

Kajian Pertumbuhan Karang Bercabang *Acropora formosa* (DANA 1846) Di Perairan Semenanjung Malaysia

Loke, Hai Xin

Published: 30/11/2013

Document Version:
Other version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Loke, H. X. (2013, Nov 30). Kajian Pertumbuhan Karang Bercabang *Acropora formosa* (DANA 1846) Di Perairan Semenanjung Malaysia. National University of Malaysia.

General rights

Copyright and intellectual property rights for the publications made accessible in HKBU Scholars are retained by the authors and/or other copyright owners. In addition to the restrictions prescribed by the Copyright Ordinance of Hong Kong, all users and readers must also observe the following terms of use:

- Users may download and print one copy of any publication from HKBU Scholars for the purpose of private study or research
- Users cannot further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- To share publications in HKBU Scholars with others, users are welcome to freely distribute the permanent publication URLs

KAJIAN PERTUMBUHAN KARANG BERCABANG *Acopora formosa* (DANA 1846) DI
PERAIRAN SEMENANJUNG MALAYSIA

LOKE HAI XIN

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEH IJAZAH
SARJANA SAINS

FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2013

PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

19 Julai 2013

LOKE HAI XIN
P 61014

PENGHARGAAN

Penulis ingin bersyukur penulisan tesis ini dapat disempurnakan dalam tempoh pengajian dengan bantuan daripada pelbagai pihak yang ihsan. Ucapan penghargaan yang tertinggi kepada dua pensyarah Universiti Kebangsaan Malaysia, iaitu Profesor Madya Dr. Zaidi Che Cob sebagai penyelia utama dan En. Kee Alfian Abdul Adzis sebagai penyelia bersama pertama. Ribuan terima kasih atas kerelaan mereka untuk menerima tugas penyeliaan kajian ini, serta seliaan mereka yang diberi dalam pengajaran teknikal dan nasihat emas kepada penulis.

Penghargaan ikhlas seterusnya kepada En. Julian Hyde, iaitu pengurus besar organisasi Reef Check Malaysia (RCM) yang sudi menjadi penyelia bersama kedua kajian ini. Beliau telah banyak membantu kajian ini dengan menajakan kos setiap kali persampelan kajian ini, serta mengaturkan jadual persampelan tapak dan bantuan tenaga kerja daripada kakitangan RCM. Oleh itu, ribuan terima kasih juga diucapkan kepada kakitangan RCM, En. Alvin Cheliah dan Cik. Chen Sue Yee, atas iringan dan bantuan tenaga kerja mereka semasa di tapak kajian.

Di samping itu, penulis amat menghargai bantuan daripada pembantu makmal UKM En. Shamsul Bahar Ahmad dalam penyediaan alat kelengkapan SCUBA untuk digunakan dalam kajian ini. Selain itu, ucapan terima kasih kepada En. Shahrul serta rakan-rakan pelajar UKM lain yang turut banyak kali membantu kerja persampelan. Penghargaan juga ditujukan terhadap sumbangan bantuan kewangan untuk sebahagian kajian ini daripada UKM Grant: AP -2012-013 oleh Profesor Madya Dr. Zaidi Che Cob dan FRGS Grant: UKM-ST-06-FRGS0246-2010 oleh En. Kee Alfian Abdul Adzis.

Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada ahli keluarga saya yang memberi banyak kesayangan, galakan dan sokongan yang ikhlas sepanjang masa ini.

Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Acropora formosa (Dana 1846) adalah salah satu karang pembina terumbu yang dominan dan biasa ditemui di perairan Malaysia. Ia adalah spesies yang mempunyai kadar tumbesaran yang agak tinggi namun kajian mengenainya di perairan Malaysia masih kurang. Tujuan utama kajian ini adalah untuk melihat kadar pertumbuhannya di dalam dua keadaan berbeza, iaitu di habitat terumbu semulajadi dan di tapak semaian. Kajian pertumbuhan karang di habitat semulajadi dijalankan di dua lokasi dengan keadaan persekitaran berbeza iaitu Pulau Pulau Pangkor, Perak dan Pulau Tioman, Pahang. Manakala, kajian pertumbuhan karang di tapak semaian hanya dilakukan di Pulau Tioman, iaitu di perairan Tekek dan Air Batang. Untuk kedua-dua kajian tersebut, aspek tumbesaran yang disiasat adalah pertumbuhan lanjutan, penjanaan cabang proto (*proto-branch*), dan peratus kemandirian. Kajian di perairan terumbu semulajadi mendapati *A. formosa* di Pulau Pangkor menunjukkan kadar pertumbuhan yang lebih baik walaupun perairannya lebih keruh. Sampel semulajadi Pulau Pangkor mencatatkan purata pertumbuhan lanjutan setinggi 0.75 ± 0.52 cm/bulan dan kadar penjanaan cabang proto $> 50\%$, berbanding pertumbuhan 0.42 ± 0.41 cm/bulan dan penjanaan cabang proto $< 20\%$ di Pulau Tioman. Walau bagaimanapun, sampel terumbu semulajadi di Pulau Tioman mencatatkan kadar kemandirian yang lebih tinggi iaitu 100% berbanding sampel di Pulau Pangkor yang mencatatkan 85% kemandirian pada akhir kajian. Kajian pertumbuhan karang di tapak semaian pula mendapati tapak semaian Tekek menunjukkan kadar pertumbuhan yang lebih baik dalam ketiga-tiga aspek tumbesaran, berbanding tapak semaian Air Batang. Sebagai rumusan, karang *A. formosa* menunjukkan kadar tumbesaran yang tinggi di terumbu semulajadi, dan kejayaan penggunaannya di tapak semaian yang memuaskan. Ini merumuskan yang karang *A. formosa* mempunyai potensi yang tinggi dalam pemulihan terumbu karang, dan kebarangkalian kejayaan tinggi dalam program pindah tanam (*transplanting*) karang.

GROWTH STUDY OF BRANCHING CORAL *Acropora formosa* (DANA 1846) IN PENINSULAR MALAYSIA WATERS

ABSTRACT

Acropora formosa (Dana 1846) is one of the dominant reef building coral and is commonly found in Malaysian waters. It is a species with a relatively high growth rates but the study is still lacking in Malaysian waters. The main purpose of this study is to look at its growth rates in two different conditions, which were in natural reef habitats and in nurseries. The coral growth studies in natural habitat were conducted at two locations with different environmental conditions, namely Pulau Pangkor, Perak and Pulau Tioman, Pahang. Meanwhile, the coral growth studies in the nursery were only conducted at Pulau Tioman, which was in Tekek and Air Batang waters. For both studies, the growth aspects investigated were the extension growth, the generation of proto-branch and percent survival. Studies in natural reef found that *A. formosa* in Pulau Pangkor showed better growth rate although it has more murky waters. Natural reef samples of Pulau Pangkor recorded an average extension growth as high as 0.75 ± 0.52 cm/month and proto-branch generation rate of $> 50\%$, compared with the growth of 0.42 ± 0.41 cm/month and proto-branch generation rate of $< 20\%$ in Pulau Tioman. Nevertheless, samples of natural reef in Pulau Tioman recorded higher survivals i.e. 100% compared with samples at Pulau Pangkor which recorded 85% survival at the end of experiment. Study on the coral growth in nursery condition on the other hand showed that Tekek nursery showed higher rates in all three growth aspects studied, compared with Air Batang nursery. In summary, the coral *A. formosa* showed high growth rates in natural reef, and its successful application in the nursery was satisfying. This concludes that *A. formosa* has high potential in coral reef recovery, as well as high possibility of successful coral transplanting program.

KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI ILUSTRASI	xi
SENARAI SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	3
BAB II ULASAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Karang Bercabang dan Spesies <i>Acropora formosa</i>	4
2.2 Pulau Tioman dan Pulau Pangkor	7
2.3 Pertumbuhan Karang	9
2.4 Konsep Pemuliharaan Terumbu Karang	10
2.5 Penyemaian Karang	11
2.6 Hasil Fotosintetik	13
BAB III BAHAN DAN KAEDAH	
3.1 Kawasan Kajian	15
3.2 Penyediaan Tapak dan Pelaksanaan Kajian	18

3.2.1	Keadaan sebelum kajian dan rekabentuk struktur semaian	18
3.2.2	Permulaan dan pelaksanaan kajian pada keempat-empat tapak	22
3.3	Kaedah Persampelan	31
3.3.1	Pengukuran pertumbuhan lanjutan linear	31
3.3.2	Pemerhatian kemandirian dan penjanaan cabang proto	35
3.3.3	Persampelan hasil kuantum berkesan dan parameter air	41
3.4	Analisa Data	44
3.4.1	Pengiraan pertumbuhan lanjutan linear	44
3.4.2	Pengiraan kemandirian dan penjanaan cabang proto	47
3.4.3	Pengiraan hasil kuantum berkesan dan parameter air	48
3.4.4	Analisa statistik	49
BAB IV HASIL DAN PERBINCANGAN		
4.1	Pertumbuhan Lanjutan Linear	50
4.2	Kemandirian	65
4.3	Penjanaan Cabang Proto	69
4.4	Hasil Kuantum Berkesan	75
4.5	Suhu Air	77
4.6	Keamatan Cahaya dan Kebolehlihatan Air	81
4.7	Tapak Semaian Karang dan Lain-lain	83
BAB V KESIMPULAN		89
RUJUKAN		92

LAMPIRAN

A	Jadual data asal ukuran panjang lanjutan dan pemerhatian penjanaan cabang proto di tapak Tekek, Pulau Tioman.	98
B	Jadual data asal ukuran panjang lanjutan dan pemerhatian penjanaan cabang proto di tapak Pulau Renggis, Pulau Tioman.	103
C	Jadual data asal ukuran panjang lanjutan dan pemerhatian penjanaan cabang proto di tapak Air Batang, Pulau Tioman.	105
D	Jadual data asal ukuran panjang lanjutan dan pemerhatian penjanaan cabang proto di tapak Pangkor Laut, Pulau Pangkor.	110
E	Hasil analisa statistik menggunakan MINITAB versi 14.1 yang Berbahasa Inggeris.	113
F	Senarai penerbitan dan pembentangan	131

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
4.1	Rumusan hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel <i>A. formosa</i> empat tapak dalam purata kadar lanjutan selang masa. Nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	55
4.2	Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel <i>A. formosa</i> di tapak habitat semulajadi Pulau Renggis, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	55
4.3	Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel <i>A. formosa</i> di tapak habitat semulajadi Pangkor Laut, Pulau Pangkor menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	56
4.4	Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel <i>A. formosa</i> di tapak semaian karang Tekek, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	57
4.5	Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel <i>A. formosa</i> di tapak semaian karang Air Batang, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	58
4.6	Perbandingan pertumbuhan karang genera <i>Acropora</i> antara kajian lain dalam purata kadar lanjutan bulanan. Nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	64
4.7	Perbandingan hasil kadar kemandirian karang <i>A. formosa</i> dalam peratusan (%) di empat tapak kajian menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan.	67
4.8	Hasil penjanaan cabang proto sampel <i>A. formosa</i> di tapak habitat semulajadi Pulau Renggis, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	72
4.9	Hasil penjanaan cabang proto sampel <i>A. formosa</i> di tapak habitat semulajadi Pangkor Laut, Pulau Pangkor menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	72
4.10	Hasil penjanaan cabang proto sampel <i>A. formosa</i> di tapak semaian karang Tekek, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.	73

- | | | |
|------|--|----|
| 4.11 | Hasil penjanaan cabang proto sampel <i>A. formosa</i> di tapak semaian karang Air Batang, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai. | 73 |
| 4.12 | Perbandingan produktiviti fotosintesis karang berlainan spesies antara kajian lain dalam purata hasil kuantum berkesan. Nilai purata diberi \pm sisihan piawai. | 76 |
| 4.13 | Perbandingan parameter keamatan cahaya dalam PAR dan kebolehlihatan antara empat tapak kajian. | 82 |

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
2.1	Gambaran koloni karang <i>A. formosa</i> di terumbu berhampiran tapak Air Batang.	6
2.2	Gambaran sebahagian terumbu karang yang terdiri daripada <i>A. formosa</i> di tapak Pulau Renggis.	6
2.3	Gambaran keadaan bawah air di tapak Pulau Renggis.	8
2.4	Gambaran keadaan bawah air di tapak Pangkor Laut.	8
3.1	Lokasi dua pulau dan empat tapak kajian di sekitar Semenanjung Malaysia. Tapak habitat semulajadi Pulau Renggis (A) di Pulau Tioman dan Pangkor Laut (B) di Pulau Pangkor. Tapak semaian karang Tekek (C) dan Air Batang (D) di Pulau Tioman.	17
3.2	Gambaran keadaan tapak semaian yang ditempatkan di Tekek dengan struktur rangka PVC.	19
3.3	Gambaran struktur rangka PVC yang dipindahtanamkan dengan serpihan karang <i>A. formosa</i> di tapak semaian Tekek.	20
3.4	Gambaran seunit struktur rangka PVC yang digunakan untuk penyemaian karang di tapak Tekek dan tapak Air Batang.	21
3.5	Gambaran penyediaan kabel tie plastik dan serpihan pita plastik bernombor.	24
3.6	Gambaran cara serpihan pita plastik bernombor akan diikat bersama kabel tie plastik pada pipa PVC di tapak semaian dan pada cabang karang di tapak habitat semulajadi.	24
3.7	Gambaran serpihan pita plastik bernombor yang diikat dekat di tepi salah satu sampel karang di tapak semaian Tekek untuk menandakannya.	25
3.8	Gambaran penanda apungan yang diperbuat daripada botol plastik dan tali.	26
3.9	Gambaran penanda apungan dalam kolum air di tapak Pangkor Laut untuk menyenangkan lokasi sampel dicarikan bawah air semasa setiap kali persampelan ulangan.	27

- 3.10 Gambaran sampel karang di tapak habitat semulajadi ditandakan dengan ikatan kabel tie plastik dan serpihan pita plastik bernombor. Diperhatikan bahawa karang akan bertumbuh dan meliputi ikatan kabel, menunjukkan cara penandaan kajian ini dengan kabel tie plastik kurang mengancamkan sampel karang. 28
- 3.11 Tapak semaian karang yang baru ditempatkan di tapak Air Batang. 29
- 3.12 Gambaran penandaan sampel karang di tapak Pulau Renggis yang mengelakkan kecederaan dan kerosakan pada karang sekeliling. 30
- 3.13 Gambaran pita pengukur fleksibel yang digunakan semasa persampelan ukuran lanjutan panjang di bawah air. 32
- 3.14 Gambaran bahagian karang yang diukur dengan pita pengukur fleksibel. Garis berputus menandakan julat pengukuran bahagian karang dan garis melengkung mewakili panjang permukaan karang yang tidak tengak dan perlu diukur. 33
- 3.15 Gambaran sesetengah sampel karang di tapak semaian yang bahagian bawah ikatan kabel masih tumbes lagi selepas pemindahtanaman. 34
- 3.16 Gambaran salah satu sampel karang yang telah mati di tapak semaian Tekek. Semua tisu karang sudah mati dan rangkanya diliputi penuh dengan alga. 36
- 3.17 Gambaran salah satu sampel karang yang masih hidup dan diancam oleh organisma fouling. Terdapat pertumbuhan alga di tempat tisu karang yang mati dan pertumbuhan cengkerang molluska yang lekat ketat dengan sampel karang. 37
- 3.18 Gambaran keadaan tapak semaian di Air Batang selepas rebut melanda. Diperhatikan bahawa terdapat banyak serpihan karang hilang daripada struktur rangka PVC. 38
- 3.19 Gambaran salah satu sampel karang di tapak semaian Tekek yang bertumbuh subur dengan menjanakan banyak cabang proto. 39
- 3.20 Gambaran keadaan bawah air di tapak habitat semulajadi Pangkor Laut yang keruh. Diperhatikan bahawa terdapat beberapa cabang proto yang muncul di hujung sampel karang. Pertumbuhan alga akan meliputi bahagian atas ikatan kabel tie plastik yang tisu karang sudah mati, maka dikirakan 'mati'. Jika sesetengah sampel karang yang tidak dapat menemui tandaan ikatan, maka dikirakan sebagai 'NULL' dan dikecualikan daripada pengiraan. 40

3.21	Gambaran peralatan fluorometer menyelam PAM (Walz Company 1998).	42
3.22	Gambaran penggunaan peralatan fluorometer menyelam PAM di tapak Pangkor Laut.	42
3.23	Gambaran peralatan <i>Onset HOBO Pendant Temperature Data Loggers</i> (Onset Computer Corporation 2012).	43
3.24	Gambaran logger dipasangkan di tapak semaian Tekek.	43
3.25	Gambaran pertumbuhan karang hampir meliputi penanda serpihan pita plastik bernombor. Ini akan menyukarkan kerja persampelan, sehingga sesetengah sampel karang tidak dapat ditemui lagi dan dikecualikan daripada pengiraan sebagai 'NULL'.	46
4.1	Graf menunjukkan perbandingan kadar lanjutan selang masa antara empat tapak kajian menurut tempoh bulanan semasa dari 2012 hingga 2013. Butiran gelap ialah tapak habitat semulajadi, manakala butiran tidak terisi ialah tapak semaian karang. Garisan berjalur sambung ialah tapak di Pulau Pangkor, manakala garisan berjalur putus ialah tapak di Pulau Tioman. Bar ralat mewakili sisihan piawai. Permulaan kajian bagi empat tapak ditandakan di paksi x – tempoh bulanan.	59
4.2	Gambaran menunjukkan kesan gigit yang agak baru oleh ikan koralivor pada permukaan salah satu serpihan karang di tapak semaian Air Batang.	60
4.3	Gambaran seekor penyu <i>Eretmochelys imbricate</i> yang diperhatikan sedang menggigit dan mencari makanan di terumbu karang Pulau Renggis yang berhampiran dengan tapak kajian.	61
4.4	Gambaran seekor ikan koralivor yang mencari makan di tapak semaian Tekek.	61
4.5	Gambaran salah satu serpihan karang di tapak semaian Tekek yang telah menyembuh cederanya pada hujung atas dan tiada lagi korallit paksi berwarna luntur putih di permukaan hujung.	62
4.6	Gambaran salah satu sampel karang di tapak semaian Air Batang yang bahagian bawahnya menunjukkan tumbesaran yang lebih baik daripada bahagian atas.	63
4.7	Gambaran menunjukkan salah satu serpihan karang di tapak semaian Air Batang yang pertumbuhannya di bahagian ikatan telah meliputi sekeliling pipa PVC.	68

4.8	Gambaran menunjukkan sampel serpihan karang yang ditandakan A102 di tapak semaian Tekek telah menjanakan bilangan cabang proto yang paling tinggi.	74
4.9	Graf menunjukkan catatan purata suhu air harian serta suhu air harian maksima dan minima di tapak Pulau Renggis, Pulau Tioman menurut tarikh masa dari 2012 hingga 2013.	79
4.10	Graf menunjukkan catatan purata suhu air harian serta suhu air harian maksima dan minima di tapak Pangkor Laut, Pulau Pangkor menurut tarikh masa dari 2012 hingga 2013.	80
4.11	Gambaran ikan-ikan anak puffer yang diperhatikan sering berada dalam kawasan tapak semaian karang.	85
4.12	Gambaran siput laut yang besar, <i>Pleurobranchus spp</i> diperhatikan sedang memakan organisma Ascidian di struktur rangka PVC.	85
4.13	Gambaran seekor penyu laut diperhatikan sedang bersinggah di kawasan tapak semaian karang.	86
4.14	Gambaran keadaan di terumbu yang diletakkan dengan struktur rangka.	86
4.15	Gambaran salah satu penetapan karang di tapak semaian Air Batang.	87
4.16	Gambaran salah satu penetapan karang di tapak semaian Tekek.	87
4.17	Gambaran salah satu penetapan karang di tapak semaian Tekek.	88
4.18	Gambaran serpihan karang <i>A. robusta</i> yang dipindahtanamkan ke tapak semaian karang <i>A. formosa</i> di Air Batang.	88

SENARAI SINGKATAN

cm	sentimeter
cm/bulan	sentimeter per bulan
°C	darjah selsius
Δ	perubahan
NULL	pembatalan
Σ	kejumlahan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Terumbu karang merupakan ekosistem marin bermutu tinggi yang dikenali dengan pelbagai penghuni fauna dan flora dalamnya. Terumbu-terumbu ini terbentuk utamanya daripada kalsifikasi karang scleractinia (i.e., karang yang hidup sesama symbiont—zooxanthellae dan kedua-dua pihak memperoleh faedah berkongsian daripada fotosintesis) dan mustahak untuk ekologi marin dan perlindungan persisiran pantai. Dari segi ekonomi, ekosistem terumbu karang membekalkan sumber makanan dan produk semulajadi kepada masyarakat manusia. Kecantikan terumbu karang juga merupakan daya tarikan semulajadi untuk bidang perlancongan (Brown 1997; Hoegh-Guldberg et al. 2007).

Namun, terumbu-terumbu karang di seluruh dunia sedang mengalami kerosakan dan kehilangan populasi yang pesat sejak dekad kebelakangan ini. Pelbagai faktor seperti perubahan iklim, pelunturan karang (coral bleaching), pencemaran, pemendapan dari aktiviti manusia, penangkapan ikan berlebihan, penggunaan bahan letupan untuk menangkap ikan, dan perlombongan karang, telah mengancam terumbu karang pada semua skala. Karang scleractinia dikenali umumnya bertumbuh perlahan dan mengambil masa yang bertahunan lama untuk pembentukan dan pengembangan terumbu. Seumpamanya, fenomena kemerosotan terumbu karang yang drastic ini disebabkan kadar pertumbuhan karang yang rendah tidak dapat mendorong pemulihan terumbu

mengejar sama dengan kehilangan terumbu (Baker et al. 2008; Brown 1997; Hoegh-Guldberg et al. 2007; RCM 2008).

Demi memantau dan mengatasi isu terumbu karang, kajian-kajian selidik telah dilakukan oleh ahli-ahli kepakaran di merata dunia. Perhatian yang tinggi telah diberi untuk memahami perkembangan terumbu dan mengenalpasti caranya factor-faktor berinteraksi antara sesama lain (Goreau 1959; Hubbard 1997; Osinga et al. 2011; Schutter et al. 2008; Strömberg 1987). Di Malaysia, kajian dan tinjauan terumbu karang melalui pendekatan pengagihan karang, struktur komuniti dan hasil fotosintesis pernah dilakukan sebelum ini (Adzis 2009, 2012; Harborne et al. 2000; RCM 2008; Toda et al. 2007). Namun, Praveena dan Aris (2012) mengulaskan bahawa kajian terumbu karang dengan data dari segi kualitatif, kuantitatif dan bio-geografi di perairan Malaysia adalah terhad. Selain daripada pemantauan, terdapat usaha pemulihan untuk memuliharkan terumbu karang secara aktif di Malaysia, iaitu melalui pemindahan dan penyemaian serpihan karang (RCM 2008; Rinkevich 2005, 2008). Pemahaman terhadap pertumbuhan karang, pembangunan terumbu dan interaksi antara faktor-faktor persekitaran adalah penting dan diperlukan untuk mencapai pemulihan yang cekap dalam pemulihan aktif karang (Rinkevich 2005, 2008;. Osinga et al 2011).

Negara kita sebagai sebuah negara tropika Asia Tenggara dalam liputan *The Coral Triangle*, memiliki pulau-pulau yang mempunyai kepelbagaian batu karang sebanyak seperti 323 spesies (Harborne et al. 2000). Antara dua daripada pulau-pulau ini, Pulau Tioman dan Pulau Pangkor mempunyai liputan karang dari 17.9% kepada 68.6% (Toda et al. 2007) dan telah dipilih sebagai tapak penyelidikan untuk kajian ini. Salah satu genus karang scleractinia yang dominan, *Acropora* kerap ditemui di kedua-dua pulau ini (Toda et al. 2007) dan spesiesnya telah dikenal pasti sebagai *Acropora formosa* dalam kajian yang lepas (Adzis et al. 2012). Spesies ini merupakan sasaran kajian untuk penyelidikan ini. Kemudian, pemindahan serpihan karang *A. formosa* dari tapak kajian terumbu karang ke tapak semaian karang dilakukan, dan seterusnya keadaan tapak semaian dan pertumbuhan karang dipantau sepanjang masa ujikaji.

Pendekatan kajian yang digunakan untuk mengkaji pertumbuhan karang kali ini adalah melalui pengukuran kadar lanjutan (Charuchinda & Hylleberg 1984; Okubo et al 2005; Oliver 1984; Soong & Chen 2003). Selain itu, kajian ini juga merangkumi dua aspek pertumbuhan karang, iaitu kadar kemandirian dan pertumbuhan dahan cabang paksi baru (*new axial branch*) yang dikenali cabang proto (Harriott 1998; Lirman 2000, 2010; Oliver 1984; Yap & Molina 2003). Perhatikan kadar fotosintesis adalah berkait rapat dengan produksi tenaga dan pertumbuhan, hasil kuantum berkesan zooxanthellar fotosintesis diukur sebagai petunjuk kesihatan bagi sampel karang dalam kajian ini (Adzis et al. 2009; Jones et al. 1999; Metalpa et al. 2006). Di samping itu, parameter seperti keamatan cahaya, kebolehlihatan air (*water visibility*) dan suhu air telah direkodkan sebagai rujukan asas untuk keadaan persekitaran tapak yang berbeza.

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

- (i) Mengukur dan mendokumentasikan kadar pertumbuhan karang scleractinia *A. formosa* di dalam perairan Semenanjung Malaysia.
- (ii) Membandingkan pertumbuhan spesies karang *A. formosa* di antara terumbu perairan Pulau Pangkor (Selat Melaka) dan terumbu perairan Pulau Tioman (Laut Cina Selatan).
- (iii) Membandingkan pertumbuhan spesies karang *A. formosa* di antara tempat habitat terumbu semulajadi dan tapak semaian karang *in situ*.

BAB II

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 KARANG BERCABANG DAN SPESIES *Acropora formosa*

Batu karang genus *Acropora* yang dikenali karang bercabang adalah antara karang yang paling pesat berkembang di terumbu, dan merupakan pembina terumbu yang bagus (Veron 1986). Nama *Acropora* bermaksud batang atau cabang berliang, tetapi banyak spesies *Acropora* menunjukkan bentuk pertumbuhan yang lebih pelbagai. Koloninya boleh menyerupai tanduk rusa (*staghorns*) dan tumbuh sehingga 2 meter tinggi, atau boleh membentuk struktur pinggan dan meja yang selebar 3 meter panjang luas. Ada juga yang boleh membentuk struktur seperti belukar, atau bentuk batang dahan pendek yang tidak bercabang seperti jari tangan (Veron 1986). Karang bercabang sering menang apabila bersaing tumbesaran dengan jenis karang lain di terumbu tropika yang cetek, namun kelajuan pertumbuhan mereka (yang boleh sehingga 10 hingga 20 sentimeter setahun (NOAA Fisheries 2013)) adalah seimbang dengan kerapuhan strukturnya. Ini adalah kerana mereka mudah dirosakkan dalam rebut lalu membolehkan peluang untuk spesies karang lain bertumbuh. Dengan 368 spesies *Acropora* kini dikenali, tugas pengenalpastian spesies individu adalah sukar dan rumit atas sebab wujudnya berbagai-bagai bentuk, saiz dan warnanya yang begitu menakjubkan.

Seperti kebanyakan batu karang lain, karang bercabang mempunyai hubungan simbiotik yang khas dengan alga yang dipanggil zooxanthellae. Zooxanthellae yang hidup di dalam tisu karang membekalkan makanan yang ia janakan melalui fotosintesis dan

dikongsi bersama perumah karang. Alga zooxanthellae memerlukan cahaya matahari dan oleh itu, karang menyediakan perlindungan dan akses kepada cahaya matahari untuk alga.

Karang bercabang mempunyai dua factor yang mendorong peranannya sebagai karang pembangun terumbu atau karang hermatypic, dan sangat berjaya pada tugas ini. Pertama, mereka mempunyai rangka ringan yang membolehkan mereka berkembang dengan cepat dan melebihi karang jiran mereka dalam persaingan. Kedua, rangka dan korallit pada polip baru adalah dibina oleh korallit paksi (*axial corallite*) yang khusus. Korallit paksi ini terbentuk di hujung setiap dahan dan tumbuh berterusan. Oleh itu, semua korallit pada koloni karang adalah rapat, saling berkait dan berkembang dengan tersusun atur (Veron 1986).

Karang bercabang membiak secara seksual atau aseksual. Pembiakan seksual berlaku melalui pengeluaran telur dan sperma ke dalam air. Batu karang mempunyai kebolehan untuk membiak seksual secara serentak pada seluruh terumbu karang. Contohnya di Terumbu Sawar Besar pembiakan serentak berlaku tidak lama selepas bulan penuh, dari bulan Oktober hingga Disember. Air bertukar warna susu daripada semua telur dan sperma yang dilepaskan daripada beribu-ribu koloni untuk bersenyawa. Sesetengah larva yang terhasil menetap dalam masa singkat pada karang yang sama, manakala yang lain mungkin hanyut sekitar selama beberapa bulan, akhirnya menetap di terumbu beratus-ratus kilometer jauhnya. Pembiakan aseksual berlaku melalui fragmentasi, apabila suatu dahan karang pecah dan serpihannya berpisah daripada koloni asal, ia akan melampir semula ke atas substrat dan bertumbuh (Veron 1986).

