

TINGKAT KEBERHASILAN TRANSPLANTASI KARANG BATU DI PULAU PARI KEPULAUAN SERIBU, JAKARTA

Ofri Johan^{*)}, Dedi Soedharma^{**)}, dan Suharsono^{***)}

ABSTRAK

Penelitian transplantasi tiga jenis karang genus *Acropora*, yaitu: *Acropora donei*, *Acropora acuminata*, dan *Acropora formosa* menggunakan metode fragmentasi pada substrat buatan di daerah *leeward*, *windward* Pulau Pari dan di daerah lagoon Pulau Tikus. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui tingkat keberhasilan transplantasi dengan mengukur tingkat pertumbuhan, kematian, penempelan pada substrat dan tonggak pengikat dari substrat, serta penambahan jumlah *axial corallites* setelah beradaptasi dengan lingkungan baru yang berbeda. Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan Anova dengan tiga faktor perlakuan yaitu spesies (tiga jenis), lokasi (*leeward*, *windward*, goba), dan jumlah cabang (tidak bercabang, dua cabang, tiga cabang). Data kualitas air dianalisis dengan menggunakan diskriminan analisis untuk mendapatkan parameter yang memberikan kontribusi dalam perbedaan lokasi yang diujicobakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karang *A. acuminata* dan *A. formosa* lebih baik tumbuh di daerah *leeward*, sementara karang *A. donei* baik tumbuh di daerah *windward*. Pada daerah goba memiliki tingkat kematian lebih tinggi terjadi pada karang *A. acuminata* dan *A. formosa* dibandingkan dengan dua lokasi lain. Penempelan pada substrat karang *A. donei* lebih cepat dibandingkan dengan karang *A. acuminata* dan *A. formosa*. Pertambahan jumlah *axial corallite* karang *A. donei* lebih cepat dibandingkan dengan kedua karang lain, *A. acuminata* dan *A. formosa*. Hasil analisis data kualitas air menunjukkan bahwa parameter arus, nitrat, dan fosfat sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan karang.

ABSTRACT: *The succesfull rate of coral transplantation at Pari Island-Seribu archipelago, Jakarta. By: Ofri Johan, Dedi Soedharma, and Suharsono*

Three Acropora species, Acropora donei, A. acuminata, and A. Formosa, were transplanted on artificial substrates using fragmentation method and placed on the leeward and windward sides of Pari Island and in one lagoon of Tikus Island. The purpose of this study was to assess the successful rate of transplanted coral species by measuring growth and mortality rates, encrustation on the substrate and the pole of the substrate, and the increase of the amount of axial corallites after adaptation to a new environment. The data was analyzed using Anova test to get the required data. The treatments consisted of three components, coral species (three species), locations (windward, leeward and lagoon), and number of branches (one, two and three branches). In order to check if there was a significant difference in physical and chemical parameters among those locations, a discriminant analysis test was used. The research results showed that A. acuminata and A. formosa preferred the leeward location while A. donei preferred the windward. The lagoon site has higher mortality of A. acuminata and A. formosa than that of other locations. The encrustation of A. donei to various substrates was higher than that of A. acuminata and A. formosa. Water quality analysis showed that coral growth rates were strongly affected by water current and concentrations of nitrate and phosphate.

^{*)} Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta

^{**)} Departemen Budidaya Perairan-FPIK, Institut Pertanian Bogor

^{***)} Pusat Penelitian Oceanografi-LIPI, Jakarta

KEYWORDS: coral transplantation, artificial substrate, number of branches, different location

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem di daerah pesisir, habitat ikan karang, hewan moluska, dan rumput laut serta hewan lainnya yang secara keseluruhan memiliki nilai ekonomis penting bagi masyarakat pesisir. Secara fisik karang berfungsi melindungi pantai dari gempuran ombak dan abrasi pantai. Kondisi karang yang saat ini termasuk dalam keadaan rusak, membuat para ahli konservasi dan ekologi sangat khawatir terhadap tindakan-tindakan yang membuat karang bertambah rusak seperti penangkapan ikan menggunakan bom, racun kimia, dan pencemaran laut.

Berdasarkan penelitian, penutupan karang hidup di Indonesia ternyata sekitar 60%—70% mengalami kerusakan yang sangat serius, hanya 5% yang masih dalam kondisi yang baik (Birkeland, 1997). Kemudian Suharsono (1998) menyatakan bahwa secara umum penyebab kerusakan karang di Indonesia akibat oleh adanya peristiwa *bleaching* dan aktivitas manusia.

Mengantisipasi kerusakan karang yang sudah serius tersebut maka perlu dilakukan suatu solusi agar kondisi karang tidak semakin rusak. Salah satu bentuk solusi tersebut dengan melakukan tindakan konservasi dan rehabilitasi kerusakan terumbu karang. Langkah awal kearah tersebut adalah melakukan penelitian transplantasi karang yang diharapkan dapat mendukung program rehabilitasi kondisi karang.

Penelitian tentang fragmentasi atau transplantasi karang sebelumnya sudah sudah banyak dilakukan terhadap beberapa jenis karang, seperti penelitian terhadap tingkat keberhasilan hidup karang fragmentasi jenis *Madracis mirabilis* dan jenis *Acropora* sp. (*Scleractinia*) (Bak & Criens, 1981), penelitian yang bertujuan merehabilitasi kerusakan karang di Kepulauan Maldive (Clark & Edwards, 1995).

