

## LAPORAN AKHIR PROJEK JANGKA PENDEK

PROF MADYA DR MISNI BIN SURIF  
PUSAT PENGAJIAN PENDIDIKAN JARAK JAUH

### 2) TITLE

KAJIAN KE ATAS BEBERAPAFAKTOR FIZIKAL DAN KIMIA YANG  
MEMPENGARUHI TUMBESARAN RUMPAI LAUT KOMERSIAL  
*CAULERPA* SP.

### 3) ABSTRAK

Kajian pengaruh keamatan cahaya berbeza iaitu  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , kualiti cahaya iaitu cahaya merah, hijau dan biru dan saliniti 20 ‰, 30 ‰, 35 ‰ dan 40 ‰ keatas tumbesaran alga hijau, *Caulerpa taxifolia* telah dijalankan. Tumbesaran ditentukan berdasarkan pemanjangan pemanjangan rizom dan kemunculan talus baru. Daripada kajian ini didapati kadar tumbesaran adalah lebih tinggi pada *C. taxifolia* yang dipancarkan dengan keamatan cahaya  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  berbanding  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Pada keamatan cahaya yang rendah kandungan klorofil a didapati berkurangan berbanding pada keamatan cahaya yang tinggi. Kadar fotosintesis berlaku dengan perlahan pada keamatan cahaya yang rendah dan meningkat secara kolerasi dengan bertambahnya keamatan cahaya. Kadar tumbesaran adalah tinggi pada cahaya biru, diikuti cahaya hijau dan yang terendah adalah pada cahaya merah. Julat saliniti di antara 30-35 ‰ didapati merangsang pemanjangan rizom dan talus baru dimana tumbesaran tertinggi berlaku pada saliniti 35 ‰. Saliniti 40 ‰ kurang mengalakkan tumbesaran dan menyebabkan kematian. Kandungan klorofil a didapati lebih tinggi pada *C. taxifolia* yang dikultur pada saliniti yang tinggi.

A study on the growth performance of the green algae *Caulerpa taxifolia* grown under different light intensity, i.e:  $15 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  and  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; light quality: red, green and blue and salinity: 20 ‰, 30 ‰, 35 ‰ dan 40 ‰ was carried out. The growth rate is measured based on the elongation and emergence of new blades. The growth rate of *C. taxifolia* under light intensity of  $30 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  was found to be higher than under light intensity of  $15 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . The chlorophyll a content in *C. taxifolia* was found to be lower under low light intensity. At lower light intensity, photosynthesis process occurs at a very low rate and the rate increases in correlation with the increase in light intensity. The highest growth rate was found in *C. taxifolia* grown under a blue light followed by a green light and lowest growth rate is under red light. Salinity was found to influence the emergence of new blades. Salinity in the range of 30-35 ‰ promotes rhizome elongation and emergence of new blades with highest growth was found at a salinity of 35 ‰ and a salinity of 40 ‰ does not encourage growth and caused death to the algae. Chlorophyll a content was found higher in *C. taxifolia* cultured in higher salinity.

#### 4) TECHNICAL REPORT

Spesies *Caulerpa* tergolong di dalam famili Caulerpaceae dari order Codiales. Habitatnya di kawasan intertidal dan biasa dijumpai di lautan subtropika dan tropika. *Caulerpa* adalah spesies stenohalin yang dapat hidup dalam julat saliniti 30-35 ‰. Penurunan saliniti ketika musim hujan lebat boleh menghalang pertumbuhan serta mengakibatkan kematian. Tumbuhan ini mempunyai rizom berwarna hijau yang mempunyai banyak cabang dan menjalar di atas substrat.

Tumbesaran alga ini dipengaruhi oleh banyak faktor dalaman seperti kandungan pigmen dan faktor luaran yang merangkumi faktor fizikal, kimia dan biologi. Faktor fizikal adalah seperti suhu, cahaya, curahan hujan, faktor kimia seperti kandungan nutrien, saliniti manakala faktor biologi pula adalah seperti persaingan, penyakit dan lain-lain.