Acropora formosa (Dana 1846) merupakan salah satu ahli spesies dalam golongan karang bercabang ini. Spesies ini membentuk lapisan belukar yang tebalnya setinggi 1.5 meter, dan boleh melanjutkan secara luas di atas substrat longgar dan berpasir. Permukaan karang ini adalah agak rata dan tersusun tetap. Korallit jejari (*corallite radial*) tidak kasar, berbentuk tiub dan kemungkinan wujud dalam dua saiz berlainan. Sesungut tidak dapat dilihat pada waktu siang. *A. formosa* sentiasa dijumpai dalam kawasan lagun pantai yang cetek dan terlindung daripada tindakan ombak kuat (WoRMS 2013).



Rajah 2.1 Gambaran koloni karang *A. formosa* di terumbu berhampiran tapak Air Batang.



Rajah 2.2 Gambaran sebahagian terumbu karang yang terdiri daripada *A. formosa* di tapak Pulau Renggis.

2.2 PULAU TIOMAN DAN PULAU PANGKOR

Di kedua-dua belah barat dan timur Semenanjung Malaysia, terdapat pulau-pulau yang kaya di segi ekologi marin. Kebanyakan pulau ini mempunyai nilai pelancongan yang tinggi, termasuk Pulau Pangkor dalam Selat Melaka dan Pulau Tioman di Laut China Selatan (Wong 1993). Peratusan liputan karang pada kedua-dua pulau ini mencapai setinggi 68.6% luas (Toda et al.). Pembangunan dan pelancongan yang berkembang pesat pada berpuluh tahun kebelakangan ini telah memberi impak negatif kepada terumbu karang di pulau-pulau ini. Kesesakan ramai, kekurangan pengurusan kumbahan dan sisa pepejal, dan pembangunan pesisir pantai merupakan antara beberapa ancaman utama yang dihadapi oleh kedua-dua pulau ini. (Praveena & Aris 2012; Wong 1993).

Pulau Tioman adalah terkenal sebagai salah satu tempat mensnorkel dan menyelam yang paling menarik di dunia. Ia juga pernah dipaparkan dalam filem muzik 'South Pacific'. Pembangunan pelancongan atas pulau ini bermula seawal 1970-an dan banyak resort telah didirikan sejak itu. Pulau Tioman terletak kira-kira 32 batu nautika timur dari Tanjung Gemuk, Pahang. Kepulauan dan perairan sekitarnya telah diwartakan sebagai Taman Laut pada tahun 1994 di bawah Akta Perikanan 985 (Pindaan 1993). Ia juga merupakan salah satu daripada beberapa pulau yang boleh diakses dengan mudah melalui penerbangan dari Kuala Lumpur dan Singapura. Pulau Tioman dipengaruhi oleh musim Monsun Timur Laut kira-kira dari Disember hingga Mac, dengan mendatangkan ribut dan hujan lebat (Chiang et al. 2003; Wong 1993; JTLM. 2013).

Pulau Pangkor terkenal dengan industri perikananannya yang berpusat di pantai timur pulau ini. Ia juga merupakan tempat peranginan hujung minggu dan percutian yang popular. Unit penginapan kecil muncul pertama kali pada tahun 1960-an' dan hotel telah dibina sejak 1980-an' di Pulau Pangkor dan juga di jirannya Pulau Pangkor Laut yang lebih kecil. Pulau ini turut dilanda musim monson Barat Daya kira-kira dari Mei hingga September (Chiang et al. 2003; Wong 1993). Oleh sebab Pulau Pangkor berada di Selat Melaka, perairan sekitarnya agak keruh dan kebolehlihatan adalah sentiasa rendah (Rajah 2.4).



Rajah 2.3 Gambaran keadaan bawah air di tapak Pulau Renggis.



Rajah 2.4 Gambaran keadaan bawah air di tapak Pangkor Laut.

2.3 PERTUMBUHAN KARANG

Pertumbuhan karang scleractinia boleh dikategorikan kepada dua jenis: Pertama, pertumbuhan tulang yang dijanakan oleh pemendapan rangka luar kalsium karbonat dengan bantuan daripada sintesis matriks organik (dalam proses yang dipanggil kalsifikasi), dan kedua, pertumbuhan tisu (Schutter et al. 2008). Pertumbuhan pada batu karang adalah dipengaruhi oleh pelbagai factor dan parameter persekitaran yang berlainan skala dan saling menghubungkan kait (Hubbard 1997). Coles dan Jokiel (1978) telah mendemonstrasikan interaksi antara suhu, salinity dan keamatan cahaya mempengaruhi pertumbuhan karang. Eksperimen itu telah menunjukkan bahawa batu karang ialah organisma hidup yang sensitive dan pertumbuhan optimum mereka adalah terhad dalam julat parameter yang sempit. Selain itu, menurut kepada teori kalsifikasi peningkatan cahaya (*light-enhanced calcification theory*), hubungan simbiosis dengan zooxanthellae merupakan factor utama kepada proses pertumbuhan tulang pada batu karang, dan secara langsung ia adalah penting kepada perkembangan terumbu karang. Secara purata, didapati bahawa kalsifikasi dalam cahaya adalah kira-kira tiga kali lebih tinggi daripada kalsifikasi dalam kegelapan (Gattuso et al., 1999). Kadar fotosintesis adalah dipengaruhi oleh keamatan cahaya, dan parameter cahaya boleh dipengaruhi oleh kekeruhan air dan pemendapan sedimen (Loya 1976). Secara amnya, keadaan persekitaran pada terumbu karang yang berbeza berkemungkinan tinggi menyebabkan kadar pertumbuhan karang yang berbeza. Dengan memahami proses dan mekanisme yang terlibat dalam pertumbuhan karang, pakar saintis boleh mengetahui banyak informasi seperti hala tuju saluran tenaga, pemendapan kalsium dan karbon, kitaran oksigen dan produksi organik dalam ekosistem terumbu karang (Brown 1997; Hatcher 1997; Muller-Parker & D'Elia 1997).

Terdapat beberapa pendekatan kajian untuk mengkaji pertumbuhan karang dan antaranya adalah: (1) ukuran pertumbuhan linear sebenar (panjang atau jejari) dalam tempoh kajian (sama ada ukuran langsung pada serpihan karang yang dilekat pada substrak tiruan, atau rujukan kepada penanda pepejal atau pewarna alizarin merah pada bahagian rangka karang), (2) penggunaan variasi ketumpatan berkala dalam rangka

karang sebagai petunjuk perubahan pertumbuhan tahunan, (3) ukuran peningkatan dalam berat tulang (sama ada mengangkat batu karang keluar dari air dengan berkala, atau dengan menggunakan berat keapungan karang dalam air), (4) pengenalpastian kadar pemerbadanan kalsium radioisotopik ke dalam rangka. Kaedah pendekatan (1) dan (2) lebih disyorkan oleh kajian-kajian baru dan digunakan secara meluas di lapangan kajian (Gladfelter et al. 1978). Memandangkan ujikaji kali ini fokus kepada karang *Acropora*, pendekatan kaedah kajian (1) dipilih atas kesesuaian carakerja dengan bentuk jenis karang yang dikaji (Charuchinda & Hylleberg 1984; Okubo et al 2005; Oliver 1984; Soong dan Chen 2003).

Kadar pertumbuhan karang telah dicadangkan peranan sebagai alat ekologi piawai untuk menentukan keadaan pertumbuhan karang scleractinia (Shinn 1966), dan ini sering berfungsi sebagai petunjuk secara langsung untuk menilai keadaan persekitaran (Eakin et al 1994; Guzman et al 1994). Jangkaan umum ialah, tekanan fisiologi yang berkaitan dengan kemusnahan terumbu karang seharusnya mengakibatkan penurunan kepada kadar kelanjutan batu karang (Eakin et al. 1994; Hubbard 1997; Osinga et al. 2011).

2.4 KONSEP PEMULIHARAAN TERUMBU KARANG

Demi mengatasi masalah kehilangan terumbu karang, mula-mulanya konsep pengurusan pemuliharaan dengan pendekatan pasif dilaksanakan di seluruh dunia. Kaedah konsep ini tidak melakukan manipulasi secara langsung terhadap hidupan organisma yang ingin dipuliharakan. Cara-cara pemuliharaan pasif termasuk mewartakan dan menambahkan kawasan perlindungan marin (MPA), serta menguruskan MPA dengan penyesuaian undang-undang, pelaksanaan pelbagai tindakan penguatkuasaan, penglibatan pihak-pihak berkepentingan dan pengurangan eksploitasi sumber karang. Kelebihan biologi pemuliharaan ialah pencapaiannya lebih bergantung kepada proses semulajadi, oleh itu pengemudian dan keperluan tenaga manusia adalah minimum. Namun hampir kesemuanya pengurusan MPA tidak menjamin hasil jangka panjang yang berkesan. Walaupun semua langkah pengurusan pemuliharaan dengan penyediaan reka bentuk, kriteria dan aplikasi yang khas telah dilaksanakan, pengurangan tahunan kawasan

terumbu karang telah mencapai kira-kira 1% sebelum tahun 1997, dan ini meningkat kepada 2% antara tahun 1997 dan 2003. Pada masa ini, banyak pengurusan MPA dijalankan tanpa pertimbangan yang memadai untuk ekologi, realiti sosio-ekonomi, atau kemampanan pengurusan jangka panjang. Ini menyatakan bahawa impak kaedah konsep ini sahaja masih tidak cukup untuk menyelesaikan krisis terumbu karang (Rinkevich 2005, 2008).

Oleh itu, sesetengah pihak berkuasa dan pengurus MPA mencarikan pendekatan lain yang lebih efektif. Disebabkan ekosistem terumbu karang sentiasa dilihatkan mirip seperti hutan rimba atas darat, prinsip silvikultur (kultivasi pokok hutan) yang berasaskan konsep pemulihan ekologi semakin dipertimbangkan dan diaplikasikan kepada pemulihan terumbu karang. Konsep pemulihan ekologi ini yang pendekatannya bersifat aktif dan secara langsung, adalah bermotif untuk memulihkan atau menggantikan sebanyak kadar populasi yang hilang atau habitat yang termusnah melalui manipulasi antropogenik. Secara ringkasnya, kaedah pemulihan karang merangkumi: (1) penyediaan benih karang sama ada secara pengambilan karang seksual (*sexual coral recruitment*) atau serpihan karang secara pemindahtanaman (*transplantation*), (2) dan tapak semaian (*nursery site*) untuk benih karang dikultur sehingga sesuai untuk dipindah lagi ke terumbu yang ingin dipulihkan. Namun, tiada perundangan berkaitan pemulihan karang projek-projek pemulihan karang ini masih kira baru dilaksanakan dalam kebelakangan beberapa tahun sahaja dan masih dalam tahap ujikaji (Rinkevich 2005, 2008).

2.5 PENYEMAIAN KARANG

Pelbagai usaha dan ujikaji pemulihan aktif karang dengan nama gelaran pertanian karang atau perkebunan terumbu berdasarkan penyemaian karang telah dijalankan di negara merata (Amar 2007; Bongiorni et al. 2011; Garrison & Ward 2008; Lirman 2010; Okubo et al 2005; Shaish 2008; Soong & Chen 2003; Yeemin et al. 2006). Terdapat perbezaan antara penyemaian karang kini dari segi jenis, reka bentuk tapak semaian dan sumber benih karang.

Tapak semaian karang boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu secara dalam lapangan semulajadi (*in situ*) dan dalam pengeraman bekas atas darat (*ex situ*). Keadaan tapak semaian *in situ* biasanya menyerupai terumbu karang atau habitat laut asal yang semulajadi, tetapi terbuka kepada pengaruh unsur-unsur lapangan dan parameter adalah di luar kawalan (Bongiorni et al. 2011; Shaish 2008). Kebaikan tapak semaian *ex situ* adalah berupaya atas kawalan parameter untuk ujikaji dan bebas daripada pengaruh unsur sekitaran. Namun, persediaan tapak semaian *ex situ* juga lebih rumit dan mahal, kerana memerlukan teknikal yang pakar dan instrument teknologi yang lebih canggih (Petersen et al. 2006; Yap & Molina 2003).

Unsur-unsur pertimbangan untuk pelaksanaan penyemaian karang termasuk skala, kos, kesesuaian tapak dan lokasi, kesesuaian jenis karang, penetapan benih atau serpihan karang pada substrat dan logistik kerja semaian, dan mereka akan mempengaruhi reka bentuk tapak semaian. Untuk jenis *ex situ*, penyemaian benih karang dilakukan dalam bekas tangki atau akuarium dengan membekalkan pengaliran dan pertukaran air yang sewajarnya (Petersen et al. 2006; Yap & Molina 2003). Manakala reka bentuk tapak semaian *in situ* lebih berbagai-bagai. Reka bentuk yang awal ialah tapak semaian substrat keras, iaitu melekatkan serpihan karang dengan pelekat bawah air pada permukaan substrat seperti blok batuan (Yeemin et al. 2006) atau piring simen (CRF 2013). Terdapat tapak semaian yang terapung gantung pada tengah kolum air, sama ada pada ikatan tali (CRF 2013) atau jaring (Shaish 2008). Selain itu, ada reka bentuk yang rangkanya pipa PVC ditetapkan dekat pada dasar laut, sama ada dibina seperti pokok (CRF 2013) atau rangka petak mendatar (Bongiorni et al. 2011).

Untuk sumber karang yang ingin disemaikan, terdapat dua saluran untuk mendapatkannya iaitu melalui pembenihan karang seksual dan pengumpulan serpihan karang. Benih karang boleh diperolehi melalui pengambilan karang seksual (*sexual coral recruitment*), iaitu dengan mengumpulkan kolum air yang penuh dengan telur dan sperma karang semasa pembiakan serentak terumbu. Kemudian, benih karang yang tersenyawa dalam air kolum akan menetap pada substrat yang disediakan dalam tapak semaian. Ini memerlukan teknik dan tenaga kepakaran serta instrumen makmal yang mahal, tetapi

benih yang tumbuh dari pembiakan seksual adalah generasi baru yang lebih berkualiti (Petersen et al. 2006; Villanueva et al. 2012). Pengumpulan serpihan karang pula boleh dilakukan berasas pembiakan aseksual, sama ada mengutip serpihan karang yang pecah akibat rebut (Garrison & Ward 2008) ataupun mengutipnya daripada koloni penderma terumbu semulajadi (Okubo et al 2005). Kemudian, pemindahan serpihan karang ini dilakukan ke dalam tapak semaian dan ditetapkan. Serpihan karang ini akan terus bertumbuh dan memerlukan masa lebih singkat daripada benih karang untuk mencapai saiz yang cukup besar. Selepas penyemaian, batu-batu karang yang cukup saiz akan dipindahkan ke terumbu karang yang mengalami kerosakan untuk dipulihkan.

2.6 HASIL FOTOSINTETIK

Dalam proses fotosintesis, pigmen klorofil menyerap cahaya dan tenaga pengujaan (*excitation energy*) dipindahkan ke pusat tindak balas kedua-dua fotosistem, di mana ia mendorong tindak balas fotokimia untuk memulakan penukaran tenaga fotosintetik. Sebahagian kecil tenaga pengujaan dilesapkan oleh pelepasan pendarfluoran (*emission of fluorescence*), berpunca hampir eksklusif dari klorofil *a* fotosistem II. Pelepasan pendarfluoran bersaing dengan dua lagi proses nyah-pengujaan yang boleh menyahaktifkan klorofil tahap teruja. Proses-proses ini mengurangkan atau menghilangkan amaun pendarfluoran, dan dirujuk sebagai pelindapkejutan fotokimia (*photochemical quenching*, q_P) dan pelindapkejutan tanpa fotokimia (q_N). Pelindapkejutan fotokimia mencerminkan fotokimia yang berguna (seperti aliran elektron asimilasi atau tanpa asimilasi), dan bergantung kepada kehadiran Q_a teroksida (oxidized Q_a , sejenis penerima elektron utama kuinon dalam fotosistem II). Apabila Q_a telah teroksida, ia boleh menerima elektron daripada pusat reaksi fotosistem II dan menyerahkannya ke dalam sepanjang rangkaian pengangkutan elektron fotosintesis. Ini akan menjadikan pengoksidaan air, evolusi oksigen, pengurangan $NADP^+$ kepada NADPH, pengangkutan membran proton, sintesis ATP dan akhirnya pengurangan CO_2 kepada karbohidrat dalam tindak balas gelap fotosintesis (kitaran *Calvin*). Manakala penyahaktifkan klorofil tahap teruja oleh pelindapkejutan tanpa fotokimia ini, ia boleh mencerminkan pelepasan fotoprotektif

daripada tenaga terserap berlebihan sebagai haba dalam antena penuaian cahaya klorofil (Jones et al. 1999; Warner et al. 2010).

Dengan membezakan antara kedua-dua komponen utama pelindapkejutan (*quenching analysis*), ini boleh memberikan pandangan yang berguna kepada proses kawal selia yang berlaku di dalam radas fotosintesis, terutamanya dalam keadaan tertekan. Pendarfluoran awal sampel, F_0 , melambangkan pendarfluoran apabila pusat reaksi fotosistem II teroksida sepenuhnya. Apabila sinaran tepu cahaya putih dipancarkan dan menyebabkan pengurangan kepada pusat reaksi fotosistem II, pendarfluoran dipertingkatkan kepada nilai maksimum F_m . Dalam keadaan cahaya disesuaikan, nilai-nilai F_0 dan F_m berubah, seterusnya masing-masing menjadi F dan F_m' . Merujuk persamaan $(F_m' - F) / F_m' = \Delta F / F_m'$, di mana F_m' adalah hasil pendarfluoran maksimum dalam keadaan cahaya yang diberikan, F adalah hasil pendarfluoran keadaan mantap pada keadaan khusus ini yang dipantau serta-merta sebelum sinaran tepu dipancarkan. Perubahan pada pendarfluoran ΔF boleh diukur secara *di situ* dengan teknik modulasi amplitude sinaran (*pulse amplitude modulation*, PAM) yang menggunakan sejenis fluorometer bawah air (PAM selam oleh syarikat Walz GmbH, Jerman). Nilai $\Delta F / F_m'$ dikenali sebagai hasil kuantum berkesan atau *effective quantum yield* (Adzis et al. 2009; Jones et al. 1999; Metalpa et al. 2006; Warner et al. 2010). Pendek kata, nilai hasil kuantum berkesan ini dapat mewakili produktiviti fotosintesis pada sesuatu system fotosintesis.

BAB III

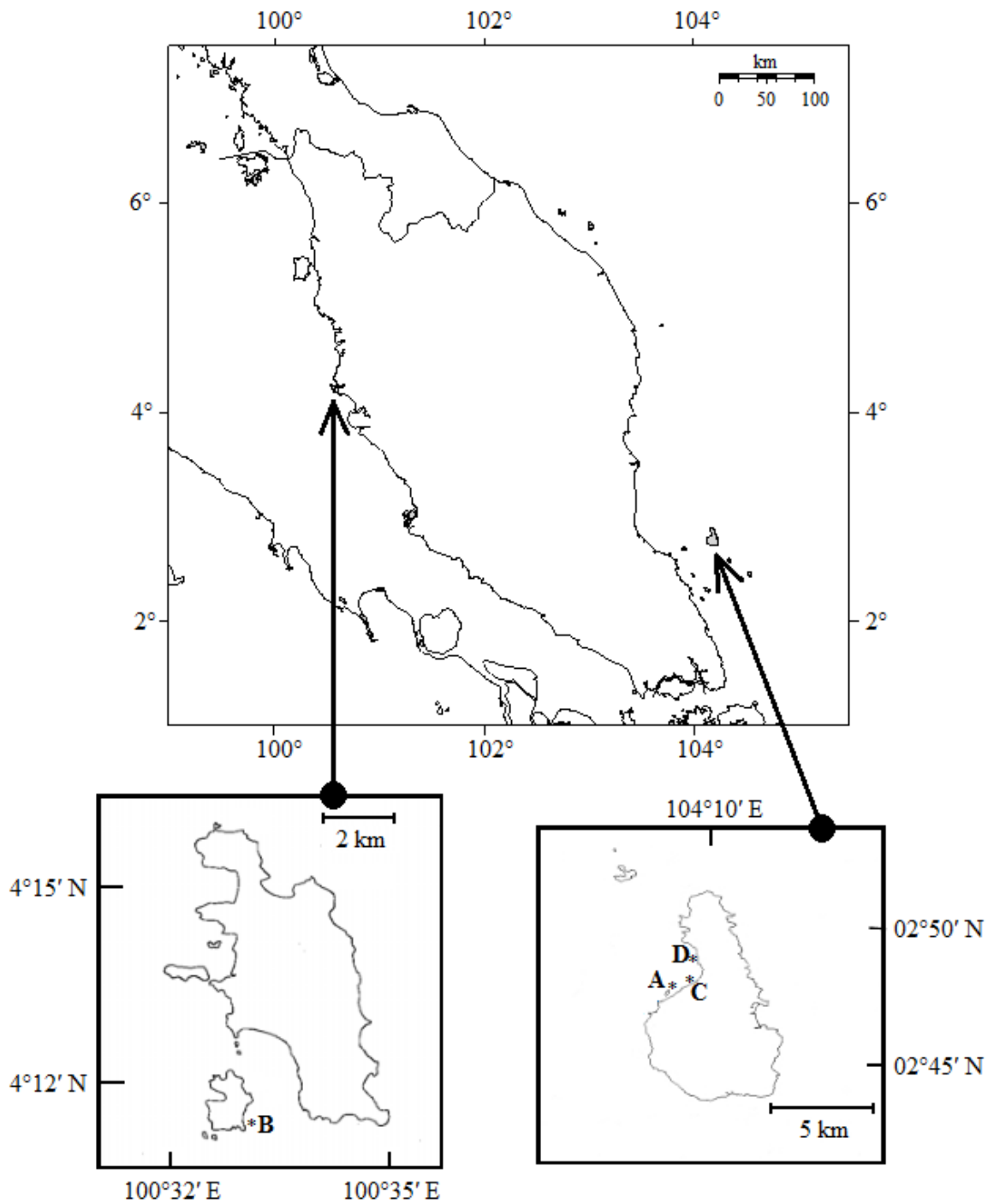
BAHAN DAN KAEDAH

3.1 KAWASAN KAJIAN

Terdapat jumlah empat kawasan kajian yang dipilih untuk menjalankan ujikaji ini di Pulau Tioman dan Pulau Pangkor (Rajah 3.1). Pulau Tioman terletak di sebelah timur Semenanjung Malaysia dalam Laut Cina Selatan, manakala Pulau Pangkor terletak di sebelah barat Semenanjung Malaysia dalam Selat Melaka. Julat saliniti air di sekitar Pulau Tioman pernah direkodkan antara 30.02 ppt dan 30.57 ppt (Ramlan and Noraswana 2009), namun semasa kajian ini saliniti air pernah mencapai setinggi 34 ppt dengan menggunakan refraktometer. Di Pulau Pangkor pula, julat salinitinya adalah antara 29 ppt hingga 32 ppt (Wong et al. 2008). Melihatkan semua tempat kajian ini adalah di bawah air, kesemua kerja lapangan yang perlunya turun bawah air dilakukan secara selam SCUBA.

Empat kawasan kajian ini dibahagikan kepada dua jenis tapak: terdapat dua tapak habitat semulajadi dan dua tapak semaian *in situ*. Tapak habitat semulajadi merupakan satu kawasan terumbu karang yang didapati wujudnya kelimpahan karang genus *Acropora* yang tinggi di kedua-dua Pulau Tioman dan Pulau Pangkor (Toda et al. 2007). Di Pulau Tioman, tapak habitat semulajadi yang dipilih ialah tapak Pulau Renggis yang koordinasinya ialah Lat. 2° 48' 36.16" N dan Long. 104° 8' 10.13" E. Purata kedalaman air di Pulau Renggis ialah sekitar 6.48 ± 0.55 meter. Di Pulau Pangkor pula, tapak habitat semulajadinya ialah tapak Pangkor Laut dengan koordinasi Lat. 4°11'25.73" N dan Long. 100°32'50.58" E. Purata kedalaman air tapak Pangkor Laut ialah 3.66 ± 0.94 meter.

Tapak semaian *in situ* dalam kajian ini merupakan struktur semaian karang yang diletakkan di tempat dasar pasir tepi terumbu karang berhampiran dengan pesisir pantai. Kedua-dua tapak semaian *in situ* berada di Pulau Tioman. Tapak semaian karang yang pertama, iaitu tapak Tekek (Lat. 2°49'5.52" N, Long. 104°9'14.94" E), mempunyai purata kedalaman air pada 5.47 ± 0.52 meter. Yang keduanya, tapak Air Batang (Lat. 2°50'26.20" N, Long. 104°9'30.70" E) mempunyai purata kedalaman air pada 4.78 ± 0.26 meter.



Rajah 3.1 Lokasi dua pulau dan empat tapak kajian di sekitar Semenanjung Malaysia. Tapak habitat semulajadi Pulau Renggis (A) di Pulau Tioman dan Pangkor Laut (B) di Pulau Pangkor. Tapak semaian karang Tekek (C) dan Air Batang (D) di Pulau Tioman.

3.2 PEYEDIAAN TAPAK DAN PELAKSANAAN KAJIAN

3.2.1 Keadaan Sebelum Kajian dan Rekabentuk Struktur Semaian

Menjelang balik masa pada Julai 2011 sebelum kajian ini, tapak Tekek di Pulau Tioman pun sudah disediakan sebagai tapak semaian karang *in situ* (Rajah 3.2) dengan transplanti serpihan-serpihan karang *A. formosa* bersaiz 4-10 cm (Rajah 3.3). Serpihan karang ini telah dikutip daripada terumbu karang berhampiran, iaitu tapak Pulau Renggis yang merupakan tempat selam yang terkenal. Kerja kutipan serpihan karang dilakukan dengan menggunakan tang untuk mengekstrakkannya daripada koloni karang penderma *A. formosa*. Kemudian, serpihan karang disimpan dalam beg plastic yang berisi air laut semasa pengangkutan bot dan dibawa ke tapak semaian karang untuk dipindahtanamkan dalam masa satu jam.

Rangka struktur semaian (Rajah 3.4) adalah diperbuat daripada pipa polivinil klorida (PVC) \varnothing 15mm yang disambungkan dan dilekatkan bersama dengan gam PVC. Saiz satu bingkai PVC adalah berukuran 80cm x 70cm, dan dinaikangkatkan setinggi 35cm daripada dasar bawah dengan pemasangan kaki pipa PVC. Setiap bingkai PVC mempunyai jumlah 4 baris pipa PVC yang masing-masingnya dipindahtanami 7 batang serpihan karang *A. formosa*. Barisan-barisan pipa PVC ini telah digerudikan lubang untuk mengizinkan serpihan karang dipasang dengan ikatan kabel tie plastik saiz 6 inchi. Semua serpihan karang adalah diikat pada pipa PVC dengan orientasi susunan bertegak *vertical*, iaitu posisi hujung serpihan terpatih adalah menghadap bawah manakala posisi hujung dahan yang mempunyai korallit paksi adalah menghadap atas. Semakin lama karang akan bertumbuh semakin meliputi kabel tie plastik yang diikat padanya (Okubo et al. 2005). Terdapat sebanyak 60 bingkai PVC telah dipasang di tapak Tekek dan jumlah serpihan karangnya adalah seramai 1680 batang.



Rajah 3.2 Gambaran keadaan tapak semaian yang ditempatkan di Tekek dengan struktur rangka PVC.



Rajah 3.3 Gambaran struktur rangka PVC yang dipindahtanamkan dengan serpihan karang *A. formosa* di tapak semaian Tekek.



Rajah 3.4 Gambaran seunit struktur rangka PVC yang digunakan untuk penyemaian karang di tapak Tekek dan tapak Air Batang.

3.2.2 Permulaan dan Pelaksanaan Kajian Pada Keempat-empat Tapak

Enam bulan kemudian, kajian ini bermula pada 30 Januari 2012 dengan pemasangan tanda di tapak semaian Tekek. Antara serpihan karang *A. formosa* yang masih hidup dan sihat bertumbuh, 120 daripada mereka telah ditandakan oleh serpihan pita plastik bernombor (Rajah 3.5, 3.6) yang diikat pada pipa PVC menggunakan ikatan kabel tie plastic (Rajah 3.7). Persampelan ukuran panjang awal dan pemerhatian bagi setiap serpihan karang yang ditanda telah dilakukan.

Pada 15hb Mac 2012, tapak Pangkor Laut di Pulau Pangkor telah dipilih sebagai salah satu tapak habitat semulajadi untuk mengkaji pertumbuhan *A. formosa* di terumbu karang. Satu penanda apungan rangkas yang diperbuat daripada botol plastik dan tali (Rajah 3.8) telah digunakan untuk menandakan lokasi tapak Pangkor Laut di terumbu karang (Rajah 3.9). Kemudian, 60 dahan cabang karang *A. formosa* yang sihat di sekitar penanda apungan telah ditandakan dengan ikatan kabel tie plastik bersama serpihan pita plastik bernombor (Rajah 3.10). Jarak antara hujung cabang dengan kabel tie plastik adalah > 3 sentimeter di setiap dahan cabang yang ditandakan. Persampelan ukuran panjang awal dan pemerhatian bagi setiap serpihan karang yang ditanda telah dilakukan.

