dengannya, sehingga kompleksitas ekosistem ini memiliki panorama alam yang sangat indah.

Dari fungsi ekonomi terumbu karang juga merupakan penghasil devisa dari sektor pariwisata dan perikanan. Hasil perikanan dari perairan terumbu karang berkisar antara 2,5 – 5 ton/km/tahun, dengan potensi perikanan karang seluruhnya mencapai 2,7 juta metrik ton/tahun (White, 1983), atau memiliki nilai manfaat dari sektor perikanan sebesar US\$ 4.464,44/ha/tahun (Kusumastanto, et.al., 1998), ini belum termasuk nilai pariwisata, Ilmu pengetahuan, biodiversiti dan sebagainya.

Sementara itu di beberapa wilayah Indonesia telah dan sedang terjadi kerusakan terumbu karang pada tingkat yang mengancam kelestariannya. Umumnya penyebab terjadinya degradasi ekosistem terumbu karang ini disebabkan oleh kombinasi berbagai pengaruh :

1. Meningkatnya permintaan pasar akan stok ikan karang, kemiskinan masyarakat nelayan, keterampilan dan kondisi alam yang tidak mendukung, sehingga menjadikan laut sebagai satu-satunya tumpuan harapan.
2. Penggunaan alat tangkap yang merusak, pengambilan terumbu karang dan biota lainnya, konflik pemanfaatan kawasan, lemahnya kelembagaan, penegakan hukum, serta.
3. Kurang dipahaminya strategi dan nilai ekosistem pesisir.

Pada waktu yang bersamaan meningkatnya jumlah penduduk, perkembangan daerah industri di wilayah pesisir serta aktifitas daratan dan laut memberikan andil pula masuknya bahan-bahan pencemar dan sedimentasi yang dapat mengubah daya dukung alami terumbu karang untuk tumbuh, memperbaiki diri dan berkembang biak.

Perusakan terumbu karang tersebut akan berakibat menurunnya fungsi ekosistem terumbu karang bagi penopang sumberdaya perikanan, serta hilangnya potensi sumber pendapatan dari keindahan ekosistem tersebut, yang pada akhirnya akan menambah kemiskinan

masyarakat nelayan. Kondisi ini akan mendorong masyarakat untuk mencari daerah perburuan yang lebih baik, dan akan menambah pula tekanan pada ekosistem terumbu karang akibat eksploitasi berlebihan, salah satu strategi alternatif dari eksploitasi sumberdaya terumbu karang adalah dengan pengadaan substrat dan habitat baru untuk ikan, krustasea dan organisme laut lainnya.

Mengingat pentingnya kelestarian lingkungan laut perlu adanya upaya pengelolaan sumber daya hayati laut yang terpadu, termasuk rehabilitasi dan konservasi terumbu karang perlu ditingkatkan untuk mempertahankan keanekaragaman hayati dan potensi komersialnya. Selain pendekatan pencegahan dengan perundang-undangan, salah satu upaya konservasi dan rehabilitasi kerusakan ekosistem terumbu karang adalah dengan membuat terumbu buatan. Terumbu buatan (*artificial reefs*) adalah suatu konstruksi buatan manusia yang ditempatkan di dasar perairan dan dimaksudkan untuk menyamai peranan terumbu karang alami dalam berbagai hal, terutama dalam hal pengembangan habitat biologi laut.