Selain itu, ada juga penelitian fragmentasi tanpa substrat di perairan terlindung di Pohnpei-Micronesia (Browden-Kerby, 1997) dan daerah yang banyak kena gempuran ombak di Cape D'Aguilar-Hongkong (Clark, 1997), dan transplantasi karang genus

Acropora sebanyak 40 sampel dari 11 spesies karang dengan menggunakan substrat buatan (keramik) di Pulau Pari, Kepulauan Seribu-Jakarta (Sadarun, 1999).

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah tingkat keberhasilan transplantasi dan tingkat pertumbuhan karang Genus *Acropora* di perairan *windward* lebih baik dibandingkan dengan *leeward* dan goba, dan karang yang bercabang 3 lebih cepat pertumbuhannya dibandingkan dengan karang yang bercabang 2 dan tidak bercabang.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini diharapkan dapat mengetahui tingkat keberhasilan transplantasi karang *A. donei*, *A. formosa*, dan *A. acuminata* dengan mengamati pertumbuhan panjang, perambatan pada substrat dan batang pengikat karang, dan penambahan jumlah tunas yang diujicobakan pada 3 lokasi yang berbeda yaitu *leeward*, *windward*, dan *lagoon* (goba). Penelitian juga bertujuan untuk mengetahui bentuk percabangan, parameter ukuran fragmen yaitu tanpa cabang, cabang 2, dan cabang 3, yang lebih cepat pertumbuhan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pulau Pari sekitar 35 km dari Jakarta. Jalur menuju lokasi tersebut dapat dari Tanjung Priok atau Rawasaban (Tangerang). Penelitian untuk mendapatkan data pertumbuhan dan kualitas air dilakukan selama 6 bulan, dimulai Desember 1999-Mei 2000. Pemantauan kondisi karang dan pengambilan foto di lokasi *leeward* terus dilakukan hingga umur 8 tahun setelah pelaksanaan kegiatan transplantasi, karena daerah *leeward* ini dianggap mewakili yang memiliki laju pertumbuhan karang yang tertinggi dibandingkan dengan 2 lokasi lainnya.

Penentuan Stasiun

Lokasi penelitian dibagi tiga stasiun berdasarkan perbedaan kondisi perairan dan kualitas air. Stasiun *windward* mewakili perairan yang menghadap laut lepas pada posisi 5°51'025" LS dan 106°36'468" BT, dan stasiun *leeward* merupakan perairan yang

terlindung oleh pulau pada posisi 5°52'205" LS dan 106°35'759" BT. Stasiun ketiga (goba Pulau Tikus) pada posisi 5°51'734" LS dan 106°35'088" BT. Perairan ini meskipun bersifat agak tertutup dari pergantian air masuk dan air keluar, namun masih ditemukan beberapa jenis karang yang hidup di daerah tersebut.

Pengambilan Sampel Fragmen Karang

Pengambilan sampel karang dilakukan pada genus *Acropora*; karang bertipe pertumbuhan *arborescent* (*A. formosa* dan *A. acuminata*) dan *corymbose* (*A. donei*) (Veron, 1986; Phongsuwan, 1994; Wallace & Wolstenholme, 1998).

Melalui bantuan alat pemotong disiapkan tiga bentuk potongan, yaitu tidak bercabang, 2 cabang, dan 3 cabang dengan 5 kali ulangan setiap spesies dan stasiun. Kemudian diikatkan pada substrat buatan (gerabah; 8 cm x 8 cm) yang memiliki tonggak tempat pengikat. Gerabah sebagai substrat karang diikatkan pada jaring yang ada di permukaan kerangka besi pada kedalaman 5—6 m.

Pengukuran Pertumbuhan Karang

Pengukuran pertumbuhan panjang karang dilakukan sekali sebulan menggunakan jangka sorong atau caliper (sampai dengan 0,01 mm) langsung di dalam air mulai pada bagian batang yang berada di dasar substrat. Hasil pengukuran pada bulan berikutnya dikurangi dengan data sebelumnya merupakan pertumbuhan karang selama satu bulan.

Pertumbuhan karang dalam waktu tertentu dapat dihitung dengan formula berikut:

$$G = dL/dT$$

di mana:

G = pertumbuhan (mm/bulan)

dL = perubahan panjang (mm)

dT = perubahan waktu (bulan)

Pertumbuhan karang yang diamati adalah pertumbuhan panjang, perambatan pada substrat, perambatan pada batang pengikat karang, penambahan jumlah tunas (*axial coralite*) setiap jenis karang.

Pengukuran Variabel Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan dua kali sebulan. Variabel-variabel yang diukur langsung (*in situ*) meliputi kecepatan arus, suhu air, dan salinitas. Sedangkan variabel yang diukur di Laboratorium Limnologi Fakultas

Perikanan Institut Pertanian Bogor adalah nitrat dan fosfat, turbiditas, dan sedimentasi.

Analisis Data

Penelitian dirancang dengan menggunakan Faktorial pola RAL 3x3x3. Hasil penelitian diperoleh perbandingan tingkat keberhasilan transplantasi karang pada genus *Acropora* (*A. donei*, *A. acuminata*, dan *A. formosa*).

Masing-masing data peubah pertumbuhan dilakukan proses pengolahan dengan menggunakan program SPSS for Windows (Afifi & Clark, 1996). Model analisis varian dapat membuktikan masing-masing faktor berbeda nyata atau tidak berbeda nyata secara statistik. Selanjutnya dilakukan uji lanjut Tukey untuk mengetahui perlakuan yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap variabel pertumbuhan yang diamati. Perbedaan kualitas air ketiga stasiun tersebut ditentukan dengan menggunakan program analisis diskriminasi pada program SPSS.

