

Kesan Penggunaan Rumpai Laut sebagai Agen Penapis Semula Jadi dalam Pengkulturan Intensif Rotifer *Brachionus plicatilis* (Effect of Seaweeds as Biofilters for Mass Culture of Rotifer *Brachionus plicatilis*)

A.A.R. RAZAK*, C.C. ZAIDI, J. ZAINODDIN, A.M. MAJID, T. TODA & B.H.R. OTHMAN

ABSTRAK

Penyelidikan ini dijalankan untuk menilai kesan penggunaan tiga spesies rumpai laut iaitu *Ulva sp.*, *Gracilaria sp.* dan *Kappaphycus sp.* sebagai agen penapis semula jadi untuk menstabilkan pengkulturan rotifer dengan menggunakan petunjuk kaedah kuantitatif iaitu membandingkan nilai pertumbuhan seketika per hari rotifer *Brachionus plicatilis*. Kadar pertumbuhan seketika per hari rotifer dengan penggunaan *Ulva sp.* ($p < 0.01$), *Gracilaria sp.* ($p < 0.05$) dan *Kappaphycus sp.* ($p < 0.05$) pada berat basah 7 g dalam 10 L air laut menunjukkan kesan yang ketara berbanding kawalan. Bagi kesemua rumpai laut yang diuji, keputusan menunjukkan setelah tercapainya nilai min kadar pertumbuhan seketika per hari rotifer yang tertinggi, penambahan jumlah berat penggunaan rumpai laut memberikan kesan penurunan kepada kadar pertumbuhan seketika rotifer. Keputusan menunjukkan *Ulva sp.* sesuai digunakan sebagai penapis biologi.

Kata kunci: *Brachionus plicatilis*; kadar pertumbuhan; kultur; penapis semula jadi; rumpai laut

ABSTRACT

The experiment was conducted to evaluate the potential of three species of seaweed namely *Ulva sp.*, *Gracilaria sp.* and *Kappaphycus sp.* as a biofilter in the culture of rotifer *Brachionus plicatilis*. Instantaneous growth rate (μ) of rotifer was used as indicator for the efficiency of these seaweeds as biofilter. The result showed that the utilization of *Ulva sp.* ($p < 0.01$), *Gracilaria sp.* ($p < 0.05$) and *Kappaphycus sp.* ($p < 0.05$), at 7 g in 10 L seawater, produced a significant effect as compared with the control. The results also showed when the highest μ values were obtained, addition of the seaweed into the culture will reduce the effectiveness of the biofilter. The results obtained in this study indicated that *Ulva sp.* can be used as a biofilter.

Keywords: Biofilter; *Brachionus plicatilis*; culture; growth rate; seaweed

PENDAHULUAN

Spesies rotifer *Brachionus plicatilis* telah digunakan secara meluas sebagai punca makanan penting untuk larva ikan laut, udang dan ketam. Ini adalah kerana toleransinya kepada persekitaran air masin, selain daripada bentuk, saiz, warna, pergerakan badan yang perlahan, kandungan kimia badannya yang boleh dimanipulasi bagi memenuhi keperluan zat makanan larva pemangsa dan juga sangat mudah dan cepat membiak iaitu mencapai kepadatan yang tinggi pada waktu yang singkat (Lubzens et al. 1989).

Bagi memastikan proses pengkulturan rotifer secara berkepadatan tinggi dapat dilaksanakan, fasa pembiakan aseksual sahaja yang sepatutnya berlaku dengan mengelakkan faktor yang boleh menyumbang untuk rotifer bertukar kepada pembiakan seksual kerana pembiakan seksual menghasilkan telur yang dorman. Pembiakan aseksual dilakukan secara partenogenesis dengan mengeluarkan satu atau dua biji telur yang bersaiz besar berukuran berukuran 80-100 × 110-130 μm yang kemudiannya menetas menjadi betina amitik (Liao et al. 1993). Faktor seperti kepadatan rotifer yang tinggi, jenis makanan, suhu air, kemasinan, penembusan cahaya, kualiti air dan juga ciri genetik rotifer mempengaruhi

rotifer bertukar cara pembiakan daripada aseksual kepada pembiakan seksual (Hino & Hirano 1977, 1976; Lubzens et al. 1980).

Penghasilan rotifer berskala besar mempunyai masalah yang tersendiri seperti penurunan kepadatan secara drastik iaitu rotifer mati secara tiba-tiba. Namun begitu penghasilan secara kaedah intensif masih dalam era perkembangan di serata pelusuk dunia bagi penghasilan rotifer yang berterusan dengan penuaian rotifer dapat dilakukan setiap hari pada sesuatu tangki.

Rotifer hidup dan membiak dalam air yang bersih. Bagi memastikan pengkulturan rotifer dilakukan dengan sebaik mungkin, air pengkulturan perlulah sentiasa bersih dan salah satu punca pencemaran ialah daripada sistem perkumuhan rotifer sendiri. Kehadiran amonia dalam pengkulturan rotifer akan memberikan masalah yang ketara iaitu ketoksikan amonia disebabkan terutamanya oleh amonia tak terion (NH_3) yang tidak dalam bentuk terion (NH_4^+). Nilai pH juga akan meningkat pada kepadatan rotifer yang tinggi, mungkin akibat pembebasan gas karbon dioksida pada air pengkulturan dengan pembekalan gas oksigen kepada kultur. Peningkatan pH, saliniti dan suhu pengkulturan

mengakibatkan peningkatan nisbah amonia tak terion bagi keseluruhan amonia. Dengan itu pH air pengkulturan hendaklah berada pada paras kehadiran amonia bentuk terion (NH_4^+), iaitu pH6 hingga 9 (Howerton 2001; Wajisbrot et al. 1991). Menurut Yu dan Hirayama (1986) pula, walaupun pada tahap optimum bagi suhu, saliniti dan penggunaan diet, pengkulturan rotifer boleh lenyap secara tiba-tiba dengan berlakunya peningkatan amonia tak terion.