Objektif kajian ini adalah untuk menentukan pengaruh keamatan cahaya, kualiti cahaya dan saliniti serta keadaan optima untuk pertumbuhan alga *Caulerpa taxifolia* di dalam makmal kerana kurang kajian dilakukan terhadap alga ini.

Cahaya merupakan satu faktor penting dalam proses fotosintesis selain air dan karbon dioksida. Cahaya boleh dibahagikan kepada keamatan cahaya dan kualiti cahaya. Penyerapan dan penukaran tenaga cahaya kepada tenaga kimia dilakukan oleh unit fotosintesis yang terdiri daripada gabungan pigmen-pigmen seperti klorofil a (dalam semua jenis alga), b (alga hijau),  $c_1, c_2$  (alga perang), d (alga merah) yang terdapat dalam membran kloroplas. Alga adalah organisma fotolitotrof obligat iaitu bergantung sepenuhnya kepada tenaga cahaya untuk aktiviti metabolismanya. Spesies alga hijau memerlukan cahaya yang tinggi manakala alga merah memerlukan keamatan cahaya yang rendah. Keamatan cahaya optima adalah penting kerana keamatan cahaya yang rendah menyebabkan kadar fotosintesis berkurangan manakala keamatan cahaya tinggi merencat proses ini. Kandungan pigmen fotosintesis alga mempunyai kolerasi dengan keamatan cahaya. Jika keamatan cahaya terlalu tinggi, klorofil akan mengalami foto-oksidasi dan kurang berfungsi untuk menyerap tenaga cahaya yang mencukupi manakala klorofil tua akan dimusnahkan menyebabkan alga kekurangan klorofil dan menjadi kuning. Keamatan cahaya yang berbeza turut mempengaruhi morfologi dan produktiviti alga. Dari segi kualiti cahaya pula, penyerapan cahaya di lautan oleh alga adalah minima untuk cahaya biru dan maksima untuk cahaya merah. Klorofil a menyerap cahaya biru pada 420-435 nm manakala cahaya merah pada 660-680 nm. Kualiti cahaya dengan jarak gelombang yang berbeza mempengaruhi tumbesaran alga. Oleh kerana keupayaan pigmen utamanya menyerap cahaya pada jarak gelombang berlainan adalah terhad, ia memerlukan bantuan pigmen tambahan seperti karoten, xantofil dan fikobiliprotein supaya mendapat tenaga cahaya maksima untuk proses fotosintesis.

Selain itu, spesies alga berlainan didapati mempunyai toleransi yang berbeza terhadap perubahan saliniti. Contohnya, *Ulva expansa* hidup di kawasan air yang berubah saliniti di antara 20-30 ‰ manakala *Laminaria sp.* di antara 25-35 ‰. Kebanyakan alga mempunyai saliniti optimum pada 30-35 ‰. Perubahan saliniti menyebabkan berlakunya keadaan hipo dan hiper osmotik pada organisma. Kajian keatas *Fucus serratus* mendapati apabila saliniti mediumnya diubah, kadar fotosintesis dirangsang serta merta pada mulanya apabila berlaku tegasan hipo atau hiper osmotik tetapi akhirnya ia direncat. Darjah

rangsangan dan rencatan bergantung kepada julat perubahan saliniti dan tempoh pendedahan.

Dalam kajian ini, sampel alga *Caulerpa taxifolia* diambil dari Batu Feringghi. Setelah dibersihkan, sampel diaklimatisasikan selama lima hari pada saliniti  $30 \pm 2\%$  dan disinari cahaya selama 11jam dari jam 8 pagi sehingga 6 petang serta diudarakan dengan pam udara. Kajian pengaruh keamatan cahaya ke atas tumbesaran alga dijalankan dengan meletakkan satu akurium yang mengandungi 6 replikat rizom *C. taxifolia* di bawah keamatan cahaya  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  setiap satunya. Sekeliling akuarium dibalut dengan plastik hitam supaya setiap akuarium menerima keamatan cahaya yang ditetapkan. Kadar tumbesaran diukur setiap 2 hari selama 2 minggu. Faktor lain seperti saliniti ditetapkan pada  $30\%$  dan pH pada  $8.0 \pm 0.03$ . Hasil kajian menunjukkan kadar pemanjangan rizom adalah lebih tinggi pada alga yang didedahkan dalam keamatan cahaya  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  berbanding  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Keputusan yang didapati berdasarkan Jadual 1.