Dua bulan setelah kajian dimulakan di tapak Tekek, satu lagi tapak semaian karang disediakan di tapak Air Batang, Pulau Tioman pada 31 Mac 2012. Sebanyak 40 bingkai PVC yang sama rekabentuk dan pembinaan telah dipasang di tapak semaian Air Batang (Rajah 3.11). Ia dipindahtanamkan dengan sejumlah 1120 batang serpihan karang *A. formosa* yang juga dikutip dari tapak Pulau Renggis. Kemudian, 119 batang serpihan karang telah dipilih dan ditandakan untuk kajian ini. Persampelan ukuran panjang awal dan pemerhatian bagi setiap serpihan karang yang ditanda telah dilakukan.

Seterusnya pada 4 Jun 2012, tapak Pulau Renggis di Pulau Tioman yang berperanan sebagai tapak penderma serpihan karang *A. formosa* sebelum ini, telah dipilih untuk menjadi tapak habitat semulajadi yang kedua untuk kajian ini. Disebabkan pengalaman kajian yang berterusan di Pulau Pangkor, kali ini dua penanda apungan telah

ditetapkan di terumbu karang tapak Pulau Renggis dan jarak jauh langsung antara penanda ialah 10 meter. Dalam jarak langsung antara penanda ini, 30 dahan cabang *A. formosa* telah dipilih dan ditandakan untuk kajian ini (Rajah 3.12). Persampelan ukuran panjang awal dan pemerhatian bagi setiap serpihan karang yang ditanda telah dilakukan.

Kajian di keempat-empat tapak tapak ini telah berlangsung selama satu tahun, bermula daripada permulaan tapak masing-masing. Carakerja kajian dalam sepanjang masa ini diulaskan di bahagian bab 3.3 yang seterusnya.



Rajah 3.5 Gambaran penyediaan kabel tie plastik dan serpihan pita plastik bernombor.



Rajah 3.6 Gambaran cara serpihan pita plastik bernombor akan diikat bersama kabel tie plastik pada pipa PVC di tapak semaian dan pada cabang karang di tapak habitat semulajadi.



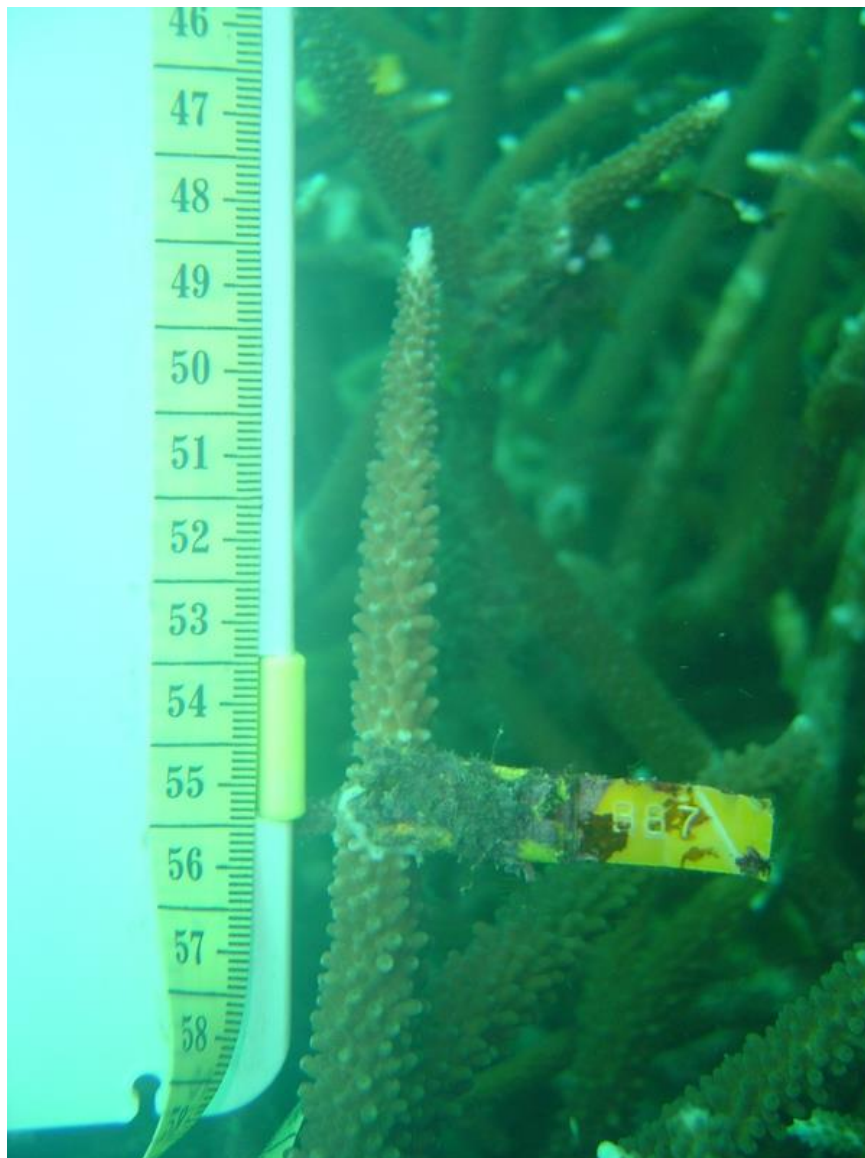
Rajah 3.7 Gambaran serpihan pita plastik bernombor yang diikat dekat di tepi salah satu sampel karang di tapak semaian Tekek untuk menandakannya.



Rajah 3.8 Gambaran penanda apungan yang diperbuat daripada botol plastik dan tali.



Rajah 3.9 Gambaran penanda apungan dalam kolum air di tapak Pangkor Laut untuk menyenangkan lokasi sampel dicarikan bawah air semasa setiap kali persampelan ulangan.



Rajah 3.10 Gambaran sampel karang di tapak habitat semulajadi ditandakan dengan ikatan kabel tie plastik dan serpihan pita plastik bernombor. Diperhatikan bahawa karang akan bertumbuh dan meliputi ikatan kabel, menunjukkan cara penandaan kajian ini dengan kabel tie plastik kurang mengancamkan sampel karang.



Rajah 3.11 Tapak semaian karang yang baru ditempatkan di tapak Air Batang.



Rajah 3.12 Gambaran penandaan sampel karang di tapak Pulau Renggis yang mengelakkan kecederaan dan kerosakan pada karang sekeliling.

3.3 KAEDAH PERSAMPELAN

3.3.1 Pengukuran Pertumbuhan Lanjutan Linear

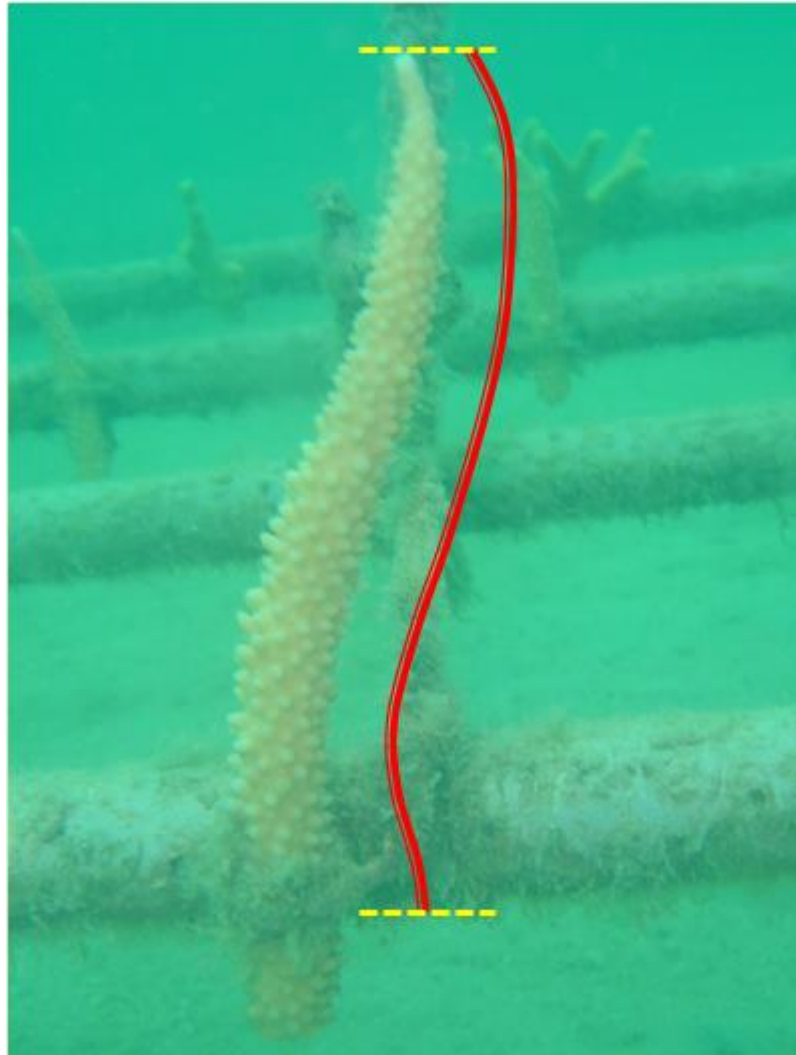
Kaedah untuk mengukur pertumbuhan lanjutan linear sampel karang *A. formosa* dalam kajian ini adalah secara ukuran langsung, dengan menggunakan pita pengukur yang fleksibel. Seperti yang ditunjukkan pada Rajah 3.13, seutas pita pengukur fleksibel yang sepanjang 40 sentimeter diikat pada gelang getah dan dipakai di tangan untuk kerja mengukur panjang sampel di bawah air. Bacaan ukuran adalah dicatatkan sehingga sentimeter satu perpuluhan terdekat di papan slat bawah air.

Di tapak semaian Tekek dan Air Batang, sampel serpihan karang adalah diikat pada pipa PVC dengan kabel tie plastik. Panjang yang diukur pada setiap sampel serpihan karang adalah dari bahagian mereka dilampirkan kepada paip PVC dengan ikatan kabel tie plastik sehingga hujung dahan utama sampel di atas, tegak mengikuti permukaan badan dahan serpihan karang (Rajah 3.14). Bahagian bawah ikatan kabel tie plastik adalah diabaikan dan tidak diukurkan (Rajah 3.15). Manakala di tapak habitat semulajadi Pulau Renggis dan Pangkor Laut, sampel dahan karang tidak diikat pada sebarang pipa PVC dan hanya diikat terus dengan kabel tie plastik bersama serpihan pita plastik bernombor. Panjang setiap sampel dahan yang diukur mirip dengan tapak semaian, iaitu dari bahagian ikatan kabel tie plastik sehingga hujung dahan utama sampel di atas, tegak mengikuti permukaan badan dahan karang.

Cara pengukuran adalah dengan menyelaraskan pita pengukur fleksibel bersama seiras pada permukaan bahagian ukuran yang diingini. Hanya panjang pada badan dahan utama diukurkan. Manakala sebarang cabang proto yang tertumbuh hanya dikirakan dan panjang mereka tidak diukurkan. Pengukuran panjang pertumbuhan lanjutan linear ini telah dilakukan semasa penandaan sampel awal dan diulangkan setiap dua bulan bagi empat tapak masing-masing selama satu tahun jangka masa kajian ini. Jumlah tujuh kali pengukuran telah dilakukan, iaitu sekali pengukuran awal dan enam kali ukuran ulangan dua bulan.



Rajah 3.13 Gambaran pita pengukur fleksibel yang digunakan semasa persampelan ukuran lanjutan panjang di bawah air.



Rajah 3.14 Gambaran bahagian karang yang diukurkan dengan pita pengukur fleksibel. Garis berputus menandakan julat pengukuran bahagian karang dan garis melengkung mewakili panjang permukaan karang yang tidak tengak dan perlu diukurkan.

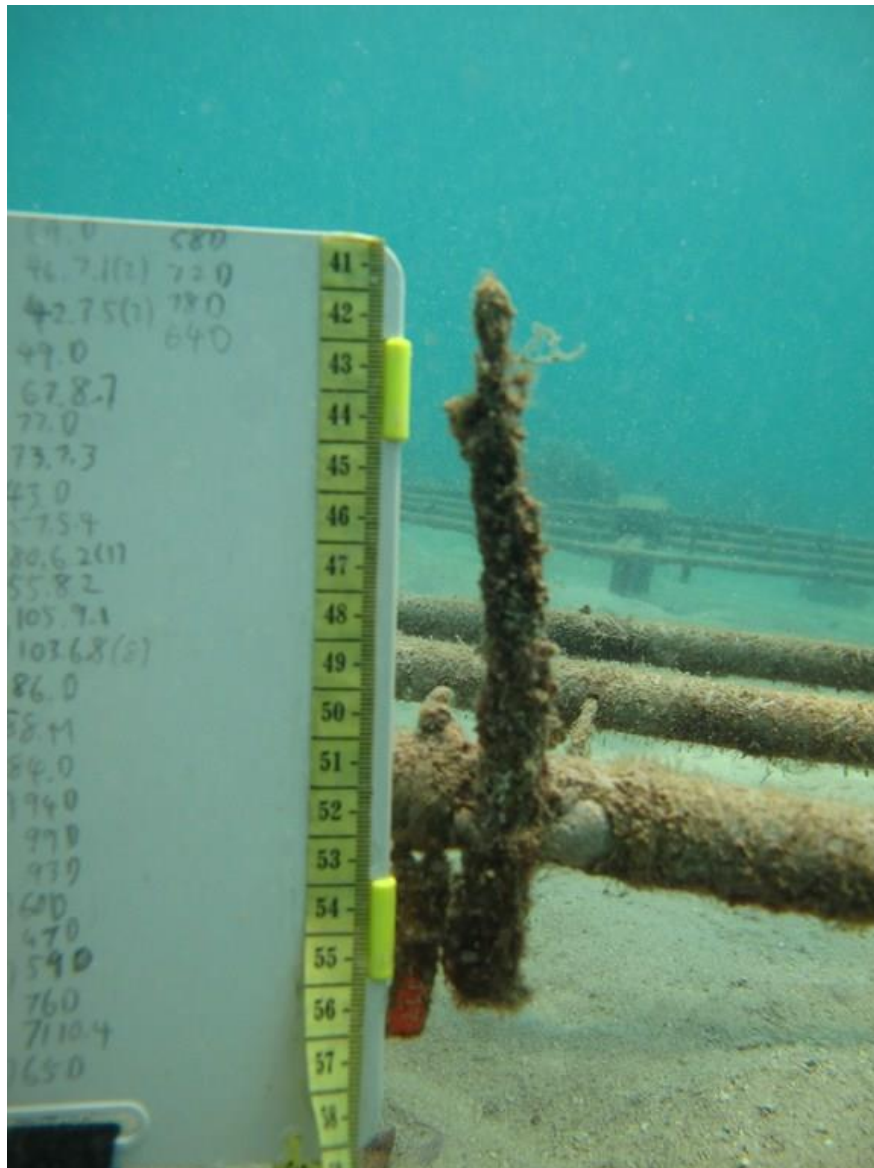


Rajah 3.15 Gambaran sesetengah sampel karang di tapak semaian yang bahagian bawah ikatan kabel masih tumbes lagi selepas pemindahtanaman.

3.3.2 Pemerhatian Kemandirian dan Penjanaan Cabang Proto

Pemerhatian juga dilakukan semasa permulaan kajian awal dan pada setiap kali pengukuran ulangan dua bulan. Pemerhatian yang pertama ialah terhadap kemandirian sampel karang yang ditandakan di empat tapak kajian. Bagi tapak habitat semulajadi yang berada di terumbu karang, sampel dahan karang yang semua polipnya telah mati dan diliputi lumut alga dikirakan 'mati' (Rajah 3.16). Jika hanya sebahagian dahan karang diliputi lumut dan masih terdapat permukaan karang yang hidup, maka ia masih dikirakan 'hidup' (Rajah 3.17). Jika terdapat kesan sampel dahan karang terputah dan kehilangan sebahagian badan dahan, tetapi masih hidup dan tidak diliputi lumut, maka ia juga masih dikirakan 'hidup'. Bagi tapak semaian, ciri pemerhatian adalah sama dengan satu tambahan, iaitu kehilangan serpihan karang dari struktur semaian PVC akibat kabel tie plastik terputah dan ini dikirakan sebagai 'mati' juga (Rajah 3.18).

Pemerhatian yang kedua adalah terhadap bilangan penjanaan cabang proto pada setiap sampel karang. Untuk setiap sampel dahan karang di tapak habitat semulajadi dan sampel serpihan karang di tapak semaian, sebarang percabangan baru dengan korallite paksi berwarna luntur putih (Harriott 1998; Lirman 2000; Oliver 1984) di hujung yang muncul dikirakan dan bilangannya dicatatkan (Rajah 3.19, 3.20). Ini termasuk percabangan itu adalah dari badan dahan karang utama dan juga mana-mana badan dahan cabangan yang seterusnya. Di tapak semaian, hanya cabang proto yang muncul di bahagian atas ikatan kabel tie plastik diambilkirakan.



Rajah 3.16 Gambaran salah satu sampel karang yang telah mati di tapak semaian Tekek. Semua tisu karang sudah mati dan rangkanya diliputi penuh dengan alga.



Rajah 3.17 Gambaran salah satu sampel karang yang masih hidup dan diancam oleh organisma fouling. Terdapat pertumbuhan alga di tempat tisu karang yang mati dan pertumbuhan cengkerang molluska yang lekat ketat dengan sampel karang.



Rajah 3.18 Gambaran keadaan tapak semaian di Air Batang selepas rebut melanda. Diperhatikan bahawa terdapat banyak serpihan karang hilang daripada struktur rangka PVC.



Rajah 3.19 Gambaran salah satu sampel karang di tapak semaian Tekek yang bertumbuh subur dengan menjanakan banyak cabang proto.



Rajah 3.20 Gambaran keadaan bawah air di tapak habitat semulajadi Pangkor Laut yang keruh. Diperhatikan bahawa terdapat beberapa cabang proto yang muncul di hujung sampel karang. Pertumbuhan alga akan meliputi bahagian atas ikatan kabel tie plastik yang tisu karang sudah mati, maka dikirakan 'mati'. Jika sesetengah sampel karang yang tidak dapat menemui tandaan ikatan, maka dikirakan sebagai 'NULL' dan dikecualikan daripada pengiraan.

3.3.3 Persampelan Hasil Kuantum Berkesan dan Parameter Air

Untuk mendapat bacaan hasil kuantum berkesan pada sampel karang, alat fluorometer menyelam PAM (*pulse amplitude modulated*) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.21 telah digunakan. Langkah kerja menggunakan alat ini adalah mengikuti buku panduan (Walz Company 1998). Persampelan dengan alat ini dilakukan sebanyak tiga kali masing-masing di empat tapak, iaitu: semasa permulaan awal kajian di tapak, sebelum dan selepas musim Monsun Timur Laut. Lebih daripada 250 bacaan telah diambil daripada empat tapak (Rajah 3.22).

Alat fluorometer menyelam PAM juga dilengkapi dengan program kalibrasi cahaya dalaman dan dipasangkan sensor tekanan (Walz Company 1998). Ini membenarkan bacaan sinaran aktif fotosintetik (*photosynthetic active radiation*, PAR dalam unit $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) dan bacaan kedalaman air mengikuti tekanan air diambil secara *in situ* pada setiap kali persampelan. Selain itu, cakera Secchi dibawa dan digunakan sesama kali dengan alat fluorometer menyelam PAM, untuk mendapat bacaan kekeruhan air melalui ukuran kebolehlihatan air (Davies-Colley and Smith 2001). Semasa penyelaman dalam kajian ini, anggaran kebolehlihatan air juga dilakukan secara pemerhatian bawah air.

Di samping itu, dua biji *Onset HOBO Pendant Temperature Data Loggers* (Onset Computer Corporation 2012, Rajah 3.23) telah dipasangkan di dua tapak habitat semulajadi, Pulau Renggis dan Pangkor Laut semasa permulaan kajian (Rajah 3.24). Logger ini telah ditetapkan untuk mengambil bacaan suhu air setiap 30 minit. Logger dikutip balik semasa persampelan kali terakhir dan data pantauan suhu air yang berterusan sepanjang kajian ini didapatkan.



Rajah 3.21 Gambaran peralatan fluorometer menyelam PAM (Walz Company 1998).



Rajah 3.22 Gambaran penggunaan peralatan fluorometer menyelam PAM di tapak Pangkor Laut.



Rajah 3.23 Gambaran peralatan *Onset HOBO Pendant Temperature Data Loggers* (Onset Computer Corporation 2012).



Rajah 3.24 Gambaran logger dipasangkan di tapak semaian Tekek.

3.4 ANALISA DATA

3.4.1 Pengiraan Pertumbuhan Lanjutan Linear

Setiap sampel karang telah ditandakan dengan nombor siri, maka ukuran pada setiap ukali persampelan bagi masing-masing sampel karang yang sama dapat dikenalpastikan. Ukuran panjang lanjutan linear kali pertama pada permulaan kajian dikenali sebagai L_0 , manakala ukuran panjang yang seterusnya dikenali sebagai L_n . Huruf n mewakili persampelan ulangan kali yang ke-berapa, iaitu $n = 1$ hingga 6. Namun, bagi tapak Pulau Renggis n hanya hingga 4, dan tapak Air Batang hingga 5.

Perbezaan ukuran panjang lanjutan pada sampel karang antara dua persampelan berselang yang berterusan merupakan perubahan pertumbuhan panjang lanjutan selang masa sampel karang, L_S , iaitu:

$$L_{Sn} = L_n - L_{n-1}$$

Manakala perubahan antara ukuran panjang lanjutan pada sampel karang antara suatu persampelan, L_n dengan permulaan, L_0 merupakan perubahan pertumbuhan panjang lanjutan kumulatif sampel karang, L_K , iaitu:

$$L_{Kn} = L_n - L_0$$

Perhatian bahawa perubahan pertumbuhan panjang lanjutan selang masa yang pertama, L_{S1} adalah sama dengan perubahan pertumbuhan panjang lanjutan kumulatif yang pertama, L_{K1} , iaitu kedua-duanya ialah $L_1 - L_0$.

Seterusnya, bilangan sampel karang yang diambilkirakan pada setiap kali persampelan dikenalpastikan dan jumlahnya, N_n dikirakan daripada bilangan sampel karang permulaan, N_0 . Sebarang sampel karang yang dikenali 'mati' dan 'hilang' semasa pemerhatian, N_{mh} adalah dikecualikan daripada pengiraan. Jika terdapat perubahan

pertumbuhan yang nilai negatif, data-data ini, N_{-ve} dikecualikan dalam pengiraan jumlah sampel karang untuk mengurangkan ralat. Jika terdapat kekurangan data atau tiada bacaan tercatat pada suatu persampelan, yang akibat daripada kegagalan untuk mencari sampel karang itu pada suatu ketika masa persampelan (Rajah 3.20, 3.25), data-data kali itu, N_{null} juga dikecualikan daripada jumlah pengiraan. Persamaan jumlah sampel yang diambilkirakan bagi setiap kali persampelan adalah seperti berikut:

$$N_n = N_0 - N_{mh} - N_{-ve} - N_{null}$$

Untuk mendapatkan nilai purata pertumbuhan lanjutan kumulatif dan nilai purata kadar lanjutan selang masa pada suatu ketika masa persampelan ulangan yang ke- n , persamaan-persamaan seperti berikut digunakan bagi kesemuanya empat tapak:

$$\text{Purata pertumbuhan lanjutan kumulatif} = \frac{\sum L_{Kn}}{N_n}$$

$$\text{Purata kadar lanjutan selang masa} = \frac{\sum L_{Sn}}{2 \text{ bulan} \times N_n}$$

Akhirnya, semua nilai purata kadar lanjutan selang masa dipuratakan lagi untuk mendapatkan satu nilai purata keseluruhan kadar lanjutan bulanan sampel karang di suatu tapak.

$$\text{Purata keseluruhan kadar lanjutan bulanan} = \frac{\sum \frac{\sum L_{Sn}}{2 \text{ bulan} \times N_n}}{\text{Bilangan kali selang masa}}$$



Rajah 3.25 Gambaran pertumbuhan karang hampir meliputi penanda serpihan pita plastik bernombor. Ini akan menyukarkan kerja persampelan, sehingga sesetengah sampel karang tidak dapat ditemui lagi dan dikecualikan daripada pengiraan sebagai 'NULL'.

3.4.2 Pengiraan Kemandirian dan Penjanaan Cabang Proto

Kemandirian sampel karang kajian ini dikira dalam nilai peratusan dan bundarkan tiada titik perpuluhan. Berlawanan dengan kiraan pertumbuhan lanjutan, sampel data yang bernilai negatif masih diambilkirakan kerana sampel karang itu masih hidup lagi. Jadi persamaan pengiraan yang digunakan bagi setiap tapak ialah:

$$\text{Peratusan kemandirian} = \frac{N_0 - N_{mh} - N_{null}}{N_0 - N_{null}} \times 100$$

Data penjanaan cabang proto dipersembahkan dalam nilai kiraan bilangan maksima cabang proto terdapat pada suatu sampel karang semasa persampelan kali itu, peratusan sampel karang yang telah menjanakan cabang proto, purata penjanaan cabang proto kumulatif antara sampel karang, dan purata penjanaan cabang proto selang masa antara sampel karang. Bagi pengiraan peratusan bilangan sampel yang telah menjanakan cabang proto, ia merupakan bilangan sampel karang yang mempunyai cabang proto, N_{pb} diambilkirakan daripada sampel karang yang masih hidup. Nilainya dibundarkan kepada tiada titik perpuluhan dan persamaannya seperti berikut:

$$\text{Peratusan sampel karang yang bercabang} = \frac{N_{pb}}{N_0 - N_{mh} - N_{null}}$$

Pengiraan bagi purata penjanaan cabang proto kumulatif antara sampel karang, adalah dengan mengira bilangan cabang proto, B_n yang terdapat pada semua sampel karang ketika persampelan masa itu dan jumlahnya dibahagikan oleh bilangan sampel karang yang mempunyainya, N_{pb} . Persamaan adalah berikut:

$$\text{Purata penjanaan cabang proto kumulatif} = \frac{\sum B_n}{N_{pb}}$$

Manakala pengiraan untuk purata penjanaan cabang proto selang masa adalah seperti pengiraan pertumbuhan kadar lanjutan selang masa. Perbezaan bilangan cabang proto pada sampel karang antara dua persampelan berselang yang berterusan merupakan bilangan cabang proto yang baru dijanakan ketika selang masa itu, iaitu:

$$\text{Bilangan cabang proto yang baru} = B_n - B_{n-1}$$

Kemudian jumlah bilangan cabang proto yang baru ini dijumlahkan dan dibahagikan lagi oleh bilangan sampel karang yang mempunyai cabang proto baru, N_{pbb} . Persamaan ini adalah:

$$\text{Purata penjanaan cabang proto selang masa} = \frac{\sum B_n - B_{n-1}}{N_{pbb}}$$

3.4.3 Pengiraan Hasil Kuantum Berkesan dan Parameter Air

Terdapat tiga set data hasil kuantum berkesan disampelkan dengan penggunaan alat fluorometer menyelam PAM di empat tapak, iaitu semasa persampelan permulaan, sebelum dan selepas musim Monsun Timur Laut. Nilai-nilai bacaan bagi setiap set data hasil kuantum berkesan dipuratakan. Untuk nilai bacaan PAR, julatnya didapati dengan mengambil nilai maksima dan minima dari ketiga-tiga set data untuk empat tapak. Manakala nilai bacaan kedalaman air dipuratakan dari ketiga-tiga set data untuk empat tapak.

Data bagi suhu air setiap 30 minit di dua tapak habitat semulajadi disenaraikan mengikut tarikh sepanjang jangka masa persampelan. Nilai suhu air maksima harian dan nilai suhu air minima harian diperolehi bagi setiap tarikh hari. Kemudian data pada tarikh yang sama dipuratakan untuk mendapat nilai suhu air purata harian. Ketiga-tiga nilai ini diplotkan kepada rajah garisan dengan hari berterusan sepanjang jangka masa

persampelan. Satu nilai purata keseluruhan suhu air dikirakan daripada semua nilai suhu air purata harian.

3.4.4 Analisa Statistik

Nilai sisihan piawai turut dikirakan bagi setiap nilai purata dalam kajian ini. Kerja analisa statistic dilaksanakan dengan menggunakan perisian Minitab versi 14.1. Semua hasil statistik akan disenaraikan di bahagian Lampiran.

Ujian untuk kehomogenan varian *Levene's test* dilakukan kepada set data kadar lanjutan bulanan, kadar kemandirian, dan penjanaan cabang proto selang masa. Ujian *One-way ANOVA* dipilih untuk mengujikan set-set data yang varian mereka adalah sama. Untuk sesetengah set data yang varian adalah tidak sama, maka ujian *Kruskal-Wallis* dipilih untuk mengujikan set data berikut. Bandingan ujian dilakukan terhadap set data di antara selang-selang masa pada tapak bermasing-masing, serta di antara tapak-tapak. Nilai signifikasi ditentukan pada $p < 0.05$ dan unsur data yang signifikasi ditentukan melalui perbandingan berbilang sehala *Tukey's test*.

Akhirnya, ujian korrelasi *Pearson* dengan nilai signifikasi $p < 0.01$ dilakukan di antara set data kadar lanjutan bulanan, kadar kemandirian, penjanaan cabang proto, dan suhu air purata selang masa. Set suhu air purata selang masa bagi setiap tapak didapatkan melalui mempuratakan nilai purata suhu air harian mengikuti tempoh kajian yang berbeza pada setiap selang masa di tapak masing-masing.