Kajian terdahulu yang dilakukan pada sesuatu sistem akuakultur menunjukkan rumpai laut sangat berkesan untuk mengurangkan kehadiran nutrien hasil buangan akuakultur dengan bertindak sebagai penapis semula jadi terhadap bahan kumuh tersebut dan pada masa yang sama memberikan keuntungan sekiranya spesies rumpai laut yang mempunyai nilai ekonomi digunakan. Secara fisiologinya, rumpai laut dilihat sebagai pengambil nutrien yang sangat banyak umpama span menyerap air (Chopin et al. 2001).

Dalam sistem ini, rumpai laut selain menggunakan bahan buangan metabolik haiwan sebagai nutriennya, ia menyerap karbon dioksida dan mengeluarkan oksigen ke persekitaran dan dengan interaksi ini, membenarkan bahan kumuh organisma dijadikan sebagai makanan kepada yang lain. Rumpai laut bertindak sebagai organisma pembersih iaitu membuang nutrien daripada badan air dan caranya ialah menggunakan cahaya matahari untuk mengekstrak nutrien tak organik terlarut daripada badan air, dengan itu apabila diintergrasikan dengan akuakultur, organisma ekstrakatif (rumpai laut) akan menukarkan sisa buangan kepada sumber yang produktif (McVey et al. 2002; Rawson et al. 2002).

Kajian telah menunjukkan, rumpai laut berkeupayaan mengasimilasi sehingga 90% amonium yang dihasilkan daripada proses pengkulturan ikan secara intensif. Sekiranya rumpai laut sahaja yang dijadikan sebagai penapis semula jadi, spesies *Ulva* telah dikenal pasti boleh digunakan untuk memurnikan kembali air daripada pengkulturan ikan. *Ulva* telah menunjukkan sifat sebagai pengambil amonia yang sangat cekap pada ternakan ikan secara intensif dengan nitrogen dibebaskan sebagai amonia (Neori 1996).

Pengkulturan secara intergrasi antara *Panaeus monodon* (udang harimau), *Mytilus edulis* (siput sudu) dan rumpai laut *Gracilaria* sp., merekodkan penurunan dalam efluen sebanyak 81% bagi kandungan amonia, 19% bagi nitrat, 72% bagi keseluruhan nitrogen, 83% bagi fosfat dan 61% bagi keseluruhan fosforus (Enander & Hasselström 1994).

Bagi mendapatkan kestabilan kimia air pengkulturan rotifer yang dilakukan secara intensif, maka kajian ini adalah untuk menilai potensi beberapa spesies rumpai laut iaitu *Ulva* sp., *Gracilaria* sp. dan *Kappaphycus* sp. sebagai agen penapis semula jadi dalam rawatan air pengkulturan dengan menggunakan petunjuk kaedah kuantitatif iaitu membandingkan nilai pertumbuhan seketika rotifer .

BAHAN DAN KAEDAH

Seekor rotifer betina amitik *B. plicatilis* bersaiz panjang lorika 110 - 230 μm (ukuran diperoleh menggunakan stereomikroskop Olympus SZX7 dengan bantuan kamera Infinity 1) yang diperoleh daripada stok sedia ada dan telah dikultur melebihi setahun di Institut Penyelidikan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia, Kg. Pulau Sayak, Kedah dikembang biak dalam makmal. Makanan pemeliharaan rotifer adalah mikroalga. Rumpai laut pula diambil dari beberapa tempat di Malaysia sewaktu air surut dan ia dibawa ke makmal dalam keadaan basah dan sejuk dalam kotak ais, kemudiannya dibersihkan daripada organisma seperti epifit yang melekat pada badan rumpai laut tersebut. Kemudiannya diaklimatasi selama 3 hari dalam air laut yang mengalir pada tahap kemasinan 30 ± 2 psu yang berkadungan $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, dan PO_4^{3-} masing-masingnya adalah 0.07, 0.004, 0.3 dan 0.16 mg/L yang diperoleh dari persekitaran pantai Kg. Pulau Sayak, Kedah. Air laut ini juga telah melalui proses penapisan dengan penapis berpasir. Rumpai laut tersebut didedahkan kepada cahaya dengan fotokalaan cahaya matahari. Daripada stok ini, rumpai laut dipilih untuk percubaaan. Kajian dilakukan di makmal Institut Penyelidikan Perikanan, Kg. Pulau Sayak, Kota Kuala Muda, Kedah.

PENGGULTURAN *B. PLICATILIS* SECARA SISTEM TERNAKAN BERTURUTAN

Sebanyak 1 mL stok 20 rotifer per mL diinokulasikan ke dalam tabung uji bersaiz 16 x 150 mm yang mengandungi air laut pada kepekatan 30 ± 1 psu dan ditutup dengan penutup. Pengkulturan dilakukan pada suhu $26 \pm 1^\circ\text{C}$. Tabung uji didedahkan kepada keamatan cahaya lampu fluoresens 3000 lux pada jarak 20 cm. Air pengkulturan terdiri daripada air laut yang telah di sterilisasikan.

