

TINGKAT KELANGSUNGAN HIDUPFRAGMEN KARANG *Acroporaformosa* YANG DITRANSPLANTASIKAN PADAMEDIBUATAN YANG TERBUAT DARIPECAHAN KARANG (RUBBLE)¹

[Survival Rate of Coral Fragments *Acroporaformosa* Transplanted on Artificial Reef
Made from Rubble]

NurFadli

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Syiah Kuala, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, NAD
e-mail: ivad29@yahoo.com

ABSTRACT

Coral reefs around the world continue to decline. Corals killed by natural or anthropogenic disturbances are often degraded into rubble. This rubble is dynamic, easily shifted by storms and currents which may forms "killing fields" for coral juveniles, hindering coral recovery. In order to rehabilitate the coral reef, artificial substrates are always used as artificial reefs both for coral transplantation and recruitment. Unfortunately, most artificial substrates are expensive and used material from outside of the ocean (for example concrete/cement base). In order to develop a new low-cost artificial substrate that can be replacing the concrete/cement-base as a media for coral transplantation and coral recruitment, the modified coral rubble were tested in Seribu Islands, Jakarta. Two different net (nylon and polyethylene) were used to form or to shape rubble into a compact shape, stable and strong substrate. The stability of the rubble and the complexity of the surface which is created by the net make this substrate suitable for coral transplantation and coral recruitment. In 6 m, the highest survival was recorded for coral fragments that were transplanted on cement-base (58%). The lowest survival was recorded on nylon + rubble (16%). While, in 10 m, the highest survival was found on cement-base (40%) and the lowest was on polyethylene + rubble (3%). The modified coral rubble is a potential method for coral transplantation and coral recruitment. However, this approach requires testing at additional sites to determine the replicability of the results.

Kata kunci: Rubble, pecahan karang, *Acropora formosa*, transplantasi, media buatan, Kepulauan Seribu.

LATARBELAKANG

Terumbu karang dikenal sebagai salah satu ekosistem yang paling beragam, kompleks dan produktif di muka bumi ini (Buddemeier *et al.*, 2004; Burkeefa/.,2002;Tomascikefa/., 1997; Veron, 1995). Setidaknya 794 spesies karang di dunia telah berhasil dideskripsikan oleh para ahli (Spalding *et al.*, 2001), dan 77% dari karang yang telah diidentifikasi tersebut berlokasi di Asia Tenggara (Burke *et al.*, 2002). Terumbu karang memberikan layanan ekosistem yang sangat penting dan memberikan dampak ekonomi secara langsung kepada masyarakat pesisir. Untuk Indonesia sendiri, terumbu karang memberikan keuntungan 1,6 Juta dollar Amerika per tahun baik melalui perikanan, farmasi, perdagangan ikan dan karang hias, pariwisata dan lain sebagainya (Burke *et al.*, 2002). Belum lagi keuntungan atau manfaat yang tidak bisa dinilai dengan uang, diantaranya: sebagai tempat daur ulang nutrisi, penyediaan makanan, daerah perlindungan dan pemijahan ikan dan berbagai organisme laut lainnya (Buddemeier *et al.*, 2004).

Namun sangat disayangkan, kondisi terumbu karang di dunia saat ini mulai menurun. Diestimasi lebih dari 20% karang di dunia telah rusak dan tidak memiliki tanda-tanda perbaikan. Di Indonesia sendiri kondisi terumbu karang sangat memprihatinkan. Pada tahun 2003, diestimasi hanya 7% karang Indonesia dalam keadaan sangat baik, 27% dalam keadaan sedang, dan lebih dari 36% dalam keadaan buruk (Nontji, 2004).

Ancaman terhadap terumbu karang bisa berasal dari alam maupun ancaman dari manusia. Ancaman alami diantaranya: gelombang, badai, tsunami dan naiknya temperatur air laut yang disebabkan oleh perubahan iklim (Wilkinson, 2004). Namun ancaman/faktor manusia merupakan ancaman yang paling utama terhadap terumbu karang. Ancaman manusia diantaranya: sedimentasi dan pengayaan nutrisi yang berasal dari run-off sungai (Rees *et al.*, 1999; Rogers, 1990; Wittenberg dan Hunte, 1992); metode penangkapan ikan yang merusak (pemboman dan pemakaian racun) (Auberson, 1982; Djohani, 1998; Erdmann,1998;FoxdanErdmann,2000;Foxe/a/.,2005;

¹Diterima: 19 September 2008 - Disetujui: 3 Nopember 2008

Fox dan Pet, 2001; Fox *et al.*, 2001; Raymundo *et al.*, 2007); penangkapan ikan yang berlebihan (*over fishing*) (Hixon, 1997; Hughes, 1994; Lapointe *et al.*, 1997; McClanahan dan Muthiga, 1988); pembangunan jembatan dan pelabuhan (Mufloz-Chagin, 1997; Newman dan Chuan, 1994); pembuangan sampah dan limbah (Unepetty dan Evans, 1997; Willoughby, 1986; Willoughby *et al.*, 1997); pariwisata dan tumpahan minyak (Burke *et al.*, 2002); dan penambangan karang (Wells, 1982; Wells dan Alcalá, 1987).