BAB IV

HASIL DAN PERBINCANGAN

4.1 PERTUMBUHAN LANJUTAN LINEAR

Dalam kajian ini, pertumbuhan bagi *A. formosa* berbeza dengan nilai sisihan piawai yang besar di semua tapak (Jadual 4.1). Tempoh bagi empat tapak dalam kajian ini sekurang-kurangnya melebihi setengah tahun atau enam bulan masa. Tempoh kajian ini juga merangkumi masa sebelum, semasa dan selepas musim Monsun Timur Laut yang melanda dari Disember 2012 hingga Februari 2013.

Untuk tapak jenis terumbu semulajadi, sampel karang di Pangkor Laut telah menunjukkan purata pertumbuhan lanjutan linear bulanan yang lebih bagus daripada Pulau Renggis, iaitu 0.75 ± 0.52 cm/bulan berbanding dengan 0.42 ± 0.41 cm/bulan. Manakala untuk tapak jenis semaian karang, sampel karang di Tekek mempunyai keputusan pertumbuhan yang lebih baik daripada Air Batang, iaitu 0.97 ± 0.72 cm/bulan berbanding dengan 0.48 ± 0.43 cm/bulan. Pertumbuhan sampel karang di tapak semaian Tekek adalah paling tinggi dan berbeza dengan signifikansi daripada tapak habitat semulajadi Pangkor Laut (ujian *Kruskal-Wallis* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*). Kemudian, pertumbuhan lanjutan selang masa pada kedua-dua tapak Tekek dan Pangkor Laut juga melebihi tapak Pulau Renggis dan Air Batang secara signifikansi (ujian *Kruskal-Wallis* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*). Seperti yang disebutkan awal, tapak Tekek bermula lebih awal dan serpihan karang telah dikondisikan lama masa sebelum menjalankan kajian. Ini mungkin faktor yang mendorongkan hasil pertumbuhan lebih tinggi di tapak Tekek. Pertumbuhan *A. formosa* di tapak Pangkor Laut yang merupakan

habitat semulajadi juga mencadangkan bahawa pertumbuhan di Pulau Renggis belum mencapai tahap optima, dan berkemungkinan faktor persekitaran di terumbu karang Pulau Renggis kurang memuaskan bagi pertumbuhan karangnya (Eakin et al. 1994; Hubbard 1997; Osinga et al. 2011).

Jadual 4.2 hingga 4.5 menunjukkan kemajuan ukuran pertumbuhan mengikut tempoh selang masa setiap dua bulan bagi empat tapak kajian masing-masing. Tapak Pulau Renggis menunjukkan pertumbuhan lanjutan yang agak stabil (tiada perubahan signifikasi, ujian *One-way ANOVA* $p > 0.05$) walaupun lambat berbanding dengan tapak-tapak lain. Ini mencadangkan bahawa, unsur tekanan yang sedang dihadapi oleh terumbu karang di Pulau Renggis adalah kronik atau bertempoh panjang.

Seterusnya, sampel karang di tapak Pangkor Laut mencapai pertumbuhan kumulatif yang paling panjang selepas 12 bulan tempoh, iaitu 9.05 ± 5.19 cm (Jadual 4.3). Terdapat peningkatan kadar lanjutan yang signifikasi (ujian *One-way ANOVA* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*) pada selang masa yang kedua (Mei hingga Julai 2012), iaitu dari 0.53 ± 0.43 cm/bulan sehingga 0.87 ± 0.49 cm/bulan. Kadar lanjutan paling tinggi dicatatkan, iaitu 1.06 ± 0.67 cm/bulan, pada selang masa yang keempat (September hingga November 2012) dan juga semasa landaan musim monson Barat Daya. Kemudian, kadar lanjutan semakin berkurang sehingga akhir kajian bagi dua selang masa yang berterusan, dan tempoh ini merangkumi landaan musim Monsun Timur Laut. Walaubagaimanapun, tiada signifikasi ditunjukkan oleh perbandingan *Tukey*.

Bagi tapak samaian, sampel karang di Tekek mempunyai kadar lanjutan yang kira-kira dua kali ganda daripada Air Batang (Jadual 4.4 dan 4.5). Namun, kedua-duanya mempunyai trend perubahan kadar lanjutan yang lebih kurang sama, iaitu semakin berkurangan dari permulaan mereka sehingga paling lambat di Oktober 2012 (Rajah 4.1). Selepas Oktober 2012, kadar lanjutan di dua tapak meningkat semula. Kedua-dua tapak ini juga mengalami pengurangan kadar lanjutan yang signifikasi pada selang masa kedua masing-masing (ujian *One-way ANOVA* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*), iaitu dari 1.44 ± 0.68 cm/bulan turun ke 0.96 ± 0.58 cm/bulan di Tekek dan 0.69 ± 0.66 cm/bulan

turun ke 0.32 ± 0.30 cm/bulan di Air Batang. Ini mencadangkan bahawa, faktor tekanan yang menyebabkan pengurangan pertumbuhan di Tekek dan Air Batang semasa tempoh itu adalah akut atau bertempoh tiba-tiba.

Sayang sekali bahawa tempoh kajian di Pulau Renggis (Rajah 4.1) kurang cukup meliputi tempoh awal masa pengurangan kadar lanjutan, seperti yang ditunjukkan di tapak samaian Tekek dan Air Batang, untuk dijadikan bandingan yang sah. Walau bagaimanapun, corak kadar pertumbuhan lanjutan selang masa pada tapak habitat semulajadi Pulau Renggis adalah hampir sama dengan tapak samaian Air Batang dan tiada perbezaan signifikansi (ujian perbandingan *Tukey*).

Namun, merujuk corak pertumbuhan kadar lanjutan pada Rajah 4.1, suatu lagi anggaran dibuat bahawa pertumbuhan karang *A. formosa* di kedua-dua belah iaitu Pulau Pangkor dalam Selat Melaka dan Pulau Tioman dalam Laut Cina Selatan mempunyai hubungan korelasi negatif yang bertentangan. Spekulasi ialah, pertumbuhan karang *A. formosa* di kedua-dua belah Semenanjung Malaysia dipengaruhi oleh perubahan musim monson tahunan yang melanda. Contohnya *A. formosa* di Pulau Tioman bertumbuh lebih cepat semasa akhir-mula tahun tempoh musim monson Timur Laut (November hingga Februari) dan berkurang semasa pertengahan tahun tempoh musim monson Barat Daya (Jun hingga Oktober), manakala keadaan terbalik di Pulau Pangkor. Kajian lanjutan yang perinci diperlukan untuk mengenalpastikan hipotesis ini.

Selain daripada itu, Rajah 4.1 juga menunjukkan julat nilai sisihan piawai yang tinggi pada bacaan data kajian ini. Salah satu faktor utama yang menjadikan julat pertumbuhan yang sangat berbeza ialah keadaan tapak *in situ* yang terbuka kepada unsur persekitaran fizikal dan unsur biotik. Unsur persekitaran fizikal seperti daya gerakan ombak boleh mematahkan badan sampel karang (Garrison & Ward 2008; Lirman 2000), lalu menjadikan ukuran pertumbuhan antara pada sampel karang lebih berbeza. Unsur biotik pula termasuk gigitan daripada ikan besar dan penyu (Rajah 4.2, 4.3 & 4.4), dan juga pertumbuhan alga yang pesat dan sukar dielakkan (Rajah 3.17). Efek gigitan haiwan ini terhadap serpihan karang sampel kajian adalah serupa dengan kerosakan daya ombak.

Manakala alga yang sentiasa bersaing untuk ruang hidup dengan batu karang akan bertumbuh pesat supaya meliputi segala permukaan substrak serta karang. Terdapat sebilangan sampel karang yang pertumbuhannya terencat akibat pertumbuhan alga pada mereka.

Faktor yang kedua, hujung karang yang terpatah adalah sukar untuk terus tumbes dan bertumbuh lanjutan panjang lagi. Setelah hujung karang mengalami kerosakan, samaada dari gigitan biota atau daya fizikal, ia telah kehilangan korallit paksi berwarna luntur putih yang aktif bertumbuh di hujung karang (Oliver 1984). Akibatnya, sampel karang yang pernah cedera atau patah akan mengambil masa untuk sembuh. Selagi belum menjanakan korallit paksi yang baru di hujung, pemerhatian di tapak mendapati bahawa sampel karang ini walaupun sudah sembuh tetapi pertumbuhannya adalah sangat perlahan atau tiada langsung bagi tempoh masa kajian yang berterusan (Rajah 4.5).

Faktor yang ketiga adalah keadaan pertumbuhan sampel karang di tapak semaian yang bertentangan. Seperti yang ditunjukkan pada Rajah 4.6, sampel karang di tapak semaian mampu bertumbuh dua arah iaitu dari ikatan kabel tie plastik menghadap atas dan bawah. Terdapat banyak sampel karang yang menunjukkan pertumbuhan yang jauh lebih bagus di bahagian bawah, tetapi untuk kaedah kajian ini hanya bahagian atas sampel karang diukurkan, supaya membolehkan perbandingan dengan sampel karang di tapak habitat semulajadi yang hanya bertumbuh sehalu atas. Maka, terdapat julat ukuran pertumbuhan yang besar disebabkan bukan semua sampel karang diukurkan pada bahagian yang bertumbuh paling optima. Oleh itu, ukuran pertumbuhan karang *A. formosa* di tapak semaian kajian ini mungkin belum memaparkan keupayaan pertumbuhan dengan sepenuhnya lagi.

Jadual 4.6 telah senaraikan beberapa kajian lepas yang mengukur pertumbuhan karang jenis *Acropora* untuk dibandingkan. Antara kajian spesies *A. formosa*, Pangkor Laut pada kajian ini mencatatkan pertumbuhan kadar lanjutan di terumbu karang semulajadi yang paling baik iaitu 0.75 ± 0.52 cm/bulan, diikuti *Akajima Island, Japan* yang mencatat 0.69 ± 0.20 cm/bulan (Okubo et al. 2005) dan *Houtman Abrolhos, Western*

Australia yang mencatat 0.66 ± 0.13 cm/bulan (Harriott 1998). Walau kadar pertumbuhan di Pulau Renggis agak rendah, namun pertumbuhan yang paling lambat adalah direkodkan di Japan, 0.39 ± 0.13 cm/bulan. Pertumbuhan karang di Laut Andaman (Charuchinda & Hylleberg 1984) yang mencatatkan 0.51 ± 0.15 cm/bulan, adalah di antara julat pertumbuhan Pulau Renggis dan Pangkor Laut. Antara spesies *Acropora* yang lain, *A. valenciennesi* di Kaledupa, Indonesia (Crabbe & Smith 2002) mencatatkan kadar pertumbuhan yang paling tinggi iaitu 1.00 ± 0.17 cm/bulan. Pertumbuhan di tapak semaian Tekek dan Air Batang dalam kajian ini walaupun berbeza secara signifikansi, namun ukuran mereka masih berada dalam julat pertumbuhan kajian-kajian lain dan dianggap normal.

Jadual 4.1 Rumusan hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel *A. formosa* empat tapak dalam purata kadar lanjutan selang masa. Nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tapak	Kondisi	Tempoh Masa	Pertumbuhan (cm/bulan)
Pulau Renggis, Pulau Tioman	Terumbu Semulajadi	8 bulan	0.42 \pm 0.41
Pangkor Laut, Pulau Pangkor	Terumbu Semulajadi	12 bulan	0.75 \pm 0.52*
Tekek, Pulau Tioman	Tapak Penyemaian	12 bulan	0.97 \pm 0.72*
Air Batang, Pulau Tioman	Tapak Penyemaian	10 bulan	0.48 \pm 0.43

* terdapat perbezaan signifikansi antara dua tapak ini, serta lebih tinggi secara signifikansi daripada tapak yang lain (ujian *Kruskal-Wallis* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*).

Jadual 4.2 Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel *A. formosa* di tapak habitat semulajadi Pulau Renggis, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tempoh	Purata Pertumbuhan Lanjutan Kumulatif (cm)	Purata Kadar Lanjutan Selang Masa (cm/bulan)
2 bulan, n = 26	0.83 \pm 0.72	0.41 \pm 0.36
4 bulan, n = 26	1.46 \pm 1.02	0.32 \pm 0.27
6 bulan, n = 26	2.32 \pm 1.62	0.43 \pm 0.39
8 bulan, n = 25	3.20 \pm 2.11	0.51 \pm 0.62
Purata Keseluruhan Kadar Lanjutan Bulanan (cm/bulan)		0.42 \pm 0.41

Jadual 4.3 Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel *A. formosa* di tapak habitat semulajadi Pangkor Laut, Pulau Pangkor menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tempoh	Purata Pertumbuhan Lanjutan Kumulatif (cm)	Purata Kadar Lanjutan Selang Masa (cm/bulan)
2 bulan, n = 46	1.05 \pm 0.85	0.53 \pm 0.43
4 bulan, n = 41	2.63 \pm 1.64	0.87 \pm 0.49*
6 bulan, n = 43	3.91 \pm 2.37	0.72 \pm 0.52
8 bulan, n = 29	5.72 \pm 2.87	1.06 \pm 0.67
10 bulan, n = 26	8.42 \pm 3.67	0.71 \pm 0.51
12 bulan, n = 24	9.05 \pm 5.19	0.61 \pm 0.50
Purata Keseluruhan Kadar Lanjutan Bulanan (cm/bulan)		0.75 \pm 0.52

* terdapat perbezaan yang signifikan dengan nilai selang masa yang sebelumnya (ujian *One-Way ANOVA* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*).

Jadual 4.4 Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel *A. formosa* di tapak semaian karang Tekek, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

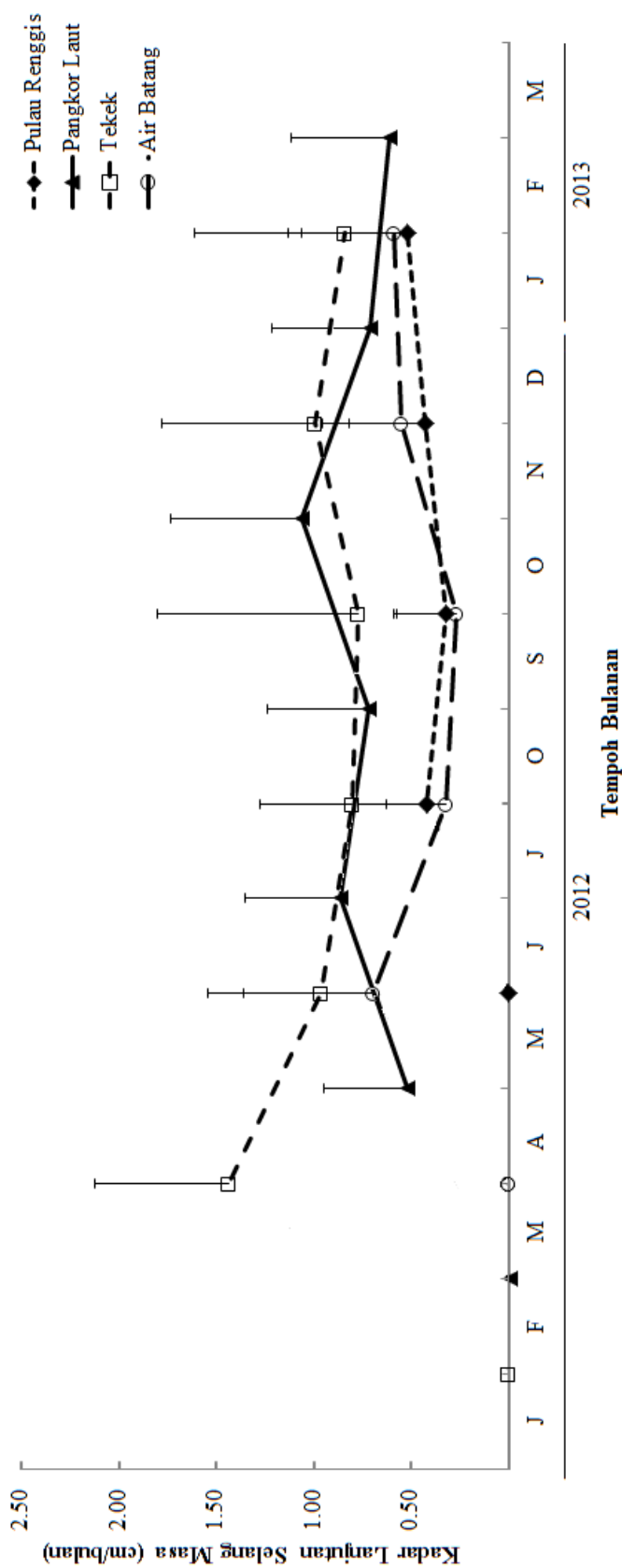
Tempoh	Purata Pertumbuhan Lanjutan Kumulatif (cm)	Purata Kadar Lanjutan Selang Masa (cm/bulan)
2 bulan, n = 106	2.87 \pm 1.37	1.44 \pm 0.68
4 bulan, n = 82	4.40 \pm 1.72	0.96 \pm 0.58*
6 bulan, n = 40	5.62 \pm 2.37	0.80 \pm 0.47
8 bulan, n = 42	5.91 \pm 3.33	0.77 \pm 1.03
10 bulan, n = 40	7.31 \pm 4.99	0.99 \pm 0.79
12 bulan, n = 39	8.51 \pm 5.40	0.84 \pm 0.77
Purata Keseluruhan Kadar Lanjutan Bulanan (cm/bulan)		0.97 \pm 0.72

* terdapat perbezaan yang signifikan dengan nilai selang masa yang sebelumnya (ujian *One-Way ANOVA* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*).

Jadual 4.5 Hasil pertumbuhan lanjutan linear sampel *A. formosa* di tapak semaian karang Air Batang, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tempoh	Purata Pertumbuhan Lanjutan Kumulatif (cm)	Purata Kadar Lanjutan Selang Masa (cm/bulan)
2 bulan, n = 105	1.38 \pm 1.33	0.69 \pm 0.66
4 bulan, n = 58	1.89 \pm 1.11	0.32 \pm 0.30*
6 bulan, n = 42	1.92 \pm 1.56	0.27 \pm 0.30
8 bulan n = 37	2.96 \pm 2.28	0.55 \pm 0.41
10 bulan, n = 31	3.98 \pm 1.16	0.58 \pm 0.48
Purata Keseluruhan Kadar Lanjutan Bulanan (cm/bulan)		0.48 \pm 0.43

* terdapat perbezaan yang signifikan dengan nilai selang masa yang sebelumnya (ujian *One-Way ANOVA* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*).



Rajah 4.1 Graf menunjukkan perbandingan kadar lanjutan kadar lanjutan selang masa antara empat tapak kajian menurut tempoh bulanan semasa dari 2012 hingga 2013. Butiran gelap ialah tapak habitat semulajadi, manakala butiran tidak terisi ialah tapak semaian karang. Garisan berjalur sambung ialah tapak di Pulau Pangkor, manakala garisan berjalur putus ialah tapak di Pulau Tioman. Bar ralat mewakili sisihan piawai. Permulaan kajian bagi empat tapak ditandakan di paksi x – tempoh bulanan.



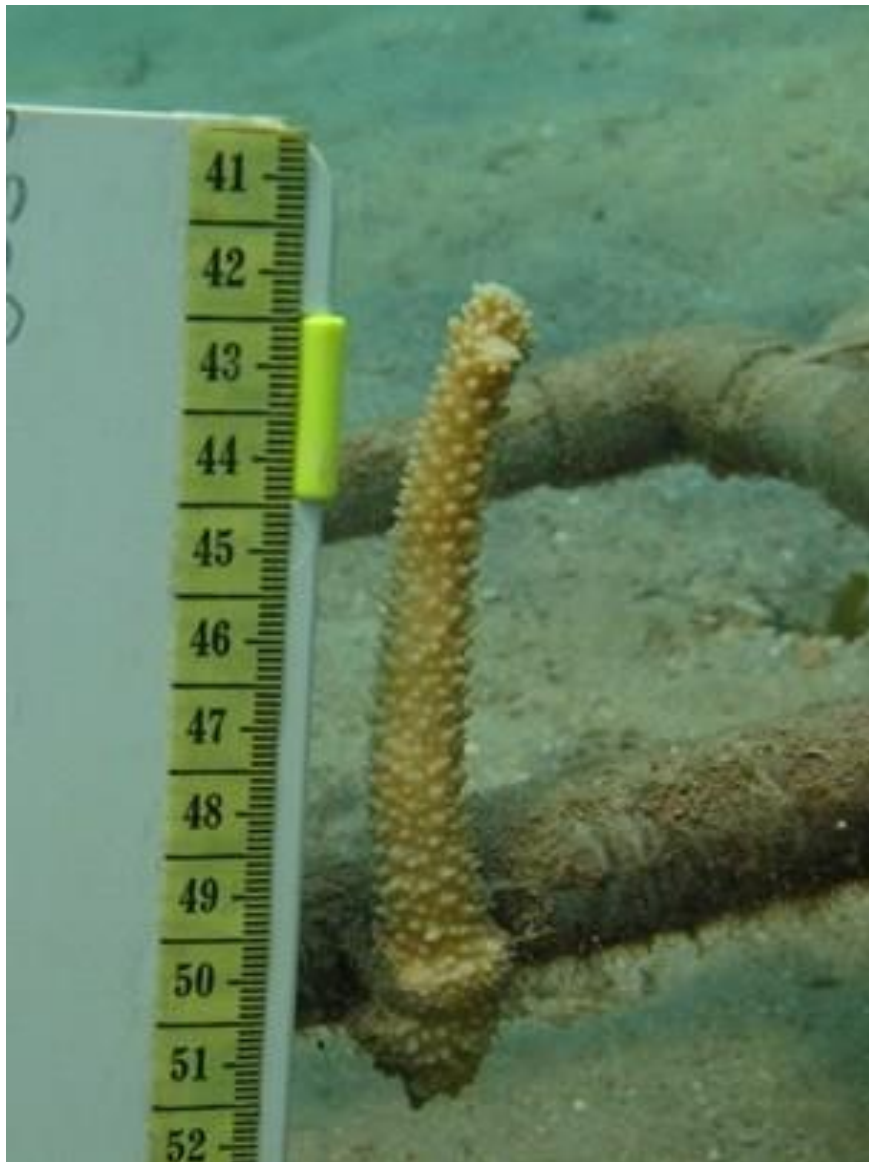
Rajah 4.2 Gambaran menunjukkan kesan gigit yang agak baru oleh ikan koralivor pada permukaan salah satu serpihan karang di tapak semaian Air Batang.



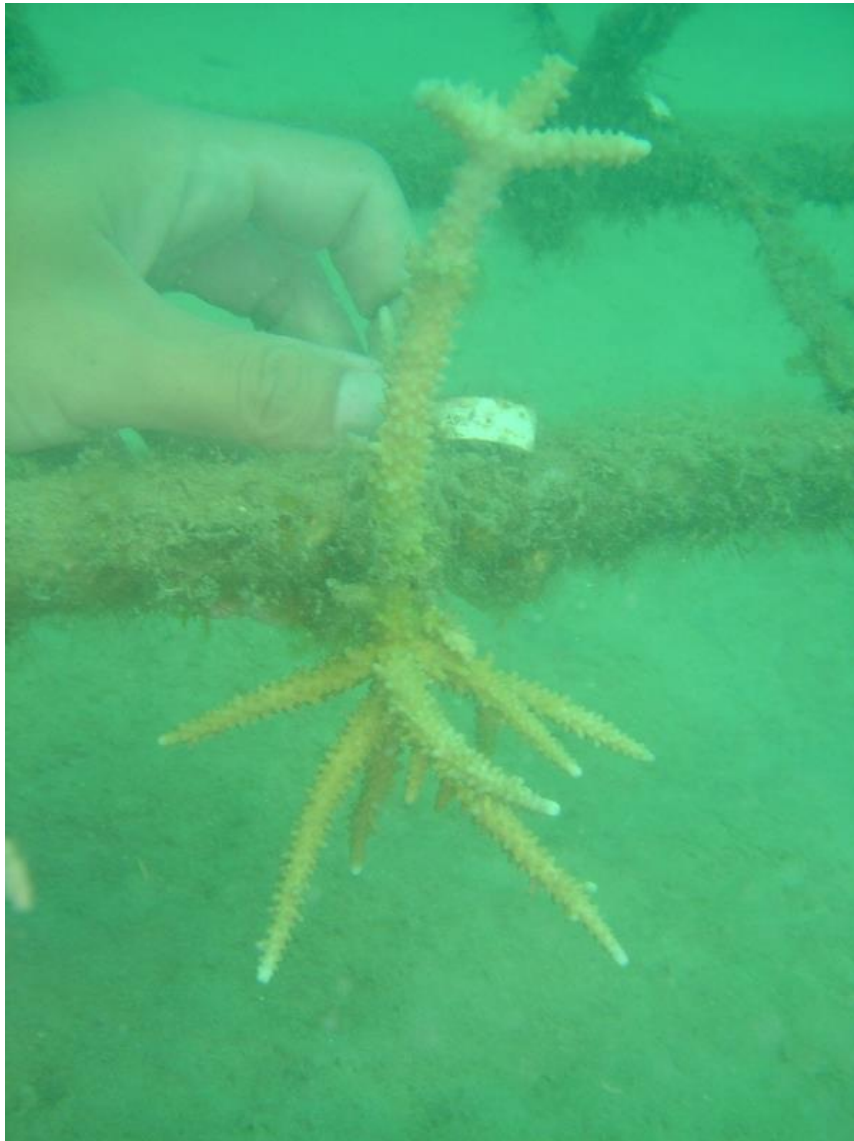
Rajah 4.3 Gambaran seekor penyu *Eretmochelys imbricate* yang diperhatikan sedang menggigit dan mencari makanan di terumbu karang Pulau Renggis yang berhampiran dengan tapak kajian.



Rajah 4.4 Gambaran seekor ikan koralivor yang mencari makan di tapak semaian Tekek.



Rajah 4.5 Gambaran salah satu serpihan karang di tapak semaian Tekek yang telah menyembuh cederanya pada hujung atas dan tiada lagi korallit paksi berwarna luntur putih di permukaan hujung.



Rajah 4.6 Gambaran salah satu sampel karang di tapak semaian Air Batang yang bahagian bawahnya menunjukkan tumbesaran yang lebih baik daripada bahagian atas.

Jadual 4.6 Perbandingan pertumbuhan karang genera *Acropora* antara kajian lain dalam purata kadar lanjutan bulanan. Nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Kajian	Spesies <i>Acropora</i>	Kaedah	Lokasi	Set	Purata kadar lanjutan bulanan (cm/bulan)
Gladfelter, 1978	<i>A. prolifera</i> <i>A. cervicornis</i>	Pewarnaan Alizarin	Buck Island, Virgin Islands, US	1	0.68 \pm 0.03
				2	0.49 \pm 0.02
					0.59 \pm 0.05
Charuchinda, 1984	<i>A. formosa</i>	Ukuran langsung dengan pembaris fleksibel	PMBC Pier, Pulau Phuket, Thailand		0.51 \pm 0.15
Harriott, 1998	<i>A. formosa</i>	Pewarnaan Alizarin	Houtman Abrolhos, Western Australia	1	0.66 \pm 0.13
				2	0.57 \pm 0.15
				3	0.51 \pm 0.13
				4	0.44 \pm 0.16
Crabbe, 2002	<i>A. valenciennesi</i>	Analisa imej dengan pita fleksibel	Kaledupa, Island of Hoga, Indonesia		1.00 \pm 0.17
			Sampela, Island of Hoga, Indonesia		0.55 \pm 0.13
Okubo, 2005	<i>A. formosa</i>	Ukuran langsung dengan rantai	Akajima Island, Okinawa, Japan	1	0.39 \pm 0.13
				2	0.63 \pm 0.14
				3	0.69 \pm 0.20
Lirman, 2010	<i>A. cervicornis</i>	Ukuran langsung dengan pembaris plastik	Biscayne National Park, Florida, US		0.63 \pm 0.29
			Pulau Renggis, Pulau Tioman, Malaysia		0.42 \pm 0.41
Kajian ini, 2012	<i>A. formosa</i>	Ukuran langsung dengan pita pengukur fleksibel	Pangkor Laut, Pulau Pangkor, Malaysia		0.75 \pm 0.52
			Tekek, Pulau Tioman, Malaysia		0.97 \pm 0.72
			Air Batang, Pulau Tioman, Malaysia		0.48 \pm 0.43

4.2 KEMANDIRIAN

Jadual 4.7 telah menyenaraikan kadar kemandirian sampel di empat tapak sepanjang kajian ini. Kadar kemandirian di kedua-dua tapak semulajadi adalah bagus. Sampel di tapak Pulau Renggis telah mengekalkan kadar kemandirian 100% dan semuanya hidup sampai akhir kajian ini. Sampel di tapak Pangkor Laut juga mencapai kadar kemandirian yang tinggi, iaitu 100% untuk empat bulan yang pertama dan 85% pada akhir kajian. Namun, tiada perubahan kadar kemandirian yang signifikan pada selang masa yang berterusan (ujian *Kruskal-Wallis* $p > 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*).

