

## KAJIAN KEMAMPUAN RUMPAI LAUT *ULVA INTESTINALIS* SEBAGAI PENAPIS AIR LAUT SEMULA JADI BAGI PENGKULTURAN SECARA INTENSIF ROTIFER *BRACHIONUS PLICATILIS*

Abdull Razak Abd Rahman<sup>a\*</sup>, Zaidi Che Cob<sup>b</sup>, Zainoddin Jamari<sup>c</sup>, Abdul Majid Mohamed<sup>d</sup>, Tatsuki Toda<sup>e</sup>, Othman Hj Ross<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Jabatan Biologi, Universiti Teknologi MARA, Kampus Perlis, 02600 Arau, Perlis, Malaysia

<sup>b</sup>Jabatan Sains Laut, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

<sup>c</sup>Institut Penyelidikan Perikanan (FRI), Jabatan Perikanan Malaysia, 81550 Gelah Patah, Johor, Malaysia

<sup>d</sup>Bahagian Biologi, Pusat Asasi Sains, Universiti Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia

<sup>e</sup>Department of Environmental Engineering for Symbiosis, Soka University, Tokyo 192-8577, Japan

<sup>f</sup>Institut Oseanografi dan Sekitaran (INOS), Universiti Malaysia Trengganu, 21030 Kuala Trengganu, Trengganu, Malaysia

### Article history

Received

24 December 2014

Received in revised form

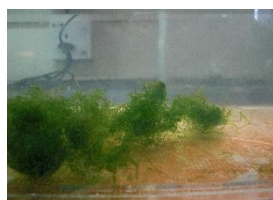
2 March 2015

Accepted

1 August 2015

\*Corresponding author  
abdullrazak@perlis.uitm.edu.my

### Graphical abstract



### Abstract

The ability of *Ulva intestinalis* as a biofilter in the intensive culture of rotifer *Brachionus plicatilis* was evaluated. 20 g wet weight of *U. intestinalis* was added into a 40 liters beaker containing 10 liters sea water of the cultured rotifer with quality index  $0.36 \pm 0.28$  mg/L of  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $0.069 \pm 0.025$  mg/L of  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $0.90 \pm 0.77$  mg/L of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $0.993 \pm 0.0058$  mg/L of  $\text{PO}_4^{3-}$  and the alkalinity reading  $114 \pm 0.1$  mg/L, pH  $7.23 \pm 0.08$ , temperature  $26.3 \pm 0.1^\circ\text{C}$  and salinity was  $30 \pm 0.1$  psu. The result of the following day of treatment with *U. intestinalis*, the water quality index changed to  $0.001$  mg/L of  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $0.090 \pm 0.014$  mg/L of  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $0.70 \pm 0.60$  mg/L of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $0.89 \pm 0.03$  mg/L of  $\text{PO}_4^{3-}$  while the alkalinity was  $114 \pm 0.1$  mg/L, pH  $7.45 \pm 0.05$ , temperature  $26.0 \pm 0.10^\circ\text{C}$  and the salinity was  $30.0 \pm 0.1$  psu. The biofiltration capacity of *U. intestinalis* was confirmed by significantly reduced concentration of the  $\text{NH}_3\text{-N}$  and 10% of  $\text{PO}_4^{3-}$  compared to control only 2% over one day treatment. However from day two onwards the readings were conflicting from the first day readings. These findings were probably because *U. intestinalis* live in intertidal zone and flushing area therefore the use of *U. intestinalis* as a biofilter by continuous immersion in cultured water is unnatural. Therefore using *U. intestinalis* as a biofilter should be used not more than 24 hours.

Keywords: Seaweed, *Ulva intestinalis*, biofilter, *Brachionus plicatilis*, intensive culture

## Abstrak

Kajian telah dilakukan bagi menilai kemampuan *Ulva intestinalis* memurnikan semula kualiti air laut dalam pengkulturan secara intensif rotifer *Brachionus plicatilis*. Percubaan dilakukan dengan merendamkan sebanyak 20 g berat basah *U. intestinalis* ke dalam bekas 40 liter berisipadu air laut 10 liter yang terdahulunya bersama rotifer. Bacaan permulaan indeks kualiti air laut tersebut adalah  $0.36 \pm 0.28$  mg/L bagi  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $0.069 \pm 0.025$  mg/L bagi  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $0.90 \pm 0.77$  mg/L bagi  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $0.993 \pm 0.0058$  mg/L bagi  $\text{PO}_4^{3-}$  serta bacaan alkaliniti  $114 \pm 0.1$  mg/L, pH  $7.23 \pm 0.08$ , suhu  $26.3 \pm 0.1^\circ\text{C}$  dan saliniti  $30 \pm 0.1$  psu. Selepas sehari dirawat dengan rumpai laut *U. intestinalis*, indeks bacaan kualiti air tersebut berubah kepada 0.001 mg/L bagi  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $0.090 \pm 0.014$  mg/L bagi  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $0.70 \pm 0.60$  mg/L bagi  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $0.89 \pm 0.03$  mg/L bagi  $\text{PO}_4^{3-}$  serta alkaliniti adalah  $114 \pm 0.1$  mg/l, pH  $7.45 \pm 0.05$ , suhu  $26.0 \pm 0.10^\circ\text{C}$  dan saliniti  $30.0 \pm 0.1$  psu. Keputusan menunjukkan penurunan kandungan kepekatan  $\text{NH}_3\text{-N}$  perbezaan yang bererti dan 10%  $\text{PO}_4^{3-}$  berbanding 2% bagi kawalan diantara permulaan rawatan dilakukan dengan selepas sehari rawatan diberikan. Namun pada hari kedua dan berikutnya, keputusan bacaan indeks kualiti air bagi  $\text{NH}_3\text{-N}$  yang diperolehi tidak konsisten berbanding dengan keputusan pada hari pertama, iaitu berlaku kenaikan. Keadaan ini dipercayai disebabkan oleh *U. intestinalis* hanya mengawal dan berfungsi dengan berkesan sebagai agen penapis semulajadi sekiranya persekitaran adalah sesuai. Dengan merendamkan *U. intestinalis* secara berterusan dalam air pengkulturan, keadaannya adalah tidak seperti di persekitaran semulajadi. Oleh itu perawatan air kultur rotifer dengan rumpai laut hendaklah dalam dalam tempoh kurang dari 24 jam.

