

## Variasi Alkohol Lemak dalam Sedimen Permukaan di Sungai Sepang Besar, Sepang, Selangor

(Fatty Alcohol Variations in Surface Sediments of Sungai Sepang Besar, Sepang, Selangor)

MASNI MOHD ALI\*, NORFARIZA HUMRAWALI, PANG QING YING, MOHD TALIB LATIF  
& MOHAMAD PAUZI ZAKARIA

### ABSTRAK

Kandungan alkohol lemak di dalam 19 sampel sedimen permukaan di Sungai Sepang Besar, Sepang, Selangor telah dianalisis menggunakan kromatografi gas-spektrometer jisim (GC-MS). Sebanyak 19 sebatian alkohol lemak dengan julat kepekatan 0.02 µg/g – 9.01 µg/g berat kering dikenalpasti yang terdiri daripada alkohol lemak C<sub>12</sub> sehingga C<sub>30</sub> termasuk 4 sebatian bercabang. Alkohol lemak C<sub>26</sub> mendominasi kebanyakan stesen persampelan dengan julat 0.29 – 5.43 µg/g berat kering, iaitu 15.5% daripada jumlah alkohol lemak. Berdasarkan kepekatan individu sebatian alkohol lemak dan nisbah  $[\sum(C_{12}-C_{20})/\sum(C_{22}-C_{30})]$ , Sungai Sepang Besar boleh dikatakan mengandungi alkohol lemak berantai pendek (C<sub>12</sub> - C<sub>20</sub>) yang tinggi berasal daripada organisma marin. Walau bagaimanapun, nilai Indeks Sumber Alkohol (ASI) tidak menunjukkan Sungai Sepang Besar didominasi oleh alkohol lemak rantai pendek kerana faktor kandungan sebatian C<sub>26</sub> yang tinggi di kebanyakan stesen persampelan. Nilai nisbah alkohol lemak (rantai ganjil)/(rantai genap) adalah tinggi bagi hampir kesemua stesen persampelan yang dipengaruhi oleh aktiviti bakteria yang tinggi. Dengan itu dapat disimpulkan bahawa sedimen permukaan Sungai Sepang Besar mengandungi campuran bahan organik yang berasal dari marin, terrestrial dan bakteria.

*Kata kunci:* Alkohol lemak; bahan organik; Sungai Sepang; sedimen

### ABSTRACT

Composition of fatty alcohols from 19 surface sediment samples collected along Sungai Sepang Besar, Sepang, Selangor were determined. The sediments were extracted and analysed using the Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) technique. A total of 19 fatty alcohols from C<sub>12</sub> to C<sub>30</sub> including 4 branched compounds were identified with concentrations in the range 0.02 µg/g – 9.01 µg/g dry weight. C<sub>26</sub> fatty alcohols dominated most sampling stations with concentrations ranging from 0.29 to 5.43 µg/g dry weight and constituted 15.5% of total fatty alcohols. According to individual compounds of fatty alcohols and the  $[\sum(C_{12}-C_{20})/\sum(C_{22}-C_{30})]$  ratio, Sungai Sepang Besar has a high composition of short-chain fatty alcohols (C<sub>12</sub> - C<sub>20</sub>) which mainly originate from marine organisms. However, the Alcohol Sources Index (ASI) showed that terrestrial derived fatty alcohols dominated the area due to high concentration of C<sub>26</sub> compounds in most sampling stations. The value of (odd chain length)/(even chain length) ratios were high for almost all the sampling stations due to high bacterial activities. It can be concluded that the surface sediments of Sungai Sepang Besar contained organic materials from marine, terrestrial and bacterial sources.

*Keywords:* Fatty alcohol; organic materials; Sungai Sepang; sediments

### PENGENALAN

Perkembangan sektor perindustrian dan pertanian yang kian pesat mendatangkan impak terhadap alam sekitar secara langsung dan tidak langsung. Bahan organik merupakan bahan pencemar utama kepada sumber air selain daripada bahan toksik seperti logam berat, pestisid, asid dan bahan radioaktif. Bahan organik yang digunakan dalam sektor pertanian seperti racun organisma perosak, baja dan bahan kimia lain memasuki sistem akuatik melalui air larian kesan tindakan hujan. Selain itu, bahan buangan domestik serta aktiviti perindustrian dan sisa kumbahan turut menyumbang kepada limpuhan bahan organik di dalam sistem akuatik. Kennish (2000) turut menyatakan

kandungan nutrien yang banyak memasuki sistem akuatik adalah berpunca daripada kemasukan sisa air gunaan harian domestik, sisa kumbahan yang tidak dirawat atau sisa kumbahan yang tidak dirawat sepenuhnya. Namun begitu, bahan organik juga hadir secara semula jadi daripada penghasilan primer di dalam sungai, kemasukan sumber terrestrial dan sebagai hasil sampingan aktiviti mikrob di dalam air dan sedimen (Meyers & Ishiwatari 1993).

Sebatian alkohol lemak adalah di antara sebatian yang seringkali diguna sebagai penunjuk kemasukan bahan organik ke persekitaran akuatik. Menurut Seguel et al. (2001), alkohol lemak diguna untuk menentukan sumbangan bahan organik daripada sumber marin dan

terestrial kepada sedimen akuatik. Namun peranan alkohol lemak sebagai penunjuk biologi bagi kemasukan bahan organik kurang diberi perhatian berbanding sebatian sterol (Mudge & Norris 1997).