Karang yang dirusak baik oleh faktor alami maupun faktor manusia umumnya terdegradasi menjadi pecahan karang (*rubble*) (Clark dan Edwards, 1995; Fox *et al.*, 2003; Rinkevich, 2005). Fox *et al.*, (2003), menyatakan *rubble* ini bersifat dinamis, mudah bergeser/dipindahkan oleh gelombang dan arus. Hal ini menjadikan *rubble* memiliki efek gerus yang menjadikannya "ladang pembunuh" bagi juvenil karang yang mengakibatkan terhalangnya proses pemulihan tutupan karang hidup. Di Filipina, banyak kawasan *rubble* tidak menunjukkan tanda-tanda peningkatan tutupan karang hidup setelah 20-30 tahun (Raymundo *et al.*, 2007). Untuk memperbaiki kawasan terumbu karang, terumbu karang buatan selalu digunakan sebagai media untuk transplantasi dan rekrutmen karang. Akan tetapi kebanyakan media buatan ini berharga mahal dan terbuat dari bahan yang berasal dari luar laut. Salah satu media buatan yang paling sering digunakan di Indonesia adalah media semen/*concrete*. Media yang terbuat dari *stnmlconcrete* umumnya sangat berat dan sangat susah untuk diatur di dalam air dan umumnya dalam proses penenggelaman media semen, media tersebut hanya dilemparkan begitu saja kedalam air (Schuhmacher *et al.*, 2000).

Media buatan harus memiliki kemampuan untuk mencegah terjadinya abrasi, terguling dan tertimbun oleh substrat dasar laut (Lindahl, 2003), dan juga lebih tinggi posisinya dari substrat dasar untuk meminimalisir terjadinya penimbunan, selain itu juga media akan lebih baik jika memiliki struktur tiga dimensi dan memiliki permukaan yang membentuk sudut sehingga lebih disukai larva karang untuk menempel (Fox *et al.*, 2005). Selama media buatan memiliki sifat tersebut diatas, berbagai jenis bahan dapat digunakan untuk membentuk media buatan. Ada beberapa jenis

media murah yang dikembangkan sebagai media transplantasi karang, diantaranya: kerangka bambu (Freytag, 2001), transplantasi karang menggunakan tali (Lindahl, 2003), dan kerangka besi (Yap, 2004). Namun, penelitian yang langsung menggunakan pecahan karang sebagai media transplantasi masih sangat jarang dilakukan. Untuk itu perlu dilakukan suatu penelitian yang mengkaji pemanfaatan rubble sebagai transplantasi alternatif.

Secara umum penelitian ini bertujuan menghasilkan media alternatif yang lebih murah dan cocok untuk untuk menggantikan media semen/*concrete* sebagai media transplantasi. Untuk mengukur apakah media baru tersebut dapat dijadikan sebagai media alternatif perlu dibandingkan salah satu parameter pengukuran karang, yaitu: tingkat kelangsungan hidup karang. Sehingga dirumuskan tujuan penelitian secara khusus, yaitu: membandingkan tingkat kelangsungan hidup fragmen karang yang ditransplantasikan diatas media perlakuan (semen/*concrete* dan media *rubble*). Dalam penelitian ini diuraikan tingkat kelangsungan hidup fragmen karang yang ditransplantasikan di atas media perlakuan. Efek kedalaman bagi fragmen karang yang ditransplantasikan juga dianalisis.

BAHANDANMETODE

Penelitian ini dimulai pada minggu ketiga Agustus 2007 sampai dengan minggu kedua Februari 2008. Lokasi penelitian berada di bagian barat Pulau Panggang, Kepulauan Seribu (Gambar 1). Pulau ini terletak di bagian tengah Kepulauan Seribu yang merupakan kawasan Taman Nasional Laut. Walaupun Kepulauan Seribu termasuk dalam Kawasan Taman Nasional, aktivitas manusia sangat tinggi. Bagian barat Pulau ini memiliki dasar pasir dan pecahan karang. Kondisi karang dikawasan ini juga dikategorikan dalam keadaan buruk dengan tutupan karang hidup lebih kecil dari 25%. Karang mati menutupi hampir 50% baik di kedalaman 6 dan 10 m. Selain itu kedalaman 2-3 m merupakan kawasan penanaman karang (*coral farming*) nelayan.

Dua jenis jaring (nylon dan polyethylene) yang tersedia di pasaran (sering digunakan nelayan), digunakan untuk membentuk *rubble* menjadi media



Gambar 1. Lokasi penelitian, (lingkaran = site eksperime; segiempat = lokasi penambangan pasir dan pecahan karang; bintang = lokasi penimbunan pasir dan pecahan karang).