Kultur pemula dimasukkan dalam sistem yang statik pada kelalang enlenmeyer 500 mL dan diletakkan di bawah pencahayaan lampu. Rotifer diberikan mikroalga *Nannochloropsis* sp. pada $10\text{-}20 \times 10^6$ sel per mL. Peningkatan rotifer berlaku dalam masa 3 atau 4 hari. Pada tempoh ini tiada pengudaraan diberikan. Kemudian rotifer daripada fasa log dipindahkan ke dalam akuarium 10 L yang telah diisikan dengan 5 L air laut yang juga berkepekatan 30 ± 1 psu.

BIOASSAI BAGI MENGUJI KESAN PENGGUNAAN RUMPAI LAUT SEBAGAI AGEN PENAPIS SEMULAJADI

Rumpai laut dalam takungan pemeliharaan diangkat keluar daripada air pemeliharaan dan disejatkan bagi timbangan berat basah. Berat yang telah dipilih adalah 5, 7, 10 dan 50 g bagi setiap spesies rumpai laut. Berat yang ditentukan bagi penggunaan rumpai laut ini berdasarkan kajian oleh penyelidik terdahulu dalam penyelidikan keupayaan rumpai laut dalam proses permurnian semula air iaitu dalam lingkungan 2 g rumpai laut setiap L (kepadatan stok). Bioassai dilakukan dengan setiap akuarium

percubaan diletakkan tiga bekas ujian berbentuk silinder yang permukaan atasnya terbuka sementara permukaan bawahnya dipasang dengan jaring plankton berkeporosan 30 μm yang dilekatkan dengan gam pada sekeliling tapak silinder tersebut. Setiap bekas silinder berisi padu air laut sebanyak 800 mL berada dalam kedudukan menegak dalam akuarium berisi padu 40 L yang mengandungi 10 L air laut pada kepekatan 30 ± 1 psu. Rotifer yang berada dalam fasa log pada kultur 5 L di tapis keluar air pemeliharaannya. Kepadatan rotifer per mL dihitung dan dimasukkan ke dalam setiap bekas silinder tersebut pada kepadatan rotifer dan jumlah yang sama. Akuarium percubaan diletakkan rumpai laut pada kedudukan di luar bekas silinder pada dasar akuarium sementara itu percubaan kawalan adalah akuarium bersama tiga bekas silinder dan tidak diletakkan rumpai laut. Semasa percubaan dijalankan akuarium ditutup dengan penutup lut cahaya (Rajah 1). Bagi setiap bekas silinder pada setiap akuarium dianggap sebagai replikasi untuk suatu perlakuan (rawatan air menggunakan rumpai laut pada berat yang dipilih), dengan itu setiap akuarium mempunyai tiga kali replikasi. Fotokalaan ialah selama 24 jam sehari. Suhu percubaan adalah pada suhu bilik.

PENSAMPELAN KEPADATAN ROTIFER

Data kepadatan rotifer yang dimasukkan ke dalam bekas bioassai berbentuk silinder berjaring plankton diambil untuk menilai kesan penggunaan rumpai laut sebagai agen penapis semula jadi dalam pengkulturan rotifer. Data diambil dengan cara mengangkat bekas silinder dan

digoncang mengikut putaran jam sebanyak tiga kali dan diletak kembali ke dalam akuarium percubaan tersebut. Kemudian, air yang mengandungi rotifer pada bekas berbentuk silinder tersebut diambil sebanyak 1 mL dengan menggunakan mikropipet dan diletakkan pada slaid ruang kaunter Sledgewick kasau, kemudiannya dititik dengan setitik larutan lugol bagi mematkan rotifer bagi kiraan jumlah rotifer dan telur per mL. Jumlah rotifer dan jumlah telur dijumlahkan sebagai satu bacaan data dan dikira sebagai jumlah rotifer per mL.

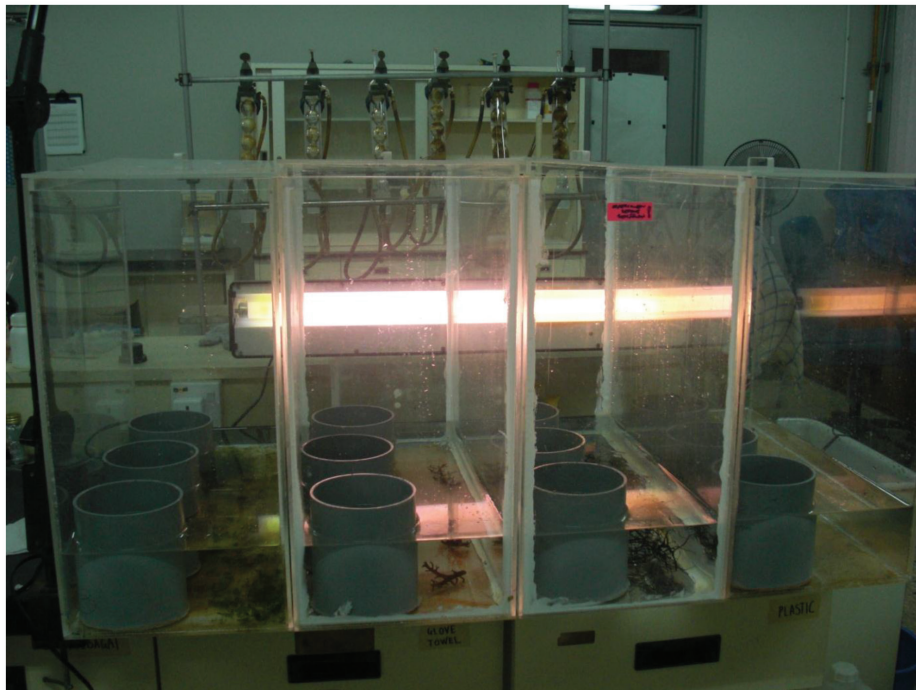
$$\text{Kadar pertumbuhan rotifer } (\mu) = (\log_e N_t - \log_e N_0)/t,$$

dengan N_0 ialah bilangan rotifer inokulasi per mL dan N_t ialah bilangan rotifer selepas masa t (hari).