Jadual 1: Kesan keamatan cahaya ke atas kadar pemanjangan rizom (cm) *C. taxifolia*

Hari	Keamatan cahaya ( $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	
	15	30
2	$0.52 \pm 1.20$	$2.88 \pm 0.69$
4	$3.48 \pm 2.12$	$4.78 \pm 1.83$
6	$3.02 \pm 1.36$	$3.45 \pm 1.13$
8	$1.15 \pm 0.15$	$0.87 \pm 0.13$
10	$1.02 \pm 0.14$	$1.43 \pm 0.44$
12	$1.35 \pm 0.24$	$1.22 \pm 0.15$

Pemanjangan rizom adalah lebih tinggi pada keamatan cahaya  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  berbanding  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  sehingga hari ke-6 pengkulturan. Ini menunjukkan tumbesaran alga dirangsang pada mulanya dan kemudian ia mengurang. Dalam jangka masa yang pendek, alga ini masih mampu berfotosintesis secara normal dan kemudian mengurang kerana keamatan cahaya bertindak sebagai faktior penghad kerana faktor-faktor lain sentiasa dikawal. Selain itu, didapati kedua-dua keamatan cahaya  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  adalah tidak sekata dan tidak membentuk graf garis lurus.

Dari analisa pigmen klorofil a, didapati bahagian talus hujung untuk kedua-dua keamatan  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  adalah paling tinggi iaitu  $0.504 \text{ mg/g}$  tisu dan  $0.521 \text{ mg/g}$  tisu jika dibandingkan dengan bahagian talus tengah, rizom tengah dan rizom hujung seperti dalam Jadual 2.

Jadual 2: Kesan keamatan cahaya pada kandungan klorofil a (mg/g tisu) *C.taxifolia*

Sampel	Keamatan cahaya ( $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	
	15	30
talus tengah	$0.48 \pm 0.06$	$0.35 \pm 0.03$
talus hujung	$0.50 \pm 0.37$	$0.52 \pm 0.07$
rizom tengah	$0.28 \pm 0.06$	$0.20 \pm 0.03$
rizom hujung	$0.19 \pm 0.04$	$0.28 \pm 0.08$

Pertumbuhan alga turut dipengaruhi oleh kadar fotosintesis. Didapati kadar fotosintesis meningkat dengan bertambahnya keamatan cahaya dan mencapai tahap maksima iaitu  $214 \mu\text{mol O}_2\text{gbb}^{-1}\text{j}^{-1}$  di antara keamatan cahaya 696 hingga  $832 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Kadar fotosintesis bertambah sehingga ke titik pampasan cahaya di mana penghasilan oksigen daripada proses fotosintesis adalah sama dengan penggunaan oksigen untuk respirasi. Apabila keamatan cahaya terus ditambah, ia tidak akan merangsang proses fotosintesis sebaliknya merencatkannya.

Berdasarkan keputusan kajian terhadap pengaruh kualiti cahaya, *Caulerpa taxifolia* yang didedahkan pada cahaya biru mempunyai kadar pemanjangan rizom paling tinggi diikuti oleh hijau dan akhirnya merah. Kadar pemanjangan rizom adalah maksima pada hari ke-2 untuk ketiga-tiga warna. Keputusan seperti dalam Jadual 3.