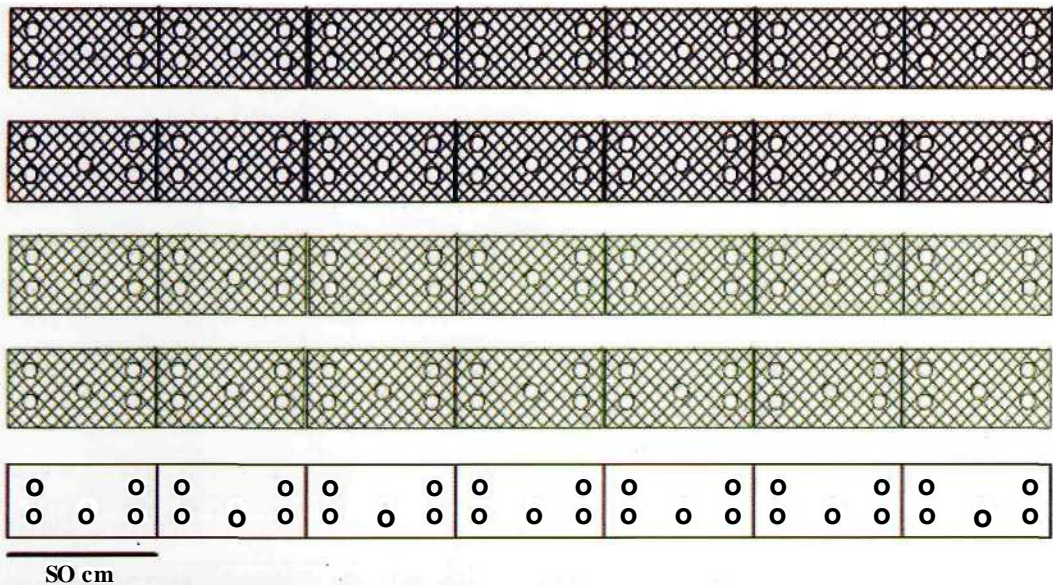


Foto 1. Media semen dan media yang terbuat dari rubble

buatan. Jaring dipotong-potong terlebih dahulu dan kemudian dijahit untuk membentuk karung jaring. Karung-karung jaring ini kemudian diisi dengan rubble sehingga membentuk media yang berukuran kurang lebih 30x50x 10cm (Foto 1). Jaring ini membuat rubble menjadi struktur yang kompak, stabil dan kuat. Kestabilan rubble dan kompleksitas permukaan media/substrate yang dibentuk oleh jaring menjadikan media ini cocok sebagai media transplantasi. Rubble yang digunakan berasal dari lokasi penelitian dan pengisian rubble ke dalam jaring dilakukan di daratan dengan alasan kemudahan secara teknis. Sebagai kontrol digunakan media semen dengan ukuran yang sama (Foto 1). Total terbuat 28 media dari jaring nylon (Nylon+rubble), 28 media dari jaring polyethylene (Polyethylene+rubble) dan 18 media semen. Ketiga media berbeda tersebut ditentukan sebagai perlakuan.

Pada masing-masing media tersebut kemudian dipasangkan potongan besi (diameter 10 mm) sebagai tempat untuk menempelkan fragmen karang. Selanjutnya, setengah dari masing-masing ketiga jenis media tersebut diletakkan pada dua kedalaman berbeda (6 dan 10 m). Pengecualian pada media semen, karena masalah teknis 8 media diletakkan pada 6 m dan 10 media pada 10 m. Layout peletakan media didalam air secara umum disajikan pada Gambar 2.

Kemudian pada masing-masing media tersebut ditransplantasikan 5 fragmen karang. Untuk bibit karang, digunakan bibit yang berasal dari koloni *A. formosa* yang merupakan karang yang umum ditemukan di sekitar lokasi. Koloni induk berada sekitar 100 m dari lokasi penelitian pada kedalaman 2-3 m. Ukuran fragmen diusahakan memiliki ukuran yang sama. Setelah dipotong dari koloni fragmen, fragmen



Gambar 2. Layout media didalam air disetiap kedalaman secara umum (jaring hitam= media polyethylene, jaring hijau= media nylon, kotak kosong= media semen, lingkaran putih = fragmen karang)

diletakkan dalam keranjang yang posisinya selalu berada didalam air. Hal ini dilakukan untuk mengurangi stres fragmen karang. Untuk pengikatan fragmen karang digunakan pengikat kabel (*plastic cable tie*). Secara total jumlah fragmen karang yang ditransplantasikan pada kedalaman 6 m berjumlah 180 dan 190 di 10 m.

Peralatan SCUBA digunakan dalam penyusunan media didalam air, pengambilan, pemasangan dan pengukuran fragmen karang. Dalam kurun waktu penelitian dilakukan 6 kali pengamatan dengan interval 1 bulan per pengamatan. Dalam setiap pengamatan, kondisi fragmen karang dicatat (hidup atau mati) untuk mendapatkan data tingkat kelangsungan hidup fragmen karang.