*Kata kunci:* Rumpai laut, *Ulva intestinalis*, penapis semula jadi, *Brachionus plicatilis*, kultur intensif

© 2015 Penerbit UTM Press. All rights reserved

## 1.0 PENGENALAN

Kajian terdahulu telah menunjukkan penggunaan rumpai laut dalam sistem akuakultur sangat berkesan untuk mengurangkan kehadiran nutrien hasil daripada buangan akuakultur tersebut. Rumpai laut bertindak sebagai penapis semula jadi terhadap bahan kumuh dan pada masa yang memberikan keuntungan sekiranya spesies rumpai laut yang mempunyai nilai ekonomi digunakan. Secara fisiologinya, rumpai laut dilihat sebagai pengambil nutrien yang sangat banyak umpama span mengambil air [1].

Peranan utama dalam penapisan semula jadi pada sistem akuakultur ialah perlakuan dengan pengambilan balik dan penukaran bahan metabolik yang bersifat toksik dan cemar. Penapisan semula jadi dengan bakteria mengoksidakan ammonia kepada bahan kurang toksik seperti nitrat yang sama memberikan kesan pencemaran kerana ianya tidak menyingkirkan nitrat [2], sementara mikroalga pula melakukan fotosintesis dengan menukarkan nutrien tak organik yang larut kepada 'partikel pek nutrien' dan ianya tetap terapung dalam air [3, 4]. Namun, bagi rumpai laut pula, potensinya ada kelainan, ianya mengeluarkan nutrien dari badan air. Effluen yang keluar dari penapisan dengan rumpai laut adalah bersih dan kaya dengan oksigen dan dengan itu boleh di kitar balik ke kultur pemeliharaan [5].

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 dari sistem perkumuhan rotifer sendiri. Kehadiran

ammonia dalam pengkulturan rotifer akan memberikan masalah yang signifikan iaitu toksisiti ammonia disebabkan terutamanya oleh ammonia tak terion ( $\text{NH}_3$ ) di mana tidak dalam bentuk terion ( $\text{NH}_4^+$ ). 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 ammonia tak terion bagi keseluruhan ammonia. Dengan itu pH air pengkulturan hendaklah berada pada paras kehadiran ammonia bentuk terion ( $\text{NH}_4^+$ ), iaitu pH 6 hingga 9 [6, 7]. Menurut Yu dan Hirayama pula, walaupun pada tahap optimum bagi suhu, saliniti dan penggunaan diet, pengkulturan rotifer boleh lenyap secara tiba-tiba dengan berlakunya peningkatan ammonia tak terion [8].

Berdasarkan kajian terdahulu [9], *Ulva* sp. berupaya bertindak sebagai penapis semula jadi, maka kajian ini adalah untuk menilai potensi *Ulva intestinalis* sebagai agen penapis semulajadi terhadap nutrien  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , dan  $\text{PO}_4^{3-}$  pada kandungan air laut dalam pengkulturan intensif rotifer *Brachionus plicatilis*.

## 2.0 BAHAN DAN KAEDAH

Rumpai laut *U. intestinalis* diambil dari kawasan pantai Batu Uban, Pulau Pinang (melekat pada pelampung jети nelayan) di mana ianya hidup di zon pasang surut dan terdedah kepada persekitaran basah, kering dan percikan air laut. Kemudiannya dibawa ke makmal dan dibersihkan daripada lain-lain organism seperti

epifit. Rumpai laut *U. intestinalis* diaklimatiskan selama 3 hari dalam air laut yang mengalir pada tahap kemasinan  $30 \pm 2$  psu berkadungan  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , dan  $\text{PO}_4^{3-}$  yang masing-masingnya adalah 0.07, 0.004, 0.3 dan 0.16 mg/L yang sumbernya dari pantai Kg. Pulau Sayak, Kedah. Air laut tersebut adalah dari tangki takungan dan telah melalui proses penapisan dengan penapis berpasir. Rumpai laut tersebut didedahkan kepada cahaya dengan fotokalaan cahaya matahari. Dari stok ini, rumpai laut dipilih untuk kajian. Kajian dilakukan di makmal Institut Penyelidikan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia, Pulau Sayak, Kota Kuala Muda, Kedah.