Jadual 3: Kesan kualiti cahaya terhadap kadar pemanjangan rizom (cm) *C.taxifolia*

Hari	Min pemanjangan rizom (cm) pada kualiti cahaya berbeza		
	Merah	Hijau	Biru
2	$2.73 \pm 0.56$	$3.58 \pm 0.74$	$4.43 \pm 0.39$
4	$1.63 \pm 0.22$	$1.57 \pm 0.24$	$1.63 \pm 0.31$
6	$1.05 \pm 0.13$	$1.32 \pm 0.21$	$1.50 \pm 0.35$
8	$0.98 \pm 0.34$	$1.20 \pm 0.24$	$1.42 \pm 0.24$
10	$1.08 \pm 0.14$	$1.07 \pm 0.22$	$1.35 \pm 0.31$
12	$0.65 \pm 0.13$	$0.98 \pm 0.20$	$1.02 \pm 0.19$

Pengukuran kandungan klorofil a menunjukkan alga yang dikultur dalam cahaya biru menghasilkan lebih banyak klorofil diikuti cahaya merah dan hijau. Bagi cahaya biru dan hijau, kandungan klorofil a yang tinggi didapati pada bahagian talus tengah tetapi untuk cahaya merah, talus hujung mempunyai kandungan klorofil a paling tinggi seperti Jadual 4. Klorofil dapat menyerap cahaya biru lebih baik daripada karotenoid dan oleh itu, sel mempunyai kandungan klorofil yang tinggi berbanding karotenoid apabila dikultur dalam cahaya putih. Manakala sel yang dikultur dalam cahaya hijau mempunyai karotenoid yang lebih tinggi.

Jadual 4: Kesan kualiti cahaya dalam kandungan klorofil a (mg/g) *C.taxifolia*.

Sampel	Kualiti cahaya		
	merah	hijau	biru
talus tengah	0.22 ± 0.02	0.175 ± 0.02	0.38 ± 0.08
talus hujung	0.26 ± 0.04	0.16 ± 0.04	0.28 ± 0.05
rizom tengah	0.17 ± 0.01	0.15 ± 0.05	0.16 ± 0.04
rizom hujung	0.15 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.19 ± 0.04

Pengaruh saliniti ke atas tumbesaran *C.taxifolia* menunjukkan kadar pemanjangan rizom adalah paling tinggi pada saliniti 35‰, diikuti pada 30‰, 40‰ dan 20‰. Pemanjangan rizom adalah maksima pada hari ke-8 iaitu 4.52 cm dan 5.13 cm dalam saliniti 30‰ dan 35‰ seperti dalam Jadual 5. Dalam saliniti 20‰, iaitu keadaan hipo osmotik, kadar pemanjangan rizom tidak menggalakkan. Ini kerana kekurangan atau ketiadaan ion-ion organik dan proses fotosintesis dihentikan setelah pendedahan pada saliniti rendah kerana sel-sel muda di hujung filamen telah musnah dan juga berlaku kerosakkan pada alat-alat fotosintesis. Pada saliniti 40‰ iaitu keadaan hiper osmotik, tumbesaran alga telah direncatkan.

Jadual 5 : Kesan saliniti terhadap pemanjangan rizom (cm) *C.taxifolia*

Hari	Min pemanjangan rizom (cm) pada saliniti berbeza			
	20‰	30‰	35‰	40‰
2	1.99 ± 0.41	2.30 ± 0.31	2.80 ± 0.41	2.19 ± 0.56
4	1.00 ± 0.00	1.96 ± 0.28	2.37 ± 0.31	1.54 ± 0.24
6	1.00 ± 0.00	2.18 ± 0.58	1.92 ± 0.31	1.00 ± 0.00
8	1.00 ± 0.00	4.52 ± 0.89	5.13 ± 0.46	2.16 ± 0.55
10	1.00 ± 0.00	1.98 ± 0.28	3.33 ± 0.25	1.00 ± 0.04
12	1.00 ± 0.00	2.50 ± 0.58	3.17 ± 0.27	2.00 ± 0.70

Dari sei kandugan klorofil a pula, kandungan klorofil adalah tertinggi di dalam alga yang dikultur pada saliniti 40‰ dan 30‰, seperti menurut Macler (1988) iaitu kandungan klorofil dan fikobiliprotein adalah tinggi pada saliniti yang tinggi.

Oleh itu, berdasarkan penemuan kajian ini, penghasilan *Caulerpa taxifolia* boleh ditingkatkan dengan mengawal pengaruh tumbesaran alga ini seperti keamatan cahaya, kualiti cahaya serta saliniti pada keadaan optimum.