Walau sampel *A. formosa* di Pangkor Laut mempunyai kadar pertumbuhan yang lebih tinggi seperti yang dibincangkan di Bab 4.1, namun terdapat beberapa kematian sampel yang diliputi oleh pertumbuhan alga. Secara pemerhatian yang kasar, keadaan liputan alga di tapak Pulau Renggis adalah kurang. Di samping itu, terdapat banyak ikan-ikan kecil yang berpemakanan herbivor juga diperhatikan semasa persampelan di Pulau Renggis. Bukti terdapat pemakanan alga oleh ikan ialah pemerhatian kesan-kesan gigitan pada pita-pita plastik penanda yang lebih kerap di tapak Pulau Renggis berbanding tiga tapak lain. Hixon (1997) menyatakan ikan herbivor yang makan alga secara bergerak dalam kumpulan besar atau berjajah kawasan dapat mengurangkan penyebaran dan populasi alga dalam terumbu secara berkesan. Oleh itu, dicadangkan bahawa ikan-ikan herbivor ini memainkan peranan dalam mengawal pertumbuhan alga, dan secara tidak langsung mendorong pertumbuhan karang di terumbu Pulau Renggis.

Keadaan kemandirian sampel di kedua-dua tapak semaian adalah kurang memuaskan. Jadual 4.7 menunjukkan kadar kemandirian di tapak Tekek dan tapak Air Batang turun sehingga kurang daripada separuh pada akhir kajian. Di Tekek, penurunan kadar kemandirian adalah signifikan pada selang masa yang ketiga, iaitu turun dari 89% pada Jun 2012 sehingga 61% pada Ogos 2012 (ujian *Kruskal-Wallis* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*). Kadar kemandirian di Air Batang mengalami penurunan yang signifikan secara berturutan pada selang masa kedua dan ketiga. Dalam tempoh empat bulan ini, kadar kemandirian jatuh dari 98% pada Jun 2012 sehingga 45% sama dengan

tapak Tekek pada Oktober 2012 (ujian *Kruskal-Wallis* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*). Mengikuti catatan kajian-kajian lepas (Okubo et al. 2005; Yap et al. 1992), kadar kemandirian pada serpihan karang yang dipindahkan adalah tidak tinggi. Keputusan di tapak semaian Tekek dan Air Batang juga tidak dikecualikan.

Apabila membandingkan kadar kemandirian antara dua tapak terumbu semulajadi dengan dua tapak semaian, perbezaan mereka adalah ketara dan dibuktikan signifikansi (ujian *Kruskal-Wallis* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*). Ini menjelaskan keadaan tapak semaian kajian ini tidak ideal seperti di tapak terumbu semulajadi. Namun begitu, pemilihan lokasi tapak semaian yang kurang sesuai mungkin merupakan salah satu faktor. Kedua-dua tapak semaian adalah berhampiran dengan kawasan komersial dan pendudukan kampung tempatan. Terdapat muara sungai yang membawa efluen antropogenik berdekatan dengan tapak Tekek dan Air Batang. Ini boleh mempengaruhi kandungan nutrien dan parameter fizikal dalam air, lalu menjejaskan kualiti persekitaran di kedua-dua tapak semaian (Hubbard 1997).

Berdasarkan pemerhatian sendiri dan informasi daripada penduduk tempatan Pulau Tioman, beberapa kali ribut yang lebat pernah melanda dalam tempoh masa Jun hingga Oktober 2012. Kedua-dua tapak semaian telah mengalami kerosakan pada rangka struktur PVC setiap kali ribut melanda (Rajah 3.18). Banyak sampel serpihan karang telah hilang akibat serpihan-serpihan karang ini belum bertumbuh liputan karang yang bercengkam kuat pada pipa PVC untuk menahan daya ombak dan ribut. Banyak kabel tie plastik didapati telah putus dan serpihan karang turut hilang. Penggunaan kabel tie plastik (Okubo et al. 2005) merupakan salah satu alatan alternatif kepada gam pelekat (Yap & Molina 2003; Yeemin et al. 2006) untuk mengukuhkan serpihan karang kerana lebih murah. Manakala serpihan karang yang terselamat, terutamanya yang hidup sampai akhir kajian, diperhatikan badan karang telah bertumbuh sehingga membalut di bahagian pipa PVC (Rajah 4.7). Ini menunjukkan keberkesanan seutas kabel tie plastik adalah kurang untuk menahankan ribut lebat sebelum serpihan karang dapat bertumbuh membaluti pipa PVC.

Jadual 4.7 Perbandingan hasil kadar kemandirian karang *A. formosa* dalam peratusan (%) di empat tapak kajian menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan.

Tempoh	Tapak			
	Pulau Renggis ^a	Pangkor Laut ^a	Tekek	Air Batang
2 bulan	100	100	92	98
4 bulan	100	100	89	66 ^b
6 bulan	100	98	61 ^b	45 ^b
8 bulan	100	92	45	37
10 bulan		87	38	30
12 bulan		85	35	



Rajah 4.7 Gambaran menunjukkan salah satu serpihan karang di tapak semaian Air Batang yang pertumbuhannya di bahagian ikatan telah meliputi sekeliling pipa PVC.

4.3 PENJANAAN CABANG PROTO

Sesetengah sampel di tapak terumbu semulajadi dan tapak semaian menunjukkan penjanaan cabang proto yang menakjudkan. Jadual 4.8 hingga 4.11 telah menyenaraikan penjanaan cabang proto sampel di empat tapak secara kuantitatif dan kualitatif. Bilangan sampel bercabang yang diambilkirakan untuk set data penjanaan cabang proto adalah jauh berbeza antara empat tapak, menjadikan nilai sisihan piawai yang amat tinggi. Untuk mendapatkan perbandingan yang tepat menggunakan statistik kaedah kajian ini, hanya penjanaan cabang proto baru antara selang masa pada tapak yang sama diujikan.

Di tapak Pulau Renggis (Jadual 4.8), penjanaan cabang proto kelihatan agak perlahan berbanding dengan tapak lain. Selepas tempoh empat bulan kajian, baru 10% sampel didapati menjanakan cabang proto. Terdapat pengurangan kadar sampel bercabang dari 17% pada tempoh 6 bulan hingga 14% pada akhir kajian. Ini disebabkan tiada penambahan sampel bercabang manakala salah satu sampel yang bercabang mengalami kerosakan, samaada daripada gigitan biota atau daya fizikal lalu terpatah. Peningkatan yang agak ketara pada penjanaan cabang proto diperhatikan pada tempoh selang masa 2 bulan yang terakhir ini. Kiraan bilangan maksima cabang proto bertambah dari 3 sehingga 9 cabang proto, manakala purata penjanaan cabang proto kumulatif bertambah dari 1.60 ± 0.89 sehingga 4.50 ± 4.12 . Namun, ujian *One-way ANOVA* tidak mengesan perubahan yang signifikan ($p > 0.05$) pada purata penjanaan cabang proto selang masa keempat ini.

Tapak Pangkor Laut (Jadual 4.9) menunjukkan penjanaan cabang proto lebih baik daripada tapak Pulau Renggis. Kadar sampel bercabang semakin bertambah dalam sepanjang tempoh kajian, iaitu dari 8% pada permulaan sehingga 73% pada akhirnya. Hampir 5 kali ganda kadar sampel Pangkor Laut telah bercabang daripada tapak Pulau Renggis. Sesetengah sampel mempunyai lebih daripada 10 cabang proto, dan mencatat maksimumnya 19 pada akhir kajian. Sampel Pangkor Laut juga mempunyai purata penjanaan cabang proto kumulatif yang lebih tinggi daripada sampel Pulau Renggis, iaitu

4.71 \pm 4.37. Tiada signifikansi dikesankan pada purata penjanaan cabang proto selang masa sepanjang tempoh kajian (ujian *One-way ANOVA* $p > 0.05$).

Kedua-dua tapak semaian mempunyai penjanaan cabang proto yang baik, terutamanya di tapak Tekek (Jadual 4.10). Kadar sampel bercabang di Tekek memecut daripada 23% sehingga 77% dalam masa 2 bulan permulaan, dan mencatatkan 92% pada akhir kajian. Purata penjanaan cabang proto kumulatif dan selang masa di tapak Tekek adalah paling tinggi berbanding dengan tiga tapak lain. Terdapat penambahan purata penjanaan cabang proto selang masa dari 2.85 \pm 1.82 kepada 7.45 \pm 10.27 yang signifikansi pada selang masa terakhir (ujian *One-way ANOVA* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*), sehingga kumulatifnya mencatatkan 11.00 \pm 13.31. Nilai sisihan piawainya juga sangat besar disebabkan terdapat salah satu sampel yang menjanakan paling banyak cabang proto, daripada 29 sehingga 72 (Rajah 4.8).

Seterusnya, kadar sampel bercabang di tapak Air Batang (Jadual 4.11) bertambah sehingga 50% selepas 8 bulan, kemudian tiada penambahan lagi pada selang masa terakhir. Kualiti penjanaan cabang proto di tapak Air Batang adalah paling rendah berbanding tiga tapak lain. Biliangan maksima cabang proto paling tinggi ialah 10 sahaja dicatatkan semasa tempoh bulan keempat. Kemudian sampel itu mati semasa selang masa ketiga yang terdapat pengurangan kadar kemandirian signifikansi, dan catatan bilangan maksima pada akhir kajian ialah 9. Purata penjanaan cabang proto kumulatifnya mencatatkan 3.17 \pm 2.64 dan tiada perubahan signifikansi pada selang masa (ujian *Kruskal-Wallis* $p > 0.05$). Keadaan tapak Tekek yang membolehkan penjanaan cabang proto yang tinggi pada sampel berkemungkinan berkait dengan tempoh penyesuaian kondisi yang lebih lama. Selain itu, lokasi tapak yang berbeza mungkin menyebabkan kualiti persekitaran air di tapak Tekek lebih sesuai untuk karang semai bertumbuh dan menjanakan cabang proto.

Hasil kajian ini telah menunjukkan bahawa karang *A. formosa* bukan sahaja mempunyai tumbesaran yang cepat. Karang ini juga berupaya menjanakan cabang proto dengan bagus dalam keadaan tapak yang berlainan, terutamanya tapak terumbu

semulajadi di Pangkor Laut dan tapak semaian karang di Tekek. Ini adalah penting untuk pembentukan dan pemulihan terumbu karang bercabang. Struktur cabangan dan topografi kompleks yang dihasil oleh penjanaan cabang proto memanfaatkan terumbu dan pesisiran pantai dengan mengurangkan impak hakisan ombak dan hidrodinamik (Madin & Connolly 2006). Geometri cabang pada koloni karang boleh melindungi koloninya dan karang lain terhadap cahaya berlebihan di perairan cetek dengan memodulasi keamatan cahaya yang mencapai terumbu (Kaniewska et al. 2008). Di samping itu, ia juga memberi faedah kepada organisma terumbu lain dengan menyediakan peneduhan. Kadar penjanaan cabang proto yang tinggi juga menunjukkan pembiakan aseksual yang tinggi melalui fragmentasi karang. Ini adalah penting untuk pengembangan koloni karang (Lirman 2000) dan pemulihan terumbu sendiri selepas pemusnahan ribut (Garrison & Ward 2008). Serpihan cabang proto juga sangat penting kerana kegunaannya dalam pemindahtanaman karang (Garrison & Ward 2008; Soong & Chen 2003).

Jadual 4.8 Hasil penjanaan cabang proto sampel *A. formosa* di tapak habitat semulajadi Pulau Renggis, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tempoh	Kadar Sampel Bercabang (%)	Bilangan Maksima Cabang Proto Di Satu Sample	Purata Penjanaan Cabang Proto Kumulatif	Purata Penjanaan Cabang Proto Selang Masa
Permulaan	0	0	0 \pm 0	0 \pm 0
2 bulan	0	0	0 \pm 0	1.67 \pm 1.15
4 bulan	10	3	1.67 \pm 1.15	1.50 \pm 0.71
6 bulan	17	3	1.60 \pm 0.89	4.33 \pm 2.89
8 bulan	14	9	4.50 \pm 4.12	

Jadual 4.9 Hasil penjanaan cabang proto sampel *A. formosa* di tapak habitat semulajadi Pangkor Laut, Pulau Pangkor menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tempoh	Kadar Sampel Bercabang (%)	Bilangan Maksima Cabang Proto Di Satu Sample	Purata Penjanaan Cabang Proto Kumulatif	Purata Penjanaan Cabang Proto Selang Masa
Permulaan	8	2	1.20 \pm 0.45	1.71 \pm 0.99
2 bulan	29	4	1.82 \pm 0.95	2.44 \pm 1.75
4 bulan	45	7	2.42 \pm 1.55	3.08 \pm 2.14
6 bulan	52	12	3.36 \pm 2.70	2.45 \pm 2.07
8 bulan	59	15	4.00 \pm 3.46	2.00 \pm 1.31
10 bulan	68	15	3.92 \pm 3.30	2.22 \pm 1.92
12 bulan	73	19	4.71 \pm 4.37	

Jadual 4.10 Hasil penjanaan cabang proto sampel *A. formosa* di tapak semaian karang Tekek, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tempoh	Kadar Sampel Bercabang (%)	Bilangan Maksima Cabang Proto Di Satu Sample	Purata Penjanaan Cabang Proto Kumulatif	Purata Penjanaan Cabang Proto Selang Masa
Permulaan	23	8	2.96 \pm 1.79	3.62 \pm 2.06
2 bulan	77	10	4.01 \pm 2.30	3.21 \pm 2.18
4 bulan	86	17	5.35 \pm 3.49	3.02 \pm 1.91
6 bulan	86	22	7.48 \pm 4.66	4.25 \pm 4.20
8 bulan	87	24	6.45 \pm 5.46	2.85 \pm 1.82
10 bulan	87	29	7.33 \pm 6.04	7.45 \pm 10.27*
12 bulan	92	72	11.00 \pm 13.31	

* terdapat perbezaan yang signifikan dengan nilai selang masa yang sebelumnya (ujian *One-Way ANOVA* $p < 0.05$ dengan perbandingan *Tukey*).

Jadual 4.11 Hasil penjanaan cabang proto sampel *A. formosa* di tapak semaian karang Air Batang, Pulau Tioman menurut selang masa. Tempoh selang masa ialah 2 bulan dan nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Tempoh	Kadar Sampel Bercabang (%)	Bilangan Maksima Cabang Proto Di Satu Sample	Purata Penjanaan Cabang Proto Kumulatif	Purata Penjanaan Cabang Proto Selang Masa
Permulaan	13	3	1.27 \pm 0.71	1.89 \pm 1.37
2 bulan	33	7	1.74 \pm 1.23	2.00 \pm 1.93
4 bulan	44	10	2.15 \pm 2.05	1.63 \pm 0.74
6 bulan	47	8	2.04 \pm 1.95	2.00 \pm 1.10
8 bulan	50	8	2.41 \pm 1.79	4.20 \pm 2.77
10 bulan	50	9	3.17 \pm 2.64	



Rajah 4.8 Gambaran menunjukkan sampel serpihan karang yang ditandakan A102 di tapak semaian Tekek telah menjanakan bilangan cabang proto yang paling tinggi.

4.4 HASIL KUANTUM BERKESAN

Selain daripada kadar tumbesaran, hasil kuantum berkesan pada klorofil fotosintesis juga boleh berfungsi sebagai penilai kesihatan terumbu karang yang piawai (Jones et al. 1999; Metalpa et al. 2006). Merujuk Jadual 4.12, bacaan di tapak terumbu semulajadi Pangkor Laut dan tapak semaian karang Tekek diperhatikan agak tinggi dan melebihi tapak Pulau Renggis dan Air Batang. Hasil kuantum berkesan ini mempunyai persamaan yang relatif kepada kadar pertumbuhan lanjutan dan penjanaan cabang proto, di mana ukuran dan bacaan adalah lebih tinggi di kedua-dua Pangkor Laut dan Tekek. Oleh itu, dicadangkan bahawa terdapat hubungan antara aspek pertumbuhan yang disiasat dengan keberkesanan fotosintesis, serta kecekapan mereka dalam menilai kesihatan karang di keadaan tapak yang berlainan.

Perbandingan nilai bacaan hasil kuantum berkesan antara kajian lain boleh memberi gambaran tahap kesihatan antara terumbu-terumbu karang di merata dunia. Jadual 4.12 juga menyenaraikan beberapa bacaan kajian lepas dengan spesies karang yang berlainan. Berbanding dengan kajian di pulau yang sama iaitu Pulau Tioman (Adzis et al. 2009), produktiviti fotosintesis *A. formosa* di Pulau Renggis agak rendah daripada *Pocillopora damicornis* di Tanjung Mesoh. Secara keseluruhan, bacaan kajian ini menunjukkan produktiviti fotosintesis karang *A. formosa* di tapak kajian ini adalah lebih tinggi daripada karang spesies lain di Australia (Negri et al. 2005; Ralph et al. 1999). Di samping itu, kejadian pelunturan karang berkait El Niño 1997-1998 yang berskala besaran mungkin mempengaruhi keadaan karang sebelum kajian Ralph (Ralph et al. 1999; West & Salm 2003). Oleh itu, sampel karang *A. formosa* pada kajian ini boleh dianggap berada dalam keadaan yang agak sihat.

Jadual 4.12 Perbandingan produktiviti fotosintesis karang berlainan spesies antara kajian lain dalam purata hasil kuantum berkesan. Nilai purata diberi \pm sisihan piawai.

Kajian	Spesies Karang	Lokasi	Set	Purata Hasil, $\Delta F / F_m'$
Ralph 1999	<i>Acropora aspera</i>	Heron Island, Great		0.47 \pm 0.051
	<i>Goniastrea sp.</i>	Barrier Reef, Australia		0.54 \pm 0.004
	<i>Porites sp.</i>			0.59 \pm 0.019
Negri, 2005	<i>Acropora milipora</i>	Lizard Island, Great		0.52 \pm 0.02
	<i>Pocillopora damicornis</i>	Barrier Reef, Australia		0.43 \pm 0.01
Adzis, 2009	<i>Pocillopora damicornis</i>	Tanjung Mesoh, Pulau	1	0.7 \pm 0.05
		Tioman, Malaysia	2	0.72 \pm 0.03
Bielmyer, 2010	<i>Acropora cervicornis</i>	University of Miami,		0.42 \pm 0.03
	<i>Pocillopora damicornis</i>	US		0.49 \pm 0.01
Kajian ini, 2012	<i>Acropora formosa</i>	Pulau Renggis, Pulau Tioman, Malaysia	1	0.64 \pm 0.10
			2	0.67 \pm 0.11
			3	0.70 \pm 0.09
		Pangkor Laut, Pulau Pangkor, Malaysia	1	0.72 \pm 0.09
			2	0.69 \pm 0.14
			3	0.70 \pm 0.09
		Tekek, Pulau Tioman, Malaysia	1	0.62 \pm 0.07
			2	0.68 \pm 0.08
			3	0.71 \pm 0.12
		Air Batang, Pulau Tioman, Malaysia	1	0.60 \pm 0.10
			2	0.50 \pm 0.09
			3	0.69 \pm 0.09

4.5 SUHU AIR

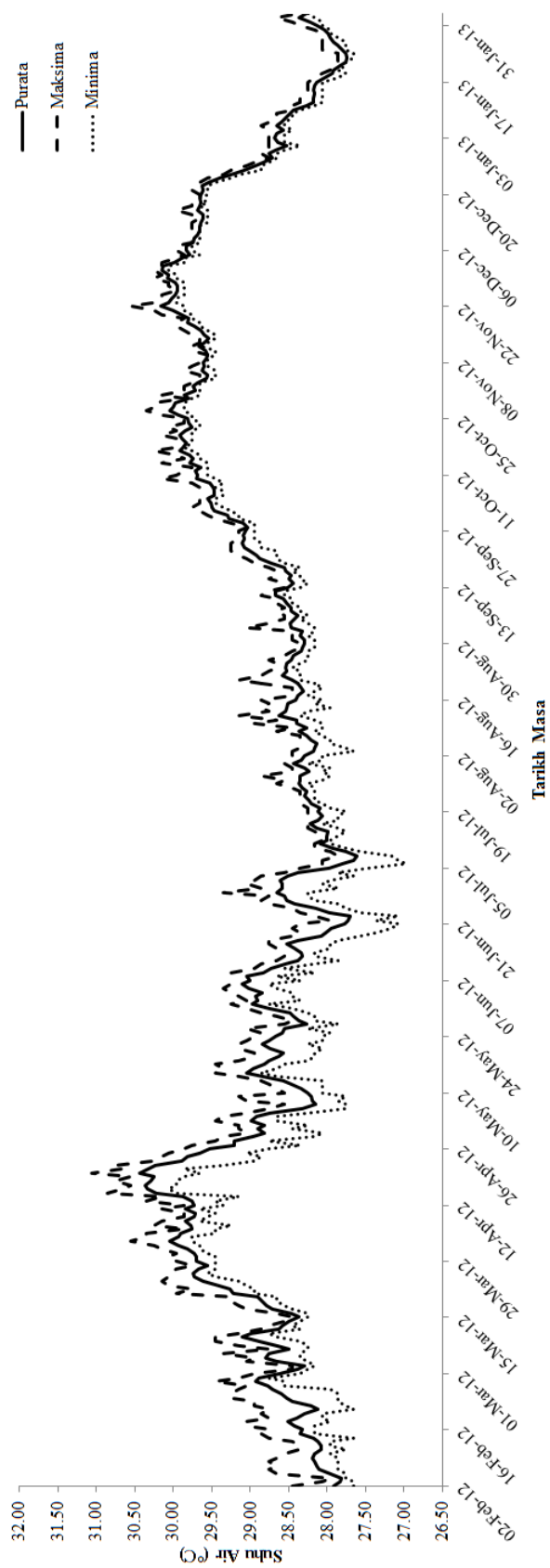
Rajah 4.9 dan Rajah 4.10 telah merekodkan suhu air maksima harian, suhu air minima harian dan purata suhu air harian masing-masing di tapak Pulau Renggis dan tapak Pangkor Laut. Mengandaikan suhu di perairan sekitar Pulau Tioman adalah lebih kurang sama dan tiada perbezaan signifikasi, suhu air di tapak semaian karang Tekek dan Air Batang adalah dijangka menyerupai tapak Pulau Renggis dan sama merujuk kepada Rajah 4.9.

Purata keseluruhan suhu air dalam sepanjang tempoh kajian di Pulau Renggis, Pulau Tioman ialah 2.89 ± 0.70 °C. Didapati bahawa purata suhu air harian melebihi purata keseluruhan suhu air dan kekal atas 29°C semasa dua tempoh masa, iaitu dari March hingga April dan dari Oktober hingga November tahun 2012 (Rajah 4.9). Kedua-dua selang tempoh ini merupakan ketika perantaraan musim Monson Timur Laut (Disember hingga Mac) dan musim Monson Barat Daya (Mei hingga September). Merujuk balik Rajah 4.1, didapati bahawa pertumbuhan lanjutan selang masa adalah agak rendah semasa dua musim monson, manakala agak tinggi semasa dua selang tempoh perantaraan musim monson ini. Namun, tiada hubungan korelasi yang signifikasi dikesan antara suhu air dengan purata lanjutan selang masa, kadar kemandirian, dan penjanaan cabang proto selang masa di ketiga-tiga tapak Pulau Tioman (ujian *Pearson* $p > 0.01$).

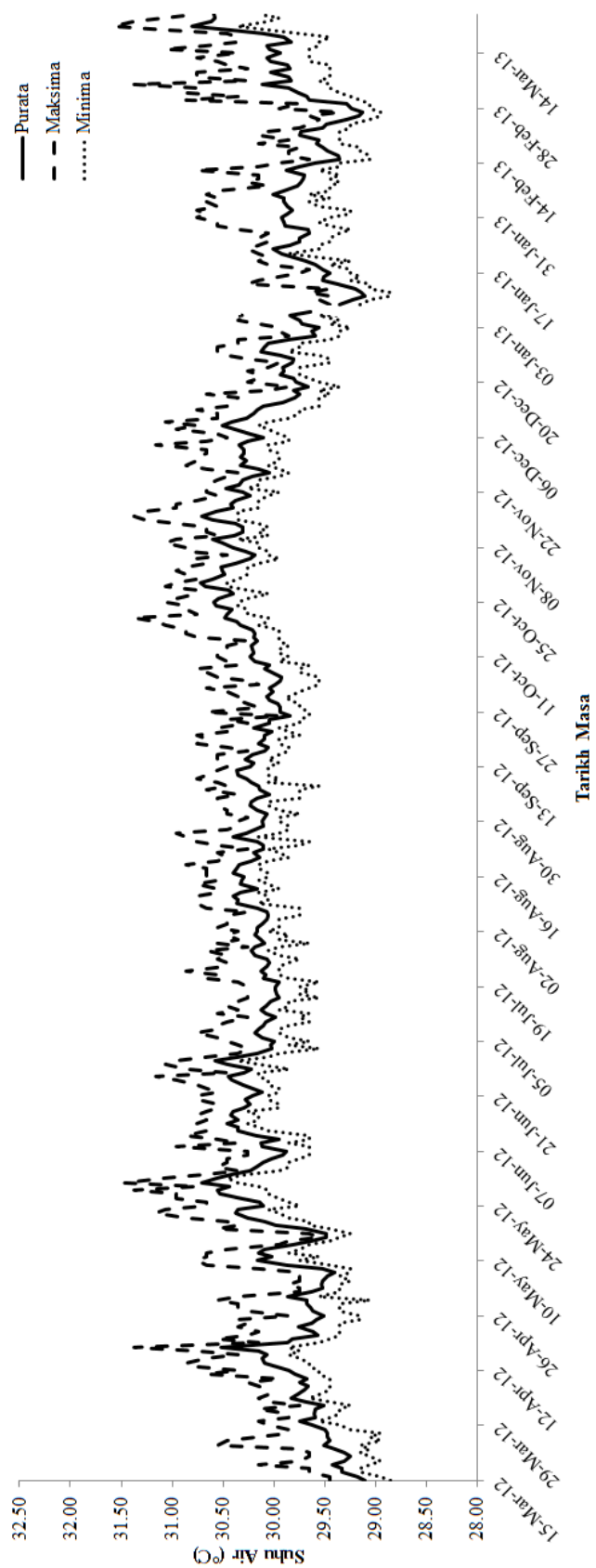
Manakala suhu air di Pangkor Laut, Pulau Pangkor agak tinggi daripada Pulau Tioman, dengan mencatatkan purata keseluruhan suhu airnya 30.01 ± 0.35 °C (Rajah 4.10). Nilai sisihan piawainya yang lebih rendah daripada Pulau Tioman menunjukkan julat perubahan suhu air yang lebih kecil dan stabil. Hampir setiap masa bahawa suhu air di Pulau Pangkor mengekalkan di atas 29 °C sepanjang tempoh kajian. Tiada perbezaan suhu air yang ketara diperhatikan antara musim monson dan selang masa perantaraannya, seperti yang dibincangkan pada suhu air Pulau Tioman. Ini dipercayai bahawa kedudukan lokasi Pulau Pangkor dalam Selat Melaka yang strategik menstabilkan perubahan suhu airnya, kerana dapat terlindung daripada efek musim Monson Timur Laut oleh Semenanjung Malaysia dan Monson Barat Daya oleh Kepulauan Sumatera (Chiang et al.

2003). Ini mencadangkan suhu air Pulau Pangkor yang lebih tinggi dan lebih stabil mendorong tumbesaran karang *A. formosa* yang lebih baik di tapak Pangkor Laut berbanding tapak Pulau Renggis. Seterusnya, tiga set data pertumbuhan karang Pangkor Laut diuji dengan suhu air menggunakan ujian korrelasi *Pearson*. Antaranya, purata lanjutan selang masa telah mencatatkan $p = 0.034$, korrelasi = 0.845, manakala penjanaan cabang proto selang masa mencatatkan $p = 0.047$, korrelasi = 0.818. Namun demikian, korrelasi set data ini masih tidak signifikan kerana nilai $p > 0.01$. Kajian lanjutan adalah diperlukan untuk mengenalpasti hubungan pertumbuhan karang yang tinggi dengan suhu air Pulau Pangkor yang stabil.

Hubbard (1997) menyatakan bahawa julat suhu air yang optima untuk terumbu karang adalah di antara 26-28 °C. Melihatkan hasil kajian yang dibincangkan atas, julat suhu optima bagi karang *A. formosa* mungkin melebihi 29 °C dan kajian lanjutan diperlukan. Di samping itu, pemanasan global mungkin mempengaruhi dan mengubah struktur komuniti karang pembina terumbu secara beransuran pada masa depan. Contohnya, kelimpahan populasi dan liputan karang *A. formosa* mungkin meningkat kerana suhu air optimanya yang lebih tinggi menjadikan tumbesaran lebih cepat. Ini akan membenarkan liputan karang *A. formosa* melebihi karang scleractinia lain yang bertumbuh perlahan.



Rajah 4.9 Graf menunjukkan catatan purata suhu air harian serta suhu air harian maksima dan minima di tapak Pulau Renggis, Pulau Tioman menurut tarikh masa dari 2012 hingga 2013.



Rajah 4.10 Graf menunjukkan catatan purata suhu air harian serta suhu air harian maksima dan minima di tapak Pangkor Laut, Pulau Pangkor menurut tarikh masa dari 2012 hingga 2013.