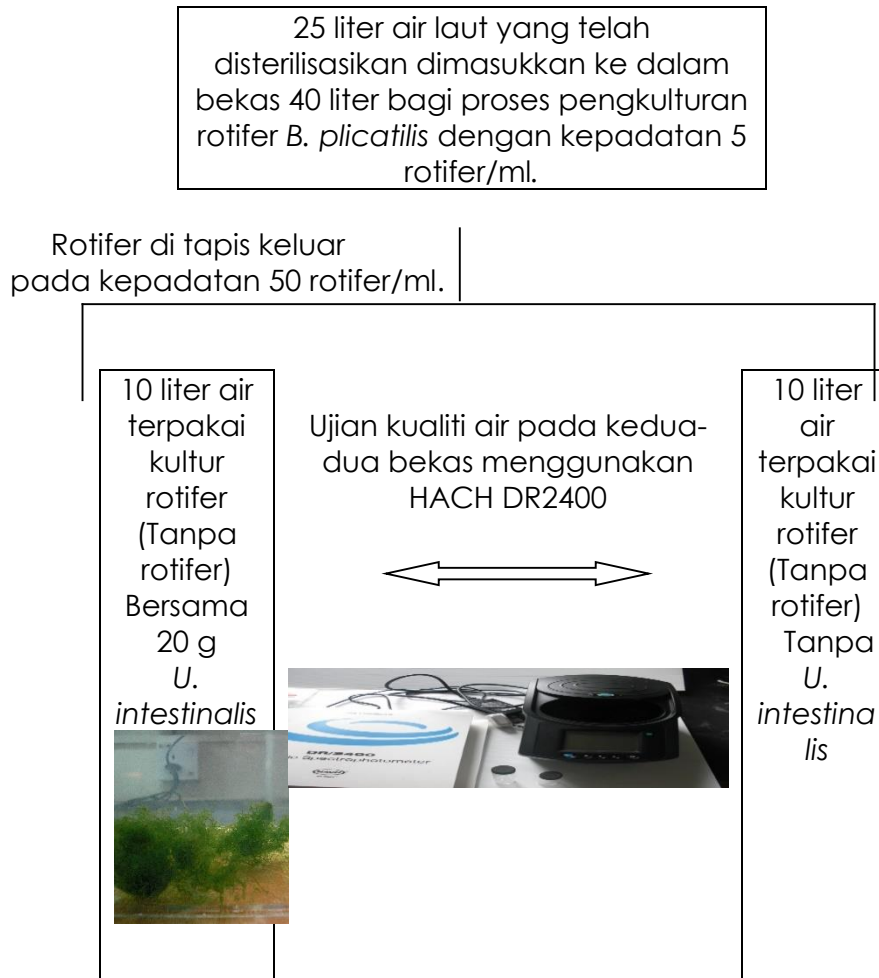
Salah satu cara untuk membuat jangkaan pengambilan nutrien oleh makroalga adalah dengan mengukur penurunan kepekatan bagi sekatan nutrien (limiting nutrient) dalam media pengkulturan [10, 11]. Penilaian kemampuan rawatan air oleh makroalga *U. intestinalis* diukur dengan mengukur kehilangan kandungan kepekatan nutrien  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan bagi  $\text{PO}_4^{3-}$  daripada air pengkulturan rotifer. Oleh itu, indeks kandungan kepekatan  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan bagi  $\text{PO}_4^{3-}$  diukur daripada permulaan percubaan dilakukan bagi air pengkulturan rotifer yang bersama makroalga *U. intestinalis* dan juga air pengkulturan rotifer yang tiada makroalga *U. intestinalis* iaitu sebagai kawalan. Indeks kualiti air dicerap dengan menggunakan bahan reagen bagi ujian kandungan  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan bagi  $\text{PO}_4^{3-}$  iaitu masing-masingnya powder pillow ammonia salicylate method (range 0.01-0.50 mg/L), powder pillow diazotification method (low range: 0.002-0.300 mg/L), powder pillow cadmium reduction method (low range: 0.01-0.50 mg/L) dan powder pillow ascorbic acid method (range: 0.02-2.50 mg/L) dengan bantuan spektrophotometer HACH DR2400 untuk 4 hari berikutnya bersesuaian dengan fasa log dalam pengkulturan rotifer dan tempoh penuaian rotifer. Replikasi dilakukan terhadap bacaan indeks kualiti air laut tersebut.

Sebanyak 25 liter air laut yang telah disterilisasikan dimasukkan ke dalam bekas lut cahaya berisipadu 40 liter bagi proses pengkulturan rotifer secara intensif. Bacaan indeks kualitinya air laut tersebut adalah 0.0 mg/L bagi  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ , dan  $\text{NO}_3\text{-N}$  sementara 0.03 mg/L bagi  $\text{PO}_4^{3-}$  serta bacaan alkaliniti 135 mg/l, pH 8.17, suhu 24.5 °C bersaliniti 30 psu. Kemudian rotifer dimasukkan ke dalam air tersebut pada kepadatan 5 ekor per ml. Rotifer diberikan makanan terdiri daripada mikroalga *Nannochloropsis* sp. pada kepadatan  $10\text{-}20 \times 10^6$  sel per ml. Suhu pengkulturan adalah pada suhu bilik iaitu  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Bekas ternakan didedahkan kepada keamatan cahaya lampu fluoresens 150 lux pada jarak 40 cm. Penggunaan keamatan cahaya yang rendah adalah bagi meminimalkan perkembangan makanan yang terdiri daripada mikroalga. Peningkatan kepadatan rotifer berlaku dalam masa lingkungan 4 hari. Setelah kepadatan rotifer dalam akuarium mencapai 50 ekor per ml, rotifer ditapis keluar. Indeks kualiti air pengkulturan tadi di ukur dan telah berubah kepada  $0.36 \pm 0.28$  mg/L bagi  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $0.069 \pm 0.025$  mg/L bagi  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $0.90 \pm 0.77$  mg/L bagi  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $0.993 \pm$

