

## PERTUMBUHAN KARANG

oleh

Suharsono<sup>1)</sup>

### ABSTRACT

**THE CORAL GROWTH.** *Calcification rates in the ramose corals tend to decrease systematically from maximum in the apical polyps to much lower rates in the lateral and basal branches corallite. Branching corals show much higher growth rates than the massive corals. The decrease in the growth of reef building coral with the increase in colony diameter is the result of physiological senescence.*

*The calcification rate of corals is directly correlated with light intensity, that is very high during bright sunlight. This is clearly seen in the hermatypic corals hosting symbiotic dinoflagellate, zooxanthellae. Corals without zooxanthellae show lower calcification rate compared to those hosting zooxanthellae although the latter receive lesser sunlight. Therefore, zooxanthellae play important role in the process of calcification.*

*The production of  $\text{CaCO}_3$  on the reef is  $206 \pm 10^6$  g/yr and removal from the reef is  $123 \pm 7 \times 10^6$  g/yr. The  $\text{CaCO}_3$  removal is due to grazing by organism such as worm, gastropod, parrotfish and sea urchin. Total production of  $\text{CaCO}_3$  on the reef is  $163 \times 10^6$  g/yr and its production rate per unit surface area (excluding loose sediment) is  $9 \text{ kg/m}^2/\text{yr}$ .*

### PENDAHULUAN

Semua organisme hidup mengalami tumbuh dan berkembang. Tumbuh mempunyai arti yang berlainan bagi organisme yang berbeda. Sebagai contoh, arti tumbuh bagi hewan rendah akan berlainan dengan hewan tinggi. Sangat sulit untuk mendefinisikan kata tumbuh yang dapat mencakup untuk semua organisme hidup. Menurut BUDDEMEIER (1978) tumbuh bagi karang kurang lebih dapat diartikan sebagai perubahan massa per satuan waktu, perubahan volume per satuan waktu, perubahan area permukaan per satuan waktu. Semua perubahan ini bersifat "irreversible" (tidak kembali) atau tidak menyusut.

Sudah sejak tahun 1910 para peneliti mempelajari pertumbuhan karang. Metode untuk mempelajari pertumbuhan karang berkembang sejalan dengan kemajuan teknologi. Mula-mula para peneliti mengembang-

kan metode alizarin dan penimbangan untuk mempelajari pertumbuhan karang yang berdasar pada prinsip penambahan massa dan volume yang sejalan dengan bertambahnya waktu. Penambahan massa pada karang berarti bertambahnya kapur sebagai kerangka dan jumlah individu di dalam koloni. Oleh karena adanya hewan-hewan yang hidup bersama dengan karang, bahkan ada yang membuat lubang pada kerangkanya maka metode ini dianggap kurang sempurna. Proses kalsifikasi karang adalah sangat kompleks dan dinamis, semua bahan kerangka bergerak dibawah kontrol dari luar seperti suhu dan cahaya. Maka dikembangkan metode penggunaan  $\text{Ca}_{45}\text{Cl}_2$  yang radioaktif untuk menelusuri proses dan kecepatan pengendapan  $\text{CaCO}_3$ . Kecepatan dan jumlah  $\text{CaCO}_3$  yang didepositkan bervariasi dari waktu ke waktu, sejalan dengan adanya perubahan musim, siklus bulan dan matahari.

1) Pusat Penelitian Biologi Laut, Lembaga Oseanologi Nasional - LIPI, Jakarta.