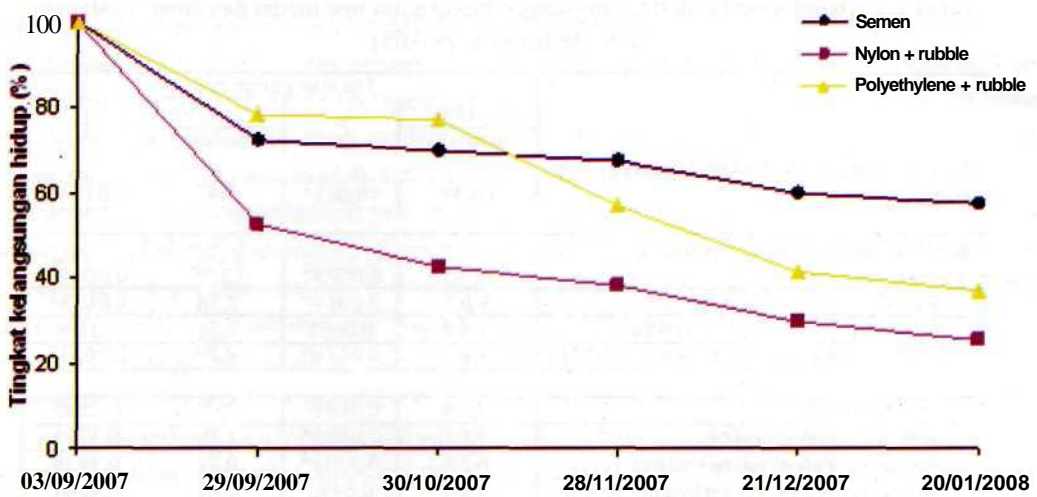
Untuk mengetahui perbedaan tingkat kelangsungan hidup fragmen karang yang ditransplantasikan pada ketiga media tersebut digunakan analisis tingkat kelangsungan hidup berdasarkan pada fungsi Kaplan-Meier (tes non parametrik) (Lee, 1992). Jika ditemukan perbedaan di antara ketiganya dilakukan lagi tes yang sama untuk setiap dua media untuk melihat media yang terbaik. Semua analisis dilakukan dengan menggunakan software JMP 7.0.1 (*trial version*).

HASIL

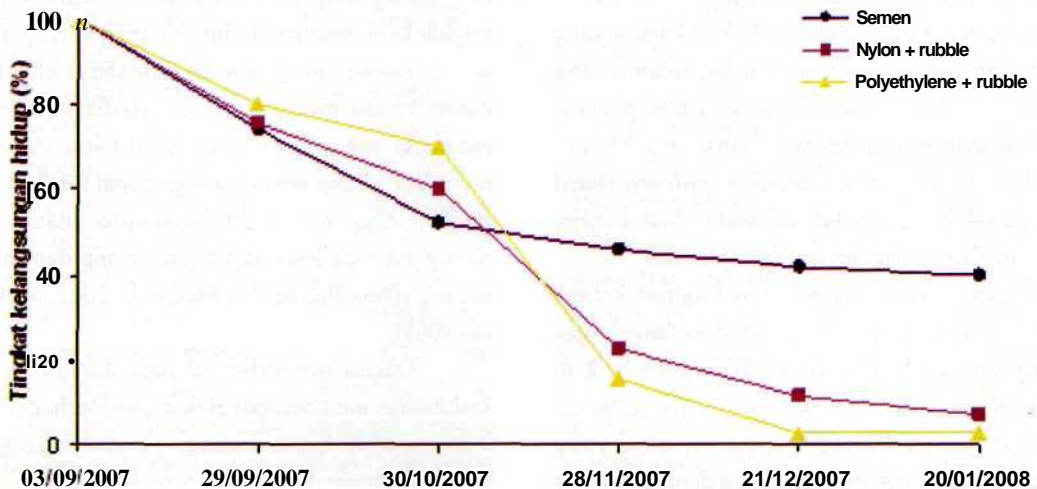
Perbedaan antarmedia

Tingkat kelangsungan hidup fragmen karang di kedalaman 6 dan 10m menurun seiring bertambahnya waktu. Tingkat kelangsungan hidup rata-rata dari " semua fragmen karang adalah 28% dengan tingkat kematian mencapai 50% setelah 109 hari di kedalaman 6 m dan 85 hari di 10 m. Pada kedalaman 6 m, tingkat kelangsungan hidup tertinggi tercatat di media semen (58%), dan terendah tercatat di media *nylon+rubble* (16%). Pada kedalaman ini, dideteksi perbedaan tingkat kelangsungan hidup antar media. Tingkat kelangsungan hidup fragmen di media semen berbeda nyata dengan media *Nylon+rubble*. Sementara itu tidak ada perbedaan antara media semen dengan media polyethylene+rw&We (Gambar 3, Tabel 1). Turf alga dan makro alga (utamanya dari marga *Padina* sp) menyerang dan menutupi fragmen 2 minggu setelah penenggelam media.

Sementara itu, pada kedalaman 10 m, tingkat kelangsungan hidup tertinggi tercatat pada media semen (40%) dan terendah pada media polyethylene+rwfoWe (3%). Tingkat kelangsungan hidup antara media semen dengan kedua media jaring berbeda nyata. Sementara itu tidak ada perbedaan antara media *Hy\on+rubble* dengan media



Gambar 3. Graik perbandingan tingkat kelangsungan hidup fragmen *A. formosa* di kedalaman 6 m pada masing-masing tipe media.



Gambar 4. Grafik perbandingan tingkat kelangsungan hidup fragmen *A. formosa* di kedalaman 10m pada masing-masing tipe media.