Data kadar pertumbuhan rotifer per hari yang diperoleh dibandingkan antara perlakuan dengan data kadar pertumbuhan maksimum (μ_{max}) per hari sedia ada bagi mengetahui berlakunya peningkatan kadar pertumbuhan rotifer per hari tersebut atau sebaliknya.

UJIAN STATISTIK

Pada percubaan ini, perlakuan adalah dengan spesies dan berat rumpai laut, sementara parameter yang dicerap ialah kadar pertumbuhan rotifer. Data setiap perlakuan digunakan untuk membandingkan min antara kumpulan perlakuan. Pakej IBM SPSS statistics 20.0 digunakan bagi ujian statistik. Analisis ANOVA Sehalu dan Dua-hala digunakan untuk mengetahui kesan perlakuan terhadap parameter yang diukur. Data yang dianalisis telah menjalani dan lulus



RAJAH 1. Akuarium bersaiz 40 L dengan bekas ujian (PVC) berbentuk silinder berisi padu kultur rotifer 800 mL bersama rumpai laut daripada kiri *Ulva* sp., *Kappaphycus* sp. dan *Gracilaria* sp. serta akuarium keempat tanpa rumpai laut iaitu kawalan

proses ujian untuk kenormalan dan kehomogenan bagi 'kelainan'. Sekiranya perlu, data dilakukan transformasi untuk memenuhi andaian bagi ujian statistik parametrik. Analisis selanjutnya adalah dengan ujian Fisher LSD. Bagi kesemua analisis, paras signifikan pada $\alpha = 0.05$.

KEPUTUSAN

Kadar pertumbuhan seketika (μ) per hari rotifer *B. plicatilis* dengan penggunaan rumputai laut *Ulva* sp., *Gracilaria* sp. dan *Kappaphycus* sp. sebagai penapis semula jadi dalam pengkulturan rotifer menunjukkan rumputai laut mempunyai kesan terhadap kadar pertumbuhan rotifer. Secara keseluruhannya analisis keputusan memberikan perbezaan yang signifikan (ANOVA, $p < 0.05$) (Jadual 1).

Bagi *Ulva* sp. keputusan terperinci menunjukkan penggunaan 7 g sahaja yang memberikan keputusan perbezaan yang sangat bererti berbanding kawalan (Fisher LSD, $p < 0.01$) (Jadual 2). Kadar pertumbuhan seketika pada penggunaan 5 g adalah perbezaan yang tidak bererti manakala pada penggunaan rumputai laut yang lebih banyak iaitu pada 10 dan 50 g *Ulva* sp. menunjukkan perbezaan yang bererti (Fisher LSD, $p < 0.05$). Keputusan menunjukkan nilai min kadar pertumbuhan seketika adalah 1.07 per hari pada penggunaan 7 g *Ulva* sp. iaitu melebihi kadar pertumbuhan seketika maksimum (μ_{\max}) iaitu lebih kurang 0.69 per hari bagi rotifer *B. plicatilis* bersaiz 150 hingga 200 μm sementara pada penggunaan 10 dan 50 g, min kadar pertumbuhan seketika adalah sama antara keduanya

iaitu 0.76 per hari (Rajah 2). Peningkatan pemilihan berat daripada 5 ke 7 g memberikan kesan perbezaan yang bererti ($p < 0.05$), sementara pada pilihan berat yang bertambah antara 7 dan 50 g menunjukkan perbezaan yang tidak bererti, namun begitu, apabila pertambahan berat rumputai laut digunakan, kadar tumbesaran seketika per hari rotifer turut berkurangan iaitu apabila penggunaan rumputai laut *Ulva* sp. melebihi 7 g, semakin menurun pula kesannya sebagai penapis semula jadi (Rajah 2(a)).

Penggunaan *Gracilaria* sp. sebagai penapis semula jadi pula menunjukkan kadar pertumbuhan seketika rotifer *B. plicatilis* pada penggunaan 7 g rumputai laut memberikan keputusan perbezaan yang bererti (Fisher LSD, $p < 0.05$), tetapi pada penggunaan yang lebih banyak iaitu 10 dan 50 g, nilai min kadar pertumbuhan seketika adalah lebih rendah berbanding penggunaan 7 g dan kawalan. Peningkatan pemilihan berat daripada 5 ke 7 g memberikan kesan kepada peningkatan nilai min kadar tumbesaran seketika iaitu dari 0.33 kepada 0.75 per hari, namun apabila pertambahan berat rumputai laut digunakan, kadar tumbesaran seketika per hari rotifer turut berkurangan. Penggunaan rumputai laut *Gracilaria* sp. pada 10 dan 50 g, menunjukkan kesan yang menurun sebagai penapis semula jadi (Rajah 2(b)). Bagi rumputai laut *Kappaphycus* sp. pula, pada penggunaan sebanyak 7 g sahaja yang memberikan keputusan perbezaan yang bererti ($p < 0.05$) berbanding kawalan. Keputusan menunjukkan min kadar pertumbuhan seketika pada penggunaan 7 g *Kappaphycus* sp. adalah 0.67 per hari

JADUAL 1. Keputusan analisis ANOVA Se-hala kesan penggunaan rumputai laut terhadap kadar pertumbuhan seketika per hari rotifer *B. plicatilis*