HASIL DAN BAHASAN

Kemampuan Karang Beradaptasi

Hasil pengamatan intensif selama dua minggu pada karang setelah ditranplantasi ke stasiun penelitian terlihat bahwa sebagian karang mengeluarkan lendir (*mucus*) pada awal penelitian, namun hari berikutnya lendir tersebut dapat hilang. Karang *A. formosa* masih mengeluarkan lendir hingga hari ke-4 di stasiun *leeward* dan hari ke-6 di stasiun goba setelah pemindahan. Karang *A. donei* juga masih mengeluarkan lendir pada hari ke-4 di stasiun *windward*. Berbeda dengan jenis karang *A. acuminata*, karang tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang lebih tinggi, di mana proses fragmentasi dan pemindahan tidak mengakibatkan karang tersebut mengalami *stress*.

Lamanya karang mengalami stres sangat tergantung pada lokasi (stasiun) tranplantasi karang karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan sekitarnya terutama besarnya arus dan tingkat sedimentasi. Karang *A. formosa* pada stasiun goba, baru dapat kembali sembuh dari kondisi stresnya setelah hari ke-7 sampai ke-8 hari.

Hasil penelitian Sadarun (1999) pada lokasi yang sama di stasiun *leeward*, karang *A. formosa* sudah kembali normal dari mengalami *stress* setelah hari ke-4 sampai ke-5, sama dengan stasiun *leeward* dan *windward* namun

berbeda dengan stasiun goba yang memiliki kemampuan pulih yang terendah.

Proses Penyembuhan

Awal pertumbuhan karang ditandai dengan mulai menutupnya bekas potongan yang terjadi saat fragmentasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lama sembuh di stasiun *windward* karang *A. acuminata* (7—8 hari) lebih cepat dibandingkan dengan *A. donei* (11—12 hari) dan *A. formosa* (13—14 hari). Keadaan ini berbeda dengan di stasiun goba, sebagian besar belum menutupi bekas potongan dari ketiga spesies karang tersebut terutama karang *A. formosa*.

Sama halnya dengan di stasiun *leeward* karang *A. acuminata* perlu waktu 11 sampai 12 hari sama lama sembuhnya dengan *A. donei*, dan lebih cepat dibandingkan dengan spesies *A. formosa* pada 13 sampai 14 hari. Berdasarkan hasil penelitian Sadarun (1999) menyatakan bahwa kisaran penyembuhan karang berada pada kisaran 5 sampai 13 hari, pada karang *A. formosa* berada pada kisaran 13—14 hari. Hasil penelitian penulis memperlihatkan karang *A. formosa* merupakan karang yang paling lambat sembuhnya, dan memiliki waktu penyembuhan yang relatif sama dengan penelitian Sadarun (1999).

Kecepatan sembuh karang sangat berkaitan dengan proses klasifikasi karang tersebut. Sedangkan laju klasifikasi karang sangat tergantung pada jenis dan keberadaan karang tersebut. Kinsey (1979) dalam Barnes & Chalker (1990) mengungkapkan bahwa klasifikasi di daerah *reef flat* lebih tinggi dibandingkan dengan di daerah goba dan berpasir.

Lama sembuh dan lambatnya pertumbuhan di stasiun goba berkaitan dengan kondisi perairan yang kurang berarus, membuat perairan selalu kelihatan keruh karena lamanya menghilangkan atau mengendapkan sedimen ke dasar perairan, sementara partikel sedimen di goba didominasi pasir berlumpur yang halus. Keadaan ini menghambat penetrasi cahaya ke dalam perairan yang dibutuhkan oleh *zooxanthellae* dalam proses fotosintesis.

Ketahanan Hidup

Secara umum ketiga jenis karang memiliki ketahanan hidup yang tinggi kecuali pada stasiun goba banyak mengalami kematian pada pengamatan bulan ketiga (Februari). Tingkat kematian terendah terjadi pada stasiun

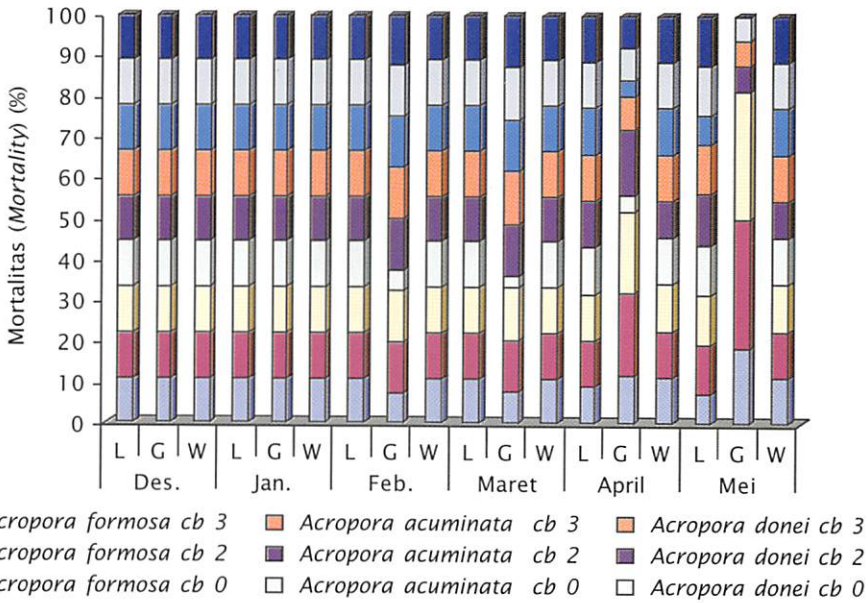
windward (2,22%), kemudian stasiun *leeward* (8,89%), dan sementara goba tertinggi (64,44%). Berdasarkan jenis karang, tingkat kematian secara keseluruhan tertinggi terjadi pada jenis *A. formosa* (11%; 16 sampel), kemudian *A. acuminata* (10%; 14 sampel) dan terendah *A. donei* (2,96%; 4 sampel) di mana jumlah sampel awal penelitian semua spesies sama yaitu 135 sampel. Dodge & Vaisnys (1977) mengemukakan bahwa sedimentasi dan turbiditas yang terus meningkat akan menyebabkan menurunnya laju pertumbuhan dan meningkatkan angka kematian karang. Pada karang *A. donei* lebih tahan terhadap kondisi lingkungan seperti sedimentasi, turbiditas.