## LAPORAN AKHIR PROJEK JANGKA PENDEK

PROF MADYA DR MISNI BIN SURIF  
PUSAT PENGAJIAN PENDIDIKAN JARAK JAUH

### 2) TITLE

KAJIAN KE ATAS BEBERAPAFAKTOR FIZIKAL DAN KIMIA YANG  
MEMPENGARUHI TUMBESARAN RUMPAI LAUT KOMERSIAL  
*CAULERPA* SP.

### 3) ABSTRAK

Kajian pengaruh keamatan cahaya berbeza iaitu  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , kualiti cahaya iaitu cahaya merah, hijau dan biru dan saliniti 20 ‰, 30 ‰, 35 ‰ dan 40 ‰ keatas tumbesaran alga hijau, *Caulerpa taxifolia* telah dijalankan. Tumbesaran ditentukan berdasarkan pemanjangan pemanjangan rizom dan kemunculan talus baru. Daripada kajian ini didapati kadar tumbesaran adalah lebih tinggi pada *C. taxifolia* yang dipancarkan dengan keamatan cahaya  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  berbanding  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Pada keamatan cahaya yang rendah kandungan klorofil a didapati berkurangan berbanding pada keamatan cahaya yang tinggi. Kadar fotosintesis berlaku dengan perlahan pada keamatan cahaya yang rendah dan meningkat secara kolerasi dengan bertambahnya keamatan cahaya. Kadar tumbesaran adalah tinggi pada cahaya biru, diikuti cahaya hijau dan yang terendah adalah pada cahaya merah. Julat saliniti di antara 30-35 ‰ didapati merangsang pemanjangan rizom dan talus baru dimana tumbesaran tertinggi berlaku pada saliniti 35 ‰. Saliniti 40 ‰ kurang mengalakkan tumbesaran dan menyebabkan kematian. Kandungan klorofil a didapati lebih tinggi pada *C. taxifolia* yang dikultur pada saliniti yang tinggi.

A study on the growth performance of the green algae *Caulerpa taxifolia* grown under different light intensity, i.e:  $15 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  and  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; light quality: red, green and blue and salinity: 20 ‰, 30 ‰, 35 ‰ dan 40 ‰ was carried out. The growth rate is measured based on the elongation and emergence of new blades. The growth rate of *C. taxifolia* under light intensity of  $30 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$  was found to be higher than under light intensity of  $15 \mu\text{mol photon m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . The chlorophyll a content in *C. taxifolia* was found to be lower under low light intensity. At lower light intensity, photosynthesis process occurs at a very low rate and the rate increases in correlation with the increase in light intensity. The highest growth rate was found in *C. taxifolia* grown under a blue light followed by a green light and lowest growth rate is under red light. Salinity was found to influence the emergence of new blades. Salinity in the range of 30-35 ‰ promotes rhizome elongation and emergence of new blades with highest growth was found at a salinity of 35 ‰ and a salinity of 40 ‰ does not encourage growth and caused death to the algae. Chlorophyll a content was found higher in *C. taxifolia* cultured in higher salinity.

#### 4) TECHNICAL REPORT

Spesies *Caulerpa* tergolong di dalam famili Caulerpaceae dari order Codiales. Habitatnya di kawasan intertidal dan biasa dijumpai di lautan subtropika dan tropika. *Caulerpa* adalah spesies stenohalin yang dapat hidup dalam julat saliniti 30-35 ‰. Penurunan saliniti ketika musim hujan lebat boleh menghalang pertumbuhan serta mengakibatkan kematian. Tumbuhan ini mempunyai rizom berwarna hijau yang mempunyai banyak cabang dan menjalar di atas substrat.

Tumbesaran alga ini dipengaruhi oleh banyak faktor dalaman seperti kandungan pigmen dan faktor luaran yang merangkumi faktor fizikal, kimia dan biologi. Faktor fizikal adalah seperti suhu, cahaya, curahan hujan, faktor kimia seperti kandungan nutrien, saliniti manakala faktor biologi pula adalah seperti persaingan, penyakit dan lain-lain.