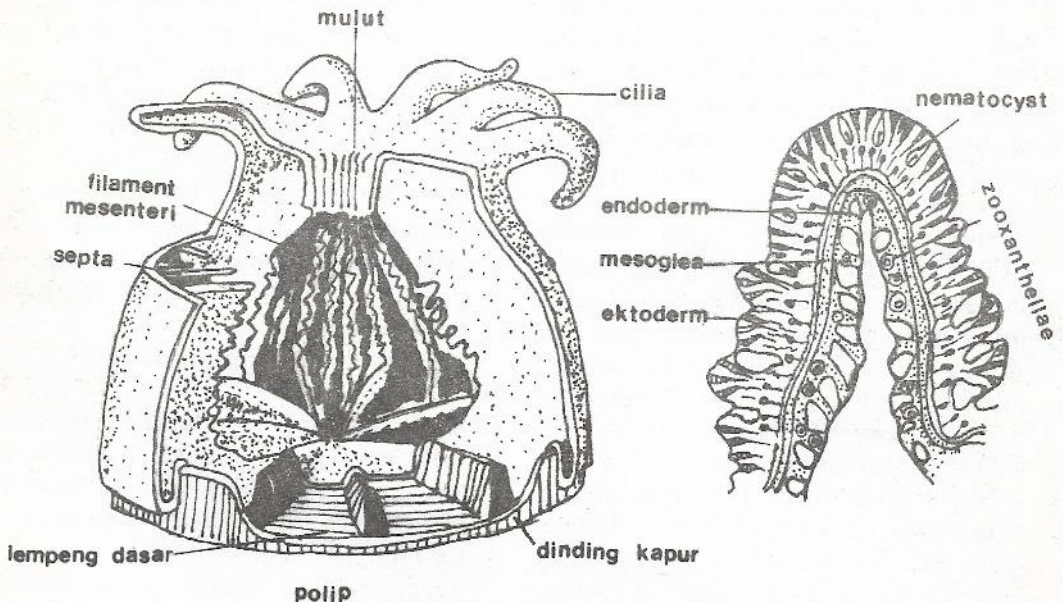
Akibatnya terjadi perbedaan densitas pengendapan seperti halnya adanya lingkaran tahun yang terdapat pada tumbuhan. Dari perbedaan densitas pengendapan  $\text{CaCO}_3$  maka dikembangkan metode X-radiograph untuk menentukan kecepatan tumbuh karang.

### ANATOMI POLIP KARANG DAN KERANGKA KAPUR

Karang termasuk filum Coelenterata. Individu karang atau biasa disebut polip karang, terdiri dari bagian lunak dan bagian keras yang berbentuk kerangka kapur. Polip karang adalah hewan sederhana yang berbentuk seperti tabung (Gambar 1). Mulut terletak di bagian atas yang sekaligus berfungsi sebagai anus. Makanan yang masuk akan dicerna oleh *filament mesentery* dan sisa makanan dikeluarkan melalui mulut. Jaringan karang terdiri dari *ektoderm*, *mesoglea*, dan *endoderm*. Ektoderm merupakan jaringan terluar dan di dalam jaringan ini dapat dijumpai adanya *cilia* (bulu halus),

kantong *mucus* (lendir) dan sejumlah *nematocyst*. *Mesoglea* adalah jaringan yang mendekati homogen seperti jelly, terletak di antara *ektoderm* dan *endoderm*. *Endoderm* adalah jaringan yang terletak pada bagian yang paling dalam. Sebagian besar terisi oleh *zooxanthella*. *Zooxanthella* ini merupakan algae uniseluler, berwarna kuning coklat, dan hidup sebagai simbion karang.

Bagian yang keras berupa kerangka kapur, terdiri dari lempeng dasar yang tipis, dan disebut "basal plate". Dari lempeng dasar muncul lempeng-lempeng yang berdiri tegak secara radial dan disebut *septa*. Masing-masing *septa* dihubungkan oleh lempengan yang melingkar yang disebut *theca* atau dinding. Penyusun kerangka ini terdiri dari serat kristalin atau butir-butir aragonit  $\text{CaCO}_3$  yang mempunyai diameter dua mikron. Secara umum bentuk dasar kerangka kapur semua jenis karang adalah sama. Perbedaan pengendapan  $\text{CaCO}_3$  dan adanya faktor genetik memberikan bentuk-bentuk yang karakteristik pada masing-masing jenis karang.