$0.0058$  bagi  $\text{PO}_4^{3-}$  serta bacaan alkaliniti  $114 \pm 0.1$  mg/l, pH  $7.23 \pm 0.08$ ,  $26.3 \pm 0.1^\circ\text{C}$  suhu dan saliniti  $30 \pm 0.1$  psu. Percubaan dijalankan dengan membahagikan air laut tersebut kepada dua bahagian dengan dimasukkan ke dalam bekas ujian berbentuk segi empat yang lut cahaya berkapasiti 40 liter dengan setiap satunya sebanyak 10 liter. Masa percubaan bagi ujian rawatan dan kawalan dikira bermula apabila salah satu bekas ujian di masukkan rumpai laut *U. intestinalis* sebanyak 20 g berat basah dengan cara rendaman pada dasar bekas ujian dan bekas yang satu lagi tanpa rumpai laut iaitu bertindak sebagai ujian kawalan (Rajah 1). 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 per liter (stocking density). Pencahayaan yang sama diberikan kepada kedua-dua bekas tersebut dengan fotokalaan cahaya matahari. Pengukuran kandungan kepekatan  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  sehingga hari keempat percubaan dilakukan dengan cara mengambil sampel air dari kedua-dua bekas ujian tersebut pada setiap pagi dan terus segera dianalisa. Replikasi sebanyak dua kali dilakukan terhadap ujian rawatan air pengkulturan rotifer oleh *U. Intestinalis* dan ujian kawalan.

## 2.1 Ujian Statistik

Pada percubaan ini perubahan kualiti air pemeliharaan rotifer pada bekas ujian yang mengandungi rumpai laut dan juga bekas tanpa rumpai laut (kawalan) di cerap dari hari pertama sehingga hari keempat. Data cerapan kualiti air bagi tempoh tersebut digunakan untuk membandingkan min di antara tempoh masa (hari) perlakuan. Pakej IBM SPSS statistics 20.0 digunakan bagi ujian statistik. Analisa ANOVA digunakan untuk memeriksa kesan perlakuan terhadap parameter yang diukur. Data yang diguna telah menjalani proses ujian untuk normaliti dan homogeneiti bagi 'variance'. Sekiranya perlu, data dilakukan transformasi untuk memenuhi andaian bagi ujian statistik parametrik. Analisa selanjutnya dengan ujian Fisher LSD.



**Rajah 1** Carta alir kajian potensi rumpai laut *U. intestinalis* sebagai agen penapis semula jadi

### 3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Rawatan air pengkulturan rotifer menggunakan rumpai laut *U. ntestinalis* menunjukkan penurunan kepekatan yang signifikan bagi kandungan  $\text{NH}_3\text{-N}$  (Kruskal-Wallis,  $p < 0.05$ ; Jadual 1). Perbezaan yang signifikan kandungan  $\text{NH}_3\text{-N}$  ditunjukkan di antara hari mula rawatan dengan selepas sehari rawatan diberikan (Mann-Whitney,  $p < 0.05$ ) berbanding percubaan kawalan menunjukkan perbezaan yang tidak signifikan (Mann-Whitney,  $p > 0.05$ ; Jadual 2). Data menunjukkan *U. intestinalis* berupaya menyerap  $\text{NH}_3\text{-N}$  (bersifat toksik kepada haiwan akuatik) sebanyak 100% daripada air yang telah digunakan

dalam pengkulturan rotifer berbanding kawalan iaitu yang tiada *U. intestinalis*, masih mempunyai kandungan  $\text{NH}_3\text{-N}$  sebanyak 18% (Rajah 2a). Pederson melaporkan, alga hijau *Ulva lactuca* menyerap ammonium sehingga  $120\text{-}160 \mu\text{mol N g}^{-1} \text{ DW h}^{-1}$  dalam masa 30 minit permulaan [12]. Dy dan Yap pula melaporkan, penyerapan ammonium yang tinggi oleh rumpai laut *Kappaphycus alvarezii* (Doty) berlaku dalam satu jam pertama percubaan dilakukan [13]. Mengikut Neori et al. rumpai laut menyingkirkan kebanyakan ammonia yang dikeluarkan daripada penternakan ikan dan mengoksigenkan air tersebut [14].

**Jadual 1** Ujian Kruskal Wallis kandungan  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  mg/L dan ANOVA bagi pH pada 10 liter air laut yang telah digunakan dalam pengkulturan rotifer

K-Wallis	$\chi^2$	df	p	
			Rawatan	Kawalan
Perlakuan				
$\text{NH}_3\text{-N}$	a	b	0.047*	0.016*
$\text{NO}_2\text{-N}$	a	b	0.019*	0.012*
$\text{NO}_3\text{-N}$	a	b	0.753 <sup>ts</sup>	0.025*
$\text{PO}_4^{3-}$	a	b	0.026*	0.045*
<b>ANOVA sehala</b>		<b>df</b>	<b>p</b>	
pH		4, 10	0.24 <sup>ts</sup>	

a Nilai Chi-square  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  mg/L masing-masingnya rawatan dan kawalan adalah 9.6, 12.1; 11.8, 12.8; 1.2, 9.4; dan 11.017, 9.726.

b Darjah kebebasan  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  mg/L masing-masingnya rawatan dan kawalan adalah 4, 4; 4, 4; 3, 3; dan 4, 4.