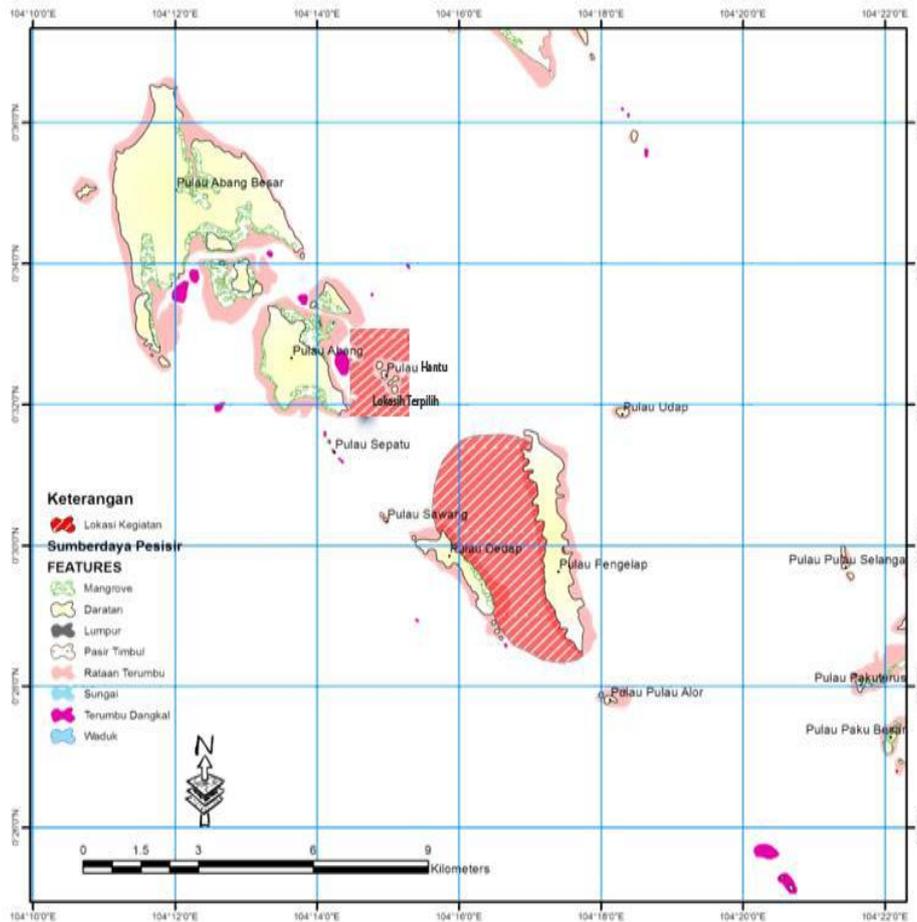
Berkenaan dengan hal tersebut diatas, sebelum adanya tindakan aplikasi teknologi terumbu karang buatan, sangat diperlukan informasi dan analisis terhadap calon lokasi yang cocok untuk penerapan terumbu buatan serta sesuai dengan tujuan dan sasaran penerapannya. Oleh karena itu, studi Analisis Kecocokan Lokasi untuk Aplikasi Teknologi Terumbu Buatan untuk tujuan Peningkatan Hasil Perikanan dan Rehabilitasi Lingkungan Laut perlu dikakukan.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk melihat dan menganalisis kondisi perairan yang cocok untuk aplikasi teknologi terumbu karang buatan untuk pemulihan kondisi biodiversitas dan rehabilitasi lingkungan pada habitat terumbu karang.

1.3. Lokasi Kegiatan

Lokasi kegiatan berada di perairan Pulau Hantu, Pulau Dedap dan Pulau Pangalap Kelurahan Pulau Abang Kecamatan Galang Kota Batam. Secara geografis berada pada $104^{\circ}15'30''$ BT $0^{\circ}31'30''$ LU sampai dengan $104^{\circ}18'0''$ BT $0^{\circ}28'30''$ LU, seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi kegiatan penanaman terumbu buatan

2. Tahapan Analisis Kesesuaian Lokasi Aplikasi Teknologi Terumbu Karang Buatan

2.1. Pendekatan dan Metodologi

Secara umum terumbu buatan diharapkan mampu merestorasi, merehabilitasi dan mengkonservasi fungsi-fungsi penting terumbu karang pada suatu kawasan.

1. Dari kemampuannya mengumpulkan ikan, dapat dimanfaatkan sebagai daerah penangkapan (fishing ground), sehingga dapat mereduksi trip dan biaya operasional penangkapan.
2. Dari sifatnya yang memperluas habitat dan merupakan substrat pertumbuhan makanan alami, terumbu buatan dapat di jadikan sarana budidaya (sea ranching).
3. Dari kemampuannya sebagai selter bagi organisme penempel, konstruksinya dapat digunakan sebagai wadah coral farming.

Tujuan utama dari adanya struktur bangunan yang diletakkan di dasar laut adalah untuk menarik koloni ikan agar berkumpul pada daerah agak terlindung yang pada gilirannya akan meningkatkan produksi perikanan disekitarnya. Seterusnya dalam jangka waktu tertentu struktur bangunan tersebut akan ditumbuhi tumbuhan laut dan karang alami. Tujuan lain dari dibuatkannya terumbu buatan di dalam pengelolaan ekosistem terumbu karang, adalah sebagai salah satu upaya meniadakan/mengurangi penangkapan ikan di areal terumbu karang

alami. Oleh sebab itu terumbu buatan dibangun di sekitar terumbu karang alami, sehingga nelayan tidak lagi menangkap ikan di terumbu karang yang sangat mungkin akan merusak, dan berpindah di lokasi terumbu buatan.