	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>		
Rumputai			<i>Ulva</i>	<i>Gracilaria</i>	<i>Kappaphycus</i>
Antara kumpulan	4	a	0.015*	0.014*	0.126 ^{ts}
Dalam kumpulan	10				
Jumlah	14				

a Nilai *F* bagi *Ulva* sp., *Gracilaria* sp. dan *Kappaphycus* sp. masing-masing adalah 5.303, 5.389 dan 2.341. ^{ts} = Tidak bererti, $p < 0.05$

JADUAL 2. Ujian perbandingan post-hoc, Fisher LSD penggunaan rumputai laut bagi pengkulturan rotifer

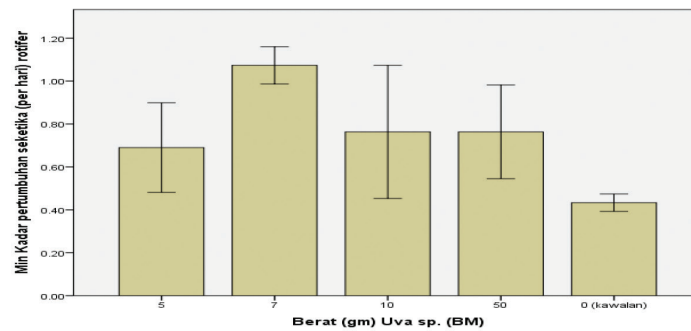
Berat (g)	<i>P</i>		
	<i>Ulva</i>	<i>Gracilaria</i>	<i>Kappaphycus</i>
0 (Kawalan) - 5	0.097 ^{ts}	0.199 ^{ts}	0.831 ^{ts}
0 - 7	0.001**	0.037*	0.041*
0 - 10	0.040*	0.999 ^{ts}	0.653 ^{ts}
0 - 50	0.040*	0.101 ^{ts}	0.637 ^{ts}
5 - 7	0.021*	0.004*	0.060 ^{ts}
5 - 10	0.612 ^{ts}	0.199 ^{ts}	0.813 ^{ts}
5 - 50	0.612 ^{ts}	0.677 ^{ts}	0.496 ^{ts}
7 - 10	0.052 ^{ts}	0.037*	0.090 ^{ts}
7 - 50	0.052 ^{ts}	0.002*	0.018*
10 - 50	1.000 ^{ts}	0.102 ^{ts}	0.365 ^{ts}

^{ts} = Tidak bererti; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$

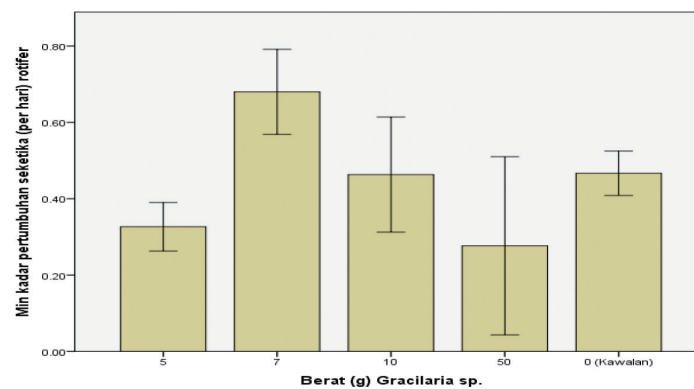
iaitu menghampiri nilai min kadar pertumbuhan seketika maksimum (Rajah 2(c)). Manakala pada penggunaan *Kappaphycus* sp. yang lebih banyak iaitu pada 10 dan 50 g juga menunjukkan corak min kadar pertumbuhan seketika yang semakin menurun setelah tercapainya min kadar pertumbuhan seketika yang tertinggi iaitu pada penggunaan 7 g dan juga menunjukkan perbezaan yang tidak bererti berbanding kawalan (Jadual 2).

Sementara itu, tiada interaksi yang bererti antara spesies dan berat rumpai laut yang digunakan terhadap kadar pertumbuhan seketika (per hari) rotifer (ANOVA-Dua hala; $p>0.05$) (Jadual 3). Namun begitu, faktor perbezaan spesies dan berat rumpai laut yang digunakan dalam percubaan masing-masing memberikan kesan yang bererti terhadap kadar pertumbuhan seketika rotifer ($p>0.01$).

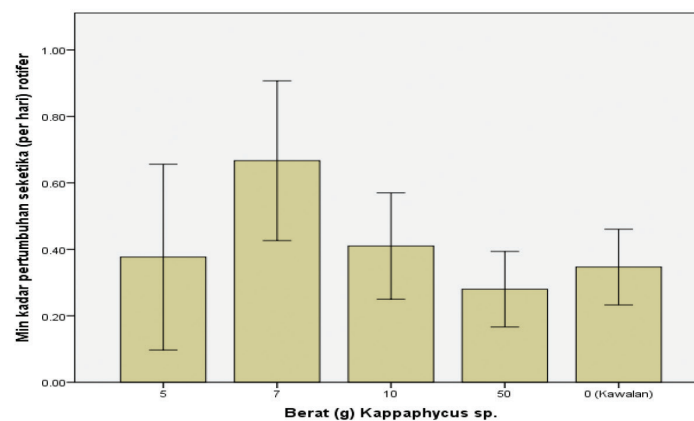
a. *Ulva* sp.



b. *Gracilaria* sp.



c. *Kappaphycus* sp.