Alkohol lemak adalah sebatian yang berasal daripada lilin ester yang terdapat pada fitoplankton dan tumbuhan terestrial (Fukushima & Ishiwatari 1984; Parameswaran et al. 1994). Alkohol lemak rantai panjang ( $C_{22}$  -  $C_{30}$ ) didapati terkandung di dalam tumbuhan terestrial (Brassell et al. 1980; Treignier et al. 2006) manakala alkohol lemak rantai pendek ( $C_{12}$  -  $C_{20}$ ) terdapat di dalam organisma marin dan bakteria (Mudge & Norris 1997). Sementara itu sebatian alkohol lemak bercabang dihasilkan sebagai hasil sampingan proses oleh bakteria (Parkes 1987).

Kajian ini bertujuan untuk mengengahkan peranan alkohol lemak sebagai penunjuk biologi dalam menentukan kemasukan bahan organik dari pelbagai sumber dan mengenalpasti variasi sebatian ini di Sungai Sepang Besar, Sepang, Selangor.

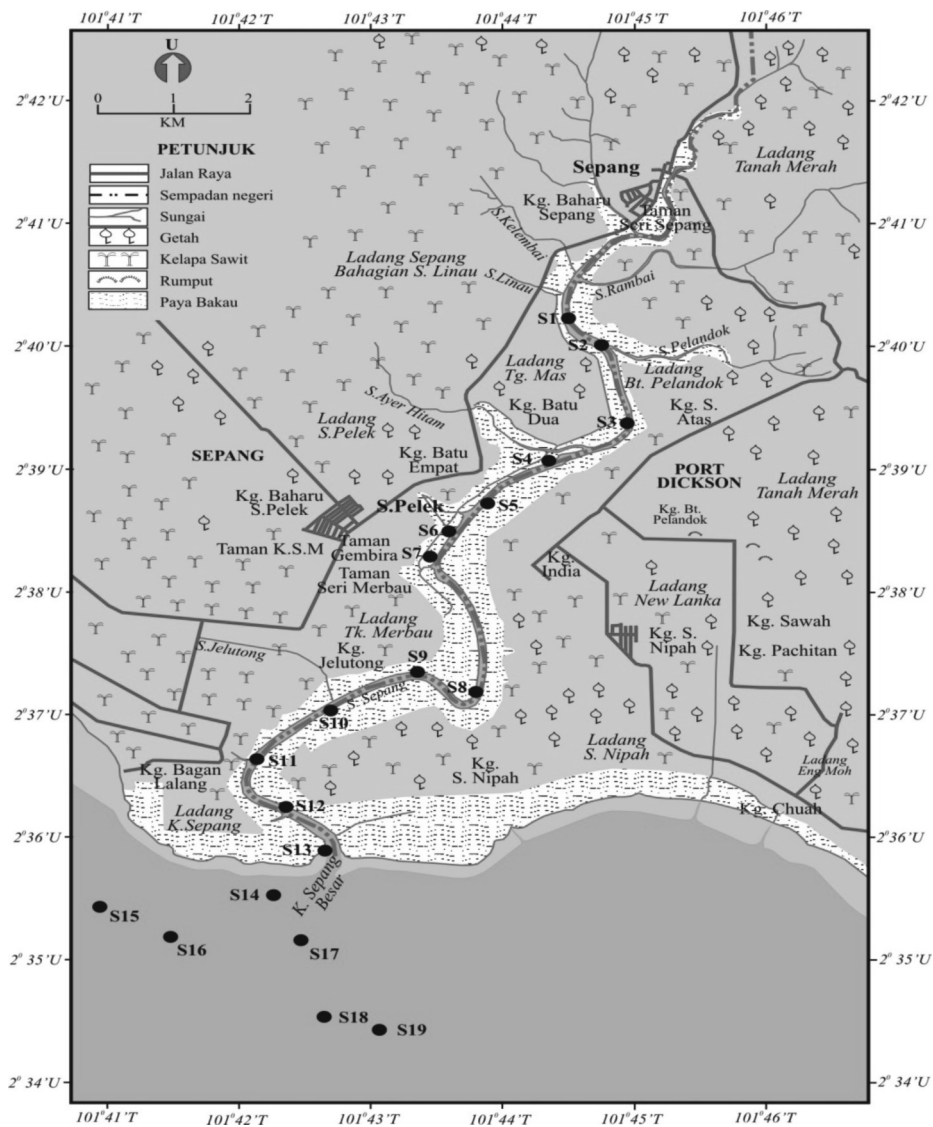
## BAHAN DAN KAEDAH

### PENSAMPELAN

Sampel sedimen permukaan telah diambil dari 19 stesen persampelan di sepanjang Sungai Sepang Besar sehingga ke muara sungai (Rajah 1 dan Jadual 1). Sampel dimasukkan ke dalam botol kaca dan disimpan pada suhu  $4^{\circ}\text{C}$  sehingga analisis selanjutnya dijalankan.