4.6 KEAMATAN CAHAYA DAN KEBOLEHLIHATAN AIR

Bacaan keamatan cahaya dan kebolehlihatan air bagi empat tapak disenaraikan pada Jadual 4.17. Keamatan cahaya yang diukur dalam unit PAR mempunyai julat yang besar. Ini disebabkan masa persampelan di tapak yang tidak dapat mengikuti tempoh harian dan ketika pasang surut air yang tetap. Namun, bacaan julat PAR adalah lebih kurang sama antara satu lain. Untuk kebolehlihatan air, terdapat perbezaan yang ketara di antara perairan Pangkor Laut, Pulau Pangkor dengan perairan tiga tapak di Pulau Tioman. Bacaan kebolehlihatan cakera Secchi di tiga tapak Pulau Tioman selalunya melebihi kedalaman dasar, serta kebanyakan masa kebolehlihatan dalam airnya adalah melebihi 10 meter. Manakala kebolehlihatan di Pangkor Laut adalah lebih rendah dengan hanya mencatatkan julat kebolehlihatan cakera Secchi 1.70 – 1.75 m. Airnya yang keruh sering mengehadkan kebolehlihatan dalam air tidak melebihi 10 meter dan meyakinkan kerja persampelan di tapak Pangkor Laut (Rajah 3.20).

Keadaan air yang keruh dan kehijauan di Pangkor Laut telah memberikan hasil kajian yang luar jangkaan. Mengikut kenyataan kajian umum (Crabbe & Smith 2005; ISRS 2004), kekeruhan air mengurangkan tumbesaran karang secara langsung. Oleh itu, tumbesaran di tapak Pulau Tioman dijangkakan lebih baik daripada tumbesaran di tapak Pulau Pangkor pada permulaan kajian. Namun, terdapat kajian yang mengemukakan bahawa tiada hubungan yang ketara antara kekeruhan air dan tumbesaran karang (Anthony & Connolly 2004; Loya 1976). Pada akhir kajian ini, karang *A. formosa* di Pangkor Laut bertumbuh lebih baik seperti yang dibincangkan atas. Terdapat kemungkinan bahawa, air persekitaran yang keruh dan kehijauan ini adalah disebabkan oleh kandungan partikulat organik dan fitoplankton yang tinggi dalam kolom air. Partikulat organik dan fitoplankton ini merupakan sumber makan tambahan kepada karang *Acropora* melalui pengambilan makan suspensi, maka menyumbangkan tumbesaran karang (Anthony 1999, 2000).

Jadual 4.13 Perbandingan parameter keamatan cahaya dalam PAR dan kebolehlihatan antara empat tapak kajian.

Tapak	Kedalaman Air (m)	Julat PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Julat Kebolehlihatan Dalam Air (m)	Julat Kebolehlihatan Cakera Secchi (m)
Pulau Renggis	6.48 \pm 0.55	6 - 175	5 - 15	> 4.6
Pangkor Laut	3.56 \pm 1.06	4 - 205	1 - 6	1.70 - 1.75
Tekek	5.47 \pm 0.52	1 - 165	4 - 13	> 5.1
Air Batang	4.78 \pm 0.26	9 - 194	5 - 12	> 5.5

4.7 TAPAK SEMAIAN KARANG DAN LAIN-LAIN

Tujuan menyediakan dan mengerjakan tapak-tapak semaian adalah untuk memulihkan terumbu karang yang terancam. Di samping menjalankan kaedah kerja persampelan, terdapat beberapa pemerhatian tambahan mengenai tapak semaian karang jenis *in situ* ini telah dibuat. Sepanjang tempoh kajian ini, tapak semaian karang telah berfungsi sebagai terumbu tiruan dengan sebahagian biomas serpihan karang. Ia telah menyediakan tempat habitat kepada pelbagai organisma terumbu samada vertebrata dan invertebrate. Ia juga berfungsi sebagai tapak semaian bagi anak-anak ikan bermastautin (Rajah 4.11).

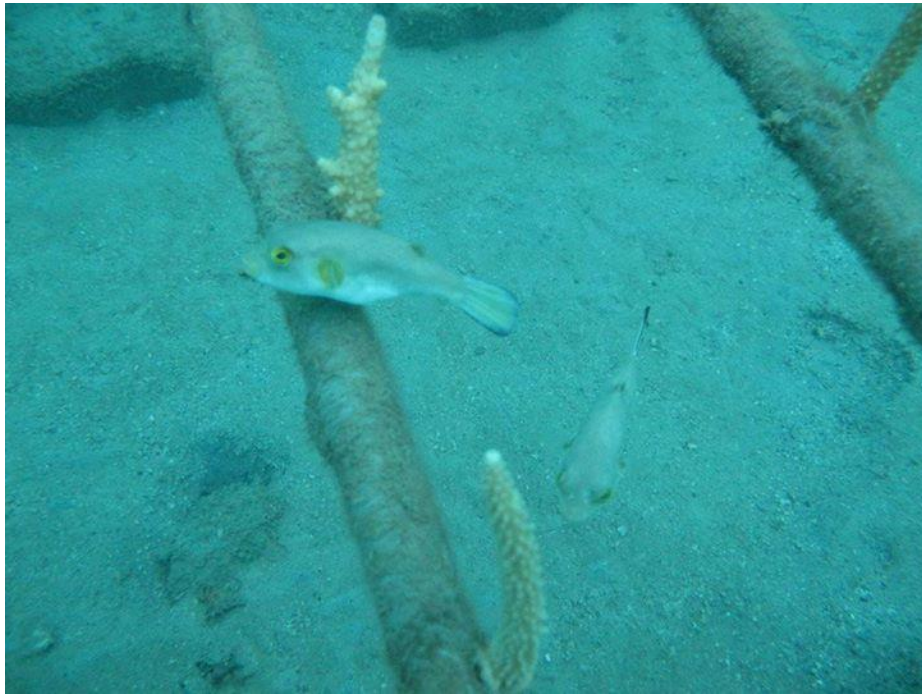
Salah satu masalah dalam penjagaan tapak semaian karang *in situ* ialah pertumbuhan organisma fouling seperti alga, cengkerang molluska dan haiwan *Ascidian* di struktur pipa PVC dan serpihan karang. Selain itu, terdapat pendedapan sedimen yang tinggi di kedua-dua tapak semaian. Ini memerlukan tenaga kerja bawah air yang banyak dan berterusan untuk membersihkan organisma fouling dan sedimen dari berpuluhan rangka semaian. Kerja pembersihan dan penjagaan tapak semaian karang ini hendaklah dijalankan dengan cara SCUBA, maka kos penyelenggaraan tidak murah. Terdapat sesekali bahawa seekor siput laut yang besar, *Pleurobranchus spp* tertarik ke tapak Air Batang semasa persampelan (Rajah 4.12). *Pleurobranchus spp* ini memanfaatkan tapak semaian dengan memakan liputan alga dan haiwan *Ascidian* yang terdapat di struktur rangka PVC tanpa mencederakan serpihan karang. Selain itu, terdapat organisma yang jenis pemakanan koralivor juga melihatkan tapak semaian sebagai tempat mencari makanan iaitu serpihan karang, seperti yang dibincangkan atas (Rajah 4.2).

Kedua-dua tapak semaian di Pulau Tioman adalah berdekatan dengan pantai yang ada hotel resort dan kedai selam SCUBA. Tapak semaian karang ini telah menjadi salah satu daya tarikan kepada pelancong dan penyelam yang datang (Rajah 4.13). Kadangkala kakitangan kedai selam juga membawa pelanggan-pelanggan selam pergi menyelam di tapak semaian untuk melakukan kerja pembersihan secara sukarela sambil melawat. Ini dapat memanfaatkan kedua-dua pihak pemilik perniagaan dan pengusaha tapak semaian.

Selepas melebihi tempoh setahun dan kajian ini telah tamat, struktur rangka PVC bersama karang yang kini sudah tumbesar di kedua-dua tapak semaian dipindahkan ke terumbu-terumbu berhampiran yang kurang liputan karang (Rajah 4.14). Pemerhatian mendapati bahawa selepas pemindahan struktur semaian karang, terdapat peningkatan bilangan ikan yang datang ke terumbu-terumbu tersebut secara segera dan berterusan. Namun, kajian lanjutan diperlukan untuk menilai dan mengenalpasti keberkesanan pemulihan terumbu secara ekologi.

Di samping itu, struktur rangka PVC di tapak semaian adalah ditempatkan di bahagian dasar berpasir (Rajah 3.2). Jadi, permukaan pada pipa PVC juga berperanan sebagai substrat keras yang membolehkan penetapan karang (*coral recruitment*) semulajadi dan menghasilkan karang juvana baru. Penetapan karang yang berlainan spesis telah diperhatikan di merata bahagian struktur rangka PVC (Rajah 4.15, 4.16 & 4.17).

Semasa pertengahan kajian, beberapa spesis karang lain pernah cuba dipindahtanamkan ke tapak semaian. Ini adalah untuk memenuhi tempat kosong pada serpihan karang yang hilang daripada struktur rangka PVC, atau pada struktur rangka PVC baru yang ditambahkan. Namun, ukuran tumbesaran untuk kajian ini hanya dan sentiasa dilakukan kepada serpihan karang *A. formosa* yang ditandakan pada permulaan. Penambahan karang spesis lain ke tapak semaian tidak dicampurkan dengan sampel karang kajian ini. Secara persampingan, percubaan pemindahtanaman spesies karang lain ini juga ingin memerhatikan keadaan dan potensi tumbesaran serpihan karang lain daripada *A. formosa* di tapak semaian yang sama secara kasar. Pada akhir kajian, diperhatikan bahawa kebanyakan karang *Acropora robusta* dapat bertumbuh dengan baik (Rajah 4.18). *A. robusta* ini juga jarang terpatih kerana kebanyakan diameter badan cabangnya yang lebih tebal berbanding *A. formosa*. Jadi, selain daripada *A. formosa*, dicadangkan bahawa karang *A. robusta* berpotensi dan sesuai digunakan dalam pemindahtanaman dan pemulihan terumbu, maka kajian lanjutan diperlukan.



Rajah 4.11 Gambaran ikan-ikan anak puffer yang diperhatikan sering berada dalam kawasan tapak semaian karang.



Rajah 4.12 Gambaran siput laut yang besar, *Pleurobranchus spp* diperhatikan sedang memakan organisma Ascidian di struktur rangka PVC.



Rajah 4.13 Gambaran seekor penyu laut diperhatikan sedang bersinggah di kawasan tapak semaian karang.



Rajah 4.14 Gambaran keadaan di terumbu yang diletakkan dengan struktur rangka.



Rajah 4.15 Gambaran salah satu penetapan karang di tapak semaian Air Batang.



Rajah 4.16 Gambaran salah satu penetapan karang di tapak semaian Tekek.



Rajah 4.17 Gambaran salah satu penetapan karang di tapak semaian Tekek.



Rajah 4.18 Gambaran serpihan karang *A. robusta* yang dipindahtanamkan ke tapak semaian karang *A. formosa* di Air Batang.

BAB V

KESIMPULAN

Kajian ini telah merekodkan pertumbuhan karang spesies *A. formosa* yang terdapat di Pulau Tioman dan Pulau Pangkor untuk dijadikan rujukan dan perbandingan yang asas dan spesifik kepada kajian lain. Untuk tapak habitat semulajadi, Pangkor Laut mempunyai kadar pertumbuhan lanjutan dan penjanaan cabang proto yang lebih baik, dan Pulau Renggis mencatatkan kadar kemandirian yang sempurna dalam tempoh 8 bulan. Untuk tapak semaian karang, Tekek memenangi Air Batang dalam ketiga-tiga aspek tumbesaran. Kadar pertumbuhan lanjutan dan penjanaan cabang proto di Tekek, Pulau Tioman juga adalah paling tinggi dan melebihi tapak Pangkor Laut, Pulau Pangkor. Dengan ini, ketiga-tiga objektif utama kajian ini telah tercapai.

Seterusnya, hasil kajian juga dibincangkan dengan lebih lanjut. Keputusan tumbesaran di Pangkor Laut adalah luar jangkaan dan menakutkan. Ini berkemungkinan besar berkaitan dengan lokasi pulau di Selat Melaka, suhu optima atas 29 °C, dan pengambilan makan secara suspense dalam perairan yang kaya dengan partikulat organik dan fitoplankton. Kajian lepas dengan pendekatan liputan karang menyatakan kesihatan terumbu Pulau Pangkor adalah kurang baik, manakala kesihatan terumbu Pulau Tioman adalah lebih baik (Toda et al. 2007). Namun, kajian ini yang mengkaji dengan pendekatan pertumbuhan karang menunjukkan hasil yang bertentangan. Terumbu karang di Pulau Tioman yang dikunjungi hampir 200,000 pelancong setiap tahun (CCC 2005) mungkin memberikan tekanan yang semakin menjejaskan kesihatan terumbu karang. Pihak penguatkuasa harus tersedar keadaan ini dan mengambil tindakan sewajarnya, supaya tumbesaran terumbu karang dapat seimbang dengan hakisan dan kehilangan. Sementara

itu, Pulau Pangkor belum diwartakan sebagai kawasan perlindungan marin. Terdapat pengurangan sumber terumbu dan permintaan daripada pemandu pelancongan tempatan supaya tindakan diambil segera (RCM 2011, 2012). Kajian lanjutan adalah diperlukan untuk mengenalpastikan terumbu berdaya tahan (*resilient reef*) di Pulau Pangkor dan melindunginya sebelum termusnah (West & Salm 2003).

Keberkesanan penyemaian karang yang menggunkan *A. formosa* di tapak Tekek dan Air Batang telah dinilai dengan tiga aspek tumbesaran dan pemerhatian tambahan dalam kajian ini. Kadar pertumbuhan lanjutan dan penjanaan cabang proto di Tekek adalah paling baik dan mengagumkan, manakala Air Batang pula mempunyai pertumbuhan yang lebih kurang sama dengan terumbu penderma asalnya iaitu tapak Pulau Renggis. Hanya keputusan kadar kemandirian di tapak semaian Tekek dan Air Batang tidak mencapai jangkauan. Namun, efek dan faedah yang disumbangkan oleh tapak semaian adalah berbaloi untuk mengkaji secara lanjut untuk mempertingkatkan kadar kemandirian tapak semaian *in situ*. Secara keseluruhan, tapak semaian Tekek dan Air Batang telah mencapai hasil yang agak memuaskan.

Di samping itu, cara kerja penyemaian karang dan pemulihan terumbu yang piawai dan tinggi keberkesanan masih belum dikenalpastikan pada semasa ini (Edwards & Clark 1999; Rinkevich 2008). Demi mendapat hasil dan kejayaan yang tinggi dalam projek penyemaian karang dan pemulihan terumbu, kajian lanjutan perlu menyiasat faktor ekologi, spesies karang lain, parameter persekitaran dan terumbu karang tempat lain secara lebih meluas. Kefahaman dalam hubungan antara pelbagai faktor dan parameter adalah mustahak untuk mengetahui keadaan variasi di perairan dan terumbu karang yang berlainan, supaya cara kerja yang sesuai diaplikasikan untuk mendapat hasil usaha yang optima (Crabbe 2009; Rinkevich 2005, 2008).

Akhirnya, kajian ini diharapkan dapat menyumbang sedikit sebanyak input maklumat yang merangkumi kualitatif, kuantitatif dan geografi spesifik kepada ilmu pengetahuan pertumbuhan karang dalam Malaysia (Praveena et al. 2012). Kajian dan pemantauan pertumbuhan karang *Acropora* di perairan Malaysia haruslah disambungkan

secara berterusan dan berjangka panjang, untuk memahami dinamik terumbu karang dan menyimpan jejak rekod pertumbuhan karang ini.

RUJUKAN

- Adzis, K. A. A., Amri, A. Y., Oliver, J. & Mohamed, C. A. R. 2009. Effective and maximum quantum yield of the lace coral pocillopora damicornis (anthozoa: Scleractinia: Pocilloporidae) in pulau tioman, Malaysia. *Journal of Science and Technology in the Tropics* 5(1): 13-17.
- Adzis, K. A. A., Amri, A. Y., Hyde, J., Maidin, N., Repin, I. M. & Mohamed, C. A. R. 2012. In situ measurement of photosynthetic capacity in scleractinian corals (*Acropora formosa* and *Pocillopora damicornis*) during the 2010 massive coral reef bleaching event in Pulau Tioman, Malaysia. *Journal of Science and Technology in the Tropics* 8: in press.
- Anthony, K. R. N. 1999. Coral suspension feeding on fine particulate matter. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 232(1): 85-106.
- Anthony, K. R. N. 2000. Enhanced particle-feeding capacity of corals on turbid reefs (Great Barrier Reef, Australia). *Coral Reefs* 19(1): 59-67.
- Anthony, K. N. & Connolly, S. 2004. Environmental limits to growth: physiological niche boundaries of corals along turbidity–light gradients. *Oecologia* 141(3): 373-384.
- Baker, A. C., Glynn, P. W. & Riegl, B. 2008. Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80(4): 435-471.
- Bielmyer, G. K., Grosell, M., Bhagooli, R., Baker, A. C., Langdon, C., Gillette, P. & Capo, T. R. 2010. Differential effects of copper on three species of scleractinian corals and their algal symbionts (*Symbiodinium* spp.). *Aquatic Toxicology* 97(2): 125-133.
- Brown, B. E. 1997. Disturbances to reefs in recent times. Dlm. Birkeland, C. (pnyt.). *Life and death of coral reefs*, hlm. 354-379. International Thomson Publishing.
- CCC. 2005. *Malaysia Tropical Forest Conservation Project Report of the Perhentian Phase*. United Kingdom: Coral Cay Conservation.
- Charuchinda, M. & Hylleberg, J. 1984. Skeletal extension of *Acropora formosa* at a fringing reef in the Andaman Sea. *Coral Reefs* 3(4): 215-219.
- Chiang, E., Zainal, Z., Narayana, A. & Seetharamu, K. 2003. Potential Of Renewable Wave And Offshore Wind Energy Sources In Malaysia.
- Coles, S. L. & Jokiel, P. L. 1978. Synergistic effects of temperature, salinity and light on the hermatypic coral *Montipora verrucosa*. *Marine Biology* 49(3): 187-195.

- Crabbe, M. J. C. 2009. Scleractinian coral population size structures and growth rates indicate coral resilience on the fringing reefs of North Jamaica. *Marine Environmental Research* 67(4–5): 189-198.
- Crabbe, J. & Smith, D. 2002. Comparison of two reef sites in the Wakatobi Marine National Park (SE Sulawesi, Indonesia) using digital image analysis. *Coral Reefs* 21(3): 242-244.
- Crabbe, M. J. C. & Smith, D. J. 2005. Sediment impacts on growth rates of *Acropora* and *Porites* corals from fringing reefs of Sulawesi, Indonesia. *Coral Reefs* 24(3): 437-441.
- CRF. 2013. Coral Restoration Foundation - Largest Staghorn Nursery and Restoration Program. <http://www.coralrestoration.org/staghorn-coral/> [20 Februari 2013]
- Davies-Colley, R. J. & Smith, D. G. 2001. Turbidity suspended sediment, and water clarity: a review. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 37(5): 1085-1101.
- DMPM. 2013. Department of Marine Parks Malaysia – Pahang. http://www.dmpm.nre.gov.my/ptl_pahang.html?&lang=en [12 Januari 2013].
- Eakin, M. C., Feingold, J. S. & Glynn, P. W. 1994. Oil refinery impacts on coral reef communities in Aruba, N.A. *Proceedings of the Colloquium on Global Aspects of Coral Reefs: Health Hazards and History, 1993.*, hlm. 139-145.
- Edwards, A. J. & Clark, S. 1999. Coral Transplantation: A Useful Management Tool or Misguided Meddling? *Marine Pollution Bulletin* 37(8–12): 474-487.
- Garrison, V. & Ward, G. 2008. Storm-generated coral fragments – A viable source of transplants for reef rehabilitation. *Biological Conservation* 141(12): 3089-3100.
- Gattuso, J.P., Allemand, D. & Frankignoulle, M., 1999. Photosynthesis and calcification at cellular, organismal and community levels in coral reefs: a review on interactions and control by carbonate chemistry. *Am. Zool.* 39 (1), 160–183.
- Gladfelter, E. H., Monahan, R. K. & Gladfelter, W. B. 1978. Growth Rates of Five Reef-Building Corals in the Northeastern Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 28(4): 728-734.
- Goreau, T. F. 1959. The physiology of skeleton formation in corals, I. A method for measuring the rate of calcium deposition under different conditions. *Bio Bull Woods Hole Mass* 116: 59-75.
- Guzman, H. M., Burns, K. A. & Jackson, J. B. C. 1994. Injury, regeneration and growth of Caribbean reef corals after a major oil spill in Panama. *Marine Ecology Progress Series* 105: 231-241.

- Harborne, A., Fenner, D., Barnes, A., Beger, M., Harding, S. & Roxburgh, T. 2000. Status Report on the Coral Reef of the East Coast of Peninsular Malaysia. Coral Cay Conservation Ltd.
- Harriott, V. J. 1998. Growth of the staghorn coral *Acropora formosa* at Houtman Abrolhos, Western Australia. *Marine Biology* 132(2): 319-325.
- Hatcher, B. G. 1997. Organic Production and Decomposition. Dlm. Birkeland, C. (pnyt.). *Life and Death of Coral Reefs*, hlm. 140 - 174. New York: International Thomson Publishing.
- Hixon, M. A. 1997. Effects of reef fishes on corals and algae. Dlm. Birkeland, C. (pnyt.). *Life and death of coral reefs*, hlm. 354-379. International Thomson Publishing.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P. F., Edwards, A. J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C. M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R. H., Dubi, A. & Hatziolos, M. E. 2007. Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. *Science* 318(5857): 1737-1742.
- Hubbard, D. K. 1997. Reefs as Dynamic Systems. Dlm. Birkeland, C. (pnyt.). *Life and Death of Coral Reefs*, hlm. 43 - 67. New York: International Thomson Publishing.
- ISRS. 2004. The effects of terrestrial runoff of sediments, nutrients and other pollutants on coral reefs. *Briefing paper 3, International Society for Reef Studies*, hlm. 18.
- Jones, R. J., Kildea, T. & Hoegh-guldberg, O. 1999. PAM Chlorophyll Fluorometry: a New in situ Technique for Stress Assessment in Scleractinian Corals, used to Examine the Effects of Cyanide from Cyanide Fishing. *Marine Pollution Bulletin* 38(10): 864-874.
- Kaniewska, P., Anthony, K. N. & Hoegh-Guldberg, O. 2008. Variation in colony geometry modulates internal light levels in branching corals, *Acropora humilis* and *Stylophora pistillata*. *Marine Biology* 155(6): 649-660.
- Lirman, D. 2000. Fragmentation in the branching coral *Acropora palmata* (Lamarck): growth, survivorship, and reproduction of colonies and fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 251(1): 41-57.
- Lirman, D., Thyberg, T., Herlan, J., Hill, C., Young-Lahiff, C., Schopmeyer, S., Huntington, B., Santos, R. & Drury, C. 2010. Propagation of the threatened staghorn coral *Acropora cervicornis*: methods to minimize the impacts of fragment collection and maximize production. *Coral Reefs* 29(3): 729-735.
- Loya, Y. 1976. Effects of Water Turbidity and Sedimentation on the Community Structure of Puerto Rican Corals. *Bulletin of Marine Science* 26(4): 450-466.

- Madin, J. S. & Connolly, S. R. 2006. Ecological consequences of major hydrodynamic disturbances on coral reefs. *Nature* 444(7118): 477-480.
- Metalpa, R. R., Richard, C., Allemand, D. & Pagès, C. F. 2006. Growth and photosynthesis of two Mediterranean corals, *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica*, under normal and elevated temperatures. *The Journal of Experimental Biology* 209: 4546-4556.
- Muller-Parker, G. & D'Elia, C. F. 1997. Interactions Between Corals and Their Symbiotic Algae. Dlm. Birkeland, C. (pnyt.). *Life and Death of Coral Reefs*, hlm. 96 - 113. New York: International Thomson Publishing.
- Negri, A., Vollhardt, C., Humphrey, C., Heyward, A., Jones, R., Eaglesham, G. & Fabricius, K. 2005. Effects of the herbicide diuron on the early life history stages of coral. *Marine Pollution Bulletin* 51(1-4): 370-383.
- NOAA Fisheries. 2013. Staghorn Coral (*Acropora cervicornis*)
<http://www.nmfs.noaa.gov/pr/species/invertebrates/staghorncoral.htm> [16 Januari 2013].
- Okubo, N., Taniguchi, H. & Motokawa, T. 2005. Successful methods for transplanting fragments of *Acropora formosa* and *Acropora hyacinthus*. *Coral Reefs* 24(2): 333-342.
- Oliver, J. 1984. Intra-colony variation in the growth of *Acropora formosa*: extension rates and skeletal structure of white (zooxanthellae-free) and brown-tipped branches. *Coral Reefs* 3(3): 139-147.
- Osinga, R., Schutter, M., Griffioen, B., Wijffels, R. H., Verreth, J. A. J., Shafir, S., Henard, S., Taruffi, M., Gili, C. & Lavorano, S. 2011. The Biology and Economics of Coral Growth. *Marine Biotechnology* 13(4): 658-671.
- Petersen, D., Laterveer, M., Van Bergen, D., Hatta, M., Hebbinghaus, R., Janse, M., Jones, R., Richter, U., Ziegler, T., Visser, G., & Schuhmacher, H. 2006. The application of sexual coral recruits for sustainable management of ex situ populations in public aquariums. *SECORE-Project. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16(2):167-179.
- Praveena, S., Siraj, S. & Aris, A. 2012. Coral reefs studies and threats in Malaysia: a mini review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 11(1): 27-39.
- Ralph, P. J., Gademann, R., Larkum, A. W. D. & Schreiber, U. 1999. In situ underwater measurements of photosynthetic activity of coral zooxanthellae and other reef-dwelling dinoflagellate endosymbionts. *Marine Ecology Progress Series* 180: 139-147.
- Ramlan, O. & Noraswana, N. F. 2009. Distribution of Ostracods in offshore sediment around Pulau Tioman, Pahang. *Malays. Appl. Biol.* 38(1): 11-19.
- RCM. 2008. *Coral Reef Monitoring Report 2008*. Kula Lumpur: Reef Check Malaysia.

- RCM. 2011. *Pangkor status report April 2011*. Kuala Lumpur: Reef Check Malaysia.
- RCM. 2012. *Reef Check Malaysia Newsletter* Volume 2012-01. Kuala Lumpur: Reef Check Malaysia.
- Rinkevich, B. 2005. Conservation of coral reefs through active restoration measures: recent approaches and last decade progress. *Environ Sci Technol* 39(12): 4333-4342.
- Rinkevich, B. 2008. Management of coral reefs: We have gone wrong when neglecting active reef restoration. *Marine Pollution Bulletin* 56(11): 1821-1824.
- Schutter, M., van Velthoven, B., Janse, M., Osinga, R., Janssen, M., Wijffels, R. & Verreth, J. 2008. The effect of irradiance on long-term skeletal growth and net photosynthesis in *Galaxea fascicularis* under four light conditions. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 367(2): 75-80.
- Soong, K. & Chen, T.-a. 2003. Coral Transplantation: Regeneration and Growth of *Acropora* Fragments in a Nursery. *Restoration Ecology* 11(1): 62-71.
- Strömngren, T. 1987. The effect of light on the growth rate of intertidal *Acropora pulchra* (Brook) from Phuket, Thailand, lat. 8°N. *Coral Reefs* 6(1): 43-47.
- Toda, T., Okashita, T., Maekawa, T., Kee Alfian, B. A. A., Rajuddin, M. K. M., Kakajima, R., Chen, W. X., Takahashi, K. T., Othman, B. H. R. & Terazaki, M. 2007. Community structures of coral reefs around Peninsular Malaysia. *Journal of Oceanography* 63: 113-123.
- Veron, J. E. N. 1986. *Corals of Australia and the Indo-Pacific*.: Angus & Robertson Publishers, UK.
- Villanueva R.D., Baria M.V.B., and Dela Cruz D.W. 2012. Growth and survivorship of juvenile corals outplanted to degraded reef areas in Bolinao-Anda Reef Complex, Philippines. *Marine Biology Research* 8(9):877-884.
- Walz. 1998. *Underwater Fluorometer Diving-PAM, Submersible Photosynthesis Yield Analyzer, Handbook of Operation*.
- Warner, M., Lesser, M. & Ralph, P. 2010. Chlorophyll Fluorescence in Reef Building Corals. Dlm. Suggett, D. J., Prášil, O. & Borowitzka, M. A. (pnyt.). *Chlorophyll a Fluorescence in Aquatic Sciences: Methods and Applications*, 4. hlm. 209-222. Springer Netherlands.
- West, J. M. & Salm, R. V. 2003. Resistance and Resilience to Coral Bleaching: Implications for Coral Reef Conservation and Management. *Conservation Biology* 17(4): 956-967.

- Wong, P. P. 1993. Island tourism development in Peninsular Malaysia: environmental perspective. Dlm. Wong, P. P. (pnyt.). *Tourism vs Environment: The Case for Coastal Areas*, hlm. 83-97. Kluwer Academic Publishers.
- Wong, R. C. S., Liew, M. L. & Chan, C. F. 2008. Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Found in Water Along the Northern Straits of Malacca. *Malaysian Journal of Science* 27(3): 19-24.
- WoRMS. 2013. *Acropora formosa* (Dana, 1846).
<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=207036> [15 Januari 2013].
- Yap, H. T. & Molina, R. A. 2003. Comparison of coral growth and survival under enclosed, semi-natural conditions and in the field. *Marine Pollution Bulletin* 46(7): 858-864.
- Yeemin, T., Sutthacheep, M. & Pettongma, R. 2006. Coral reef restoration projects in Thailand. *Ocean & Coastal Management* 49(9-10): 562-575.