Gambar 1. Anatomi polip karang (WELLS 1956).



Kerangka kapur tidak merupakan massa yang padat tetapi merupakan jaringan sangat kompleks yang saling tumpang tindih. Kerangka ini dapat berupa lemella-lamella yang kalkarius dengan ruang antara di antara lamella-lamella (lempengan) tersebut. Struktur mineral disusun sebagai kristal-kristal aragonit, sedang jaringan yang hidup terletak di luar massa kerangka kapur. Penelitian menunjukkan bahwa polip karang yang kelaparan dapat terlepas dengan sendirinya secara komplit dari korallum. Di dalam keadaan ini polip dapat tetap hidup untuk beberapa minggu, tetapi tidak ada tanda-tanda adanya pembentukan kerangka kapur kembali. Walaupun demikian mereka dapat mencerna makanan secara normal (GOREAU unpublsh). ODUM & ODUM (1955) memperkirakan porositas dari kerangka kapur berkisar antara 7 - 38% dari total  $\text{CaCO}_3$ . Di samping kalsium, unsur-unsur Sr, U, Ba, Cu, B, Li dan Zn secara umum selalu ada di dalam kerangka karang. Zat-zat ini mungkin didepositkan bersama-sama dengan Ca selama kalsifikasi. Unsur pada berbagai jenis karang jumlahnya bervariasi. Besar kecilnya kandungan unsur mempunyai hubungan sangat erat dengan perubahan lingkungan alami, seperti komposisi air, suhu, dan salinitas dimana karang itu hidup (LIVINGSTON & GEOFEREY 1971).