### PENGUKURAN KARBON ORGANIK (TOC)

Sebanyak 30 g sampel sedimen dikeringkan di dalam relau selama 3-4 hari dan kemudiannya ditumbuk halus. Seterusnya sampel diayak menggunakan ayak yang bersaiz  $125\ \mu\text{m}$  dan sedimen yang kurang daripada saiz tersebut dibakar dalam relau pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Kedua-dua berat sedimen yang dikeringkan di dalam relau dan relau dicatat. Peratus kandungan karbon organik dikira menggunakan formula,



RAJAH 1. Peta menunjukkan lokasi stesen persampelan

JADUAL 1. Koordinat, pH sedimen dan saliniti stesen persampelan

Stesen	Longitud (°T)	Latitud (°U)	pH sedimen	Saliniti (psu)
1	101°44'24	02°40'14	6.81	29.87
2	101°44'36	02°40'00	6.84	30.16
3	101°44'50	02°39'22	6.94	30.65
4	101°44'24	02°39'03	6.70	30.81
5	101°43'55	02°38'48	6.86	30.98
6	101°43'42	02°38'31	6.97	31.10
7	101°43'30	02°38'12	7.07	31.20
8	101°43'49	02°37'08	7.26	31.74
9	101°43'22	02°37'13	7.25	32.09
10	101°42'48	02°37'00	7.27	32.39
11	101°42'13	02°36'31	7.30	32.44
12	101°42'11	02°36'14	7.27	32.45
13	101°42'47	02°35'53	7.39	32.48
14	101°42'16	02°35'30	7.55	32.45
15	101°40'57	02°35'26	7.88	32.40
16	101°41'30	02°35'15	8.19	32.29
17	101°42'27	02°35'14	7.87	32.26
18	101°42'40	02°34'49	7.97	32.21
19	101°43'05	02°34'40	8.17	32.37

$$\% \text{ TOC} = \frac{\text{berat kering oven} - \text{berat kering relau}}{\text{berat kering relau}} \times 100$$

#### PENGEKSTRAKAN

Sejumlah 30-40 g berat basah sedimen direfluks dengan 50 mL 6% kalium hidroksida dalam metanol selama 4 jam dan kemudiannya diempar pada 4000 rpm selama tiga minit. Supernatan yang diperolehi dimasukkan ke dalam corong pemisah.

Lipid tidak berkutub diekstrak daripada sampel dengan menambahkan 20 mL heksana dan 10 mL air nyah-ion ke dalam sampel dan digoncang kuat sehingga dua lapisan terbentuk. Prosedur ini diulangi untuk mencapai pengekstrakan yang maksimum. Sampel seterusnya disejat menggunakan penyejat berputar pada suhu 40°C dan dilarutkan semula dalam 2-3 mL heksana sebelum dipindahkan ke dalam vial. Sedikit natrium sulfat kontang ditambah ke dalam sampel untuk menyingkirkan sisa air dan sebatian berkutub yang masih hadir di dalam sampel. Larutan sampel seterusnya dituras dan dikering menggunakan gas nitrogen.

Sebanyak 2-3 titik bis(trimetilsilil)trifloroasetamida (BSTFA) ditambahkan ke dalam sampel sebelum dipanaskan di dalam blok pemanas pada suhu 60°C selama 10 min. Prosedur ini membolehkan BSTFA menggantikan atom aktif hidrogen pada sebatian alkohol lemak dengan kumpulan trimetilsilil (TMS) [-Si(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>] dan menjadikan sebatian lebih stabil untuk analisis menggunakan Kromatografi Gas-Spektrometer Jisim (GC-MS). Kemudian sampel dikering sekali lagi menggunakan gas nitrogen dan dilarutkan semula dengan 1 mL heksana. Sampel disimpan pada suhu -20°C sehingga dianalisis dengan GC-MS.

#### KROMATOGRAFI GAS-SPEKTROMETER JISIM (GC-MS)

GC-MS model HP6890 dengan turus HP 5MS yang mempunyai panjang 30 m, diameter 250 µm dan ketebalan 0.25 µm digunakan untuk menganalisis kandungan alkohol lemak dalam sampel. Suhu program bermula pada 80°C dan meningkat 15°C min<sup>-1</sup> sehingga mencapai suhu 320°C. Larutan 1-oktadekanol pada pelbagai kepekatan digunakan sebagai larutan pawai untuk menentukan alkohol lemak di dalam sampel.

#### PENGAWALAN KUALITI

Kaedah dan teknik piawai dilaksanakan semasa kajian dijalankan. Kesemua radas kaca yang digunakan dicuci menggunakan Decon-90. Prosedur refluks bagi beberapa sampel diulangi untuk memaksimumkan hasil yang diperolehi. GC-MS pula dikalibrasi menggunakan larutan piawai dan jarum suntikannya dibersihkan menggunakan diklorometana dalam metanol selepas setiap analisis sampel.

#### HASIL DAN PERBINCANGAN

##### JUMLAH KARBON ORGANIK (TOC)

Jumlah karbon organik (TOC) diukur bertujuan untuk menyediakan data sokongan dalam menentukan kandungan bahan organik yang terdapat di dalam sampel sedimen permukaan dalam kajian ini. Menurut Ni et al. (2008), TOC merangkumi dua komponen iaitu karbon organik terlarut (DOC) dan karbon organik partikulat (POC) yang berperanan untuk menentukan tahap kualiti persekitaran akuatik terutamanya sebagai penunjuk pencemaran organik. Kandungan TOC yang diukur memberikan corak taburan peratusan yang menurun

dari stesen persampelan di sepanjang sungai menuju ke muara (Rajah 2).