Objektif kajian ini adalah untuk menentukan pengaruh keamatan cahaya, kualiti cahaya dan saliniti serta keadaan optima untuk pertumbuhan alga *Caulerpa taxifolia* di dalam makmal kerana kurang kajian dilakukan terhadap alga ini.

Cahaya merupakan satu faktor penting dalam proses fotosintesis selain air dan karbon dioksida. Cahaya boleh dibahagikan kepada keamatan cahaya dan kualiti cahaya. Penyerapan dan penukaran tenaga cahaya kepada tenaga kimia dilakukan oleh unit fotosintesis yang terdiri daripada gabungan pigmen-pigmen seperti klorofil a (dalam semua jenis alga), b (alga hijau), c<sub>1</sub>,c<sub>2</sub> (alga perang), d (alga merah) yang terdapat dalam membran kloroplas. Alga adalah organisma fotolitotrof obligat iaitu bergantung sepenuhnya kepada tenaga cahaya untuk aktiviti metabolisme. Spesies alga hijau memerlukan cahaya yang tinggi manakala alga merah memerlukan keamatan cahaya yang rendah. Keamatan cahaya optima adalah penting kerana keamatan cahaya yang rendah menyebabkan kadar fotosintesis berkurangan manakala keamatan cahaya tinggi merencat proses ini. Kandungan pigmen fotosintesis alga mempunyai kolerasi dengan keamatan cahaya. Jika keamatan cahaya terlalu tinggi, klorofil akan mengalami foto-oksidasi dan kurang berfungsi untuk menyerap tenaga cahaya yang mencukupi manakala klorofil tua akan dimusnahkan menyebabkan alga kekurangan klorofil dan menjadi kuning. Keamatan cahaya yang berbeza turut mempengaruhi morfologi dan produktiviti alga. Dari segi kualiti cahaya pula, penyerapan cahaya di lautan oleh alga adalah minima untuk cahaya biru dan maksima untuk cahaya merah. Klorofil a menyerap cahaya biru pada 420-435 nm manakala cahaya merah pada 660-680 nm. Kualiti cahaya dengan jarak gelombang yang berbeza mempengaruhi tumbesaran alga. Oleh kerana keupayaan pigmen utamanya menyerap cahaya pada jarak gelombang berlainan adalah terhad, ia memerlukan bantuan pigmen tambahan seperti karoten, xantofil dan fikobiliprotein supaya mendapat tenaga cahaya maksima untuk proses fotosintesis.

Selain itu, spesies alga berlainan didapati mempunyai toleransi yang berbeza terhadap perubahan saliniti. Contohnya, *Ulva expansa* hidup di kawasan air yang berubah saliniti di antara 20- 30‰ manakala *Laminaria sp.* di antara 25-35‰. Kebanyakan alga mempunyai saliniti optimum pada 30-35‰. Perubahan saliniti menyebabkan berlakunya keadaan hipo dan hiper osmotik pada organisma. Kajian keatas *Fucus serratus* mendapati apabila saliniti mediumnya diubah, kadar fotosintesis dirangsang serta merta pada mulanya apabila berlaku tegasan hipo atau hiper osmotik tetapi akhirnya ia direncat. Darjah

rangsangan dan rancangan bergantung kepada julat perubahan saliniti dan tempoh pendedahan.

Dalam kajian ini, sampel alga *Caulerpa taxifolia* diambil dari Batu Feringghi. Setelah dibersihkan, sampel diaklimatisasikan selama lima hari pada saliniti  $30 \pm 2\%$  dan disinari cahaya selama 11jam dari jam 8 pagi sehingga 6 petang serta diudarakan dengan pam udara. Kajian pengaruh keamatan cahaya ke atas tumbesaran alga dijalankan dengan meletakkan satu akuarium yang mengandungi 6 replikat rizom *C. taxifolia* di bawah keamatan cahaya  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  setiap satunya. Sekeliling akuarium dibalut dengan plastik hitam supaya setiap akuarium menerima keamatan cahaya yang ditetapkan. Kadar tumbesaran diukur setiap 2 hari selama 2 minggu. Faktor lain seperti saliniti ditetapkan pada 30‰ dan pH pada  $8.0 \pm 0.03$ . Hasil kajian menunjukkan kadar pemanjangan rizom adalah lebih tinggi pada alga yang didedahkan dalam keamatan cahaya  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  berbanding  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Keputusan yang didapati berdasarkan Jadual 1.