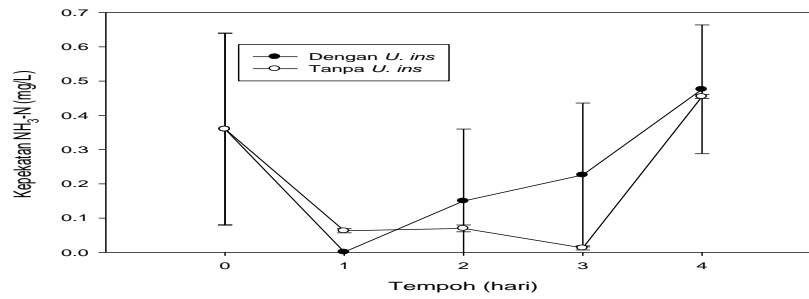
\* =  $P < 0.05$ ; <sup>ts</sup> = Tidak signifikan

**Jadual 2** Keputusan perbandingan menggunakan ujian Mann-Whitney U bagi paras  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  mg/L yang di beri rawatan dan kawalan

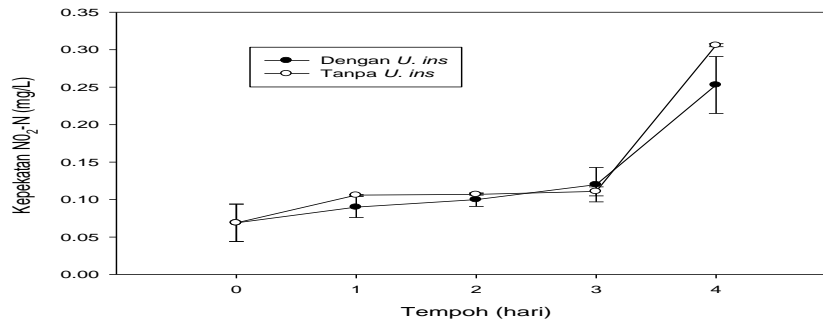
Hari	P							
	Rawatan				Kawalan			
	$\text{NH}_3$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{NH}_3$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$
0 – 1	<b>0.017*</b>	0.523 <sup>ts</sup>	<sup>ts</sup>	0.131 <sup>ts</sup>	0.090 <sup>ts</sup>	0.313 <sup>ts</sup>	0.133 <sup>ts</sup>	0.853 <sup>ts</sup>
0 – 2	0.272 <sup>ts</sup>	0.144 <sup>ts</sup>	<sup>ts</sup>	0.061 <sup>ts</sup>	0.436 <sup>ts</sup>	0.119 <sup>ts</sup>	0.149 <sup>ts</sup>	0.079 <sup>ts</sup>
1 – 2	0.200 <sup>ts</sup>	0.411 <sup>ts</sup>	<sup>ts</sup>	0.714 <sup>ts</sup>	0.360 <sup>ts</sup>	0.582 <sup>ts</sup>	0.954 <sup>ts</sup>	0.052 <sup>ts</sup>

<sup>ts</sup> = Tidak signifikan

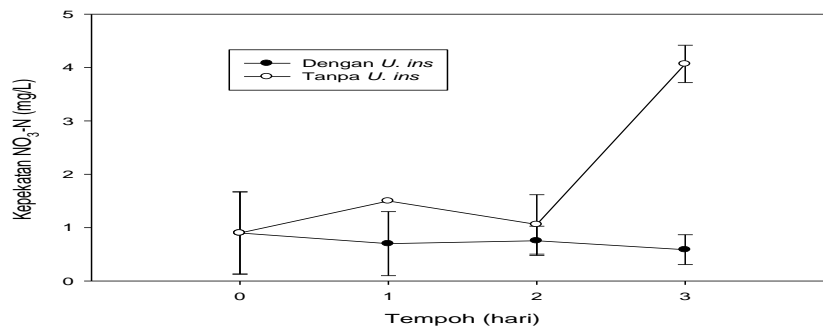
(a)



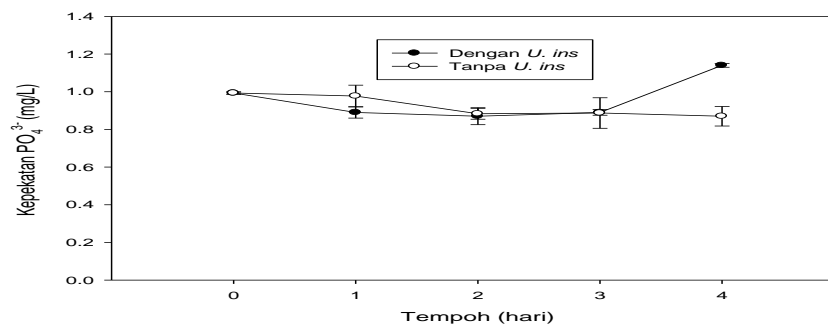
(b)



(c)



(d)



**Rajah 2** Perubahan kandungan bagi  $\text{NH}_3\text{-N}$  (a) ,  $\text{NO}_2\text{-N}$  (b) ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  (c) , dan  $\text{PO}_4^{3-}$  (d)

Sebanyak 82%  $\text{NH}_3\text{-N}$  yang telah lenyap dari kawalan mungkin telah ditukarkan oleh bakteria kepada nitrit kerana data menunjukkan ada

peningkatan kandungan  $\text{NO}_2\text{-N}$  pada bekas percubaan tanpa *U. intestinalis* iaitu sebanyak 54%, sementara bagi bekas yang mempunyai *U.*