Kemasukan karbon organik seperti daripada sisa kumbahan boleh menyebabkan sistem akuatik mengalami keadaan anoksia akibat peningkatan nilai keperluan oksigen biologi (BOD) dan keperluan oksigen kimia (COD) (Kennish 2000). Maka lebih tinggi nilai TOC di suatu kawasan persampelan lebih banyak oksigen diperlukan oleh mikroorganisma untuk menguraikan bahan organik yang hadir dan ini akan menurunkan kandungan oksigen terlarut kawasan terlibat. Walau bagaimanapun, karbon organik juga hadir di persekitaran secara semulajadi hasil daripada kadar pertumbuhan fitoplankton dan produktiviti diatom yang tinggi (Pagani et al. 1999).

Stesen 2 memberikan nilai peratusan TOC tertinggi iaitu melebihi 60% berbanding stesen persampelan lain yang mempunyai nilai TOC kurang daripada 30%. Kedudukan stesen 2 yang terletak di kawasan hilir Sungai Pelanduk menerima kemasukan bahan organik dari sekitar Bukit Pelanduk yang terletaknya ladang ternakan khinzir (Ng et al. 2009; Tan et al. 1999) yang menyalurkan sisa kumbahannya ke Sungai Pelanduk (Rajah 1). Kemasukan sisa kumbahan dan sisa aktiviti pertanian termasuk penternakan haiwan ke sungai meningkatkan kandungan nutrien di persekitarannya yang akhirnya meningkatkan kandungan organik karbon (Ni et al. 2008). Stesen persampelan lain yang memberikan nilai TOC dengan julat >5% sehingga <30% berada di kawasan sungai yang menerima input bahan organik dari pokok bakau yang terdapat di sepanjang Sungai Sepang. Seki et al. (2006) menyatakan karbon organik terestrial dibawa masuk ke sistem akuatik melalui pergerakan air sungai dan pergerakan di atmosfera. Faktor suhu yang rendah di lapisan dasar sungai turut meningkatkan kandungan bahan organik kerana proses penguraiannya oleh bakteria amat dipengaruhi oleh suhu persekitaran (Muri et al.

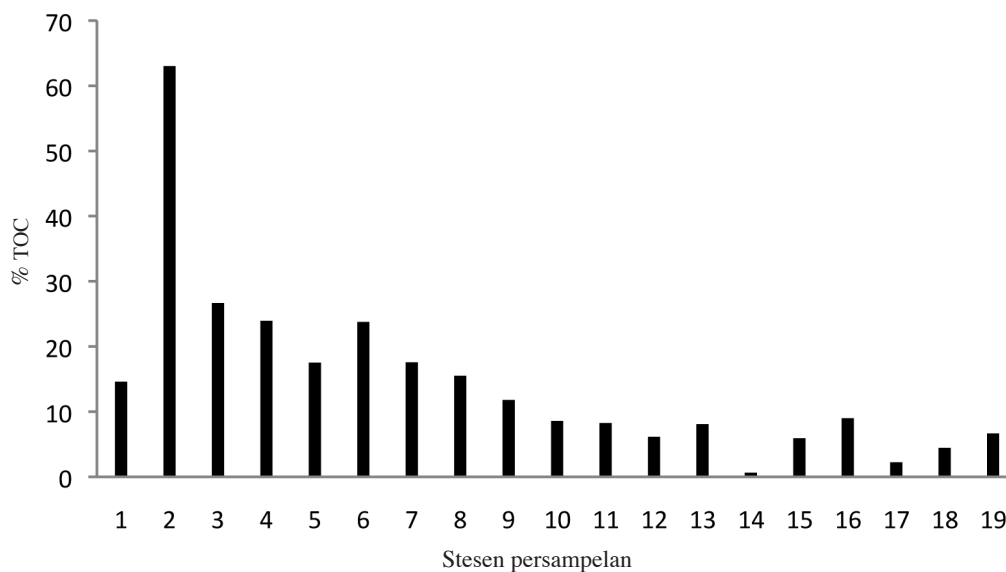
2004). Tambahan pula kedalaman sungai yang cetek akan mempercepatkan masa mendakan bahan organik ke dasar sungai dan ini menyebabkan kurang bahan organik diuraikan di dalam turus air.

Stesen 14 sehingga stesen 19 yang terletak di kawasan muara Sungai Sepang memberikan nilai peratusan TOC yang rendah berbanding stesen persampelan di kawasan sungai. Kawasan muara mempunyai nilai kedalaman yang tinggi yang melambatkan masa pemendapan bahan organik dan menyebabkan lebih bahan organik mengalami proses penguraian di dalam air sebelum sempat termendak ke dasar sungai. Di kawasan muara juga berlakunya pencairan bahan organik kesan daripada percampuran air sungai dengan air laut.