Beberapa tujuan penggunaan artifisial reef dan habitat buatan lainnya menurut Bohnsack, J.A. and D.L. Sutherland. (1985) antara lain: (1) pengembangan penangkapan ikan; (2) pengurangan tekanan penangkapan pada jumlah yang dibatasi; (3) pencegahan operasi penangkapan ikan di jalur lintas kapal; (4) menghindarkan operasi kapal trawl; (5) perbaikan dan pemulihan pertumbuhan habitat yang rusak; (6) pengendalian erosi pantai; (7) melengkapi kebutuhan bangunan breakwater dan (8) penyediaan area spawning ground. Belakangan, sebagai fungsi tambahan adalah untuk (9) penyediaan areal untuk penyelaman bagi pariwisata dan rekreasi; (10) untuk keperluan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan (11) untuk menyediakan ladang bagi pembudidayaan kerang-kerangan dan sebagainya.

2.2. Survei Lapangan

Survey lapangan terdiri dari survei awal dan survei detail lokasi. Sedangkan Rencana survei lapangan untuk mengetahui detail lokasi di kawasan perairan gugusan Pulau Hantu, Pulau Dedap dan Pulau Pengelap dilaksanakan setelah kegiatan sosialisasi.

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah:

- Refraktrometer, untuk mengukur salinitas air.
- pH meter, untuk mengukur pH air.
- Termometer digitak, untuk mengukur suhu permukaan laut.
- Secchi Disk, untuk mengukur kecerahan air.
- Tali bersekala, untuk mengukur kedalaman.
- Sediment grab, untuk mengambil contoh substrat dasar perairan.
- Peralatan selam.
- Kamera digital beserta *underwater housing* untuk dokumentasi.
- GPS (penentuan posisi koordinat lokasi)

2.3. Analisa Data

Analisa data survei lapangan akan dibuat oleh Tim Ahli yang hasilnya adalah karakteristik laut di perairan Pulau Hantu, Pulau Dedap dan Pulau Pengelap, serta lokasi terpilih yang paling optimal untuk penurunan terumbu. Pemilihan lokasi yang akurat akan mempercepat terbentuknya koloni ikan dan pertumbuhan terumbu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Parameter Kualitas Air

Dari hasil pengamatan kondisi perairan dan beberapa parameter kualitas air yang terekam pada perairan Pulau Abang dan sekitarnya dapat digambarkan sebagai berikut:

Pada beberapa stasiun penelitian yang dilakukan di P. Pangalap, beberapa lokasi memiliki pantai yang berpasir dan beberapa lainnya memiliki pantai yang berbatu. Vegetasi ke arah darat berupa mangrove yang tidak begitu tebal, atau berupa tumbuhan kelapa yang ditanam oleh penduduk yang bermukim di pulau tersebut maupun di sekitarnya.

Perairannya agak keruh, dimana pada beberapa tempat visibilitinya hanya mencapai sekitar 6 m. Pada bagian rataaan terumbu, alga dari marga *Sargassum* dan lamun dari marga *Thalassia* dijumpai di antara pasir maupun pecahan karang mati. Lereng terumbu landai berkisar antara 15° -30° dimana karang batu dari marga *Porites* tampak terlihat lebih dominan

dibanding karang batu lainnya. Karang dari marga *Montipora*, *Pavona* dan beberapa karang batu lainnya juga terlihat umum dijumpai di lokasi ini.

Distribusi temperatur permukaan menunjukkan P. Pangalap yaitu antara 29,83°C hingga 30,02°C. Sedangkan temperatur tertinggi di perairan ini dijumpai hanya di bagian utara P. Pangalap. Konsentrasi salinitas pada Selatan P. Pangalap berkisaran antara 32,41 hingga 32,65 PSU. Sedangkan di bagian Selatan P. Dedap dengan kisaran 31,94 hingga 32,18 PSU.

Untuk perairan sekeliling P. Pangalap menunjukkan bahwa massa air yang berasal dari timur membentur P. Pangalap bagian timur, sebagian dibelokkan ke utara sebagian lagi dibelokkan ke selatan. Sementara itu massa air yang melewati selat antara P. Pangalap dan P. Abang Kecil sebagian masuk ke selat antara P. Pangalap dan P. Dedap melalui sisi sebelah barat selat. Massa air yang masuk ke dalam selat ini sebagian diteruskan ke selatan dan sebagian lagi kembali melalui sisi sebelah timur selat akibat dari selat yang menyempit di bagian selatan. Arus yang sangat kuat ditemukan di sisi selatan P. Pangalap dan di sisi timur P. Dedap. Kecepatan arus yang terekam mencapai 1662 mm/detik.