RAJAH 2. Min kadar pertumbuhan seketika (per hari) rotifer menggunakan rumpai laut sebagai penapis semula jadi. Bar mewakili ralat piawai

JADUAL 3. Keputusan ANOVA Dua-hala kesan spesies dan berat rumpai laut terhadap kadar pertumbuhan seketika (per hari) rotifer

Sumber variasi	df	SS	MS	F	p
Spesies (S)	2	1.201	0.601	20.756	0.000
Perlakuan (P)	3	0.761	0.254	8.761	0.000
(Berat)					
S × P	6	0.040	0.007	0.229	0.963
Ralat	24	0.695	0.029		

PERBINCANGAN

Sisa makanan hasil daripada aktiviti akuakultur yang dijalankan secara intensif akan menyebabkan sejumlah besar nutrien seperti ammonium, fosfat dan nitrat terbentuk dan dibebaskan ke persekitaran akuatik sebagai bahan buangan. Ini mengakibatkan berlakunya kehadiran amonia dalam sistem pengkulturan iaitu ketoksikan amonia tak terion (NH_3) dan pH yang mengawal keseimbangan akueous amonia berair (Wajisbrot et al. 1991). Furukawa dan Hidaka (1973) pula melaporkan pertumbuhan optimum rotifer berlaku pada persekitaran pH yang stabil. Menurut Msuya et al. (2006), penetapan pH air pada julatnya adalah sangat penting bagi membolehkan berlakunya pembentukan ion NH_4^+ dalam pengkulturan. Nilai pH air buangan dari kolam ternakan ikan dimurnikan dengan menggunakan rumpai laut sebagai penapis semula jadi, dengan nilai pH air buangan kolam ikan meningkat daripada rendah kepada keadaan yang sama dengan air laut.

Tumbuhan akuatik didapati berkesan untuk digunakan sebagai penapis semula jadi kerana ia dapat menurunkan keseluruhan impak persekitaran akibat daripada aktiviti akuakultur dan dapat menstabilkan persekitaran ternakan. Alga terutamanya rumpai laut, adalah yang paling sesuai digunakan sebagai penapis semula jadi kerana ia mempunyai produktiviti yang paling tinggi berbanding dengan tumbuhan lain (Gao & McKinley 1994). Menurut Neori et al. (2004) pula, segenggam rumpai laut turut dikaji secara mendalam bagi melihat potensinya untuk akuakultur. Rumpai laut menggunakan bahan buangan metabolik haiwan sebagai nutriennya, menyerap karbon dioksida dan mengeluarkan oksigen ke persekitaran dan dengan interaksi ini, membenarkan bahan kumuh organisma dijadikan sebagai makanan kepada yang lain. Rumpai laut bertindak sebagai organisma pembersih (ekstraktif) iaitu membuang nutrien daripada badan air dan menggunakan cahaya matahari untuk mengekstrak nutrien tak organik terlarut daripada air, dengan itu apabila diintergrasikan dengan akuakultur, organism ekstraktif (rumpai laut) akan menukarkan sisa buangan kepada sumber yang produktif (McVey et al. 2002; Rawson et al. 2002).

Peranan utama bagi penapis semula jadi pada sistem akuakultur ialah merawat air dengan cara pengambilan balik dan menukarkan bahan metabolik yang bersifat toksik dan cemar. Penapisan biologi dengan bakteria mengoksidakan amonia kepada bahan kurang toksik seperti

nitrat yang sama memberikan kesan pencemaran kerana ia tidak menyingkirkan nitrat (Touchette & Burkholder 2000), sementara mikroalga pula melakukan fotosintesis dengan menukarkan nutrien tak organik yang larut kepada partikel 'pek nutrien' dan ia tetap terapung dalam air (Kaiser et al. 1998; Troell & Norberg 1998). Namun, bagi rumpai laut pula, potensinya ada kelainan, ia mengeluarkan nutrien daripada badan air. Efluen yang keluar daripada penapisan dengan rumpai laut adalah bersih dan kaya dengan oksigen dan dengan itu boleh dialirkan balik ke kultur pemeliharaan atau dibuang.

Sementara itu, rotifer pula hidup dengan membiak pada air yang bersih, dengan itu bagi memastikan pengkulturan rotifer dapat dilakukan dengan sebaik mungkin, air pengkulturan perlulah sentiasa bebas daripada pencemaran dan salah satu punca pencemaran ialah daripada sistem perkumuhan rotifer sendiri.

Ujian statistik percubaan menunjukkan perbezaan yang signifikan antara kadar pertumbuhan seketika per hari rotifer bagi air pengkulturan rotifer yang dirawat menggunakan *Ulva* sp., *Gracilaria* sp. dan *Kappaphycus* sp. terutamanya pada penggunaan 7 g rumpai laut berbanding percubaan kawalan iaitu air pengkulturan rotifer yang tidak dirawat menggunakan rumpai laut (Jadual 1 dan 2). Ini menunjukkan rumpai laut yang digunakan bagi merawat air pengkulturan rotifer mempunyai kesan positif terhadap kadar pertumbuhan rotifer. Rawatan dengan menggunakan *Ulva* sp., *Gracilaria* sp. dan *Kappaphycus* sp. pada 5 g tidak menunjukkan perbezaan yang bererti (Jadual 2). Pada berat yang dipilih melebihi daripada 7 g iaitu pada 10 dan 50 g bagi *Ulva* sp., *Gracilaria* sp. dan *Kappaphycus* sp., keputusan menunjukkan kesan kadar pertumbuhan rotifer yang bukan semakin meningkat sebaliknya menunjukkan kesan semakin menurun dan dengan perbezaan yang tidak bererti bagi berat 10 dengan 50 g. Pengkulturan rumpai laut seperti *Gracilaria* sp. mempunyai kepadatan stok tertentu iaitu 2 tan per hektar bagi ternakan secara polikultur (Chen 1976; Hurtado-Ponce 1995).