#### TABURAN ALKOHOL LEMAK

Sebanyak 19 sebatian alkohol lemak ( $C_{12} - C_{30}$ ) telah dikenalpasti dalam kajian ini termasuk empat sebatian bercabang dengan nilai minimum 0.02  $\mu\text{g/g}$  berat kering di stesen 26 dan nilai maksimum 9.01  $\mu\text{g/g}$  berat kering di stesen 4 (Jadual 2). Sebanyak 54% daripada jumlah alkohol lemak terdiri daripada sebatian rantai pendek ( $C_{12} - C_{20}$ ) manakala kedua-dua sebatian rantai panjang ( $C_{22} - C_{30}$ ) dan sebatian bercabang masing-masing membentuk 23% daripada jumlah alkohol lemak. Kepekatan individu alkohol lemak menunjukkan sebatian  $C_{26}$  mendominasi 18 stesen daripada 19 stesen persampelan dan merupakan sebatian utama bagi sembilan stesen persampelan dengan julat kepekatan 0.29 - 5.43  $\mu\text{g/g}$  berat kering yang merupakan 15.5% daripada jumlah alkohol lemak.

Alkohol lemak rantai pendek ( $C_{12} - C_{20}$ ) dilaporkan berpunca daripada organisma marin manakala sebatian rantai panjang ( $C_{22} - C_{30}$ ) berpunca daripada tumbuhan terestrial (Grimalt & Albaigés 1990; Mudge & Norris 1997). Volkman et al. (1998) melaporkan alkohol lemak

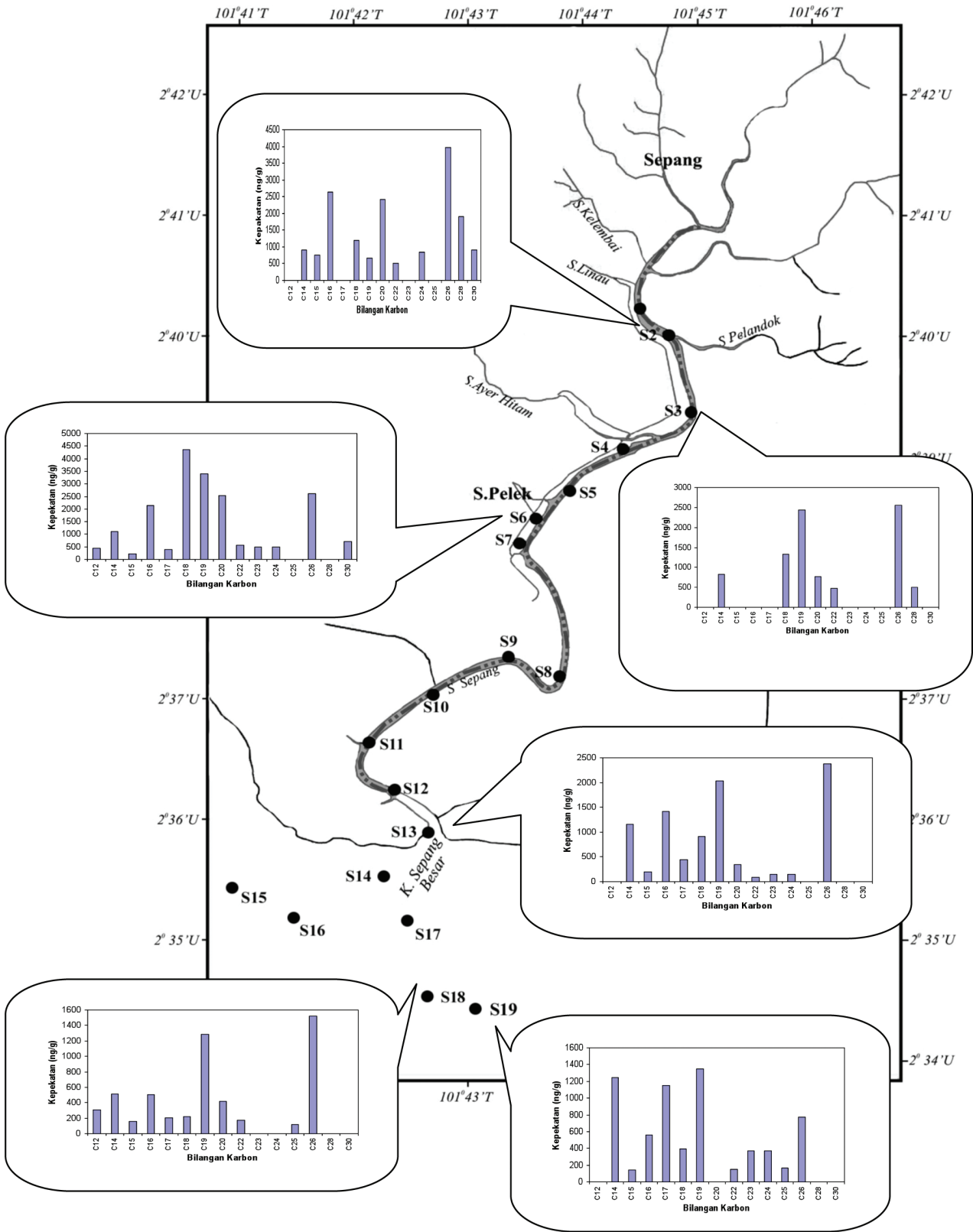


RAJAH 2. Peratusan kandungan karbon organik (TOC) bagi stesen persampelan di Sungai Sepang

JADUAL 2. Kepekatan alkohol lemak ( $\mu\text{g/g}$  berat kering) bagi setiap stesen persampelan