*intestinalis*, peningkatan  $\text{NO}_2^-$ -N, lebih rendah iaitu hanya 30% (Rajah 2b). Nitrit pada kebiasaannya tidak memberi masalah kepada kandungan air kerana sekiranya ada oksigen yang mencukupi dalam air nitrit dioksidakan dan ditukar kepada nitrat. Kehilangan yang cepat kandungan  $\text{NH}_3$ -N air pengkulturan dalam sehari ini adalah selari dengan laporan terdahulu yang menyatakan rumpai laut dilihat sebagai pengambil nutrien yang sangat banyak umpama span mengambil air [1]. Vandermeulen dan Gordin pula menyatakan, ammonium yang hilang semasa penambahan nutrien di waktu malam adalah akibat pengambilan oleh rumpai laut *Ulva* dan bukan disebabkan oleh mikroorganisma atau kehilangan secara fizikal dari tangki. Mengikut Vandermeulen dan Gordin, *Ulva* dapat menyingkirkan sehingga 85% kandungan ammonium dari air kolam pemeliharaan ikan [15]. Menurut Troell et al. pengkulturan rumpai laut *Gracilaria* bersama dengan ikan salmon dalam satu tangki dapat menyingkirkan 50% ammonium terlarut yang dikeluarkan daripada ikan pada musim sejuk dan meningkat kepada 90 hingga 95% pada musim bunga [16]. Oleh itu dengan berlakunya penyingkiran ion ammonium, pembentukan nitrat juga akan turut berkurang, tambahan lagi nitrat dapat diambil oleh tumbuhan sebagai nutriennya (Rajah 3c). D'Elia dan DeBoer pula melaporkan, ammonium selalunya yang dipilih sebagai punca nitrogen oleh rumpai laut. Ammonium menjadi pilihan berbanding nitrat pada *Neogardhiella* dan *Gracilaria* yang telah di pra kondisi dengan nitrat sebagai satu-satunya punca nitrogen [17]. Menurut Lobban dan Harrison pula, umumnya  $\text{NH}_4^+$ -N dikatakan lebih baik dari  $\text{NO}_3^-$ -N untuk tumbesaran kebanyakan rumpai laut kerana  $\text{NH}_4^+$  boleh bergabung terus dengan asid amino, manakala  $\text{NO}_3^-$  mesti direduksikan sebelum digunakan [18].

Bagi kandungan  $\text{NO}_2^-$ -N,  $\text{NO}_3^-$ -N, dan  $\text{PO}_4^{3-}$  air pengkulturan, walaupun ujian statistik menunjukkan perbezaan yang signifikan untuk tempoh empat hari percubaan dijalankan bagi rawatan terhadap  $\text{NO}_2^-$ -N dan  $\text{PO}_4^{3-}$ , begitu juga terhadap percubaan kawalannya, juga percubaan kawalan bagi  $\text{NO}_3^-$ -N (Kruskal-Wallis,  $p < 0.05$ ; Jadual 1), namun secara terperinci setelah dua hari percubaan dilakukan tiada perbezaan signifikan berbanding kandungan hari mula percubaan dilakukan (Mann-Whitney,  $p > 0.05$ ; Jadual 2). Ujian kandungan nitrat pula, menunjukkan ada penurunan kandungan  $\text{NO}_3^-$ -N pada air pengkulturan yang mempunyai *U. intestinalis* selepas sehari iaitu sebanyak 22% berbanding dengan kawalan berlaku peningkatan kandungan  $\text{NO}_3^-$ -N sebanyak 67% (Rajah 2c). Sementara itu, kandungan fosfat bagi bekas yang mempunyai *U. intestinalis* berkurangan sebanyak 10% berbanding kawalan berlaku sedikit pengurangan sebanyak 2% (Rajah 2d). Mengikut Chan et al., *Sel Enteromorpha linza* menunjukkan pengambilan terhadap  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{NH}_3$ -N dan  $\text{NO}_3^-$ -N secara berkesan dalam kesemua media yang diuji [20].

Selepas dua hari rawatan dilakukan, kandungan amonia-nitrogen menunjukkan peningkatan melebihi air kultur tanpa rawatan sehingga hari keempat (Rajah 2a). Keputusan yang berlawanan pada hari pertama di mana pada hari kedua ada kehadiran nutrien tersebut sebanyak  $0.15 \pm 0.21$  mg/L berbanding pada kawalan sebanyak  $0.07 \pm 0.01$  mg/L. Ini menunjukkan ada aktiviti organism pada ke dua-dua bekas tersebut yang menyumbang kepada pembebasan  $\text{NH}_3$ -N. Bagi rawatan, faktor keberadaan *U. intestinalis* dalam bekas ujian secara berterusan iaitu tidak seperti pada persekitaran semula jadinya di mana ianya hidup pada zon pasang surut dan percikan air laut.

Data selepas hari ketiga iaitu pada kebiasaannya penuaian rotifer dilakukan menunjukkan keputusan menunjukkan peningkatan terus berlaku bagi kandungan  $\text{NH}_3$ -N bagi rawatan, sementara kawalan semakin menurun. Begitu juga kandungan  $\text{NO}_2^-$ -N dan  $\text{PO}_4^{3-}$  meningkat daripada hari sebelumnya. Sementara itu, kandungan nitrat bagi rawatan berkurangan berbanding bacaan sebelumnya. Bagi kawalan, bacaan kandungan nitrat adalah lebih tinggi dari hari sebelumnya iaitu peningkatan sebanyak melebihi dari 100%. Ini menunjukkan berlaku aktiviti bakteria penitrat yang hebat dalam percubaan kawalan.