Polyethylene+rM&We (Gambar 4, Tabel 1). Tingkat kematian meningkat seiring pertambahan waktu, terutama setelah pengamatan kedua dan ketiga. Turf alga dan makro alga (utamanya dari marga *Dictyota* sp.) menyerang dan menutupi fragmen.

Perbedaan antarkedalaman

Tingkat kelangsungan hidup fragmen di kedalaman 6 m lebih baik dibandingkan di kedalaman 10 m (Tabel 1).

PEMBAHASAN

Tingkat kelangsungan hidup fragmen karang

merupakan hal yang sangat penting, semakin tinggi karang yang hidup semakin tinggi pula persentase tutupan karang. Tingginya tingkat tutupan karang hidup dan kompleksitas substrate didalam air akan meningkatkan jumlah ikan (Cabaitan *et al.*, 2008). Dengan tingkat kelangsungan hidup rata-rata 28%, penelitian ini memiliki tingkat kelangsungan hidup yang rendah. Tingginya tingkat kematian fragmen karang pada awal-awal penelitian diduga disebabkan oleh tingginya tingkat stres pada fragmen karang dalam proses transplantasi. Edwards dan Clarks (1998) menyatakan walaupun dengan penanganan yang

Tabel 1. Perbandingan tingkat kelangsungan hidup antar tipe media dan antarkedalaman (*berbeda nyata ($p < 0,05$))

	Tes non parametrik			
	Log-rank Statistik	P	Wilcoxon Statistik	P
I. Perbandingan antara kedalaman				
6 m vs. 10 m	16,39	<0,001*	5,47	0,0194*
II. Perbandingan antara tipe media				
6 m (semua data)	11,65	0,0029*	12,58	0,0019*
Semen vs. Nylon+rubble	9,67	0,0019*	8,38	0,0038*
Semen vs. Polyethylene+rubble	2,82	0,0932	1,38	0,2399
Nylon+rubble vs. Polyethylene+rubble	4,63	0,0314*	8,20	0,0041*
10 m (semua data)	10,69	0,0048*	2,09	0,3505
Semen vs. Nylon+rubble	7,95	0,0048*	1,80	0,1795
Semen vs. Polyethylene+rubble	6,54	0,0105*	0,73	0,3938
Nylon+rubble vs. Polyethylene+rubble	0,04	0,8493	0,61	0,4344

sangat hati-hati, koloni karang yang berasal dari proses transplantasi cenderung memiliki tingkat kematian yang tinggi dibandingkan dengan koloni karang yang berasal bukan dari proses transplantasi (alami). Yap dan Gomez (1985) juga melaporkan efek transplantasi pada tingkat pertumbuhan dan kematian karang. Mereka menemukan pertumbuhan karang *A. pulchra* (hasil transplantasi) lebih rendah dibandingkan karang sejenis yang bukan dari proses transplantasi.

Tingkat kelangsungan hidup fragmen karang antar media berbeda nyata. Tingkat kelangsungan hidup tertinggi terdapat pada media semen baik di kedalaman 6 atau 10 m. Salah satu penyebabnya diduga karena perbedaan kestabilan posisi besi yang digunakan untuk menempelkan karang di media-media tersebut. Posisi besi di media semen sangat stabil dan fix (karena dicor terlebih dahulu) sehingga tidak akan mudah bergeser jika terkena arus laut. Sedangkan posisi besi di kedua media jaring+rubble tidak terlalu fix/stabil. Sangat sulit membuat posisi besi fix di media jaring+rubble seperti posisi besi di media semen. Arus akan menyebabkan pergerakan besi (baik kecil ataupun besar tergantung dengan kekuatan arus) di media jaring+rubble. Okubo *et al.* (2005) menyatakan pergerakan ini menyebabkan rendahnya fragmen karang yang mengkolonisasi media yang mereka gunakan. Selain itu, tingkat keelastisan jaring yang digunakan juga berbeda. Jaring Nylon lebih elastis dan fleksibel dibandingkan jaring Polyethylene. Kondisi ini membuat rubble yang diikat oleh jaring nylon tidak

sekompak dan sestabil media rubble yang dibentuk oleh jaring polyethylene. Penyebab lain rendahnya tingkat kelangsungan hidup fragmen karang di media jaring+rubble diduga karena mudahnya alga tumbuh diatas kedua media tersebut. Media jaring+rubble memiliki permukaan yang lebih kasar dan banyak memiliki lubang sehingga alga dapat tumbuh dengan mudah. Alga merupakan kompetitor utama karang. Selain itu alga juga dapat menyerang dan menutupi karang (Diaz-Pulido dan McCook, 2002; McCook *et al.*, 2001).