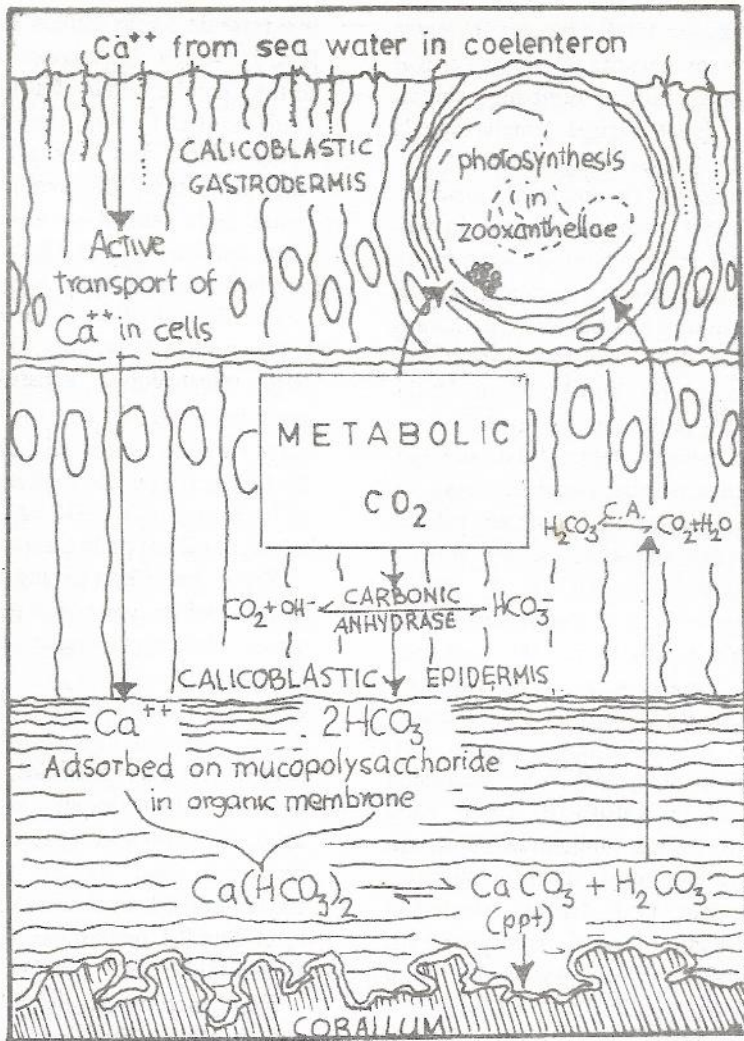
### PROSES KALSIFIKASI DAN PRODUKSI KAPUR TERUMBU KARANG

Proses kalsifikasi sebenarnya adalah proses mineralisasi yang terjadi di luar kalikoblas epidermis. Bahan utama yang digunakan untuk proses kalsifikasi sebenarnya merupakan suatu hasil metabolisme yang disekresikan, dan terdiri dari beberapa substansi mucopolysacharida. Adanya bahan organik ini memungkinkan karang mengikat kalsium dari air laut. Selanjutnya kalsium dipindahkan melalui dinding tubuh ke permukaan eksternal kalikoblas. Di laut, kalsi-

um tersedia dalam jumlah yang tak terbatas sehingga tidak merupakan faktor pembatas untuk pembentukan  $\text{CaCO}_3$ . Kecepatan pembentukan  $\text{CaCO}_3$ , yang merupakan komponen utama dari kerangka karang, tergantung pada kecepatan pemindahan asam karbonat pada tempat kalsifikasi. Pemindahan asam karbonat dapat dilakukan oleh enzim "carbonic anhydrase". Adanya penghambat "carbonic anhydrase" dapat menyebabkan berkurangnya kecepatan kalsifikasi oleh karena terganggunya efisiensi pemindahan asam karbonat. Di samping itu pemindahan asam karbonat dapat dilakukan melalui proses fiksasi  $\text{CO}_2$  oleh zooxanthella pada waktu berfotosintesis (GOREAU 1959). Proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Proses kalsifikasi karang sangat kompleks. Semua bahan yang didepositkan bergerak melalui beberapa tingkat kontrol metabolik yang saling berkaitan, sehingga terjadi kesesuaian antara pengambilan dan pengendapan. Adanya kontrol metabolik menyebabkan proses kalsifikasi ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan seperti cahaya dan suhu. Akibatnya kecepatan kalsifikasi sangat bervariasi dari tahun ke tahun, serta terjadi perbedaan densitas pengendapan dengan kondisi lingkungan yang berpengaruh selama tahun itu.

Peranan zooxanthella dalam kalsifikasi sangat penting. Jika zooxanthella dicegah untuk tidak melakukan fotosintesa atau dipindahkan dari jaringan karang maka reaksi pembentukan  $\text{CaCO}_3$  menjadi sangat lambat. Untuk membuktikan bahwa karang tanpa zooxanthella mempunyai kecepatan kalsifikasi yang lebih rendah maka zooxanthella dikeluarkan dari jaringan karang. Cara mengeluarkan zooxanthella dari jaringan karang adalah dengan menempatkan koloni karang dalam akuarium tanpa diberi cahaya selama dua bulan. Air laut dipompakan ke dalam akuarium secara terus menerus. Dalam waktu dua bulan warna koloni karang akan berubah dari warna coklat tua menjadi putih, karena zooxanthella telah



Gambar 2. Proses kalsifikasi yang terjadi didalam dinding karang (GOREAU 1959:).

keluar dari jaringan karang. Ternyata karang dengan jumlah zooxanthella normal mempunyai kecepatan kalsifikasi kira-kira 19 kali lebih besar daripada karang yang tanpa zooxanthella (GOREAU & GOREAU 1959). Koloni karang dengan zooxanthella masih dapat mengadakan kalsifikasi yang lebih cepat di dalam gelap daripada koloni tanpa zooxanthella dalam keadaan ada cahaya. Peranan zooxanthella di dalam mekanisme kalsifikasi adalah dalam memindahkan

hasil buangan yang dihasilkan oleh karang seperti CO<sub>2</sub>, nitrogen, fosfor, dan sulfur. Dengan adanya pemindahan zat-zat ini, kecepatan metabolisme karang meningkat.