Karang tidak bercabang terlihat lambat dan ada yang mengalami kematian akibat persaingan ruang dengan *turf algae*. Sebagaimana dilaporkan bahwa kesuburan perairan yang ditandai dengan banyaknya algae (*turf algae*) dapat menyebabkan kompetisi ruang bagi karang (Hubbard, 1997).

Kematian karang baru terjadi pada bulan Februari di stasiun goba. Tingkat kematian di stasiun goba lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun *leeward* maupun *windward*.

Pada stasiun *leeward* seperti Gambar 1 dari 135 sampel karang yang ditransplantasi hanya mengalami kematian 5 sampel yaitu 2 sampel *A. donei* bercabang satu dan dua sampel *A. formosa* bercabang satu pada bulan April dan Mei. Penyebab kematiannya sebagaimana telah diuraikan di atas, dan sama halnya dengan Bak & Criens (1981) yang menyatakan karang yang difragmentasi ditutupi oleh *turf algae* beberapa minggu setelah transplantasi dan *turf algae*-nya masih ada sampai akhir penelitian.

Karang *A. formosa* memiliki daya tahan yang lebih rendah dibandingkan dengan *A. acuminata* dan sementara karang *A. donei* memiliki daya tahan tertinggi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda (stasiun *leeward*, goba, dan *windward*). Sadarun (1999) menyatakan karang *A. formosa* dapat hidup sampai akhir penelitian dari 4 sampel di awal penelitian pada lokasi yang sama (*leeward*, bagian selatan P. Pari). Secara keseluruhan, dari 40 sampel karang transplantasi yang terdiri atas 11 spesies, mengalami kematian hanya dua sampel (5%) pada akhir penelitian. Bak & Criens (1981) berpendapat bahwa ukuran fragmen karang sangat menentukan keberhasilan hidup dari karang.



Gambar 1. Persentase karang hidup selama penelitian di stasiun leeward (L), lagoon (G), dan windward (W) selama penelitian

Figure 1. Percentage of life coral on leeward, lagoon, and windward sides during the research

Pertumbuhan Panjang

Tingginya laju pertumbuhan karang di stasiun leeward, dikarenakan kurangnya laju sedimentasi di stasiun tersebut. Laju sedimentasi yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan karang karena penetrasi cahaya matahari dihambat oleh partikel sedimen dan penutupan sedimen di atas jaringan karang mengakibatkan karang kehilangan energi yang digunakan untuk melepaskan diri dari penutupan sedimen tersebut. Sehingga energi untuk pertumbuhan menjadi berkurang (Lane, 1991).

Karang *A. acuminata* pertumbuhannya lebih tinggi dibandingkan dua karang lainnya, sesuai dengan data awal yang mengalami penyembuhan lebih cepat. Sedangkan *A. donei* memiliki pertumbuhan yang rendah karena karang tersebut mempunyai sifat pertumbuhan lebih banyak kearah *tabulate* di samping ke arah panjang dan juga pertumbuhan *axial corallite* yang tinggi. Sehingga karang *A. donei* memiliki perambatan pada substrat dan pertambahan *axial corallite* lebih tinggi dibandingkan dengan dua jenis karang lain. Berdasarkan percabangan karang, ternyata karang bercabang dua pada stasiun leeward

lebih bagus pertumbuhannya, namun tidak berbeda nyata dengan karang bercabang tiga. Rendahnya pertumbuhan karang bercabang satu di stasiun leeward disebabkan adanya persaingan pertumbuhan dengan *turf algae* yang menutupi karang yang berukuran kecil pada batang pengikat dan substrat. Besarnya ukuran karang transplantasi sangat menentukan laju pertumbuhan dan keberhasilan transplantasi karang. Harriott & Fisk (1988) mengemukakan bahwa dalam transplantasi karang *Acropora* sp. harus memperhatikan ukuran karang tersebut, ukuran yang lebih kecil akan memiliki tingkat kematian yang tinggi. Data pertambahan panjang dapat dilihat pada Tabel 1.

Perambatan pada Substrat

Tingginya perambatan pada substrat di stasiun windward dikarenakan minimnya penempelan *turf algae* di atas substrat dan alga yang menempel sebagian telah mati ditutupi sedimentasi. Hal ini membuat karang dapat merambat dengan baik pada substrat penelitian. Penelitian Bak & Criens (1981), menemukan karang yang telah difragmentasi ditutupi oleh *filamentous algae* (*turf algae*). Selanjutnya Hoegh & Guldborg (1997)

Tabel 1. Pertumbuhan panjang berdasarkan pada stasiun, spesies, jumlah percabangan, dan interaksi antar faktor tersebut

Table 1. Length growth based on site, species, number of branches, and interaction among factors