	Stesen																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$C_{12}$	-	0.43	-	1.02	0.39	-	0.44	-	-	0.24	-	0.20	-	-	0.15	0.30	-	0.31	-
$C_{14}$	0.92	0.90	0.83	2.70	0.54	0.58	1.11	2.59	1.84	2.03	-	0.51	1.15	0.66	0.31	0.38	0.13	0.51	1.24
$C_{15}$	-	0.86	0.77	4.22	0.54	-	1.48	0.68	0.41	0.24	-	0.33	0.30	0.09	0.17	0.44	-	0.53	0.51
$C_{15a}$	-	-	-	-	-	-	0.40	0.96	0.45	1.03	-	0.18	0.45	-	-	0.12	0.12	0.16	0.12
$C_{15}$	0.76	0.53	-	-	-	0.44	0.22	0.42	0.40	0.33	0.23	-	0.20	0.11	-	-	0.31	0.16	0.14
$C_{16}$	2.64	1.73	-	-	1.65	3.42	2.13	2.44	2.51	1.74	1.28	0.64	1.41	0.55	0.21	0.42	0.27	0.50	0.56
$C_{17}$	-	-	0.52	1.25	-	-	0.73	-	-	-	-	-	-	-	0.17	0.28	-	0.31	-
$C_{17a}$	0.55	4.05	3.21	9.01	1.67	0.21	5.68	3.45	2.90	-	-	1.40	1.44	0.65	0.58	1.12	0.27	1.60	3.14
$C_{17}$	-	-	-	1.41	-	-	0.40	0.75	1.12	1.08	-	1.40	0.45	0.23	-	-	-	0.20	1.15
$C_{18}$	1.19	8.62	1.32	2.18	3.72	1.31	4.35	0.90	0.99	0.45	0.55	1.04	0.91	0.12	0.20	0.21	1.74	0.22	0.39
$C_{19}$	0.66	2.92	2.44	6.21	1.33	0.23	3.40	3.87	3.80	4.98	-	0.80	2.03	0.21	0.36	1.12	-	1.28	1.35
$C_{20}$	2.42	1.70	0.76	4.65	0.66	-	2.52	-	-	1.16	-	0.94	0.34	0.31	0.16	0.02	-	0.41	-
$C_{22}$	0.50	0.59	0.47	1.08	-	0.36	0.56	-	0.36	0.13	0.18	0.17	0.09	0.17	-	0.17	-	0.17	0.15
$C_{23}$	-	-	-	-	-	-	0.49	0.34	0.36	-	-	-	0.15	0.16	-	-	-	-	0.37
$C_{24}$	0.83	-	-	-	-	0.47	0.49	0.34	0.36	0.28	-	-	0.15	0.20	-	-	0.22	-	0.37
$C_{25}$	-	-	-	-	-	0.31	-	-	-	0.35	0.32	-	-	0.21	-	0.12	0.15	0.12	0.16
$C_{26}$	3.97	4.00	2.55	5.43	1.55	2.43	2.60	3.74	2.99	2.05	-	1.03	2.38	0.29	1.55	1.34	0.43	1.52	0.78
$C_{28}$	1.92	2.16	0.51	-	-	-	-	-	-	-	0.21	-	-	-	-	0.13	0.14	-	-
$C_{30}$	0.91	-	-	-	-	-	0.71	-	-	-	-	0.29	-	-	-	0.36	-	-	-

i - iso a - anteiso



RAJAH 3. Taburan alkohol lemak di beberapa stesen persampelan

rantai panjang juga dihasilkan oleh mikroalga tetapi bukan merupakan sumber utama sebatian ini di dalam sedimen. Volkman et al. (1999) pula menyatakan alkohol lemak  $C_{16}$  adalah berpunca daripada alga dan bakteria, dan sumber utama sebatian  $C_{22}$  -  $C_{28}$  pula adalah tumbuhan terestrial, namun turut dihasilkan oleh alga dan sianobakteria dalam kuantiti yang sedikit. Ficken et al. (2000) pula menyatakan alkohol lemak  $C_{22}$  -  $C_{24}$  turut berpunca daripada makrofit akuatik. Namun hasil kajian ini menunjukkan alkohol lemak yang berpunca daripada fitoplankton marin juga hadir di dalam sampel dari kawasan sungai. Ini berlaku disebabkan fenomena pasang surut yang membawa bersama bahan organik berpunca dari sumber marin ke kawasan sungai.

Korelasi antara alkohol lemak di dalam kajian ini adalah rendah secara keseluruhannya iaitu 22.2% dengan nilai koefisien korelasi  $r$  melebihi 0.5 (Jadual 3). Kebanyakan alkohol lemak rantai panjang didapati berkorelasi dengan alkohol lemak rantai pendek. Contohnya, sebatian  $C_{22}$  berkorelasi positif dengan sebatian  $C_{14}$  ( $r = 0.64$ ,  $p < 0.001$ ), *anteiso*- $C_{15}$  ( $r = 0.77$ ,  $p < 0.001$ ), *anteiso*- $C_{17}$  ( $r = 0.74$ ,  $p < 0.001$ ),  $C_{17}$  ( $r = 0.75$ ,  $p < 0.001$ ) dan  $C_{20}$  ( $r = 0.54$ ,  $p < 0.5$ ) manakala sebatian  $C_{26}$  menunjukkan korelasi yang tinggi dengan *iso*- $C_{15}$  ( $r = 0.71$ ,  $p < 0.001$ ),  $C_{17}$  ( $r = 0.67$ ,  $p < 0.01$ ) dan  $C_{22}$  ( $r = 0.70$ ,  $p < 0.001$ ). Sebatian alkohol lemak rantai bercabang pula berkorelasi tinggi antara satu sama lain seperti *iso*- $C_{15}$  yang berkorelasi dengan *anteiso*- $C_{15}$  dan *anteiso*- $C_{17}$  masing-masing dengan nilai  $r = 0.62$  ( $p < 0.01$ ) dan  $r = 0.63$  ( $p < 0.01$ ). Selain itu, *iso*- $C_{17}$  menunjukkan korelasi positif dengan *anteiso*- $C_{15}$  ( $r = 0.89$ ,  $p < 0.001$ ).