Dalam ekosistem terumbu karang tidak hanya karang sendiri yang memproduksi CaCO<sub>3</sub>. Berbagai jenis hewan dan tumbuhan seperti coralline Algae, Moluska, Echinodermata dan hewan lainnya membentuk cangkang dari CaCO<sub>3</sub>. SCOFFIN *et al.* (1980) telah melakukan pengukuran produksi CaCO<sub>3</sub>



di pantai Barbados. Produksi  $\text{CaCO}_3$  di terumbu karang diperkirakan  $206 \pm 10 \times 10^6$  g/th dan bersamaan dengan diproduksinya  $\text{CaCO}_3$  itu terjadi juga pemindahan  $\text{CaCO}_3$  dari terumbu karang sebesar  $123 \pm 7 \times 10^6$  g/th. Pemindahan ini disebabkan oleh karena adanya hewan-hewan yang hidup bersama dengan karang dan membuat rumah di dalam kerangka karang. Hewan dan tumbuhan ini termasuk gastropod, cacing, bulu babi, ikan kakatua, keong, kerang, sponge, crustacea dan lain-lainnya. Produksi total  $\text{CaCO}_3$  dari suatu terumbu karang diperkirakan sebesar  $163 \times 10^6$  g/th dan kecepatan per satuan area permukaan dari terumbu karang (tidak termasuk sediment yang hilang) adalah  $9 \text{ kg/m}^2/\text{th}$ . Yang menjadi pertanyaan apakah produksi  $\text{CaCO}_3$  ini juga berlaku untuk semua daerah terumbu karang. Terlepas dari pertanyaan di atas paling tidak kita telah mempunyai suatu gambaran untuk dapat mengira-irakan berapa potensi  $\text{CaCO}_3$  sumberdaya karang di Indonesia.

### LAJU PERTUMBUHAN

Kecepatan tumbuh karang bercabang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan karang masif. Karang dari marga *Acropora* mempunyai kecepatan tumbuh yang lebih besar jika dibandingkan dengan karang masif seperti *Favites* dan *Goniastrea*. Perbedaan kecepatan tumbuh karang bercabang dan karang masif diduga karena adanya perbedaan dalam besarnya rasio antara kerangka dan jaringan karang. Jumlah jaringan karang *Acropora* adalah 2% dari berat total sedangkan *Goniastrea* hanya 0,5%. Kecepatan metabolisme karang masif seperti *Goniastrea* ternyata juga lebih rendah (DREW 1973). Kecepatan kalsifikasi yang tertinggi ditemukan pada ujung cabang atau pada karang yang "ramose". Pada karang bercabang atau "ramose" kecepatan kalsifikasi cenderung berkurang secara sistematis dari titik paling ujung ke

arah pangkal. Di bagian tengah relatif lambat dan yang terendah terdapat di bagian pangkal (GOREAU & GOREAU 1959). Kecepatan tumbuh karang berkurang sejalan dengan bertambahnya ukuran diameter koloni. Hal ini terlihat sangat nyata pada karang yang mempunyai bentuk masif. Sebab-sebab terjadinya pengurangan kecepatan kalsifikasi dengan bertambahnya diameter dan umur tidak diketahui dengan pasti. Tetapi diduga sebagai hasil proses penuaan dan adanya pembatasan area pertumbuhan. Mula mula pengurangan jumlah zooxanthella yang diduga mempengaruhi kecepatan kalsifikasi dengan bertambahnya ukuran koloni. Tetapi tidak terbukti bahwa jumlah zooxanthella berkurang dengan bertambahnya ukuran koloni atau bertambahnya umur karang. Bahkan hal kebalikan yang terlihat, koloni karang yang kecil mempunyai jumlah zooxanthella per unit berat lebih sedikit daripada koloni yang tua dan besar.