Jadual 1: Kesan keamatan cahaya ke atas kadar pemanjangan rizom (cm) *C. taxifolia*

Hari	Keamatan cahaya ( $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	
	15	30
2	$0.52 \pm 1.20$	$2.88 \pm 0.69$
4	$3.48 \pm 2.12$	$4.78 \pm 1.83$
6	$3.02 \pm 1.36$	$3.45 \pm 1.13$
8	$1.15 \pm 0.15$	$0.87 \pm 0.13$
10	$1.02 \pm 0.14$	$1.43 \pm 0.44$
12	$1.35 \pm 0.24$	$1.22 \pm 0.15$

Pemanjangan rizom adalah lebih tinggi pada keamatan cahaya  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  berbanding  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  sehingga hari ke-6 pengkulturan. Ini menunjukkan tumbesaran alga dirangsang pada mulanya dan kemudian ia mengurang. Dalam jangka masa yang pendek, alga ini masih mampu berfotosintesis secara normal dan kemudian mengurang kerana keamatan cahaya bertindak sebagai faktior penghad kerana faktor-faktor lain sentiasa dikawal. Selain itu, didapati kedua-dua keamatan cahaya  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  adalah tidak sekata dan tidak membentuk graf garis lurus.

Dari analisa pigmen klorofil a, didapati bahagian talus hujung untuk kedua-dua keamatan  $15 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $30 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$  adalah paling tinggi iaitu  $0.504 \text{ mg/g}$  tisu dan  $0.521 \text{ mg/g}$  tisu jika dibandingkan dengan bahagian talus tengah, rizom tengah dan rizom hujung seperti dalam Jadual 2.

Jadual 2: Kesan keamatan cahaya pada kandungan klorofil a (mg/g tisu) *C.taxifolia*

Sampel	Keamatan cahaya ( $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	
	15	30
talus tengah	$0.48 \pm 0.06$	$0.35 \pm 0.03$
talus hujung	$0.50 \pm 0.37$	$0.52 \pm 0.07$
rizom tengah	$0.28 \pm 0.06$	$0.20 \pm 0.03$
rizom hujung	$0.19 \pm 0.04$	$0.28 \pm 0.08$

Pertumbuhan alga turut dipengaruhi oleh kadar fotosintesis. Didapati kadar fotosintesis meningkat dengan bertambahnya keamatan cahaya dan mencapai tahap maksima iaitu  $214 \mu\text{molO}_2\text{gbb}^{-1}\text{j}^{-1}$  di antara keamatan cahaya 696 hingga  $832 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Kadar fotosintesis bertambah sehingga ke titik pampasan cahaya di mana penghasilan oksigen daripada proses fotosintesis adalah sama dengan penggunaan oksigen untuk respirasi. Apabila keamatan cahaya terus ditambah, ia tidak akan merangsang proses fotosintesis sebaliknya merencatkannya.

Berdasarkan keputusan kajian terhadap pengaruh kualiti cahaya, *Caulerpa taxifolia* yang didedahkan pada cahaya biru mempunyai kadar pemanjangan rizom paling tinggi diikuti oleh hijau dan akhirnya merah. Kadar pemanjangan rizom adalah maksima pada hari ke-2 untuk ketiga-tiga warna. Keputusan seperti dalam Jadual 3.