Faktor (Factor)	Pertumbuhan panjang (cm/bln) Length growth (cm/month)			Beda nyata Significance
	Terendah Lower	Sedang Medium	Tertinggi Higher	
Stasiun (Site)	G (0.179)	W (0.256)	L (0.528)	L-G, L-W (*)
Jenis (Species)	AD (0.155)	AF (0.374)	AA (0.418)	AD-AA, AD-A (*)
Percabangan (Branching)	1 (0.168)	2 (0.362)	3 (0.398)	1-2, 1-3 (*)
Stasiun x spesies Site x species	G-AD (0.058)	W-AD (0.196)	L-AA (0.674)	*
Stasiun x percabangan Site x branching	G-2 (0.188)	W-1 (0.214)	L-2 (0.911)	*
Spesies x percabangan Species x branching	AF-2 (0.056)	AD-2 (0.203)	AA-2 (0.483)	*
Stasiun x spesies x percabangan (Site x species x branching)	G-AD-1 (0.024)	G-AD-3 (0.172)	L-AA-2 (0.957)	ns

Keterangan (Notes):

- Faktor penelitian berbeda nyata (Research factor was significantly different) (*) dan tidak berbeda nyata (not significantly different) (ns) pada $P \leq 0.05$
- Stasiun (Sites); leeward (L), goba (G), dan windward (W)
- Spesies (Species); *A. donei* (AD), *A. acuminata* (AA), dan *A. formosa* (AF)
- Jumlah percabangan (Number of branches); satu (one), dua (two), dan tiga (three)

melaporkan bahwa banyaknya alga di suatu perairan disebabkan oleh kelimpahan nutrisi yang dapat menyebabkan terganggunya proses klasifikasi, laju pertumbuhan, jumlah zooxanthellae, dan jumlah populasi karang. Data perambatan pada substrat dapat dilihat pada Tabel 2.

Karang *A. donei* pada stasiun windward memiliki perambatan pada substrat tertinggi, hal tersebut erat kaitannya dengan kurangnya persaingan ruang dengan *turf algae* dan kondisi perairan yang lebih berarus dibandingkan dengan stasiun lain. Pertumbuhan karang *A. donei* bercabang dua dan tiga lebih bagus perambatannya di stasiun windward dibandingkan dengan stasiun leeward dan goba Pulau Tikus.

Perambatan pada Batang Pengikat

Perbedaan laju perambatan sangat ditentukan oleh tipe pertumbuhan karang. Karang tipe *arborescent* lebih lambat perambatan pada batang dibandingkan dengan

karang *corymbose* atau *tabulate*. Data perambatan pada batang pengikat dapat dilihat pada Tabel 3.

Pertambahan Jumlah Tunas

Sama halnya dengan perambatan substrat dan perambatan batang, pada pertambahan jumlah tunas berkaitan dengan tipe karang tersebut. Karang bertipe *corymbose* atau *tabulate* berusaha membentuk pertunasan yang banyak sehingga dapat mencapai tipe *corymbose* atau *tabulate*. Lain halnya dengan karang tipe *arborescent* seperti pada *A. formosa* dan *A. acuminata*, tidak memiliki tunas yang banyak, namun pertumbuhan ke arah panjang lebih tinggi dibandingkan dengan *A. donei*. Pertambahan jumlah tunas (*axial corallite*) per bulan dapat dilihat pada Tabel 4.

Parameter Fisika-Kimia Perairan

Parameter perairan fisika dan kimia yang diamati pada setiap zona dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 2. Perambatan pada substrat berdasarkan pada stasiun, spesies, jumlah percabangan, dan interaksi antar faktor tersebut

Table 2. Encrustation on artificial substrates based on site, species, number of branches, and interaction among factors

Faktor (Factor)	Perambatan pada substrat (cm/bln) Encrustation on substrates (cm/month)			Beda nyata Significance
	Terendah Lower	Sedang Medium	Tertinggi Higher	
Stasiun (Site)	G (0.339)	L (0.363)	W (0.414)	1-3, 2-3 (*)
Spesies (Species)	AF (0.304)	AA (0.398)	AD (0.427)	1-3, 2-3 (*)
Percabangan (Branching)	1 (0.315)	3 (0.394)	2 (0.405)	1-2, 1-3 (*)
Stasiun x spesies Site x species	L-AF (0.282)	L-AA (0.428)	W-AD (0.551)	*
Stasiun x percabangan Site x branching	G-1 (0.268)	G-3 (0.355)	W-3 (0.455)	ns
Spesies x percabangan Species x branching	AF-1 (0.258)	AA-1 (0.340)	AD-2 (0.486)	ns
Stasiun x spesies x percabangan (Site x species x branching)	G_AF-1 (0.250)	G-AF-3 (0.433)	W-AD-3 (0.708)	ns

Keterangan (Notes):

- Faktor penelitian berbeda nyata (Research factor was significantly different) (*) dan tidak berbeda nyata (not significantly different) (ns) pada $P \leq 0.05$
- Stasiun (Sites); leeward (L), goba (G), dan windward (W)
- Spesies (Species); *A. donei* (AD), *A. acumilata* (AA), dan *A. formosa* (AF)
- Jumlah percabangan (Number of branches); satu (one), dua (two), dan tiga (three)

Tabel 3. Perambatan pada batang pengikat berdasarkan pada stasiun, spesies, jumlah percabangan, dan interaksi antar faktor tersebut

Table 3. Encrustation on the substrate poles based on site, species, number of branches, and interaction among factors