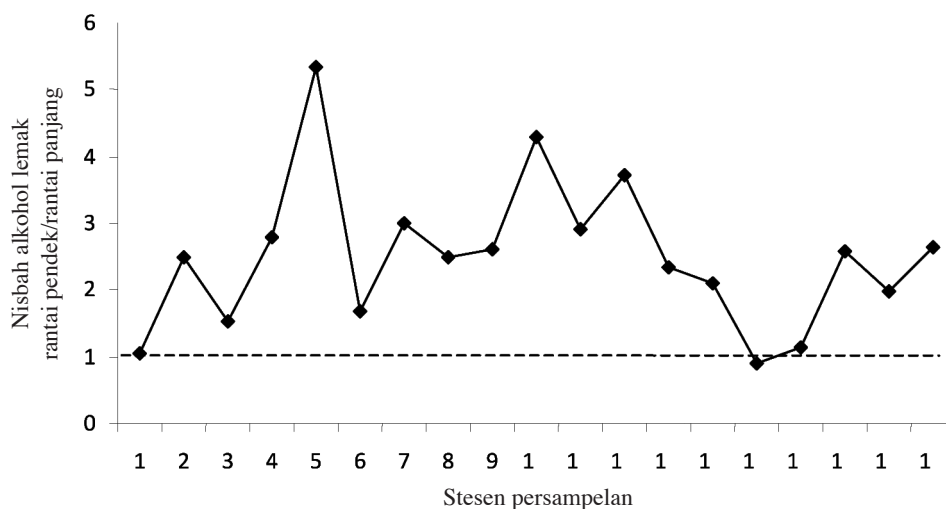
Seterusnya kepekatan individu sebatian alkohol lemak dan sumbernya yang telah dikenalpasti membolehkan nisbah alkohol lemak (rantai pendek)/(rantai panjang) dikira. Nisbah ini berfungsi sebagai penunjuk bagi menentukan input terestrial ke dalam sedimen akuatik dan nilai nisbah  $> 1$  menunjukkan kandungan sebatian alkohol lemak sumber marin yang tinggi (Mudge & Seguel 1999;

Seguel et al. 2001). Penggunaan nisbah penunjuk biologi berupaya menyediakan anggaran sumber bahan organik di dalam sampel sedimen dengan lebih tepat lagi (Mudge & Duce 2005) selain bergantung kepada kepekatan individu sebatian tersebut. Nisbah alkohol lemak (rantai pendek)/(rantai panjang)  $[\Sigma(C_{12} - C_{20})/\Sigma(C_{22} - C_{30})]$  di setiap stesen persampelan memberikan nilai  $> 1$  kecuali stesen 1 dan stesen 15 yang mempunyai nilai yang amat menghampiri 1.0 (Rajah 4). Ini menunjukkan alkohol lemak rantai pendek yang berpunca daripada organisma marin adalah sebatian dominan di dalam kebanyakan sampel sedimen dari Sungai Sepang walaupun yang diambil di kawasan sungai. Kemasukan sebatian sumber marin ke kawasan sungai diperkukuhkan lagi dengan laporan daripada Jadual Pasang Surut Malaysia 2005 yang merekodkan fenomena pasang surut tertinggi yang berlaku di kawasan ini adalah 2.7 m dan yang terendah adalah 0.6 m. Tambahan pula nilai saliniti yang tinggi di kawasan persampelan dengan julat 29.87 – 32.48 psu mengesahkan kemasukan air laut ke kawasan sungai (Jadual 1).

Selain nisbah tersebut, Indeks Sumber Alkohol (ASI) juga diguna untuk menentukan kemasukan bahan organik terestrial ke persekitaran akuatik dan dikira menggunakan rumus berikut (Mudge & Norris 1997);

$$\text{Indeks Sumber Alkohol (ASI)} = \frac{\text{kepekatan alkohol lemak terestrial}}{\text{kepekatan alkohol lemak marin}}$$

Kajian yang telah dijalankan oleh Mudge & Norris (1997) juga menyatakan alkohol lemak  $C_{14}$  dan  $C_{16}$  adalah penunjuk bagi sebatian berpunca dari marin manakala input terestrial diwakili oleh  $C_{26}$  untuk diaplikasikan dalam ASI iaitu  $ASI_{C_{26}/C_{14}}$  dan  $ASI_{C_{26}/C_{16}}$ . Nilai  $ASI > 1$  menunjukkan alkohol lemak berpunca daripada terestrial adalah dominan di kawasan kajian terlibat. Secara teorinya, nilai ASI akan