*Acropora cervicornis* mungkin merupakan jenis yang tidak mengalami pengurangan kecepatan tumbuh dengan bertambahnya ukuran koloni dan umur. Pertumbuhan karang ini hampir terjadi di setiap ujung cabang, tetapi ujung cabang apical mempunyai kecepatan tumbuh yang lebih besar daripada cabang lateral (GOREAU & GOREAU 1959). Pengamatan pendahuluan penulis pada karang yang dipotong bagian ujungnya, menunjukkan bahwa regenerasi berjalan sangat cepat pada minggu kedua dan menurun pada minggu ke empat. Di dalam karang masif yang membulat, area pertumbuhan terjadi sebagai fungsi pangkat dua jari-jari. Sedang volume bertambah sebagai fungsi pangkat tiga jari-jari. Kecepatan kalsifikasi dari koloni kecil dapat mencapai  $\pm 76$  kali lebih besar daripada koloni yang besar (GOREAU & GOREAU 1960). Kecepatan tumbuh karang bervariasi tergantung dari jenisnya, tempat tumbuh dan faktor lainnya. Beberapa jenis karang yang telah diteliti dan diketahui kecepatan tumbuhnya disajikan pada Tabel 1.



Tabel 1. Kecepatan tumbuh berbagai jenis karang masif  
(BUUDEMEIER & MARAGOS 1974).

No.	Jenis	Kedalaman (m)	Kecepatan tumbuh mm/th.
1.	<i>Astreopora myriophthalma</i> LAMARCK	7	7,5
2.	<i>Astreopora myriophthalma</i> LAMARCK	7	13
3.	<i>Platygyra lamellina</i> (EHRENBERG)	7	7,5
4.	<i>Favia speciosa</i> DANA	7	5,6
5.	<i>Platygyra lamellina</i> (EHRENBERG)	7	8
6.	<i>Porites lobata</i> DANA	7	7,8
7.	<i>Platygyra lamellina</i> (EHRENBERG)	7	6,7
8.	<i>Favia speciosa</i> DANA	7	5 - 6,5
9.	<i>Favia speciosa</i> DANA	7	7
10.	<i>Oulophyllia aspera</i> QUELCH	7	22
11.	<i>Porites lobata</i> DANA	7	10
12.	<i>Favia speciosa</i> DANA	3	4,6
13.	<i>Goniastrea retiformis</i> (LAMARCK)	4	7,8
14.	<i>Porites lutea</i> (M.ED. & HAIME)	4	13,5
15.	<i>Psammocora togianensis</i> UMBGROVE	3	29
16.	<i>Goniastrea parvistella</i> DANA	5	12,5
17.	<i>Porites lobata</i> DANA	8	11,5
18.	<i>Porites lutea</i> (M.ED. & HAIME)	10	11,0
19.	<i>Porites lutea</i> (M.ED. & HAIME)	25	4 - 9
20.	<i>Porites lutea</i> (M.ED. & HAIME)	25	4 - 6,5
21.	<i>Porites lutea</i> (M.ED. & HAIME)	30	5
22.	<i>Goniastrea parvistella</i> DANA	30	10
23.	<i>Hydnophora microconos</i> (LAMARCK)	5	11,5
24.	<i>Porites lutea</i> (M.ED. & HAIME)	3	12 - 13,5
25.	<i>Favia speciosa</i> DANA	6,5	6
26.	<i>Favia speciosa</i> DANA	6,5	5
27.	<i>Oulophyllia aspera</i> QUELCH	6,5	20
28.	<i>Astreopora myriophthalma</i> LAMARCK	18	5 - 5,5
29.	<i>Goniastrea retiformis</i> (LAMARCK)	10	6
30.	<i>Porites lobata</i> DANA	18	5 - 6
31.	<i>Psammocora togianensis</i> UMBGROVE	3	30
32.	<i>Favia speciosa</i> DANA	8	4,5
33.	<i>Favia speciosa</i> DANA	8 - 9	5,5 - 6,0
34.	<i>Favia speciosa</i> DANA	10	8,5
35.	<i>Favia speciosa</i> DANA	11 - 12	6,3
36.	<i>Fungia fungites</i> DANA	8	10 - 12