Menurut Endo (1977), kadar pertumbuhan seketika maksimum (μ_{max}) bagi rotifer *B. plicatilis* bersaiz 150 hingga 200 μm adalah lebih kurang 0.69 per hari. Min kadar pertumbuhan seketika rotifer pada penggunaan sebanyak 7 g berat basah *Ulva* sp. yang paling tinggi dapat diperoleh iaitu 1.07 per hari berbanding min yang paling tinggi diperoleh menggunakan rawatan rumpai laut yang lain iaitu bagi *Gracilaria* sp. dan *Kappaphycus* sp. masing-masing adalah 0.75 dan 0.67 per hari. Oleh itu, min kadar

pertumbuhan seketika per hari rotifer bagi penggunaan rumpai laut *Ulva* sp. adalah lebih tinggi daripada nilai kadar pertumbuhan seketika maksimum bagi rotifer *B. plicatilis* bersaiz 150 hingga 200 µm, sementara itu, bagi rumpai laut yang lain, nilainya adalah lebih rendah. Namun dengan menggunakan rumpai laut pada kepadatan tertentu sebagai penapis semula jadi mungkin dapat menyumbang kepada kestabilan pengkulturan rotifer yang dijalankan secara intensif selain meningkatkan kadar pertumbuhan rotifer.

Ini menunjukkan apabila pengkulturan rotifer dilakukan menggunakan rumpai laut sebagai penapis biologi, *Ulva* sp. menjadi pilihan, tetapi oleh kerana *Ulva* sp. tidak dapat bertahan lama di dalam makmal dan kehadirannya dalam persekitaran semula jadi adalah bermusim, kajian lanjutan terhadap spesies *Ulva* sebagai penapis biologi perlu dijalankan. Keseluruhannya percubaan menunjukkan, pada kesemua spesies dan berat rumpai laut yang dipilih sebagai penapis biologi, min kadar pertumbuhan seketika per hari rotifer menunjukkan penurunan setelah mencapai nilai yang tertinggi (Rajah 2).

Pengkulturan rumpai laut *Kappaphycus* sp. dalam makmal pula mempunyai banyak masalah berbanding *Ulva* sp. dan *Gracilaria* sp., iaitu mengalami penyakit yang dikenali sebagai 'mata-mata' dan menyebabkan rumpai laut mudah mereput. Sementara itu, penghasilan oksigen oleh rumpai laut daripada proses fotosintesis tidak semestinya mempunyai kesan yang ketara terhadap kadar pertumbuhan rotifer, ada nilai kadar pertumbuhan seketika yang diperolehi daripada percubaan kawalan melebihi nilai pada penggunaan rumpai laut (Rajah 1(c)).

Pengkulturan rotifer pada kepadatan tinggi terdedah kepada ketidakstabilan kultur (Hagiwara et al. 2001). Tambahan lagi, *Ulva* sp. hidup dalam persekitaran luar yang bersaliniti tinggi iaitu 30 psu dan tidak sesuai berada pada saliniti rendah dalam tempoh yang panjang, namun *Gracilaria* sp. boleh bertahan pada saliniti rendah.

Ujian ANOVA Dua-hala kesan spesies dan berat rumpai laut terhadap kadar pertumbuhan seketika rotifer adalah tidak bererti. Ini menunjukkan tiada interaksi antara tiga spesies rumpai laut dan berat basah rumpai laut yang digunakan. Dengan itu penggunaan spesies rumpai laut dan berat basah rumpai laut yang berbeza, masing-masing memainkan peranan dalam kadar pertumbuhan seketika rotifer. Salah satu langkah bagi mendapatkan kestabilan kultur rotifer laut bagi penghasilan rotifer secara intensif, percubaan menunjukkan rumpai laut terutamanya *Ulva* sp. pada berat basah tertentu iaitu 7 g per 10 L air laut sangat sesuai digunakan sebagai agen penapis semula jadi pada air pengkulturan rotifer laut. Namun pendedahan rumpai laut tersebut kepada saliniti rendah iaitu sekitar saliniti 16 psu (tahap kemasinan yang disyorkan iaitu sesuai untuk proses kembang biak rotifer) perlu dikaji dengan lebih mendalam kerana rumpai laut seperti *Ulva* sp. hidup dalam persekitaran laut yang bersaliniti tinggi iaitu lebih kurang 30 psu dan kehadirannya dalam persekitaran liar adalah bermusim.

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Pn. Rashidah bt Mat Resat untuk perolehan mikroalga dan Hj. Ali bin Awang untuk perolehan rotifer. Ucapan penghargaan dan terima kasih juga kepada Tuan Che Utama Che Musa, mantan Ketua Pusat Pengeluaran dan Penyelidikan Perikanan (PPPBUK) kerana telah memberi ruang kepada penyelidik untuk menjalankan kajian ini di PPPBUK dan juga atas nasihat dan sokongan, begitu juga kepada En. Hussin Mat Ali, Pengarah, Akuakultur Marin, Institut Penyelidikan Perikanan (FRI Pulau Sayak), Jabatan Perikanan, Kg. Pulau Sayak Kedah dan Institut Penyelidikan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia serta Universiti Teknologi MARA. Terima kasih juga rakan-rakan penyelidik di FRI Kg. Pulau Sayak dan UiTM Perlis.