Dalam penelitian ini juga ditemukan bahwa kedalaman memberikan efek negatif terhadap tingkat kelangsungan hidup karang. Tingkat kelangsungan hidup fragmen karang di 6 m lebih baik daripada fragmen karang di 10 m. Hal ini diduga berkaitan dengan kedalaman asal dimana fragmen karang tersebut diambil (kedalaman karang donor) yang berada pada kedalaman 2-3 m sehingga tingkatan stres fragmen karang ketika ditempatkan di kedalaman 6 m lebih kecil dibandingkan pada kedalaman 10 m, yang menyebabkan nilai sintasan atau kematian juga berbeda. Kedalaman dapat meningkatkan tekanan/stress bagi fragmen karang. Tingkatan stres fragmen karang lebih kecil pada kedalaman 6 m. Selain itu, cahaya juga memiliki korelasi negatif terhadap kedalaman, semakin dalam intensitas cahaya matahari semakin kecil. Karang bercabang yang memiliki polip kecil seperti *A.formosa* membutuhkan cahaya lebih banyak dibandingkan karang yang memiliki polip lebih besar. Cahaya menjadi salah satu

faktor pembatas hidup bagi karang (Falkowski *et al.*, 1990). Crabbe dan Smith (2005) juga melaporkan berkurangnya cahaya yang disebabkan tingginya sedimentasi bertanggungjawab terhadap rendahnya pertumbuhan karang *A. valenncienesi* di Sampela, Sulawesi. Faktor lain yang menyebabkan perbedaan tingkat kelangsungan hidup di dua kedalaman tersebut adalah bedanya jenis alga yang menyerang fragmen karang. *Dictyota* sp. menyerang dan menutupi fragmen karang di 10 m, sedangkan *Padina* sp. menutupi fragmen karang di 6 m. Alga di 10 m memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan alga yang menutupi fragmen karang di 6 m. Alga-alga kecil ini dapat menutupi seluruh polip dan tidak memberikan kesempatan kepada karang untuk bertahan, sementara alga berukuran besar hanya menutupi/membayangi karang sehingga karang tidak mendapat suplai cahaya yang cukup (McCook *et al.*, 2001).

Akan tetapi, sebenarnya agak sulit melihat efek dari material yang digunakan dalam penelitian ini terhadap tingkat kelangsungan hidup karang. Diduga faktor lingkungan lebih mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup karang. Yap dan Molina (2003) menyatakan faktor lingkungan seperti cahaya, sedimentasi, pengayaan nutrient, polusi dan pembangunan kawasan pesisir memiliki efek negatif terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang jika faktor-faktor tersebut melewati ambang batas. Karang memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi di perairan yang kualitasnya masih baik (Clark dan Edwards, 1995). Selain itu, sebagian besar penelitian mengenai transplantasi karang melaporkan faktor lingkungan lebih dominan dalam tingginya tingkat kematian fragmen transplan. Sebagai contoh, sedimentasi (Yap dan Gomez, 1985), gelombang (Clark dan Edwards, 1995), alga dan arus yang kuat (Yap *et al.*, 1998) dan kenaikan temperatur air laut (Yap, 2004). Dalam penelitian ini, banyaknya alga yang tumbuh di lokasi penelitian diduga disebabkan oleh tingginya kadar nutrien di perairan Kepulauan Seribu. Nutrien dapat memacu pertumbuhan alga dengan cepat. Nutrien ini bisa berasal dari pulau-pulau sekitar lokasi penelitian yang sebagian besar pulau berpenghuni ataupun dari Jakarta. Seperti halnya dilaporkan dalam berbagai studi, Jakarta merupakan salah satu sumber

utama nutrien dan polusi bagi Kepulauan Seribu melalui sungai yang bermuara di Teluk Jakarta. Kepulauan Seribu menerima masukan (run off) air tawar yang memiliki kandungan silika dan polutan yang tinggi dari 19 sungai yang mengalir di Jakarta (UNESCO, 2000). Jakarta juga ditengarai menjadi sumber utama sampah yang ditemukan di sepanjang garis pantai Kepulauan Seribu. Jumlah sampah ini meningkat dua kali lipat dalam sepuluh tahun (1985-1995) (Unepetty dan Evans, 1997; Willoughby *et al.*, 1997) dan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Selain itu alga-alga juga tidak memiliki kompetitor, yaitu ikan-ikan pemakan alga (herbivora), seperti adanya penangkapan ikan hias yang menangkap hampir semua ikan yang memiliki harga jual termasuk ikan herbivora menyebabkan jumlah ikan tersebut menurun drastis (Fadli, 2008).

Selain itu sedimentasi di perairan Kepulauan Seribu juga tinggi. Pada awal-awal penelitian, penulis mengamati adanya penambangan pasir dan pecahan karang di Gosong Pulau Semak daun. Pasir dan pecahan karang tersebut digunakan untuk mereklamasi Gosong Pulau Pramuka (Gambar 1). Kegiatan ini sebenarnya dilarang (ilegal) karena kawasan ini merupakan kawasan Taman Nasional Laut, akan tetapi tidak ada upaya larangan ataupun pencegahan dari pihak berwenang. Kegiatan ini diduga menyebabkan tingginya tingkat sedimentasi di perairan sekitar lokasi penelitian. Rachello-Dolmen dan Cleary (2007) juga mengindikasikan bahwa sedimentasi menjadi salah satu masalah yang semakin umum di perairan Pulau Seribu. Selama penelitiannya mereka menemukan karang dan organisme bentik lainnya sering tertutupi sedimen. Sedimentasi yang tinggi akan mengganggu pertumbuhan terumbu karang (McCook *et al.*, 2001).