Kandungan nitrit-nitrogen pada air kultur yang dirawat menunjukkan, selepas dua hari kandungannya meningkat melebihi kandungan air kultur tanpa rawatan dan pada hari keempat kandungannya lebih rendah berbanding air kultur tanpa rawatan (Rajah 2b). Air kultur yang di rawat menunjukkan kandungan nitrat-nitrogen pula berada di bawah pada paras yang lebih rendah dari air kultur tanpa rawatan, seakan kandungannya stabil dari hari mula percubaan sehingga selepas tiga hari rawatan diberikan. (Rajah 2c). Kandungan nitrit-nitrogen pada air kawalan masih melebihi air rawatan, sementara nitrat-nitrogen pula bagi rawatan berlaku sedikit peningkatan iaitu sebanyak 8% dan bagi yang kawalan penurunan 29%.

Sementara itu, kandungan fosfat selepas hari pertama sehingga kedua menunjukkan penurunan bagi kedua-dua rawatan dan kawalan iaitu masing-masingnya menurun 2 dan 9%, namun bagi kawalan, kandungannya masih melebihi pada air rawatan dan juga berada pada paras yang rendah dari hari mula, namun air rawatan kemudiannya menunjukkan sedikit peningkatan sehingga pada hari keempat (Rajah 2d).

Data pada hari ke empat, dapat digunakan untuk menyokong data pada hari ketiga, di mana kesemua kandungan  $\text{NH}_3$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N dan  $\text{PO}_4^{3-}$  bagi rawatan atau tidak iaitu kawalan menunjukkan peningkatan kandungan  $\text{NH}_3$ -N,  $\text{NO}_2^-$ -N dan  $\text{PO}_4^{3-}$ , kecuali kandungan  $\text{PO}_4^{3-}$  untuk bekas kawalan sahaja, bacaannya menurun sedikit.

Proses pereputan telah berlaku kepada *U. intestinalis* yang berada secara berterusan dalam air laut percubaan kerana berat basah *U. intestinalis* semakin berkurangan, di mana bahan yang telah mati boleh



membebaskan ammonia melalui proses ammonifikasi. Menurut Largo *et al.* pula, keadaan persekitaran yang berlawanan dari kebiasaan seperti keamatan cahaya yang rendah, perubahan suhu dan saliniti akibat dari perubahan iklim boleh menyebabkan berlaku tekanan kepada rumpai laut yang akan menyebabkan sistem imunitinya menjadi lemah kepada bakteria yang merbahaya. Hasilnya, rumpai laut akan membebaskan musilaj yang akan menyebabkan talus rumpai laut akan kehilangan pigmen dan menjadi putih [20].

Oleh kerana rumpai laut mempunyai keupayaan yang tinggi untuk melakukan penyerapan dan metabolisma terhadap bahan kumuh yang dikeluarkan oleh haiwan marin yang kaya dengan kompoun N dan P, serta kemungkinan ianya boleh bertumbuh, cadangan telah dikemukakan untuk mengabungkan rumpai laut dalam sistem pengkulturan bercampur dengan vertebrat dan invertebrat [5, 21].

Pada keseluruhannya bacaan bagi alkaliniti, suhu, saliniti dan pH adalah stabil sepanjang kajian (Jadual 1 dan 3).

**Jadual 3** Bacaan alkaliniti, suhu dan saliniti pada 10 liter air laut yang sudah digunakan untuk pengkulturan rotifer (pada kepadatan 50 rotifer/ml) yang kemudiannya dimasukkan rumpai laut *U. intestinalis*

Kualiti	Alkaliniti (mg/L)		°C		Saliniti ppt (%)	
	Rawatan	Kawalan	Rawatan	Kawalan	Rawatan	Kawalan
Hari mula	114 ± 0.1		26.3 ± 0.10		30 ± 0.1	
Perlakuan	Rawatan	Kawalan	Rawatan	Kawalan	Rawatan	Kawalan
Sehari	144 ± 0.1	138 ± 0.1	26 ± 0.10	26 ± 0.10	30 ± 0.10	30 ± 0.10
Dua hari	132 ± 0.1	135 ± 0.1	27 ± 0.10	27 ± 0.10	30 ± 0.10	30 ± 0.10
Tiga hari	141 ± 0.1	135 ± 0.1	26 ± 0.10	26 ± 0.10	30 ± 0.10	30 ± 0.10
Empat hari	147 ± 0.1	135 ± 0.1	28.6 ± 0.10	28.6 ± 0.10	30 ± 0.10	30 ± 0.10

#### 4.0 KESIMPULAN

Pada kesimpulannya rumpai laut *U. intestinalis* berpotensi untuk digunakan sebagai penapis semula jadi. Penggunaannya dalam proses pengkulturan rotifer memberikan kesan yang amat ketara terhadap pengurangan kandungan kepekatan nutrien NH<sub>3</sub>-N (bersifat toksik kepada haiwan akuatik dalam keadaan tak terion) pada air pengkulturan rotifer dalam masa sehari sahaja rawatan dijalankan. Rumpai laut tersebut juga menunjukkan kesan pengurangan terhadap nutrien PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Oleh itu rumpai laut *U. intestinalis* berkebolehan untuk mengstabilkan air pengkulturan rotifer. Ini dapat menjamin kepada penghasilan rotifer yang tinggi sebagai makanan larva ikan. Namun kajian terhadap cara penggunaannya sebagai penapis semula jadi hendaklah dilakukan dengan teliti terlebih dahulu agar pemakaiannya sebagai agen penapis semula jadi memberikan keuntungan kepada proses penghasilan kultur rotifer secara axenik yang menggunakan air laut bersih yang telah yang disterilisasikan dan mempunyai beberapa kaedah pengkulturan iaitu sistem ternakan berturutan (batch-culture system), sistem ternakan separa-sambungan (semi-continuous culture system) dan sistem ternakan berterusan (continuous culture system).