...sambungan

A26	10	12.1	6	14.6	7	13.9	13	14	11	14.6	10	18.9	18
A27	5.5	5		8.2	1	6.8		M/H	M/H	M/H		M/H	
A28	11.5	16.2	4	15	2	16.7	2	19.7	2	23.2	7	27.4	10
A29	10.5			M/H		M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A30	11.5	2	7	17	9	17.3	10	M/H	M/H	M/H		M/H	
A31	11	3	5	16.8	6	14	7	M/H	M/H	M/H		M/H	
A32	11	2	8	15.4	15	17.8	20		23	19.6	21	18.5	28
A33	7.5	3	3	8	3	8.3	5	8.2	3	8.7	4	8.7	7
A34	4	3	2	9.5	2	10.5	5	M/H	M/H	M/H		M/H	
A35	12	6	9	15.8	14	17.2	16	17.3	14	19.1	17	20.4	23
A36	9		3	12.7	11	14.6	14	M/H	M/H	M/H		M/H	
A37	6.5		4	11.7	7	M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A38	10.5		1	14.8	2	17.3	5	M/H	M/H	M/H		M/H	
A39	4	2		6	1	M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A40	5	5		6.5		M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A41	5	2	1	7.7	4	NULL		5.8	2	7	6	7	3
A42	11.5	5	4	16.3	5	17.2	7	M/H	M/H	M/H		M/H	
A43	9.5	2	4	12.8	9	14.1	12	M/H	M/H	M/H		M/H	
A44	10.5	3	7	14.3	7	M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A45	6.2	4	3	11.4	4	M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A46	6	5	2	9	4	11.2	6	6.8	5	7.9	5	M/H	
A47	11.1	5	4	13.7	8	M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A48	9.5		3	13.2	3	12.1	4	12.2	3	M/H		M/H	
A49	6.3			6.5		6.6		6.3	2	6.8		6.9	2
A50	5.8			7.3		8.8	2	9.9		10.3		12	2
A51	7.7		1	13.5	1	16.8	2	18.6	7	22.3	7	22.4	20
A52	5		5	9	5	M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	
A53	3.4			3.8		M/H		M/H	M/H	M/H		M/H	

...sambungan

A54	3.5		6.2	3	5.3	1	5.6	8		M/H		M/H		M/H
A55	6		6.3		8.6	4	8.5	5		7.9	4	M/H		M/H
A56	6		9.8	2	8.6	4		M/H		M/H		M/H		M/H
A57	4.4		8.4	1	7.4	6	6	6		6	6	7	6	7
A58	5.8		8.4		11.2	3	8.6	3		9	2	M/H		M/H
A59	7.4		9.5	4	10.6	3	12.3	3		13.5	3	9.9	3	15.2
A60	8.5		11	9	12.7	14	10.1	18		10	18	10.2	18	10.3
A61	11.9	1	11.3		12.6	3		M/H		M/H		M/H		M/H
A62	8.4		11.4	5	11.5	9		M/H		M/H		M/H		M/H
A63	6.9	1	9	3	11	13	8.8	13		10.1	12	M/H		M/H
A64	6.8		11	3	10.2	9	7.7	9		M/H		M/H		M/H
A65	5.8			M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H
A66	9.2		11	2	13.8	2	16	2		M/H		M/H		M/H
A67	11.9		15.1	1	18	3	20.7	3		22.6	3	26.3	3	M/H
A68	6.8	8	7.4	5	8.6	10	9.1	11		9.8	9	11	11	12.1
A69	6.1		8.5		7.7	3		M/H		M/H		M/H		M/H
A70	8.1		12.2	5	13.2	5		M/H		M/H		M/H		M/H
A71	13.5		18.7	2	19.3	2	21.1	4		23.4	3	26.8	2	29.5
A72	9.9	3	13.5	5	16.1	5	13.5	5		13.6	4	M/H		M/H
A73	8.5	6	13.7	10	10.3	10	9.3	10		M/H		M/H		M/H
A74	8.4		13.5	2	14.5	4	16.1	4		19.5	4	22.6	4	24.5
A75	6		9.6	1		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H
A76	8.1		12.3	5	13.2	9		M/H		M/H		M/H		M/H
A77	7.2	2	9	8	9.3	8	7.9	8		7.2	6	M/H		M/H
A78	10.8		15.6	4	13	4		M/H		M/H		M/H		M/H
A79	8.2		13.4	7	11.7	5	12.3	5		M/H		M/H		M/H
A80	10.3		15.5	2	12.5	2	14.5	3		14.7	2	15.5	3	15.5
A81	13.2	2	16.2	6	19.7	8	23.4	12		M/H		M/H		M/H

...sambungan

A82	9	11.6	1	11.1	5	12.9	5	11.4	5	12.1	4	M/H	
A83	12.8	15.2	3	19.2	4	M/H		M/H		M/H		M/H	
A84	7.9	11.5	1	14.6	6	16	6	16.3	5	M/H		M/H	
A85	6.9	10.5		8.2	3	8.1	8	8.4	8	9.4	8	10.9	8
A86	9.8	12.9	4	13.5	6	14	10	15.1	9	15.2	9	18.6	17
A87	4.2	7.2		7.4	3	7.7	3	8.8	3	8.9	3	11.1	4
A88	9.9	14.1	5	13.5	3	15.3	4	18	3	20.5	4	20.7	4
A89	7.7	10.5		12.3		12.1		12.8		12.1		M/H	
A90	11.8	15.7	2	17	2	15.8		17.4	2	18.5	2	21	2
A91	7.1	11.1	2	12.5	2	M/H		M/H		M/H		M/H	
A92	6.7	8		9.5		10.8	6	11.8	5	14	5	16.6	4
A93	11.2	16	2	18.3	4	10	12	23.1	13	26.1	13	30	38
A94	8.1	10	3	12.8	4	15.6	8	17.4	6	20.8	7	23.6	7
A95	7.9	10	2	13	8	13.2	8	M/H		M/H		M/H	
A96	9.8	11.5		14.5	2	M/H		M/H		M/H		M/H	
A97	4.9	6.5	7	9	5	8.6	7	M/H		M/H		M/H	
A98	6.3	9	1	12.5	2	11.6	7	M/H		M/H		M/H	
A99	6.4	8.5	2	9	3	11.7	4	12.6	2	14.8	2	14.9	2
A100	5.3	7.5	3	10	3	10.9	4	8.4	3	M/H		M/H	
A101	9.8	13.5	9	18	10	M/H		M/H		M/H		M/H	
A102	8.7	11	2	14.5	6	18	10	21.3	24	28.8	29	29.7	72
A103	8.8	12		15		17.3		18		18.4		M/H	
A104	7.5	7.5		9		M/H		M/H		M/H		M/H	
A105	8.5	12	3	15	2	16.8	5	18.3	4	22	3	23.8	4
A106	4	4.5	2	5.5		5.4		5		7.8	4	10.3	1
A107	6	M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	
A108	7	9	2	13	4	7.9	4	8.4	3	8.8	6	9.7	6
A109	6.5	7		9.5		8.7		9.9		12.8		14.4	

...sambungan

A110	8	3	11	6	12.5	4	9.4	6	9.7	6	10.1	6	11.4	8
A111	6		7		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	
A112	5		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	
A113	5.5		9	2	12.5	2	13.7	2	16.8	2	18.9	2	18.9	2
A114	7		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	
A115	8		11.5	1	14		11.8	1	13.4	1	17.9	1	16.3	1
A116	10.5		13	2	M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	
A117	10		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	
A118	11.5		14	4	15.5	5	11.8	8	13.9	7	14.2	7	14.2	10
A119	13		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	
A120	16		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H	

M/H = mati atau hilang.

LAMPIRAN B

Jadual data asal ukuran panjang lanjutan dan pemerhatian penjanaan cabang proto di tapak Pulau Renggis, Pulau Tioman.

Sampel	Permulaan		2 bulan		4 bulan		6 bulan		8 bulan		10 bulan		12 bulan	
	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang
B1	2		5.2		6.5		7.7		9.1					
B2	3		3		3		2.8		3					
B3	3		3.5		4.5		4.6		5.2					
B4	3		3		3.2		4.2		4.3					
B5	3		0.7		0.7		0.9		1					
B6	3.5		4.1		4.3		4.6		5.2					
B7	2.5		3.2		4.7		5.6	2	7.4					
B8	3		3.8		4.8		6.6		7.6	1				
B9	3		2.6		NULL		3.3		4					
B10	2.5		3.3		3.8		4.5		5					
B11	3		4.2		5		5.6		6.3					
B12	2.5		4		5.1		7.8		9.1					
B13	2.5		3.8		4.5	1	6.3	1	7.8	7				
B14	3		4.6		6.3	3	9	3	9.8	9				
B15	2.5		2.7		2.9		2.9		3.1					
B16	3.5		3.7		4		4		4.1					
B17	2		2.5		2.6		2.8		2.7					
B18	2.5		4.1		4.5		5.8	1	7.4	1				
B19	3.5		4.1		4.9		5.9		7.7					
B20	3.5		3.7		4.1		4.9		5.5					
B21	2.5		2.4		2.3		1.6		NULL					
B22	3		2		2.1		2.2		8.4					
B23	3		3.3		3.4		3.7		3.6					
B24	3		4.3		4.4		5.5		6.6					
B25	3		4.4		4.9		5.2		5.2					

...sambungan

B26	3	3.3	3.7	3.7	3.7	4.4
B27	3.5	3.5	5.5	6.1	6.1	8
B28	4	4.9	5.2	5.2	5.2	5.2
B29	3	4.4	4.8	1	6.5	1
B30	3	3.4	3.8	4.7	4.7	5

NULL = tidak dapat dikenalpasti dan dikecualikan.

LAMPIRAN C

Jadual data asal ukuran panjang lanjutan dan pemerhatian penjanaan cabang proto di tapak Air Batang, Pulau Tioman.

Sampel	Permulaan		2 bulan		4 bulan		6 bulan		8 bulan		10 bulan		12 bulan	
	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang	Ukur cm	Cabang
C1	5.1		5.1		5.7		6.3		7.8	1	9.1	1		
C2	4.9		5		5.1		5.1		5.6	1	5.9	1		
C3	9.2	1	9.5	3	9.2	3	9.6	2	10.5	5	M/H			
C4	3.7		4.5		M/H		M/H		M/H		M/H			
C5	8.5		10.5	1	11.5	1	11.6	1	13.6	1	15.2	1		
C6	5.9		7		6.9		7.1		7.5		7.3			
C7	4.6		7	1	7.5	1	7.5	1	8	1	8.1	1		
C8	7		8.5	2	7.3	2	8.2	2	9.2	2	9.5	2		
C9	4.4		5.3	2	4.3	1	4.5	1	M/H		M/H			
C10	3.2	1	3.5	1	3.5	1	M/H		M/H		M/H			
C11	7.2		8.5		M/H		M/H		M/H		M/H			
C12	6.1	1	7	1	9	8	9.3	8	M/H		M/H			
C13	5.7		4		M/H		M/H		M/H		M/H			
C14	3.6		4.4		5.8		5.8		7.5		9			
C15	5.4		5.2		5.5		6.8		7.5		M/H			
C16	5.6		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H			
C17	6		8		M/H		M/H		12		14	1		
C18	6.2	1	7.6	1	M/H		M/H		M/H		M/H			
C19	5.3	1	5	1	5	3	5.4	4	6		M/H			
C20	5.2		5.2		5.5		5.5	1	6.8	3	9.9	3		
C21	6.1		8		8.8	1	9	1	M/H		M/H			
C22	4.3		6		M/H		M/H		M/H		M/H			
C23	5.5		6		7.4		8.4	3	9.4	1	M/H			
C24	6.5		7.5	1	7.8	1	9	1	M/H		M/H			
C25	8.3	1	8.5	1	M/H		M/H		M/H		M/H			

...sambungan

C26	4.7	1		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H		M/H
C27	4.6		6		6.4			M/H		M/H		M/H		M/H
C28	6		7.8		8.3			M/H		M/H		M/H		M/H
C29	4.6		3.7	1	4.4	1		M/H		M/H		M/H		M/H
C30	7.5		9.5			M/H		M/H		M/H		M/H		M/H
C31	6		6.8		8.1			M/H		M/H		M/H		M/H
C32	8.2		9		10.6	1		M/H		M/H		M/H		M/H
C33	7.5		8.5			M/H		M/H		M/H		M/H		M/H
C34	6.6		8.5		9		11.3	1		12.9	4	16.4	2	
C35	7		7		6.7		6.8			7.1		7.2		
C36	4.1		6.2		5.8		6.4			6.6	1	7.3		
C37	5.1		4.5		4.6		5.1			NULL		7		
C38	4.9		5		5.1		5.3			5.4				M/H
C39	6		5.5		4.6		4.9	2		4.8	2	6.1		
C40	5		5.5		6.6		4.8			M				M/H
C41	4.9		7		7.2		7.2			NULL		11		
C42	6.5		6.9	1	6.5	1	7.5	2		9.1	4	8.8	9	
C43	10	2	10.2	2	11.6	3		M/H		M/H				M/H
C44	3		3.1		3.1		3.3			3.4		3.7		
C45	5.6		7		9.1		10.4			13.4		14.7		
C46	5		6.5	2	6.8	3	7.1	2		M/H				M/H
C47	7		9.4			M/H		M/H		M/H				M/H
C48	6		8.5		9.9		8.4			11		13.4		
C49	9.5		11.3			M/H		M/H		M/H				M/H
C50	5.3		5.5		5.7			M/H		M/H				M/H
C51	6.5		8.3		8.3			NULL		M/H				M/H
C52	5.5		8	1	8.2	1	7.7	1		7.6	2			M/H
C53	6.2		7.5		7.3		7.4			8.8				9.5

...sambungan

C54	8.7	11	1	12.8	1	15.4	1	17.9	1	M/H	M/H
C55	7.5	8		8.2		8.2		8		8.5	
C56	7.6	8.5		8.7	2	8.6	1	9	2	8.3	1
C57	4.5	5.2		5.3		5.4		M/H		M/H	M/H
C58	6.5	7.1		M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C59	8.5	10	1	M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C60	6	5.7		M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C61	11	11.1		M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C62	8.3	9	1	9.7	1	8.7	1	9.2	1	9.7	3
C63	8	8.2		M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C64	7.5	9.5	1	9.2		M/H		M/H		M/H	M/H
C65	10	11.1	2	11.1	2	M/H		M/H		M/H	M/H
C66	5	7		M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C67	7	8.3		8.4		8.7		9		6	
C68	5.4	5.5		5.4		4.6		M/H		M/H	M/H
C69	6.5	7		M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C70	6.5	8.5		10.7		11.8	2	14.1	2	15.4	2
C71	8	9.6		9.7		10.4		10.3		11.2	
C72	6	7.5		7.7		M/H		M/H		M/H	M/H
C73	5	7.1		7		7.3		8		8.2	
C74	5.3	7		7.2		M/H		M/H		M/H	M/H
C75	5	5.9		6		M/H		M/H		M/H	M/H
C76	8	9.6	1	M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C77	12	12.1		M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C78	11	12.2	7	13.7	10	M/H		M/H		M/H	M/H
C79	6.1	9	1	M/H		M/H		M/H		M/H	M/H
C80	6.5	6.3	3	6.4	2	6.2	1	M/H		M/H	M/H
C81	6.6	8		8.5		8.5		9.4		8.3	

...sambungan

C110	6.5	7.7	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C111	8.5	4	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C112	6	9.3	9.9	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C113	6	6.9	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C114	9	9.6	9.8	10.1	11.3	12.2	8	
C115	6	6.7	7.1	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C116	7	8.6	9	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C117	8.5	10.1	10.8	1	M/H	M/H	M/H	M/H
C118	8	9.8	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C119	7	8.7	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
C120	7	8.2	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H

M/H = mati atau hilang. NULL = tidak dapat dikenapasti dan dikecualikan.

...sambungan

D26	8.5	NULL	9.5	9	10.2	9.3	11.1					
D27	7	8.5	10.8	3	12.2	5	15.6	17.7	4	17	5	
D28	8	8.6	5.2	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
D29	10.5	13	15	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
D30	6.5	8	9.5	10.1	8	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	
D31	9	10.8	2	13.5	5	5	0	6.5	1	6.5	13	
D32	8	8.8	11.3	4	12.6	4	16.8	11	17.4	8	13	
D33	8.5	10.8	2	NULL	15.1	5	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
D34	5.5	5.6	5	5.1	5.3	5	5.3	5.4	NULL	5.4	5.4	
D35	8.5	9.1	10.7	1	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	
D36	8.5	9	9.1	1	9.4	1	9.9	1	9.7	1	9.8	1
D37	6	6.9	6.4	6.3	6.3	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H	
D38	4.5	5.6	7.8	6.9	6.3	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	
D39	5.5	NULL	7.8	6.9	7.4	NULL	7.4	NULL	NULL	NULL	NULL	
D40	6.5	NULL	6.2	6.7	6.1	NULL	6.1	NULL	NULL	NULL	NULL	
D41	7.5	9.1	11.5	2	11.5	11.8	11.8	12	12.3	12.3	12.3	
D42	4.5	NULL	NULL	NULL	8.9	1	8.9	1	9.3	1	9.3	1
D43	5	5.4	8.7	2	9.5	2	11.5	2	NULL	13.2	2	
D44	7.5	NULL	7.7	7.6	0	7.3	0	7.3	1	7.1	1	
D45	10	NULL	11.9	1	13.6	6	15.2	6	15.8	4	16	6
D46	7	7.5	9.9	10.9	12.1	2	12.1	2	12.4	1	12.6	2
D47	8	10	11.2	12.1	14.8	8	14.8	6	15.1	5	15.5	7
D48	5.5	5.6	6.4	7	6.2	5.9	6.2	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
D49	6.5	6.8	8.6	8.8	10	NULL	10	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
D50	7.5	7.5	8.6	5.6	5.6	NULL	5.6	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
D51	5.5	6.3	5.5	9.4	10.9	M/H	10.9	M/H	M/H	M/H	M/H	M/H
D52	6.5	7.5	8.5	6.8	6.8	9.7	10.9	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7
D53	6.5	6.5	7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8

...sambungan

D54	5.5	5.6	5.8	6.2	NULL	NULL	NULL	NULL
D55	7.5	8.4	8.1	NULL	10.4	9.8	NULL	NULL
D56	8	1	2	8.8	1	2	NULL	NULL
D57	5	5.7	4.8	5.8	NULL	5.3	NULL	NULL
D58	5	5.2	NULL	5.7	NULL	M/H	M/H	M/H
D59	7.5	7.7	7.9	1	10.5	1	NULL	NULL
D60	6.5	8.4	10.3	3	NULL	NULL	NULL	NULL

M/H = mati atau hilang. NULL = tidak dapat dikenapasti dan dicekualikan.

LAMPIRAN E

HASIL ANALISA STATISTIK MENGGUNAKAN MINTAB VERSI 14.1 YANG BERBAHASA INGGERIS

Test for Equal Variances: GR sites versus C31

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

	C31	N	Lower	StDev	Upper
Air Bat	273	0.477106	0.528484	0.591349	
Pangkor	208	0.477848	0.536876	0.611275	
Renggis	103	0.361214	0.424911	0.513561	
Tekek	348	0.689434	0.755129	0.833668	

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 24.33, p-value = 0.000

Kruskal-Wallis Test: GR sites versus C31

Kruskal-Wallis Test on GR sites

C31	N	Median	Ave Rank	Z
Air Bat	273	0.4000	364.1	-7.48
Pangkor	208	0.7000	479.6	0.80
Renggis	103	0.3000	312.4	-6.16
Tekek	348	1.0000	584.6	10.34
Overall	932		466.5	

H = 140.80 DF = 3 P = 0.000

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C31

Individual confidence level = 98.96%

C31 = Air Bat subtracted from:

C31	Lower	Center	Upper	
Pangkor	0.0809	0.2264	0.3719	(--*-)
Renggis	-0.2817	-0.0989	0.0839	(---*---)
Tekek	0.4115	0.5393	0.6671	(--*-)

-----+-----+-----+-----+-----+-----
-0.50 0.00 0.50 1.00

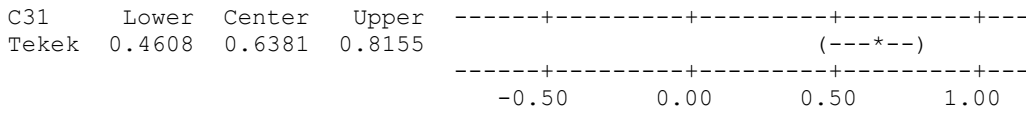
C31 = Pangkor subtracted from:

C31	Lower	Center	Upper	
Renggis	-0.5157	-0.3253	-0.1348	(--*---)
Tekek	0.1743	0.3129	0.4514	(--*---)

-----+-----+-----+-----+-----+-----
-0.50 0.00 0.50 1.00

...sambungan

C31 = Renggis subtracted from:



Test for Equal Variances: Renggis versus C6

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

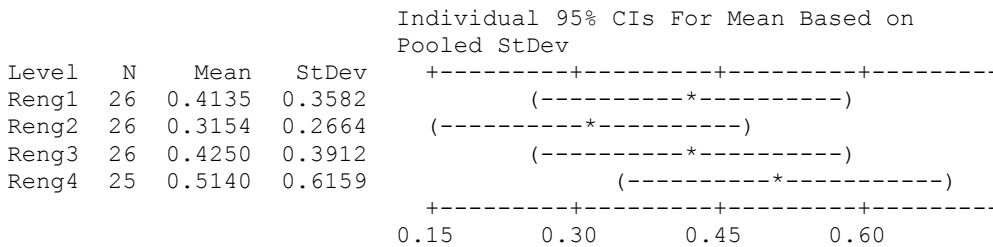
C6	N	Lower	StDev	Upper
Reng1	26	0.263789	0.358206	0.544310
Reng2	26	0.196160	0.266372	0.404763
Reng3	26	0.288098	0.391216	0.594470
Reng4	25	0.451057	0.615853	0.945461

Levene's Test (any continuous distribution)
 Test statistic = 0.90, p-value = 0.443

One-way ANOVA: Renggis versus C6

Source	DF	SS	MS	F	P
C6	3	0.506	0.169	0.93	0.429
Error	99	17.910	0.181		
Total	102	18.416			

S = 0.4253 R-Sq = 2.75% R-Sq(adj) = 0.00%



Pooled StDev = 0.4253

Test for Equal Variances: Pangkor versus C14

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C14	N	Lower	StDev	Upper
Pang1	46	0.331979	0.425669	0.58380
Pang2	41	0.374670	0.486891	0.68258
Pang3	43	0.398814	0.515358	0.71580
Pang4	29	0.494406	0.671735	1.01783
Pang5	25	0.364003	0.505136	0.79647
Pang6	24	0.360764	0.503682	0.80357

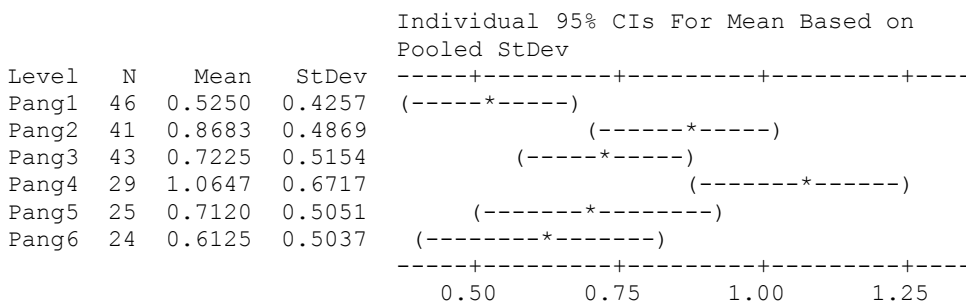
...sambungan

Levene's Test (any continuous distribution)
 Test statistic = 2.10, p-value = 0.067

One-way ANOVA: Pangkor versus C14

Source	DF	SS	MS	F	P
C14	5	6.280	1.256	4.75	0.000
Error	202	53.385	0.264		
Total	207	59.665			

S = 0.5141 R-Sq = 10.53% R-Sq(adj) = 8.31%

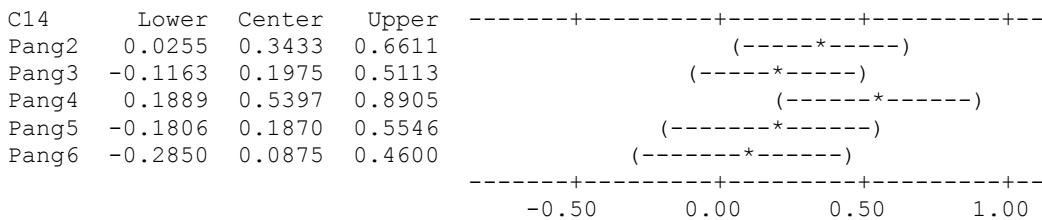


Pooled StDev = 0.5141

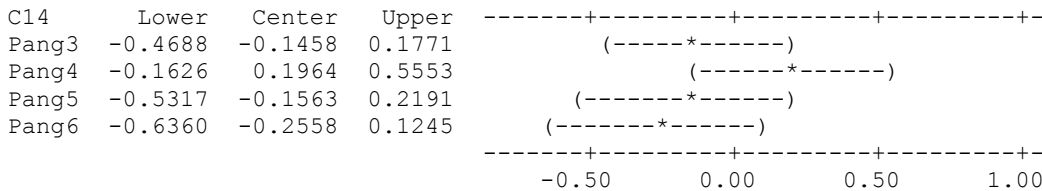
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of C14

Individual confidence level = 99.56%

C14 = Pang1 subtracted from:

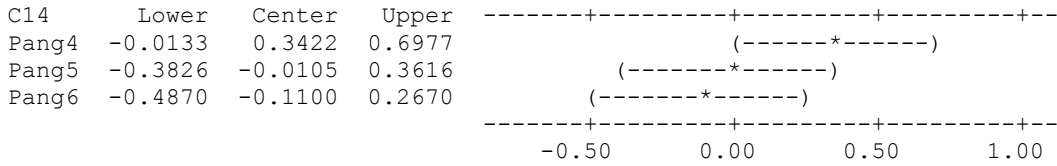


C14 = Pang2 subtracted from:

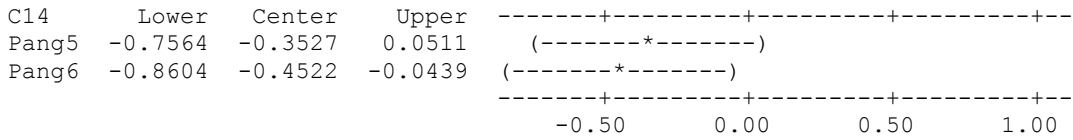


...sambungan

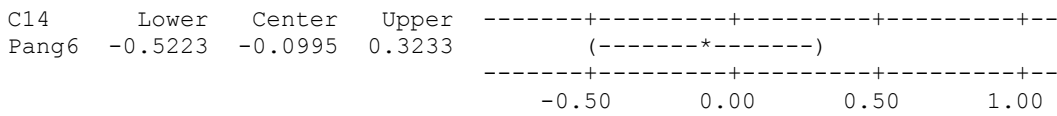
C14 = Pang3 subtracted from:



C14 = Pang4 subtracted from:



C14 = Pang5 subtracted from:



Test for Equal Variances: Tekek versus C22

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C22	N	Lower	StDev	Upper
Tek1	106	0.577780	0.68410	0.83349
Tek2	82	0.476345	0.57626	0.72352
Tek3	40	0.359652	0.46876	0.66041
Tek4	42	0.792341	1.02672	1.43256
Tek5	40	0.605372	0.78903	1.11162
Tek6	38	0.584541	0.76666	1.09154

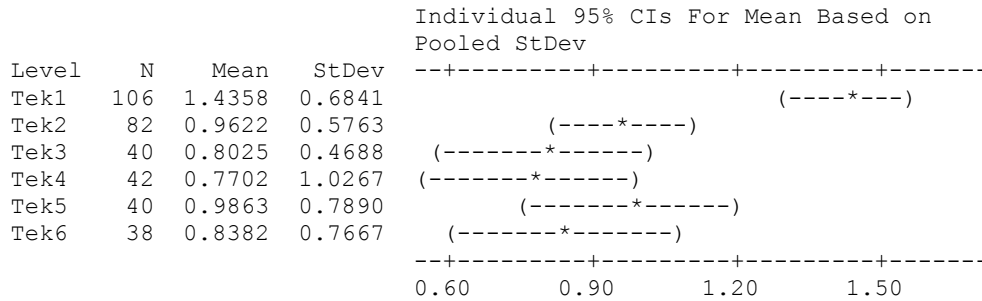
Levene's Test (any continuous distribution)
 Test statistic = 1.92, p-value = 0.091

One-way ANOVA: Tekek versus C22

Source	DF	SS	MS	F	P
C22	5	24.013	4.803	9.45	0.000
Error	342	173.854	0.508		
Total	347	197.866			