Kandungan oksigen terlarut (O) dalam perairan turut menentukan kualitas perairan, karena oksigen sangat dibutuhkan untuk pernapasan (respirasi) makhluk hidup dan proses oksidasi dalam perairan. Sebagai contoh ikan yang hidup dalam perairan yang kekurangan oksigen akan terganggu fungsi insangnya dan dapat menyebabkan insang ikan itu berlendir (anoxia) dan mati. Fungsi lain dari oksigen adalah sebagai oksidator senyawa – senyawa kimia di perairan. Sumbangan oksigen terbesar berasal dari adsorpsi udara bebas, sementara dari fitoplankton dan tumbuhan hijau lain yang berklorofil menyumbang oksigen sebagai produk fotosintesis. Di perairan P. Pangalap kandungan oksigen terlarut berkisar antara 3,76 – 3,97 ml/L.

Fosfat merupakan salah satu nutrisi yang dibutuhkan oleh makhluk hidup yang ada di perairan. Sumbangan fosfat terbesar berasal dari sedimentasi yang ada di dasar perairan. Oleh karena itu, semakin dalam perairan, semakin besar kandungan fosfatnya. Kekecualian bisa terjadi, dimana kadar fosfat di permukaan lebih tinggi dibandingkan kolom air yang lebih dalam bila di perairan tersebut banyak mendapatkan pengaruh dari darat berupa sumbangan “limbah penduduk”. Limbah penduduk yang banyak menyumbang kadar fosfat diantaranya deterjen. Pada perairan P. Pangalap konsentrasi Fosfat berkisar antara 0,23–5,41 µg A/L.

3.2. Pengertian Karang

Terumbu karang adalah endapan-endapan masif penting kalsium karbonat yang terutama dihasilkan oleh karang Scleractinia dengan sedikit tambahan alga berkapur dan organisme-organisme lain yang mengeluarkan kalsium karbonat (Nybakken, 1992). Karang scleractinia termasuk kedalam Filum Cnidaria. Karang ini menerima sumber energi dan nutrisi dengan cara menangkap larva planktonik dengan menggunakan tentakelnya atau dengan memanfaatkan simbiosis yang hidup di dalam jaringan tubuhnya yaitu *zooxantellae*.

Lerman (1986) menyebutkan bahwa terumbu karang terdiri dari organisme yang hidup pada batuan kapur yang dihasilkan oleh beberapa organisme anggota komunitas tersebut, hal ini dianggap sebagai suatu keunikan terumbu karang.

3.3. Faktor-Faktor Pembatas Pertumbuhan Terumbu Karang

Pertumbuhan terumbu karang dibatasi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah suhu, salinitas, cahaya, arus dan substrat.

▪ Suhu

Sacara geografis, suhu membatasi sebaran karang. Suhu optimum untuk terumbu adalah

25^o C – 30^o C (Soekarno *et al*, 1983). Suhu mempengaruhi tingkah laku makan karang. Kebanyakan karang akan kehilangan kemampuan untuk menangkap makanan pada suhu diatas 33,5^o C dan dibawah 16^o C (Mayor, 1918 *dalam* Supriyono,2000). Pengaruh suhu terhadap karang tidak saja yang ekstrim maksimum dan minimum saja, namun perubahan mendadak dari suhu alami sekitar 4^oC–6^o C dibawah atau diatas ambient dapat mengurangi pertumbuhan karang bahkan mematikannya.

▪ **Salinitas**

Salinitas merupakan faktor pembatas kehidupan karang. Daya setiap jenis karang berbeda-beda tergantung pada kondisi laut setempat. Karang hermatipik adalah organisme laut sejati yang sangat sensitif terhadap perubahan salinitas yang jelas menyimpang terhadap salinitas air laut, yaitu 32 ‰ – 35 ‰. Binatang karang hidup subur pada salinitas air laut 34 ‰ – 36 ‰.

Karang yang hidup di laut dalam jarang atau hampir tidak pernah mengalami perubahan salinitas yang cukup besar sedang yang hidup ditempat-tempat dangkal sering kali dipengaruhi oleh masukan air tawar dari pantai maupun hujan sehingga terjadi penurunan salinitas perairan.