Faktor (Factor)	Perambatan pada batang pengikat(cm/bln) Encrustation on the substrate poles (cm/month)			Beda nyata Significance
	Terendah Lower	Sedang Medium	Tertinggi Higher	
Stasiun (Site)	G(1.0304)	W(1.060)	L(1.140)	ns
Spesies (Species)	AD (0.997)	AA (1.057)	AF (1.182)	1-3 (*)
Percabangan (Branching)	1 (1.016)	2 (1.092)	3 (1.122)	ns
Stasiun x spesies Site x species	G-AD (0.867)	L-AA (1.111)	G-AF (1.300)	*
Stasiun x percabangan Site x branching	G-1 (0.920)	W-1 (1.049)	L-3 (1.172)	ns
Spesies x percabangan Species x branching	AD-1 (0.824)	AD-2 (1.003)	AF-1 (1.245)	*
Stasiun x spesies x percabangan (Site x species x branching)	G-AD-1 (0.696)	G-AF-1 (1.493)	G-AF-3 (1.482)	ns

Keterangan (Notes):

- Faktor penelitian berbeda nyata (Research factor was significantly different) (*) dan tidak berbeda nyata (not significantly different) (ns) pada $P \leq 0.05$
- Stasiun (Sites); leeward (L), goba (G), dan windward (W)
- Spesies (Species); *A. donei* (AD), *A. acumilata* (AA), dan *A. formosa* (AF)
- Jumlah percabangan (Number of branches); satu (one), dua (two), dan tiga (three)

Tabel 4. Pertambahan *axial corallite* berdasarkan pada stasiun, spesies, jumlah percabangan dan interaksi antar faktor tersebut

Table 4. Increase of *axial corallite* number based on site, species, number of branches, and interaction among factors

Faktor (Factor)	Pertambahan tunas (tunas/bln) Number of <i>A. corallite</i> (bud/month)			Beda nyata Significance
	Terendah Lower	Sedang Medium	Tertinggi Higher	
Stasiun (Site)	G (1.745)	W (2.366)	L (3.304)	1-2,1-3 (*)
Spesies (Species)	AF (1.147)	AA (2.188)	AD (5.585)	12,13,23 (*)
Percabangan (Branching)	1 (1.220)	3 (3.221)	2 (3.342)	1-2,1-3 (*)
Stasiun x spesies <i>Site x species</i>	G-AF (1.099)	G-AD (2.612)	W-AD (8.260)	*
Stasiun x percabangan <i>Site x branching</i>	L-1 (1.297)	W-2 (2.710)	L-2 (5.432)	ns
Spesies x percabangan <i>Species x branching</i>	AF-1 (0.693)	AA-3 (2.9)	AA-1 (1.003)	ns
Stasiun x spesies x percabangan (<i>Site x species x branching</i>)	L-AD-3 (0.839)	L-AD-3 (14.520)	W-AD-3 (21.428)	ns

Keterangan (Notes):

- Faktor penelitian berbeda nyata (*Research factor was significantly different*) (*) dan tidak berbeda nyata (*not significantly different*) (ns) pada $P \leq 0.05$
- Stasiun (Sites); leeward (L), goba (G), dan windward (W)
- Spesies (Species); *A. donei* (AD), *A. acumilata* (AA), dan *A. formosa* (AF)
- Jumlah percabangan (Number of branches); satu (one), dua (two), dan tiga (three)

Pada Tabel 5 terlihat bahwa arus terkuat berada pada lokasi *windward* 8.63 cm/det., namun masih dalam batas aman bagi rak karang di mana rak tidak ada yang terbalik. Kemudian pada lokasi *leeward* dicirikan oleh adanya konsentrasi nitrat dan fosfat yang lebih tinggi, hal ini di lapangan ditandai oleh banyaknya tumbuh *turf algae* dibandingkan dengan lokasi lain.

Hasil uji diskriminan dapat menjelaskan bahwa parameter kualitas air yang berperan dalam pembentukan kelompok (*group*) adalah arus, nitrat, dan fosfat dari delapan parameter kualitas air yang diamati. Nilai akar ciri pada fungsi pertama dapat menjelaskan 78,1% keragaman data dan sisanya 21,9% pada fungsi kedua. Dengan demikian cukup dengan dua sumbu telah dapat menjelaskan 100% keragaman data.

Kondisi transplantasi karang hingga 8 tahun

Pada akhir pengamatan selama 6 bulan menunjukkan bahwa karang memiliki tingkat

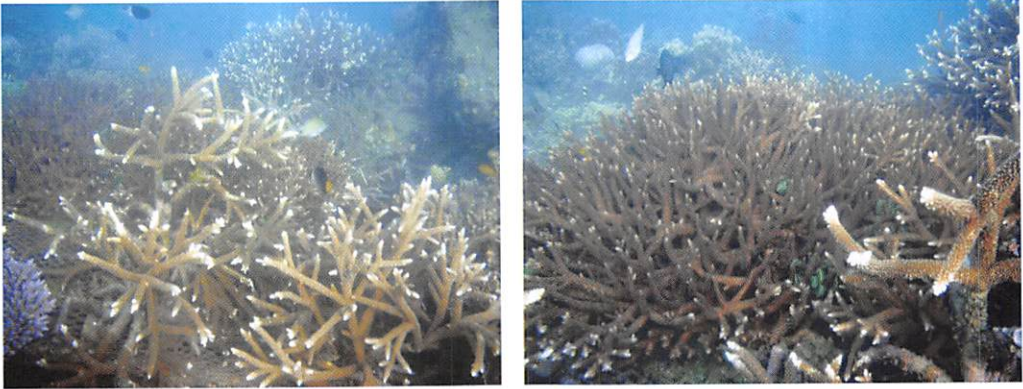
keberhasilan hidup bagus terutama di daerah *windward* dan *leeward*.