S = 0.7130 R-Sq = 12.14% R-Sq(adj) = 10.85%

...sambungan

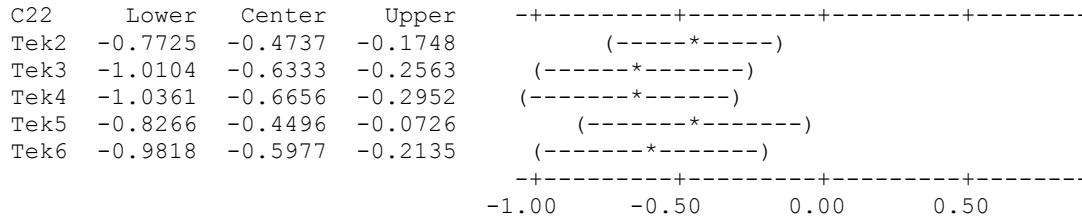


Pooled StDev = 0.7130

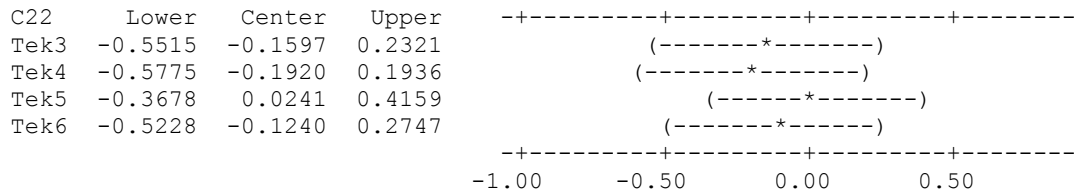
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C22

Individual confidence level = 99.54%

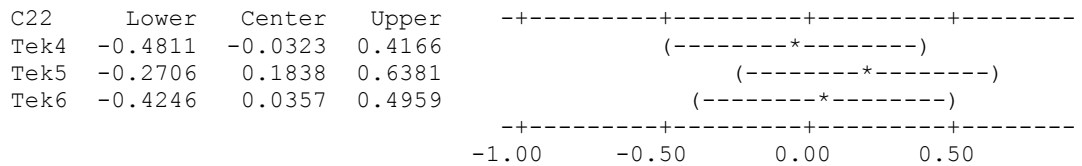
C22 = Tek1 subtracted from:



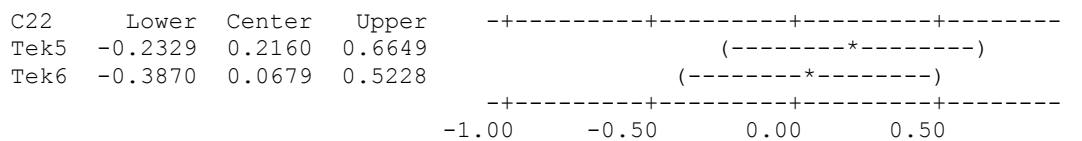
C22 = Tek2 subtracted from:



C22 = Tek3 subtracted from:

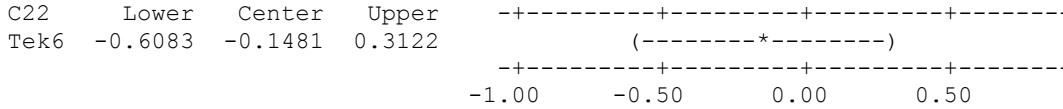


C22 = Tek4 subtracted from:



...sambungan

C22 = Tek5 subtracted from:



Test for Equal Variances: Air Bat versus C29

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

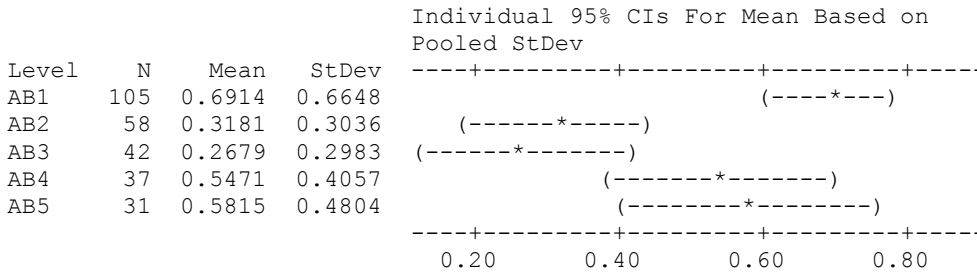
C29	N	Lower	StDev	Upper
AB1	105	0.563222	0.664789	0.806824
AB2	58	0.244006	0.303589	0.397502
AB3	42	0.231564	0.298333	0.412739
AB4	37	0.310156	0.405652	0.575492
AB5	31	0.359134	0.480363	0.708598

Levene's Test (any continuous distribution)
 Test statistic = 2.08, p-value = 0.084

One-way ANOVA: Air Bat versus C29

Source	DF	SS	MS	F	P
C29	4	8.257	2.064	8.17	0.000
Error	268	67.711	0.253		
Total	272	75.968			

S = 0.5026 R-Sq = 10.87% R-Sq(adj) = 9.54%



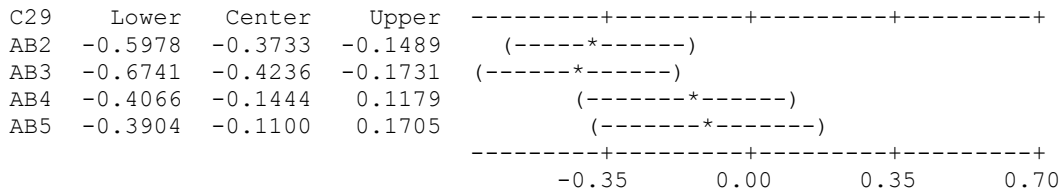
Pooled StDev = 0.5026

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of C29

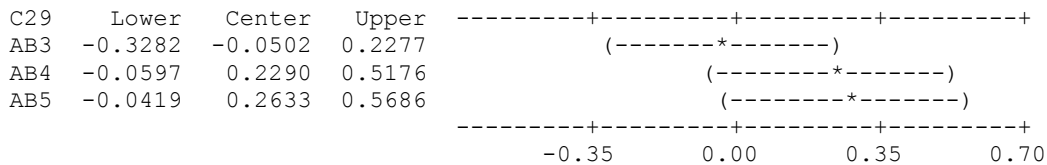
Individual confidence level = 99.32%

...sambungan

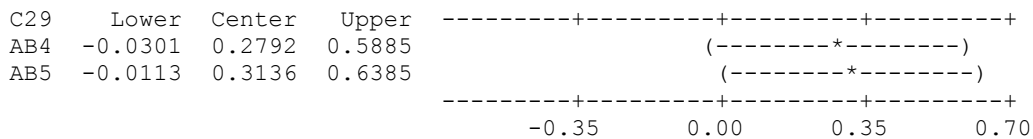
C29 = AB1 subtracted from:



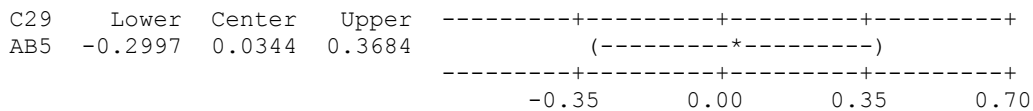
C29 = AB2 subtracted from:



C29 = AB3 subtracted from:



C29 = AB4 subtracted from:

**Test for Equal Variances: Survive sites versus C110**

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C110	N	Lower	StDev	Upper
Sur AirB	595	0.465360	0.497784	0.534784
Sur PL	303	0.209967	0.230506	0.255227
Sur Rgs	118	*	0.000000	*
Sur Tkk	720	0.461313	0.490520	0.523451

Levene's Test (any continuous distribution)
 Test statistic = 81.80, p-value = 0.000

Kruskal-Wallis Test: Survive sites versus C110

Kruskal-Wallis Test on Survive sites

C110	N	Median	Ave Rank	Z
Sur AirB	595	1.000	765.5	-6.18
Sur PL	303	1.000	1106.3	9.09
Sur Rgs	118	1.000	1155.0	6.43

...sambungan

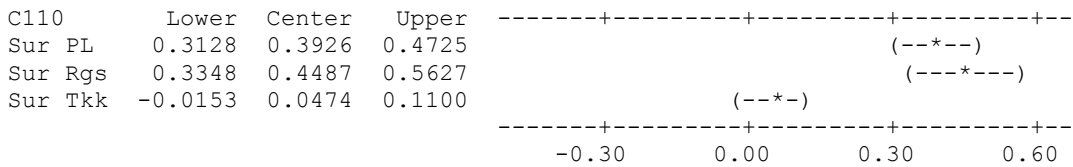
```
Sur Tkk      720    1.000    806.6  -4.33
Overall     1736                    868.5
```

H = 142.83 DF = 3 P = 0.000

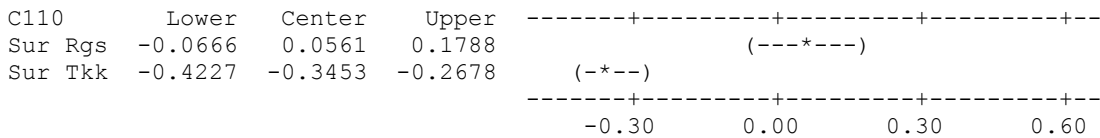
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C110

Individual confidence level = 98.97%

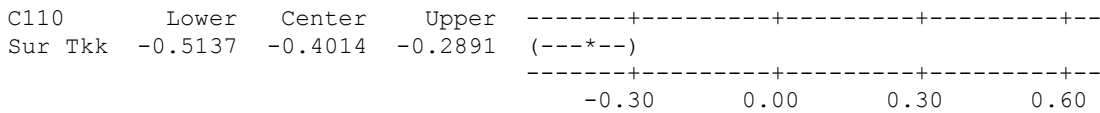
C110 = Sur AirB subtracted from:



C110 = Sur PL subtracted from:



C110 = Sur Rgs subtracted from:



Test for Equal Variances: Sur PL versus C87

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C87	N	Lower	StDev	Upper
Sur P1	59	*	0.000000	*
Sur P2	58	*	0.000000	*
Sur P3	55	0.108490	0.134840	0.176432
Sur P4	48	0.221592	0.279310	0.373521
Sur P5	44	0.272824	0.347142	0.471249
Sur P6	39	0.283369	0.365518	0.507387

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 4.54, p-value = 0.001

...sambungan

Kruskal-Wallis Test: Sur PL versus C87

Kruskal-Wallis Test on Sur PL

C87	N	Median	Ave Rank	Z
Sur P1	59	1.000	160.5	0.83
Sur P2	58	1.000	160.5	0.82
Sur P3	55	1.000	157.7	0.54
Sur P4	48	1.000	147.9	-0.36
Sur P5	44	1.000	139.8	-1.00
Sur P6	39	1.000	137.2	-1.13
Overall	303		152.0	

H = 3.41 DF = 5 P = 0.638

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C87

Individual confidence level = 99.53%

C87 = Sur P1 subtracted from:

C87	Lower	Center	Upper	
Sur P2	-0.1180	0.0000	0.1180	(-----*-----)
Sur P3	-0.1378	-0.0182	0.1015	(-----*-----)
Sur P4	-0.2074	-0.0833	0.0408	(-----*-----)
Sur P5	-0.2635	-0.1364	-0.0092	(-----*-----)
Sur P6	-0.2856	-0.1538	-0.0221	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-0.15 0.00 0.15 0.30

C87 = Sur P2 subtracted from:

C87	Lower	Center	Upper	
Sur P3	-0.1383	-0.0182	0.1020	(-----*-----)
Sur P4	-0.2079	-0.0833	0.0412	(-----*-----)
Sur P5	-0.2640	-0.1364	-0.0087	(-----*-----)
Sur P6	-0.2861	-0.1538	-0.0216	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-0.15 0.00 0.15 0.30

C87 = Sur P3 subtracted from:

C87	Lower	Center	Upper	
Sur P4	-0.1913	-0.0652	0.0610	(-----*-----)
Sur P5	-0.2473	-0.1182	0.0109	(-----*-----)
Sur P6	-0.2693	-0.1357	-0.0020	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-0.15 0.00 0.15 0.30

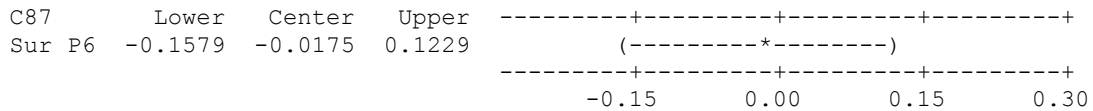
C87 = Sur P4 subtracted from:

C87	Lower	Center	Upper	
Sur P5	-0.1863	-0.0530	0.0802	(-----*-----)
Sur P6	-0.2081	-0.0705	0.0671	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-0.15 0.00 0.15 0.30

...sambungan

C87 = Sur P5 subtracted from:



Test for Equal Variances: Sur Rgs versus C93

* ERROR * Completion of computation impossible. Data too identical.

One-way ANOVA: Sur Rgs versus C93

Source	DF	SS	MS	F	P
C93	3	0.0000000	0.0000000	*	*
Error	114	0.0000000	0.0000000		
Total	117	0.0000000			

S = 0 R-Sq = *% R-Sq(adj) = *%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Sur R1	30	1.00000	0.00000	*
Sur R2	30	1.00000	0.00000	*
Sur R3	30	1.00000	0.00000	*
Sur R4	28	1.00000	0.00000	*

+-----+-----+-----+-----+
1.00000 1.00010 1.00020 1.00030

Pooled StDev = 0.00000

Test for Equal Variances: Sur Tkk versus C101

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C101	N	Lower	StDev	Upper
Sur T1	120	0.236660	0.277544	0.333808
Sur T2	120	0.266129	0.312104	0.375374
Sur T3	120	0.417964	0.490169	0.589537
Sur T4	120	0.425988	0.499580	0.600855
Sur T5	120	0.416316	0.488237	0.587213
Sur T6	120	0.406101	0.476257	0.572804

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 15.68, p-value = 0.000

...sambungan

Kruskal-Wallis Test: Sur Tkk versus C101

Kruskal-Wallis Test on Sur Tkk

C101	N	Median	Ave Rank	Z
Sur T1	120	1.000000000	475.0	6.61
Sur T2	120	1.000000000	466.0	6.09
Sur T3	120	1.000000000	364.0	0.20
Sur T4	120	0.000000000	307.0	-3.09
Sur T5	120	0.000000000	283.0	-4.47
Sur T6	120	0.000000000	268.0	-5.34
Overall	720		360.5	

H = 115.61 DF = 5 P = 0.000

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C101
Individual confidence level = 99.55%

C101 = Sur T1 subtracted from:

C101	Lower	Center	Upper	
Sur T2	-0.1846	-0.0250	0.1346	(---*---)
Sur T3	-0.4680	-0.3083	-0.1487	(---*---)
Sur T4	-0.6263	-0.4667	-0.3070	(---*---)
Sur T5	-0.6930	-0.5333	-0.3737	(---*---)
Sur T6	-0.7346	-0.5750	-0.4154	(---*---)

-0.40 0.00 0.40 0.80

C101 = Sur T2 subtracted from:

C101	Lower	Center	Upper	
Sur T3	-0.4430	-0.2833	-0.1237	(---*---)
Sur T4	-0.6013	-0.4417	-0.2820	(---*---)
Sur T5	-0.6680	-0.5083	-0.3487	(---*---)
Sur T6	-0.7096	-0.5500	-0.3904	(---*---)

-0.40 0.00 0.40 0.80

C101 = Sur T3 subtracted from:

C101	Lower	Center	Upper	
Sur T4	-0.3180	-0.1583	0.0013	(---*---)
Sur T5	-0.3846	-0.2250	-0.0654	(---*---)
Sur T6	-0.4263	-0.2667	-0.1070	(---*---)

-0.40 0.00 0.40 0.80

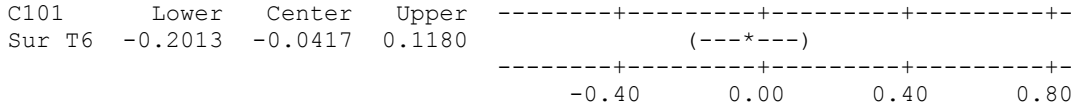
C101 = Sur T4 subtracted from:

C101	Lower	Center	Upper	
Sur T5	-0.2263	-0.0667	0.0930	(---*---)
Sur T6	-0.2680	-0.1083	0.0513	(---*---)

-0.40 0.00 0.40 0.80

...sambungan

C101 = Sur T5 subtracted from:



Test for Equal Variances: Sur AirB versus C108

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C108	N	Lower	StDev	Upper
Sur A1	119	0.110407	0.129090	0.154681
Sur A2	119	0.408159	0.477227	0.571832
Sur A3	119	0.426875	0.499109	0.598052
Sur A4	119	0.414617	0.484778	0.580880
Sur A5	119	0.394531	0.461292	0.552738

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 17.08, p-value = 0.000

Kruskal-Wallis Test: Sur AirB versus C108

Kruskal-Wallis Test on Sur AirB

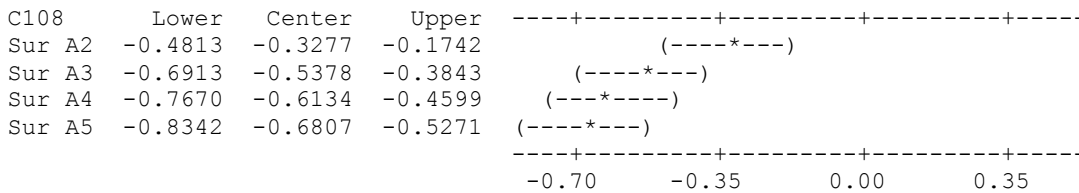
C108	N	Median	Ave Rank	Z
Sur A1	119	1.000000000	426.5	9.12
Sur A2	119	1.000000000	329.0	2.20
Sur A3	119	0.000000000	266.5	-2.23
Sur A4	119	0.000000000	244.0	-3.83
Sur A5	119	0.000000000	224.0	-5.25
Overall	595		298.0	

H = 108.15 DF = 4 P = 0.000

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of C108

Individual confidence level = 99.35%

C108 = Sur A1 subtracted from:



...sambungan

C108 = Sur A2 subtracted from:

C108	Lower	Center	Upper	
Sur A3	-0.3636	-0.2101	-0.0566	-----+-----+-----+-----+-----
Sur A4	-0.4392	-0.2857	-0.1322	(---*---)
Sur A5	-0.5065	-0.3529	-0.1994	(-----*-----)
				(---*---)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-0.70 -0.35 0.00 0.35

C108 = Sur A3 subtracted from:

C108	Lower	Center	Upper	
Sur A4	-0.2292	-0.0756	0.0779	-----+-----+-----+-----+-----
Sur A5	-0.2964	-0.1429	0.0107	(-----*-----)
				(---*---)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-0.70 -0.35 0.00 0.35

C108 = Sur A4 subtracted from:

C108	Lower	Center	Upper	
Sur A5	-0.2208	-0.0672	0.0863	-----+-----+-----+-----+-----
				(---*---)
				-----+-----+-----+-----+-----
				-0.70 -0.35 0.00 0.35

Test for Equal Variances: PB PL versus C119

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C119	N	Lower	StDev	Upper
PB P1	14	0.65067	0.99449	1.93379
PB P2	16	1.17324	1.75000	3.21196
PB P3	13	1.38009	2.13937	4.30902
PB P4	11	1.28942	2.06706	4.55086
PB P5	6	0.83570	1.54919	5.61115
PB P6	9	1.14771	1.92209	4.81286

Levene's Test (any continuous distribution)

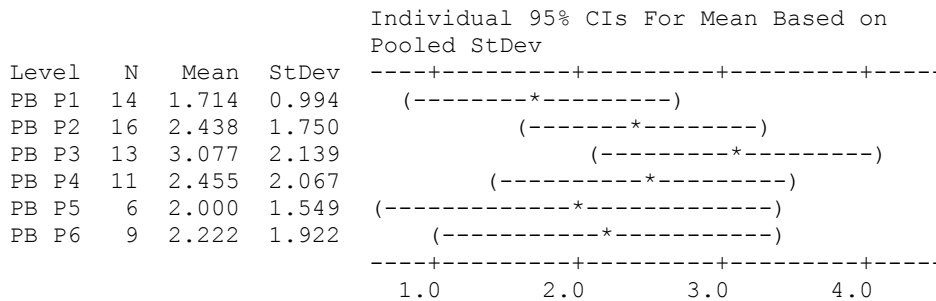
Test statistic = 0.62, p-value = 0.686

One-way ANOVA: PB PL versus C119

Source	DF	SS	MS	F	P
C119	5	13.65	2.73	0.87	0.507
Error	63	198.00	3.14		
Total	68	211.65			

S = 1.773 R-Sq = 6.45% R-Sq(adj) = 0.00%

...sambungan



Test for Equal Variances: PB Rgs versus C125

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

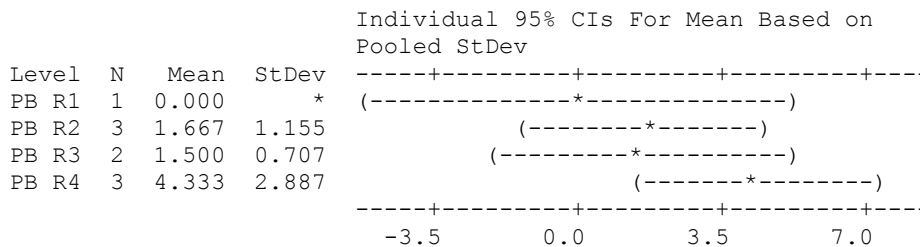
C125	N	Lower	StDev	Upper
PB R1	1	*	*	*
PB R2	3	0.52773	1.15470	12.6227
PB R3	2	0.26802	0.70711	67.7015
PB R4	3	1.31934	2.88675	31.5567

Levene's Test (any continuous distribution)
Test statistic = 0.28, p-value = 0.767

One-way ANOVA: PB Rgs versus C125

Source	DF	SS	MS	F	P
C125	3	20.17	6.72	1.69	0.283
Error	5	19.83	3.97		
Total	8	40.00			

S = 1.992 R-Sq = 50.42% R-Sq(adj) = 20.67%



...sambungan

Test for Equal Variances: PB Tkk versus C133

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

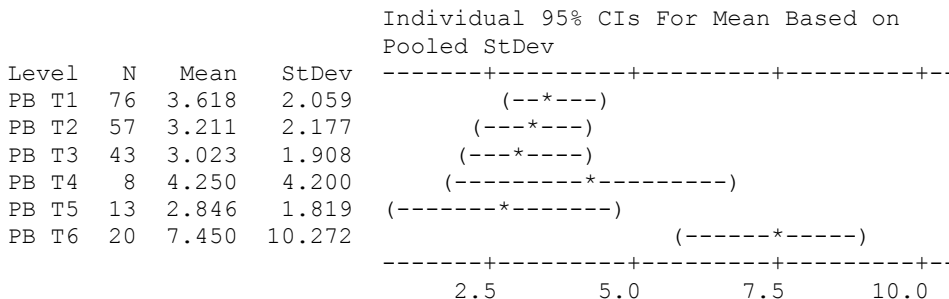
C133	N	Lower	StDev	Upper
PB T1	76	1.69033	2.0589	2.6106
PB T2	57	1.73807	2.1773	2.8786
PB T3	43	1.47689	1.9085	2.6508
PB T4	8	2.43993	4.2003	11.5030
PB T5	13	1.17323	1.8187	3.6631
PB T6	20	7.15208	10.2725	17.3555

Levene's Test (any continuous distribution)
 Test statistic = 5.76, p-value = 0.000

One-way ANOVA: PB Tkk versus C133

Source	DF	SS	MS	F	P
C133	5	326.9	65.4	4.75	0.000
Error	211	2904.5	13.8		
Total	216	3231.4			

S = 3.710 R-Sq = 10.12% R-Sq(adj) = 7.99%

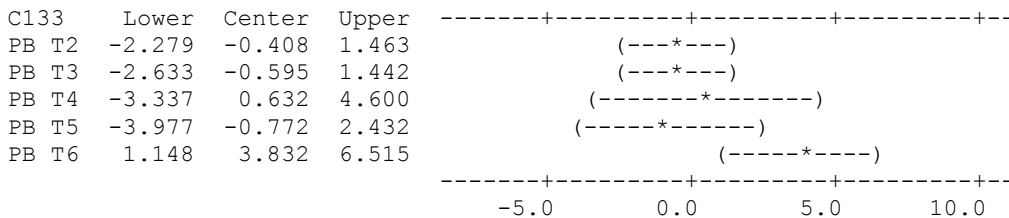


Pooled StDev = 3.710

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of C133

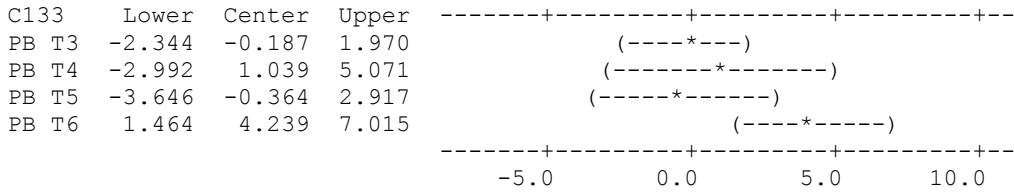
Individual confidence level = 99.56%

C133 = PB T1 subtracted from:

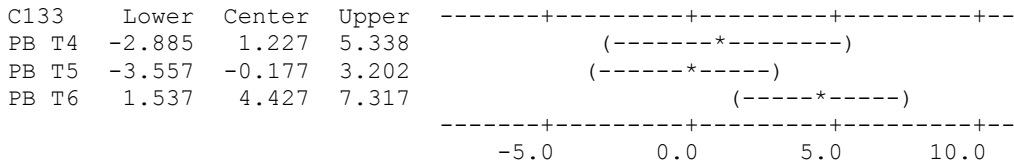


...sambungan

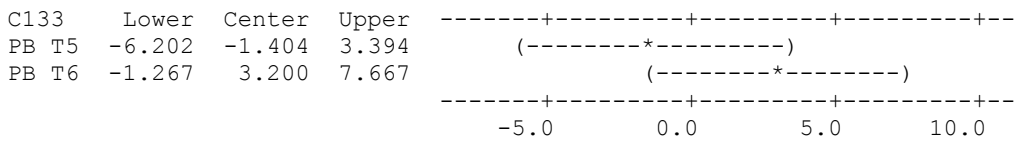
C133 = PB T2 subtracted from:



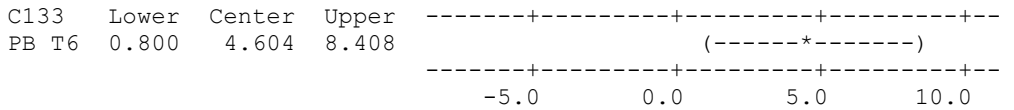
C133 = PB T3 subtracted from:



C133 = PB T4 subtracted from:



C133 = PB T5 subtracted from:



Test for Equal Variances: PB AirB versus C140

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

C140	N	Lower	StDev	Upper
PB A1	28	1.01036	1.37003	2.0717
PB A2	15	1.28853	1.92725	3.5724
PB A3	8	0.43715	0.74402	1.9792
PB A4	11	0.69023	1.09545	2.3593
PB A5	5	1.43967	2.77489	12.1984

Levene's Test (any continuous distribution)
 Test statistic = 0.98, p-value = 0.425

...sambungan

Kruskal-Wallis Test: PB AirB versus C140

Kruskal-Wallis Test on PB AirB

C140	N	Median	Ave Rank	Z
PB A1	28	1.500	33.0	-0.36
PB A2	15	1.000	29.8	-0.96
PB A3	8	1.500	31.9	-0.32
PB A4	11	2.000	36.3	0.42
PB A5	5	5.000	50.6	1.98
Overall	67		34.0	

H = 4.65 DF = 4 P = 0.325

Correlations: CorT R, CorG R, CorS R, CorP R

	CorT R	CorG R	CorS R
CorG R	0.136 0.864		
CorS R	*	*	
	*	*	
CorP R	0.130 0.870	0.597 0.403	* *

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

* NOTE * All values in column are identical.

Correlations: CorT P, CorG P, CorS P, CorP P

	CorT P	CorG P	CorS P
CorG P	0.845 0.034		
CorS P	0.296 0.569	0.011 0.983	
CorP P	0.818 0.047	0.438 0.385	0.200 0.704

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

...sambungan

Correlations: CorT T, CorG T, CorS T, CorP T

	CorT T	CorG T	CorS T
CorG T	0.120 0.821		
CorS T	-0.144 0.785	0.656 0.157	
CorP T	-0.249 0.634	-0.248 0.635	-0.466 0.351

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Correlations: CorT A, CorG A, CorS A, CorP A

	CorT A	CorG A	CorS A
CorG A	0.645 0.240		
CorS A	-0.019 0.976	0.299 0.625	
CorP A	-0.136 0.828	0.364 0.547	-0.481 0.412

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

LAMPIRAN F

SENARAI PENERBITAN DAN PEMBENTANGAN

Penerbitan

1. Loke, H. X., Cheliah, A., Chen, S. Y., Hyde, J., Cob, Z. C. & Adzis, K. A. A. 2013. Comparison of *Acropora formosa* coral growth in natural habitat condition between Tioman Island and Pangkor Island, Malaysia. *Journal of Science and Technology in the Tropics* (2013) 9: 31-45.

Pembentangan

1. Loke, H. X., Hyde, J., Cob, Z. C. & Adzis, K. A. A. 2013. Growth Study of Branching Coral *Acropora formosa* Between Natural Reef Habitats and in situ Coral Nurseries. *Prosiding Kolokium Siswazah FST ke-13*.