KESEMPULAN DAN SARAN

Adanya beberapa jumlah fragmen karang yang hidup menandakan media ini potensial untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai media transplantasi. Dengan penelitian ini diharapkan media buatan akan menjadi lebih murah dan berasal dari bahan yang sudah tersedia didalam laut. Penelitian ini juga merupakan salah satu dari sedikit penelitian yang mencoba memanfaatkan *rubble* secara langsung sebagai media transplantasi karang. Tingkat kelangsungan hidup

yang rendah dalam penelitian ini lebih disebabkan oleh faktor lingkungan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan mencoba beberapa lokasi yang kondisi perairannya masih lebih baik dari kondisi perairan Kepulauan Seribu. Dengan kondisi perairan yang semakin menurun segala upaya rehabilitasi terumbu karang di Kepulauan Seribu akan menjadi pekerjaan yang sia-sia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan TERANGI, Idris, Elang Ekowisata, Dr Andreas Kunzmann (ZMT-Bremen) dan Dr Karen von Jutarzenka (ITK-IPB). Penelitian ini tidak akan dapat berjalan dengan baik tanpa bantuan, saran dan masukan mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- Auberson B. 1982. Coral transplantation: an approach to the reestablishment of damaged reefs. *Philippines Journal of Biology* 111, 158-172.
- Buddemeier RW, JA Kleypas and RB Aronson. 2004. *Coral Reefs & Global Climate Change*. Potential contributions of climate change to stresses on coral reef ecosystems. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, USA.
- Burke L, E Selig and M Spalding. 2002. *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute (WRI), Washington DC, USA.
- Cabaitan PC, ED Gomez and PM Alifio. 2008. Effects of coral transplantation and giant clam restocking on the structure of fish communities on degraded patch reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 357, 85-98.
- Clark S and AJ Edwards. 1995. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldives Islands. *Coral Reefs* 14, 201-213.
- Crabbe MJC and DJ Smith. 2005. Sediment impacts on growth rates of *Acropora* and *Porites* corals from fringing reefs of Sulawesi, Indonesia. *Coral Reefs* 24, 437-442.
- Diaz-Pulido G and LJ McCook. 2002. The fate of bleached corals: patterns and dynamics of algal recruitment. *Marine Ecology Progress Series* 232, 115-128.
- Djohani R. 1998. Abatement of Destructive Fishing Practices in Indonesia: Who Will Pay? in M. E. Hatzilos, A. J. Hooten, and M. Fodor, editors. *Coral reefs: challenges and opportunities for sustainable management*. *Proceedings of the 5th Annual World Bank Conference on Environmentally and Socially Sustainable Development*, 10-11 Oct. 1998, 25-29.
- Edwards AJ and S Clark. 1998. Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Marine Pollution Bulletin* 37, 474-487.
- Erdmann MV. 1998. Destructive fishing practices in the Pulau Seribu archipelago in S. Soemodihardjo, editor. *Proceedings of the Coral Reef Evaluation Workshop*, Pulau Seribu, Jakarta, Indonesia, October 1998. UNESCO, Indonesian Institute of Sciences LIPI, Research and Development Center for Oceanology: 84-89.
- Fadli N. 2008. Use of Modified Coral Rubble as Medium for Coral Transplantation. *Master Thesis*. ISATEC. University of Bremen, Bremen.
- Falkowski PG, PL Jokiel and RA Kinzie III. 1990. Irradiance and corals. In: Z Dubinsky (Ed.). *Ecosystems of the World IS*, 89-107. Coral Reefs. Elsevier Science, New York and Amsterdam.
- Fox HE and MV Erdmann. 2000. Fish yields from blast fishing in Indonesia. *Coral Reefs* 19, 114.
- Fox HE, PJ Mous, JS Pet, AH Muljadi and RL Caldwell. 2005. Experimental assessment of coral reef rehabilitation following blast fishing. *Conservation Biology* 19, 98-107.
- Fox HE and JS Pet 2001. Pilot study suggests viable options for reef restoration in Komodo National Park. *Coral Reefs* 20, 219-220.
- Fox HE, JS Pet and R Dahnri. 2001. Enhanced coral reef recovery after destructive fishing practices: initial results in Komodo National Park. *Indonesian Journal of Coastal and Marine Resources (Jurnal Pesisir dan Lautan)* 3, 36-44.
- Fox HE, JS Pet, R Dahuri and RL Caldwell. 2003. Recovery in rubble fields: long-term impacts of blast fishing. *Marine Pollution Bulletin* 46, 1024-1031.
- Freytag I. 2001. Growth and Mortality of *Acropora nobilis* Anthozoa: *Scleractinia* Fragments in Shallow Waters of the Seribu Islands, Indonesia, Using Different Attachment Methods. *Master Thesis*. ISATEC. University of Bremen, Bremen.
- Hixon MA. 1997. Effects of reef fishes on corals and algae. In: C Birkeland (Ed.). *Life and Death of Coral Reefs*, 230-246. Chapman & Hall, New York.
- Hughes TP. 1994. Catastrophes, phase shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265, 1547-1551.
- Lapointe BE, MM Littler and DS Littler. 1997. Macro algal overgrowth of fringing coral reefs at Discovery Bay, Jamaica: bottom-up versus top-down control. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium* 1, 927-932.
- Lee ET. 1992. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. Wiley, New York.
- Lindahl U. 2003. Coral reef rehabilitation through transplantation of staghorn corals: effects of artificial stabilization and mechanical damages. *Coral Reefs* 22, 217-223.
- McClanahan TR and NA Muthiga. 1988. Changes in Kenyan coral reef community structure and function due to exploitation. *Hydrobiologia* 166, 269-276.
- McCook LJ, J Jompa and G Diaz-Pulido. 2001. Competition between corals and algae on coral reefs: a review of available evidence and mechanisms. *Coral Reefs* 19, 400-417.
- MuBoz-Chagfn RF. 1997. Coral transplantation program in the Paraiso coral reef, Cozumel Island, Mexico. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium* 2, 2075-2078.
- Newman H and CS Chuan. 1994. Transplanting a coral reef: A Singapore community project. *Coastal Management in Tropical Asia* 3, 11-14.
- Nontji A. 2004. COREMAP Tahap I: upaya anak bangsa dalam penyelamat dan pemanfaatan lestari terumbu karang. Kantor Pengelola Program COREMAP. Pusat