Jadual 3: Kesan kualiti cahaya terhadap kadar pemanjangan rizom (cm) *C.taxifolia*

Hari	Min pemanjangan rizom (cm) pada kualiti cahaya berbeza		
	Merah	Hijau	Biru
2	$2.73 \pm 0.56$	$3.58 \pm 0.74$	$4.43 \pm 0.39$
4	$1.63 \pm 0.22$	$1.57 \pm 0.24$	$1.63 \pm 0.31$
6	$1.05 \pm 0.13$	$1.32 \pm 0.21$	$1.50 \pm 0.35$
8	$0.98 \pm 0.34$	$1.20 \pm 0.24$	$1.42 \pm 0.24$
10	$1.08 \pm 0.14$	$1.07 \pm 0.22$	$1.35 \pm 0.31$
12	$0.65 \pm 0.13$	$0.98 \pm 0.20$	$1.02 \pm 0.19$

Pengukuran kandungan klorofil a menunjukkan alga yang dikultur dalam cahaya biru menghasilkan lebih banyak klorofil diikuti cahaya merah dan hijau. Bagi cahaya biru dan hijau, kandungan klorofil a yang tinggi didapati pada bahagian talus tengah tetapi untuk cahaya merah, talus hujung mempunyai kandungan klorofil a paling tinggi seperti Jadual 4. Klorofil dapat menyerap cahaya biru lebih baik daripada karotenoid dan oleh itu, sel mempunyai kandungan klorofil yang tinggi berbanding karotenoid apabila dikultur dalam cahaya putih. Manakala sel yang dikultur dalam cahaya hijau mempunyai karotenoid yang lebih tinggi.

Jadual 4: Kesan kualiti cahaya dalam kandungan klorofil a (mg/g) *C.taxifolia*.

Sampel	Kualiti cahaya		
	merah	hijau	biru
talus tengah	0.22 ± 0.02	0.175 ± 0.02	0.38 ± 0.08
talus hujung	0.26 ± 0.04	0.16 ± 0.04	0.28 ± 0.05
rizom tengah	0.17 ± 0.01	0.15 ± 0.05	0.16 ± 0.04
rizom hujung	0.15 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.19 ± 0.04

Pengaruh saliniti ke atas tumbesaran *C.taxifolia* menunjukkan kadar pemanjangan rizom adalah paling tinggi pada saliniti 35‰, diikuti pada 30‰, 40‰ dan 20‰. Pemanjangan rizom adalah maksima pada hari ke-8 iaitu 4.52 cm dan 5.13 cm dalam saliniti 30‰ dan 35‰ seperti dalam Jadual 5. Dalam saliniti 20‰, iaitu keadaan hipo osmotik, kadar pemanjangan rizom tidak menggalakkan. Ini kerana kekurangan atau ketiadaan ion-ion organik dan proses fotosintesis dihentikan setelah pendedahan pada saliniti rendah kerana sel-sel muda di hujung filamen telah musnah dan juga berlaku kerosakkan pada alat-alat fotosintesis. Pada saliniti 40‰ iaitu keadaan hiper osmotik, tumbesaran alga telah direncatkan.

Jadual 5 : Kesan saliniti terhadap pemanjangan rizom (cm) *C.taxifolia*

Hari	Min pemanjangan rizom (cm) pada saliniti berbeza			
	20‰	30‰	35‰	40‰
2	1.99 ± 0.41	2.30 ± 0.31	2.80 ± 0.41	2.19 ± 0.56
4	1.00 ± 0.00	1.96 ± 0.28	2.37 ± 0.31	1.54 ± 0.24
6	1.00 ± 0.00	2.18 ± 0.58	1.92 ± 0.31	1.00 ± 0.00
8	1.00 ± 0.00	4.52 ± 0.89	5.13 ± 0.46	2.16 ± 0.55
10	1.00 ± 0.00	1.98 ± 0.28	3.33 ± 0.25	1.00 ± 0.04
12	1.00 ± 0.00	2.50 ± 0.58	3.17 ± 0.27	2.00 ± 0.70

Dari sei kandungan klorofil a pula, kandungan klorofil adalah tertinggi di dalam alga yang dikultur pada saliniti 40‰ dan 30‰, seperti menurut Macler (1988) iaitu kandungan klorofil dan fikobiliprotein adalah tinggi pada saliniti yang tinggi.

Oleh itu, berdasarkan penemuan kajian ini, penghasilan *Caulerpa taxifolia* boleh ditingkatkan dengan mengawal pengaruh tumbesaran alga ini seperti keamatan cahaya, kualiti cahaya serta saliniti pada keadaan optimum.