## KERAGAMAN POLA PERTUMBUHAN

FOSTER (1980) meneliti perbedaan pertumbuhan berbagai jenis karang. Adanya perbedaan pertumbuhan pada karang menyebabkan terjadinya morfologi yang berbeda-beda. Suatu jenis karang dari marga yang sama dapat mempunyai bentuk pertumbuh-

an yang berbeda-beda. Misalnya *Montipora* ada yang mempunyai pertumbuhan bercabang, merayap, atau melebar menyerupai bentuk daun. Sedang *Porites* mempunyai bentuk pertumbuhan yang paling lengkap. Faktor genetik bertanggung jawab terhadap keragaman morfologi koloni, tetapi diduga bahwa pengaruh lingkungan mempunyai

andil yang lebih besar dalam mempengaruhi keragaman bentuk koloni karang. Secara umum keragaman pertumbuhan berhubungan dengan adanya intensitas cahaya dan tersedianya bahan makanan secara terus menerus. Karang ternyata mempunyai kemampuan beradaptasi yang sangat baik terhadap tipe makanan dimana dia hidup. Karang akan menjadi karnivora yang sangat efisien di daerah air keruh yang relatif kaya akan zooplankton, tetapi bersifat ototrofik di perairan yang jernih. Karang juga mempunyai kecepatan adaptasi yang sangat baik terhadap perubahan kondisi lingkungan. Cara memperoleh energi yang dipergunakan untuk pertumbuhan, reproduksi dan metabolisme akan memberi perbedaan morfologi yang karakteristik. Masing-masing jenis karang mempunyai respon yang spesifik terhadap lingkungan. Satu jenis yang sama tetapi menempati area yang berbeda akan mempunyai morfologi koloni yang berbeda. Perbedaan dari masing-masing jenis dapat meliputi ukuran, bentuk percabangan, jarak antara corallit satu dengan lainnya, jumlah septa, tebal tipis collumella dan porositas coenostum. Semua perbedaan ini pada akhirnya akan mempengaruhi bentuk koloni secara keseluruhan. Perbedaan tempat hidup, kondisi lingkungan serta bertambahnya kedalaman merupakan faktor yang mempengaruhi morfologi oleh karena adanya perbedaan tempat hidup. Pengaruh lingkungan tersebut pada marga *Acropora* sering menimbulkan banyak kesulitan dalam taksonomi.

Karang mempunyai sifat yang sangat unik yaitu perpaduan antara sifat hewan dan tumbuhan, arah pertumbuhan selalu bersifat fototropik positif yaitu selalu mengarah ke atas dan menuju matahari. Hal ini terjadi oleh karena karang yang bersifat hermatipik. Ia selalu membutuhkan cahaya matahari untuk pertumbuhannya sehubungan dengan adanya zooxanthella di dalam jaringannya. Pada pengamatan di lapangan akan terlihat bahwa karang yang roboh akan membentuk tunas baru yang menuju