RUJUKAN

- Chen, T.P. 1976. *Aquaculture Practices in Taiwan*. Bros. (Norwith) Ltd.
- Chopin, T., Bushmann, A.H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., Kraemer, G.P., Zertuche-González, J.A., Yarish, C. & Neefus, C. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: A key toward sustainability. *Journal of Phycology* 37: 975-986.
- Enander, M. & Hasselström, M. 1994. An experimental wastewater treatment system for shrimp farm. *Infofish International* 4: 56-61.
- Endo, K. 1977. The culture of food organism for fish larvae. *Fish Culturist* 14: 86.
- Furukawa, K. & Hikada, K. 1973. Technical problems encountered in the mass culture of rotifer, using marine yeast as food organism. *Bulletin of Plankton Society of Japan* 20: 61-71.
- Gao, K. & McKinley, K.R. 1994. Use of macroalgae for marine biomass production and CO₂ remediation- a review. *Journal of Applied Phycology* 6: 45-60.
- Hagiwara, A., Gallardo, W.G., Assavaaree, M., Kotani, T. & de Araujo, A.B. 2001. Live food production in Japan: Recent progress and future aspects. *Aquaculture* 200: 117-127.
- Hino, A & Hirano, R. 1977. Ecological studies of bisexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. II. Effect of cumulative parthenogenetic generation on the frequency of bisexual reproduction. *Bulletin of the Japanese Scientific Fisheries* 43: 1147-1155.
- Hino, A. & Hirano, R. 1976. Ecological studies of bisexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. I. General aspects of bisexual inducing factors. *Bulletin of the Japanese Scientific Fisheries* 42: 1093-1099.
- Howerton, R. 2001. *Best Management Practices for Hawaiian Aquaculture*. Centre for tropical aquaculture. Pub. No. 148.
- Hurtado-Ponce, A.Q. 1995. Polyculture of *Gracilaria lemaneiformis* heteroclada and *Penaeus monodon* in brackishwater ponds. *15th Internal Seaweed Symposium*, Valdivia, Chile.
- Kaiser, M.J., Laing, I., Utting, S.D. & Burnell, G.M. 1998. Environmental impacts of bivalve mariculture. *Journal of Shellfish Research* 17: 59-66.
- Liao, I.C., Su, H.M. & Lin, J.H. 1993. Larva foods for penaeid prawns. *CRC Handbook of Mariculture*. 2th ed. volume I. Crustacean aquaculture.
- Lubzens, E., Tandler, A. & Minkoff, G. 1989. Rotifers as food in aquaculture. *Hydrobiologia* 186-187: 387-400.

- Lubzens, E., Fisher, R. & Berdugo-white, V. 1980. Induction of sexual reproduction and resting egg production in *Brachionus plicatilis* reared in sea water. *Hydrobiologia* 73: 55.
- Msuya, F.E., Kyewalyanga, M.S. & Salum, D. 2006. The performance of the seaweed *Ulva reticulata* as a biofilter in low-tech, low-cost, gravity generated water flow regime in Zanzibar, Tanzania. *Aquaculture* 254: 284-292.
- McVey, J.P., Stickney, R., Yarish, C. & Chopin, T. 2002. Aquatic polyculture and balanced ecosystem management: New paradigms for seafood production. Dlm *Responsible Marine Aquaculture*, disunting oleh Stickney, R. & McVey, J.P. Oxon, UK: CABI Publishing. pp. 91-104.
- Neori, A. 1996. The form of N-supply (ammonia and nitrat) determines the performance of seaweed biofilters integrated with intensive fish culture. *Israel Journal of Aquaculture Bamidgeh*. 48: 19-27.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Bushmann, A.H., Kraemer, G.P., Halling, C., Shigel, M. & Yarish, C. 2004. Integrated aquaculture: Rational evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361-391.
- Rawson Jr., M.V., Chen, C., Rubao, J., Zhu, M., Wang, D., Wang, C., Yarish, C., Sullivan, J.B. & Chopin, T. 2001. Understanding the interaction of extractive and fed aquaculture using ecosystem modeling. Dlm *Responsible Marine Aquaculture*, disunting oleh Stickney, R.R. & McVey, J.P. Oxon, UK: CABI Publishing. pp. 263-296.
- Touchette, B.W. & Burkholder, J.M. 2000. Overview of the physiological ecology of carbon metabolism in seagrasses. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 250: 169-205.
- Troell, M. & Norberg, J. 1998. Modelling output and retention of suspended solids in an intergrated salmon-mussel culture. *Ecological Modelling* 110: 65-77.
- Wajisbrot, N., Gasith, A., Krom, M.D. & Popper, D. 1991. Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels. *Aquaculture* 92: 277-288.
- Yu, J.P. & Hirayama, K. 1986. The effect of un-ionized ammonia on the population growth of the rotifer in mass culture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52: 1509-1513.
- A.A.R. Razak*
Jabatan Biologi, Universiti Teknologi MARA
Kampus Perlis
02600 Arau, Perlis Indera Kayangan
Malaysia
- C.C. Zaidi
Jabatan Sains Laut
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan
Malaysia
- J. Zainoddin
Institut Penyelidikan Perikanan (FRI)
Jabatan Perikanan Malaysia
81550 Gelah Patah, Johor Darul Takzim
Malaysia
- A.M. Majid
Bahagian Biologi, Pusat Asasi Sains
Universiti Malaya
50603 Kuala Lumpur
Malaysia
- T. Toda
Department of Environmental Engineering for Symbiosis
Soka University, Tokyo 192-8577
Japan
- B.H.R. Othman
Institut Oseanografi dan Sekitaran (INOS)
Universiti Malaysia Terengganu
21030 Kuala Terengganu, Terengganu Darul Iman
Malaysia
- *Pengarang untuk surat-menyurat; email: abdulrazak@perlis.uitm.edu.my
- Diserahkan: 6 Februari 2014
Diterima: 19 Januari 2015