▪ **Cahaya**

Cahaya diperlukan oleh alga simbiotik zooxanthellae dalam proses fotosintesis guna memenuhi kebutuhan oksigen biota terumbu karang (Nybakken,1992). Tanpa cahaya yang cukup, laju foto sintesis akan berkurang dan kemampuan karang menghasilkan kalsium karbonat pembentuk terumbu akan berkurang pula.

Kedalaman penetrasi cahaya matahari mempengaruhi pertumbuhan karang hermatipik, sehingga dapat mempengaruhi penyebarannya (Sukarno,1977 *dalam* Jimmi, 1991). Jumlah spesies berkurang secara nyata pada kedalaman penetrasi cahaya sebesar 15-20% dari penetrasi cahaya permukaan yang secara cepat menurun mulai dari kedalaman 10 m. Stoddart *dalam* D'elia *et al.*,1991).

▪ **Sedimentasi**

Pengaruh sedimentasi terhadap hewan karang dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Sedimen akan mematikan langsung karang bila ukuran sedimen cukup besar atau banyak sehingga menutup polip karang. Pengaruh tidak langsung adalah menurunnya penetrasi cahaya matahari yang penting untuk proses fotosintesis zooxanthellae. Selain itu banyaknya energi yang dikeluarkan oleh binatang karang tersebut untuk menghalau sedimen mengakibatkan turunnya laju pertumbuhan karang.

▪ **Arus dan Gelombang**

Pertumbuhan karang didaerah berarus alebih baik bila dibandingkan dengan perairan yang tenang (Nontji, 1987). Umumnya terumbu karang lebih berkembang pada daerah yang bergelombang besar. Selain memberikan pasokan oksigen bagi karang, gelombang juga memberi plankton yang baru untuk koloni karang. Selain itu gelombang sangat membantu dalam menghalangi pengendapan pada koloni karang. Sebaliknya, gelombang

yang sangat kuat, seperti halnya gelombang tsunami, dapat menghancurkan karang secara fisik.

3.4. Penentuan Kawasan Aplikasi Teknologi Terumbu Buatan

Untuk menentukan kawasan penanaman terumbu karang akan melibatkan partisipasi masyarakat tempatan. Adapun criteria lokasi penanaman adalah sebagai berikut:

- Lokasi tidak merupakan daerah berarus kuat, daerah pertemuan arus maupun siku arus.
- Lokasi tidak dipengaruhi oleh perubahan fenomena alam, seperti adanya musim gelombang besar.
- Substrat dasar merupakan hamparan pasir dengan kemiringan yang sangat rendah, suhu antara 26 °C s/d 28 °C dengan Salinitas 32 – 35 ppm.
- Kedalaman rata-rata 7 meter dan tidak lebih dari 15 m pada saat surut yang ditanam disekitar daerah berterumbu karang, dengan kecerahan perairan diatas 5 meter.
- Tidak merupakan kawasan bersedimentasi dan berpotensi memiliki konflik dengan pemanfaat lain.

3.5. Survei Detail dan Kecocokan Lokasi

Survei detai ini merupakan pertimbangan akhir dalam menentukan lokasi dimana terumbu buatan ini akan ditanam/dipasang. Setelah dilakukan pengecekan kualitas air awal survey awal, pada kegiatan survei detail ini dilakukan pertimbangan-pertimbangan terhadap aspek lainnya seperti melihat langsung kontur dasar perairan, hamparan yang tersedia dan kedekatan dengan terumbu karang alami, serta potensi konflik pemanfaatan ruang.

Oleh karena itu selain dilakukan penyelaman untuk melihat detail lokasinya, juga dilakukan diskusi dengan masyarakat tentang keberadaan lokasi agar tidak menimbulkan konflik dikemudian hari. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan didapati kecocokan lokasi untuk penanaman terumbu karang sebagai mana tabulasi dibawah ini:

Tabel 1. Aspek kesesuaian lokasi

Kriteria	Kondisi Ideal	Pulau Pengalapp	Pulau Kalo	Pulau Dedap	Pulau Hantu
Salinitas (‰)	32 – 35	+++	+++	+++	+++
Kecerahan (m)	Tinggi	+	++	++	+++
pH	Rata-rata air laut	+++	+++	+++	+++
Suhu (°C)	25 - 30	+++	+++	+++	+++
Kedalaman (m)	7-15	+++	+++	+++	+++
Substrat dan Kontur	Pasir dan landai	+	++	+++	+++
Sedimentasi	rendah	+	+++	++	+++
Arus dan gelombang	Tidak berarus kuat dan tidak tenang.	+	++	++	+++