- Penelitian Oseanografi. LIPI, Jakarta.
- Okubo N, H Taniguchi and T Motokawa. 2005. Successful methods for transplanting fragments of *Acropora formosa* and *Acropora hyacinthus*. *Coral Reefs* 24, 333-342.
- Rachello-Dolmen PG and DFR Cleary. 2007. Relating coral species traits to environmental conditions in the Jakarta Bay/Pulau Seribu reef system, Indonesia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73, 816-826.
- Raymundo LJ, AP Maypa, ED Gomez and P Cadiz. 2007. Can dynamite-blasted reefs recover? a novel, low-tech approach to stimulating natural recovery in fish and coral populations. *Marine Pollution Bulletin* 54, 1009-1019.
- Rees JG, D Setiapermana, VA Sharp, JM Weeks and TM Williams. 1999. Evaluation of the impacts of land-based contaminants on the benthic faunas of Jakarta Bay, Indonesia. *Oceanologica Acta* 22, 627-640.
- Rinkevich B. 2005. Conservation of coral reefs through active restoration measures: recent approaches and last decade progress. *Environmental Science Technology* 39, 4333-4342.
- Rogers CS. 1990. Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series* 62, 185-202.
- Schuhmacher H, P van Treck, M Eisingert and M Paster. 2000. Transplantation of coral fragments from ship groundings on electrochemically formed reef structure. *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium* 2:983-990.
- Spalding MD, C Ravilious and EP Green. 2001. *World atlas of coral reefs*. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA. 424 pp.
- Tomascik T, AJ Mañ, A Nontji and MK Moosa, editors. 1997. *The ecology of the Indonesian seas, Part One and Two*. Periplus Editions HK Ltd, 1388 pp.
- Unepetty PA and SM Evans. 1997. Accumulation of beach litter on islands of the Pulau Seribu archipelago, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 34, 652-655.
- UNESCO. 2000. *Reducing megacity impacts on the coastal environment: Alternative livelihoods and waste management in Jakarta and the Seribu Islands*. Coastal Region and Small Island Papers 6, UNESCO, Paris. 59 pp.
- Veron JEN. 1995. *Coral reefs of the world*. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Wells SM. 1982. International trade in ornamental coral and shells. *Proceedings of the 4th International Coral Reef Symposium* 1: 323-330.
- Wells SM and AC Alcalá. 1987. Collecting of corals and shells in B. Salvat, editor. *Human Impacts on Coral Reefs: Facts and Recommendations*. Antenne Museum, École Pratique des Hautes Études, French Polynesia: 13-18.
- Wilkinson CR. 2004.** *Status of coral reefs of the world: 2004*. Global Coral Reef Monitoring Network GCRMN, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia. 557 pp.
- Willoughby NG. 1986. Man made litter on the shores of the Thousand Islands archipelago. *Marine Pollution Bulletin* 17, 224-228.
- Willoughby NG, H Sangkoyo and BO Lakaserus. 1997. Beach Litter: an increasing and changing problem for Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 34, 469-478.
- Wittenberg M and W Hunte. 1992. Effects of eutrophication and sedimentation on juvenile corals. I. Abundance, mortality and community structure. *Marine Biology* 112, 131-138.
- Yap HT. 2004. Differential survival of coral transplants on various substrates under elevated water temperature. *Marine Pollution Bulletin* 49, 306-312.
- Yap HT, RM Alvarez, HM Custodio III and RM Dizon. 1998. Physiological and ecological aspects of coral transplantation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 229, 69-84.
- Yap HT and ED Gomez. 1985. Growth of *Acropora pulchra*. III. Preliminary observations on the effects of transplantation and sediment on the growth and survival of transplants. *Marine Biology* 87, 203- 209.
- Yap HT and RA Molina. 2003. Comparison of coral growth and survival under enclosed, semi-natural conditions and in the field. *Marine Pollution Bulletin* 46, 858-864.
- Yap HT. 2004. Differential survival of coral transplants on various substrates under elevated water temperature. *Marine Pollution Bulletin* 49:306-312.