Pada pengamatan setelah umur 4 tahun terlihat karang mengalami pertumbuhan maksimal, di mana antara koloni karang (satu substrat) telah bergabung menjadi satu, sehingga berdiri semakin kokoh karena disanggah oleh koloni di sampingnya (Gambar 2). Namun berbeda kalau seandainya antara rak dengan jenis yang berbeda, karang akan berkompetisi ruang dan bisa mengakibatkan kematian karang seperti terjadi pada rak jenis karang *A. donei*. Pada umur 4 tahun ini juga terdeteksi adanya tanda bagian pangkal cabang karang *A. formosa* mengalami kematian dan berubah menjadi rapuh. Hal ini diduga akibat adanya hewan pemakan karang dari kelompok hewan kekerangan, *Drupella* sp.

Pada pengamatan umur 7 dan 8 tahun, karang *A. formosa* cabangnya sebagian telah patah dan berjatuh ke atas rak dan bertebaran di dasar perairan. Penyebab kematian ini diperkuat dengan ditemukannya banyaknya hewan *Drupella* sp. menempel dan

Tabel 5. Parameter fisika-kimia perairan pada setiap zona penelitian di perairan Pulau Pari
 Table 5. *Physical-chemical water parameters on each research site in Pari Island*

Parameter	Satuan Unit	Zona (Zone) Leeward		Zona (Zone) Goba		Zona (Zone) Windward	
		Kisaran Range	Rataan Average \pm sd	Kisaran Range	Rataan Average \pm sd	Kisaran Range	Rataan Average \pm sd
Kecepatan arus <i>Current</i>	cm/dt	7.81-8.56	8.31 \pm 0.28	5.29-6.51	5.66 \pm 0.44	8.5-8.79	8.63 \pm 14
Indek gerakan air <i>Water flow index</i>	g/hari <i>g/day</i>	20.4-23.17	21.75 \pm 1.15	17.23-22.3	18.77 \pm 1.82	22.3-28.69	25.9 \pm 2.23
Suhu <i>Temperature</i>	$^{\circ}$ C	25.5-29.5	27 \pm 1.79	25.5-29.5	26.92 \pm 1.83	24-29	25.9 \pm 2.22
Kekeruhan <i>Turbidity</i>	NTU	0.3-1.1	0.79 \pm 0.3	0.56-1.4	10.5 \pm 0.29	1.1-1.3	1.21 \pm 0.07
Sedimentasi <i>Sedimentation</i>	mL/hari <i>mL/day</i>	8.5-9.75	8.92 \pm 0.44	7.25-7.78	7.59 \pm 0.21	9.5-10.1	9.78 \pm 0.23
Salinitas <i>Salinity</i>	ppt	32-33	32.7 \pm 0.4	32-33	32.61 \pm 0.38	32-33	32.7 \pm 0.04
Fosfat <i>Phosphate</i>	mg/L	0.057-0.067	0.06 \pm 0.003	0.05-0.06	0.05 \pm 0.004	0.05-0.058	0.05 \pm 0.00
Nitrat <i>Nitrate</i>	mg/L	0.28-0.38	0.33 \pm 0.04	0.16-0.18	0.169 \pm 0.01	0.169-0.26	0.22 \pm 0.04



Gambar 2. Kondisi karang hasil transplantasi setelah umur 4 tahun
Figure 2. Condition of transplanted coral after 4 years

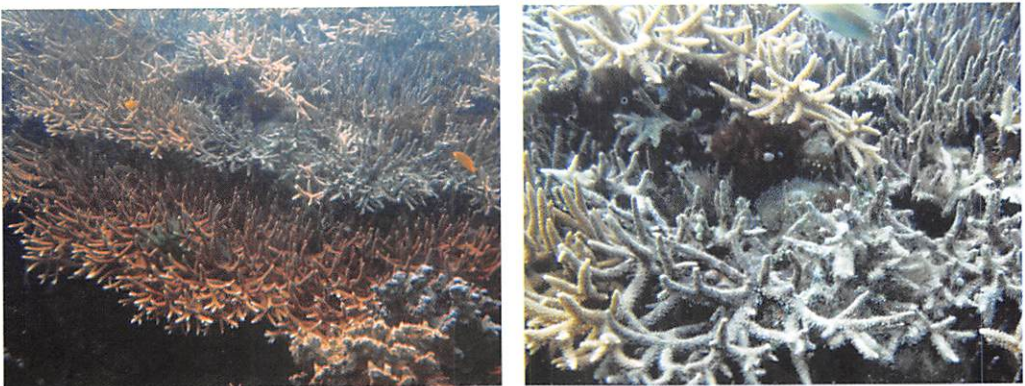
bersembunyi di percabangan karang. Hewan ini sudah berpindah ke rak transplantasi di samping karang *A. formosa* yaitu karang *A. acuminata*. Pada karang *A. acuminata* yang mati berubah warna menjadi coklat-hitam (Gambar 3). Bagian karang yang tinggal hidup hanya pada ujung cabang, namun diperkirakan akan mengalami kematian juga akibat dimangsa atau karena cabang karang sudah rentan patah sehingga karang akan bertebaran di dasar perairan.

Pada Gambar 3 kiri terlihat percabangan karang *A. formosa* telah patah dan berjatuhan ke rak dan dasar perairan. Sementara pada Gambar 3 kanan terlihat kondisi karang mengalami perubahan warna dan ditutupi oleh alga dan sedimen setelah mati, terlihat juga cabang yang masih hidup.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Rataan per bulan pertumbuhan panjang karang, pertambahan jumlah tunas di stasiun *leeward* lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun *windward* dan goba. Perambatan pada substrat lebih cepat terjadi pada stasiun *windward* dibandingkan dengan stasiun *leeward* dan goba.
2. Karang *A. acuminata* memiliki rata-rata pertumbuhan panjang lebih cepat dibandingkan dengan *A. formosa* dan *A. donei*. Karang *A. donei* lebih cepat perambatan pada substrat dan pertambahan tunasnya dibandingkan spesies lain.
3. Karang *A. formosa* lebih cepat perambatan pada batang pengikat dibandingkan dengan



Gambar 3. Kondisi karang hasil transplantasi setelah umur 8 tahun
Figure 3. Condition of transplanted coral after 8 years

A. donei maupun *A. acumilata*. Perambatan pada batang pengikat, tidak berbeda nyata secara statistik antara karang bercabang satu, dua, dan bercabang tiga.