Keberadaan lokasi dari terumbu karang alami	Tidak jauh dari terumbu karang alami	++	+++	++	+++
Kedekatan Akses	Dapat diakses secara mudah	+	+	+	+++

Keterangan: *Cukup Baik* (+); *Baik* (++); *Sangat Baik* (+++)

Dari Table diatas secara kumulatif dapat dinilai dan ditentukan lokasi yang paling sesuai untuk dilakukan penanaman terumbu buatan sebagaimana tabel dibawah ini:

Tabel 2. Hasil kumulatif penilaian kesesuaian lokasi

Kriteria	P. Pengalap	P. Kalo	P. Dedap	P. Hantu
A. Kualitas Perairan	Cukup Baik	Baik	Cukup baik	Sangat baik
B. Lingkungan Pendukung	Cukup	Baik	Baik	Sangat baik
C. Aksesibilitas Masyarakat	Cukup baik	Cukup baik	Cukup baik	Sangat baik

Keterangan: *Cukup* =1; *Cukup baik* = 2; *Baik* =3; *Sangat baik* =4

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data diatas, maka lokasi yang paling sesuai adalah diperairan Pulau Hantu pada koordinat N.0° 32.540'; E.104° 14.708' dan N.0° 32.619'; E.104° 14.634'. Pertimbangan kesesuaian didasarkan atas criteria antara lain salinitas (‰), kecerahan (m), pH, suhu (°C), kedalaman (m), substrat dan kontur, sedimentasi, arus dan gelombang, keberadaan lokasi dari terumbu karang alami, kedekatan akses.

Daftar Pustaka

- Chou, L.M. 1991., Some Guidelines in establishment of artificial reefs, in tropical coastal Area management, vol.6 Nos ½, April/augustus 1991, ICLARM, Metro Manila, 2-3 p.
- F. Elwind, 1997, Studi Hubungan Kerusakan Terumbu Karang Dengan Jenis Ikan Kepe-Kepe Dan Ikan Kerapu, di P. Sikuai, 30 hal.
- Harrison, P. J. and T R. 2000. *Fisheries Oceanography (An Integrative Approach to Fisheries Ecologi and Management)*. Blackwell Science. Kanada.
- Iwan Eka Setiawan, Membangun Rumah Ikan dengan Karang Buatan, Peneliti Madya Bidang Sumberdaya Laut Balai Teknologi Survei Kelautan – BPPT, 2007.

- Kenchington, R.A. and Brydget, E.T. Hudson, 1984., Coral reef management handbooks, regional Office for Science and technology for southeast Asia, UNESCO.
- Kusumastanto, et. Al., 1998, Valuasi Ekonomi sumberdaya pesisir dan laut di Barelang, PKSPL, IPB in press.
- Laporan Terumbu Karang Buatan di Pulau Kapoposang, Kabupaten Pangkep. Kerjasama antara Bagian Proyek Pengelolaan Sumberdaya Laut, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Sulawesi Selatan dengan Pusat Studi Terumbu Karang Universitas Hasanuddin.
- M. Abrar and Y. Efendi, 1998, Coral colonization (Scleractinia) on artificial substrate, at Pulau sikuai, teluk kabung Padang West Sumatera : A Conservation planing for damaged coral reef, Jurnal garing 72 ; 26 33 Faperi Univ. Bung Hatta.
- Nontji,A 1987. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Ogawa, Y. 1982. The present status and future prospect of artificial reef: Development trends of artificial reef units. Pp 23 – 41. Technical Report 604. Aquabio Inc., Florida.
- Puslitbang Perikanan, 1994, Pedoman teknis Pengelolaan Terumbu Buatan, Dirjen Perikanan, BPPP. Dept. Pertanian.
- Suharsono, 1998, Kesadaran Masyarakat tentang terumbu karang, Puslitbang Oseanologi-LIPI, 77 hal.
- Suharsono, 1987, Jenis-jenis karang yang umum dijumpai di Perairan Indonesia. LIPI. Jakarta
- Supriyono,2000. Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Van Moorsel, M.N.W.G, 1989 Juvenil Ecologi And Reproductive Strategy Of Reef Coral, Caribia, Marine Biologi Caribia.
- White, A.T., C.L Ming, M.W.R.N de Silva and L.Y. Guam Guaria, 1990, Artificial reefs for Marine habitat Enhancement in southeas asia, ICLARM Education series 45 p.
- Y. E., Siregar, 1997, Evaluasi bawah air pembangunan artificial reef, Pusat penelitian kawasan pantai dan perairan Univ. Riau, 29 hal.