ke atas. Begitu pula karang yang tumbuh pada substrat yang miring atau tegak maka pertumbuhannya akan menuju ke atas. Bagaimana halnya dengan karang ahermatipik atau karang jenis lain seperti *Dendrophyllia* yang tidak mempunyai zooxanthella mengapa kesemuanya juga tumbuh mengarah ke atas. Hal ini mungkin disebabkan di samping karang mempunyai sifat fototropik positif ia juga bersifat geotropik negatif. Hal yang tidak kalah menarik adalah jika dilakukan pemotongan pada ujung cabang utama yang berdiri tegak, maka tunas yang tumbuh akan berada pada ujung cabang apical yang terpotong tersebut. Tunas yang berada di bagian lateral tidak tumbuh. Apabila pemotongan dilakukan pada ujung-ujung cabang yang mempunyai posisi miring atau mendatar maka tunas lateral yang mempunyai posisi di atas akan segera tumbuh membesar. Yang menjadi pertanyaan adalah mekanisme apa yang mengatur semua gerak pertumbuhan karang. Di dalam tumbuhan semua arah pertumbuhan —akar, bunga, dan buah— dikontrol oleh hormon auksin. Mungkinkah gerak tumbuh karang dan pembentukan tunas karang juga dikontrol oleh sesuatu aktifitas metabolik seperti halnya yang terjadi pada tumbuhan ?

#### MANFAAT MEMPELAJARI PERTUMBUHAN

Mengetahui kecepatan tumbuh karang di suatu daerah penting artinya, untuk dapat menentukan besarnya sumber daya karang yang dapat diambil secara maksimal dan terus menerus tanpa harus merusak sumberdaya itu sendiri. Dengan mengetahui produksi karang diharapkan pengambilan karang yang melebihi daya dukung lingkungan dapat dihindarkan. Hal ini sangat penting dalam usaha pelestarian sumberdaya karang. Walaupun pertumbuhan karang relatif lambat, tetapi perlu juga diperhitungkan, setelah berapa tahun suatu peta batimetrik harus diperbaiki.



#### DAFTAR PUSTAKA

- BUDDEMEIR, R.W. 1978. Coral growth retrospective analysis. *Dalam* : Coral reefs research methods. (STODDART, D.R. dan R.E. JOHANNES, *ed*). Unesco - Paris : 551 - 571.
- BUDDEMEIR, R.W. dan J.E. MARAGOS 1974. Radiographic studies of reef coral exoskeletons : Rates and patterns of coral growth. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 14 : 179 - 200.
- DREW, E.A. 1973. The biology and physiology of algae invertebrates symbioses, III. in situ measurement of photosynthesis and calcification in some hermatypic corals. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 13 : 165 - 179.
- FOSTER A.B. 1980. Environmental variation in skeletal morphology within the caribbean reef corals *Montastrea annularis* and *Siderastrea siderea*. *Bull. Mar. Sci.* 30 (3) : 678 - 709.
- GOREAU., T.F. 1959a. The physiology of skeleton formation in corals I. A method for measuring the rate of calcium deposition by corals under different conditions. *Biol. Bul.* 116 : 59 - 79.
- GOREAU, T.F. dan N.I. GOREAU 1959. The physiology of skeleton formation in corals. II. Calcium deposition by hermatypic corals under variation conditions on the reef. *Biol. Bul.* 117 : 239 - 250.
- GOREAU, T.F. dan N.I. GOREAU 1960. The physiology of skeleton formation in corals. III. Calcification rate as function of colony weight and total nitrogen content in reef corals *Manicina areolata* (LINNAEUS). *Biol. Bull.* 118 : 419 - 429.
- LIVINGSTON, H.D. dan G. THOMPSON 1971. Trace element concentrations in some modern corals. *Limnol. Oceanogr.* 16 : 786 - 796.
- ODUM, H.T., dan E.P. ODUM 1955. Trophic structure and productivity of windward coral reef community on Eniwetol Atoll. *Ecol. Monogr.* 25 : 291 - 320.
- SCOFFIN, T.P., C.W. STEARN., D. BOUCHER., P. FRYDL., C.M. HAWKINS., I.G. HUNTER., dan J.K. Mac GEACHY 1980. Calcium carbonate budget of a fringing reef on the west coast of Barbados. *Bull. Mar. Sci.* 30 (2) : 475 - 508.
- WELLS, J.W. 1956. Scleractinia. *In* : Treatise on Invertebrate Palaeontology. Part F. Coelenterate (Moore *ed.*) : F 328 - F 478. Geological Society of America and Kansas Press.