#### Penghargaan

Terima kasih kepada Pn. Rashidah bt Mat Resat bagi perolehan mikroalga dan Hj. Ali bin Awang bagi 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 penyelidikan ini di PPPBUK dan juga di atas nasihat dan sokongan, begitu juga kepada En. Hussin Mat Ali, mantan Pengarah, Akuakultur Marin, Institut Penyelidikan Perikanan (FRI Pulau Sayak), Jabatan Perikanan, Kg. Pulau Sayak Kedah, dan Institut Penyelidikan Perikanan, Jabatan Perikanan Malaysia dan Universiti Teknologi MARA. Terima kasih juga rakan-rakan penyeli dik di FRI Kg. Pulau Sayak dan UiTM Perlis.

#### Rujukan

- [1] 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 Systeme, S: A Key Toward Sustainability. *J. Phycol.* 37: 975-986.
- [2] Touchette, B. W. & Burkholder, J. M. 2000. Overview of the Physiological Ecology of Carbon Metabolism in Seagrasses. *J. Exp. Mar. Biol.* 250: 169-205.
- [3] Kaiser, M. J., Laing, I., Utting, S. D. & Burnell, G. M. 1998. Environmental Impacts of Bivalve Mariculture. *J. Shellfish Res.* 17: 59-66.
- [4] Troell, M. & Norberg, J. 1998. Modelling Output and Retention of Suspended Solids in an Intergrated Salmon-Mussel Culture. *Ecol. Model.* 110: 65-77.
- [5] Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G. P., Halling, C., Shpigel, M & Yarish, C. 2004. Intergrated Aquaculture: Rational Evolution and State of the Art Emphasizing Seaweed Biofiltration in Modern Mariculture. *Aquaculture.* 231: 361-391
- [6] Howerton, R. 2001. *Best Management Practices for Hawaiian Aquaculture.* Centre For Tropical Aquaculture. Pub. No. 148.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Razak, A. A. R., Zaidi, C. C., Zainoddin, J., Majid, A. M., Toda, T. & Othman, B. H. R. 2014. Kesan Penggunaan Rumpai Laut Sebagai Agen Penapis Semulajadi dalam Pengkulturan Rotifer *Brachionus Plicatilis*. *Sains Malaysiana*. Dlm Proses Penerbitan.
- [10] Harlin, M. M. & Wheeler, P. A. 1985. *Nutrient uptake*. In: Littler, M., Littler, D. S. (Eds.). *Ecological Field Methods: Macroalgae*. Phycological Handbook, vol IV, Cambridge Univ. Press, NY: 493-508.
- [11] Harrison, P. J., Parslow, J. S. & Conway, H. L. 1989. Determination of Nutrient Uptake Kinetic Parameters: A Comparison of Methods. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 52: 301-312.
- [12] Pedersen, M. F. 1994. Transient Ammonium Uptake in the Macroalga *Ulva Lactuca* (Chlorophyta): Nature, Regulation, and Consequences for Choice of Measuring Technique. *J. Phycol.* 30: 980-986
- [13] Dy, D. T. & Yap, H. T. 2001. Surge Ammonium Uptake of the Cultured Seaweed, *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty (Rhodophyta: Gigartinales). *Jour. Of Experimental Mar. Biology and Ecology*. 265: 89-100.
- [14] Neori, A., Krom, M. D., Ellner, S. P., Byod, C. E., Popper, D., Rabinovith, R., Davison, P. J., Dvir, O., Zuber, D., Ucko, M., Angel, D. & Gordin, H. 1996. Seaweed Biofilters as Regulators of Water Quality in Intergrated Fish-seaweed Culture Units. *Aquaculture*. 141: 183-199.
- [15] Vandermeulan, H. & Gordin, H. 1990. Ammonium Uptake Using *Ulva* (Chlorophyta) in Intensive Fishpond Systems: Mass Culture and Treatment of Effluent. *Jour. of App. Phycology*. 2: 363-374.
- [16] Troell, M., Halling, C., Nilsson, A., Buschmann, A. H. Kautsky, N. & Kautsky, L. 1997. Intergrated Marine Cultivation of *Gracilaria Chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and Salmon Cages for Reduced Environmental Impact and Increased Economic Output. *Aquaculture*. 156: 45-61.
- [17] D'Elia, C. F. & DeBoer, J. A. 1978. Nutritional Studies of Two Red Algae: II. Kinetics of Ammonium and Nitrate Uptake. *J. Phycol.* 14: 266-272.
- [18] Lobban, C. S. & Harrison, P. J. 1997. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, Cambridge, NJ.
- [19] Chan, K-yu., Wong, P. K. & Ng, S. L. 1982. Growth of *Enteromorpha linza* in Sewage Effluent and Sewage Effluent-Seawater Mixtures. *Hydrobiologia*. 97: 9-13.
- [20] Largo, D. B., Fukami, K. & Nishijima, T. 1995. Occasional Pathogenic Bacteria Promoting Ice-ice Disease in the Carrageenan-Producing Red Algae. *Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma denticulatum* (solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 7: 545-554.
- [21] Cohen, I. & Neori, A. 1991. *Ulva Lactuca* Biofilters for Marine Fish Pond Effluent. Ammonia Uptake Kinetics and Nitrogen Content. *Bof. Mar.* 34: 474-482.