4. Karang bercabang tiga lebih cepat pertumbuhan panjang dibandingkan dengan karang bercabang dua dan bercabang satu. Perambatan pada substrat dan pertambahan jumlah tunas, karang bercabang dua lebih cepat dibandingkan bercabang tiga dan satu.
5. Tingkat mortalitas karang transplantasi lebih tinggi terjadi di stasiun goba (64,44%) dibandingkan dengan stasiun *leeward* (8,89%) dan stasiun *windward* (2,22%). Karang jenis *A. formosa* nilai mortalitasnya 11%, sementara *A. acumilata* 10% dan *A. donei* 2,96%.
6. Proses penyembuhan dari bekas potongan, karang *A. acumilata* lebih cepat sembuh dibandingkan dengan karang *A. donei* dan *A. formosa*.

Saran

1. Pengamatan transplantasi karang sebaiknya dilakukan dalam dua musim (1 tahun) sehingga dapat diperoleh data yang lebih akurat.
2. Perlu adanya pengawasan daerah transplantasi, sehingga terhindar dari penggunaan alat tangkap yang bersifat merusak seperti penggunaan jangkar kapal, penangkapan dengan bom atau racun kimia.
3. Program transplantasi karang diharapkan menggunakan ukuran fragmen karang sekecil mungkin, minimal karang bercabang dua (tinggi \pm 8 cm) pada genus *Acropora*.
4. Pencinta karang hias diharapkan tidak mengambil karang langsung di alam, tetapi dari hasil budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifi, A.A. dan V. Clark. 1996. Computer-aided multivariate analysis (Text in Statistical Science. Chapman and Hall/CRC. 442 pp.
- Bak, R.P.M. and S.R. Criens. 1981. Survival After Fragmentation of Colonies of *Madracis Mirabilis*, *Acropora palmata* and *A. cervicornis* (*Scleractinia*) and The Subsequent Impact of a Coral Disease. *Proc. of the 4th International Coral Reef Symposium*, Manila. 2: 221—227.
- Barnes, D.J. dan B.E. Chalker. 1990. Calcification and Photosynthesis in Reef-building Corals and Algae. In: Dubinsky Z. Elsevier (Eds.). *Ecosystem Coral Reef of the World* 25. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo. 550 pp.
- Birkeland, C. 1997. Life and death of coral reefs. Chapman & Hall. International Thomson publishing. 527 pp.
- Browden-Kerbay, A. 1997. Coral Transplantation in Sheltered Habitats Using Unattached Fragments and Cultured Colonies. *Proc. 8th International Coral Reef Symposium*. 2: 2,063—2,068.
- Clark, T. 1997. Tissue Regeneration Rate of Coral Transplantations in Wave Exposed Environment, Cape D'Aguiar, Hongkong. *Proc. 8th International Coral Reef Symposium*. 2: 2,069—2,074.
- Clark, S. dan A.J. Edwards. 1995. Coral Transplantation as an Aid to Reef Rehabilitation; Evaluation of a Case Study in The Maldive Islands. *Coral Reefs*. 14: 201—213.
- Dodge, R.E. and J.R. Vainys. 1977. Coral Population and Growth Patterns: Responses to Sedimentation and Turbidity Associated with Dredging. *Jur. Mar. Res.* 35: 715—730.
- Harriott, V.J. dan D.A. Fisk. 1988. Coral Transplantation as a Reef Management Option. *Proc. of the 6th Int. Coral Reef Sym.* Australia. 2: 375—378.
- Hoegh, O. dan Guldberg. 1997. The Impact of Long-term Enrichment on Coral Calcification and Growth. *Proc. of the 8th Int. Coral Reef Sym.* 1: 861—866.
- Hubbard, D.K. 1997. Reefs as Dynamic System. In Birkeland C. (Eds.). *Life and Death of Coral Reefs*. Univ. of Guam. Chapman & Hall. 527 pp.
- Lane, D.W.J. 1991. Growth of Scleractinian Corals on Sediment-Stressed Reefs at Singapore. *Proc. of The Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas*. Eds. Alcala A.C. Marine Science Institute, University of the Philippines. p. 97--106.
- Phongsuwan, N. 1994. Taxonomy of scleractinian corals (Coelenterata-Anthozoa) of the Adang-Rawi island group, Tarutao National Park, Thailand: Part I: Genus *Acropora*. *Phuket Mar. Biol. Cent. Res. Bull.* 59: 11—26.
- Sadarun. 1999. *Transplantasi Karang Batu (Stony Coral) di Kepulauan Seribu Teluk Jakarta*. Thesis. Institut Pertanian Bogor. 67 pp.

- Suharsono. 1998. Condition of coral reef resources in Indonesia. Pesisir dan Lautan. PKSPL-Institut Pertanian Bogor. 1(2): 44—52.
- Veron, J.E. 1986. Corals of Australia and the Indo-Pasific. p. 26—43.
- Wallace, C. dan Wolstenholme. 1998. Revision of the Coral Genus *Acropora* (Scleractinia: Asrocoeniida: Acroporidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 123: 199—184.