RAJAH 4. Nilai nisbah alkohol lemak (rantai pendek)/(rantai panjang) bagi stesen persampelan di Sungai Sepang

JADUAL 3. Korelasi antara alkohol lemak di Sungai Sepang

	C <sub>i14</sub>	C <sub>i15</sub>	C <sub>a15</sub>	C <sub>i15</sub>	C <sub>i16</sub>	C <sub>i17</sub>	C <sub>a17</sub>	C <sub>i17</sub>	C <sub>i18</sub>	C <sub>i19</sub>	C <sub>i20</sub>	C <sub>i22</sub>	C <sub>i23</sub>	C <sub>i24</sub>	C <sub>i25</sub>	C <sub>i26</sub>	C <sub>i28</sub>
C <sub>i15</sub>	0.862***																
C <sub>a15</sub>	-0.125	0.624**															
C <sub>i15</sub>	-0.316	0.175	-0.285														
C <sub>i16</sub>	-0.254	0.223	-0.263	0.350													
C <sub>i17</sub>	0.763***	0.361	0.892***	-0.162	-0.400												
C <sub>a17</sub>	0.722***	0.627**	0.919***	-0.001	-0.167	-0.136											
C <sub>i17</sub>	0.281	0.691**	0.445	0.457	-0.151	-0.063	0.222										
C <sub>i18</sub>	0.437	0.027	0.280	-0.166	0.262	0.225	0.124	0.432									
C <sub>i19</sub>	0.583***	0.894***	0.713**	0.554*	0.034	0.095	0.548*	0.729***	0.607**								
C <sub>i20</sub>	0.785***	0.455	0.813***	-0.109	0.054	-0.047	0.744***	0.720***	0.298	0.409							
C <sub>i22</sub>	0.637***	0.404	0.773***	-0.272	0.132	0.034	0.738***	0.753***	0.223	0.418	0.541*						
C <sub>i23</sub>	-0.164	0.416	0.074	0.428	0.117	0.299	0.036	0.363	0.363	0.017	0.287	-0.067					
C <sub>i24</sub>	-0.358	0.235	-0.210	0.241	0.725***	0.676***	-0.197	-0.091	0.039	-0.083	-0.002	0.107	0.106				
C <sub>i25</sub>	-0.277	-0.218	-0.355	0.084	0.093	0.097	-0.303	-0.518*	-0.095	-0.356	-0.257	-0.345	-0.255	-0.205			
C <sub>i26</sub>	0.498*	0.707***	0.637**	0.166	0.382	0.334	0.481	0.674**	0.238	0.418	0.715***	0.697**	0.721***	0.072	0.244		
C <sub>i28</sub>	0.016	-0.096	-0.071	-0.282	0.632**	0.233	-0.148	0.026	-0.355	0.588**	-0.044	0.316	0.369	-0.265	0.237	-0.250	
C <sub>i30</sub>	0.048	-0.094	-0.016	-0.063	0.327	0.281	0.142	0.041	-0.111	0.093	-0.089	0.403	0.265	0.160	0.589**	-0.277	0.202

\* p&lt;0.5 \*\*\* p&lt;0.001

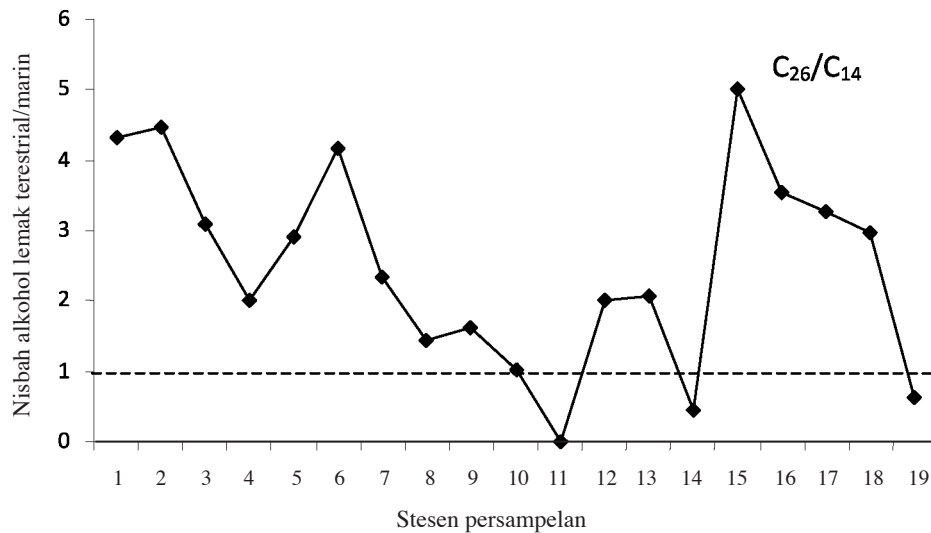


meningkat dengan peningkatan jarak antara daratan dengan laut (Mudge & Norris 1997) tetapi hasil kajian ini tidak menunjukkan corak peningkatan seperti yang sepatutnya. Ini berkemungkinan dipengaruhi oleh faktor fizikal dan hidrodinamik seperti pergerakan arus air yang membawa sebatian bahan organik ke kawasan lain.

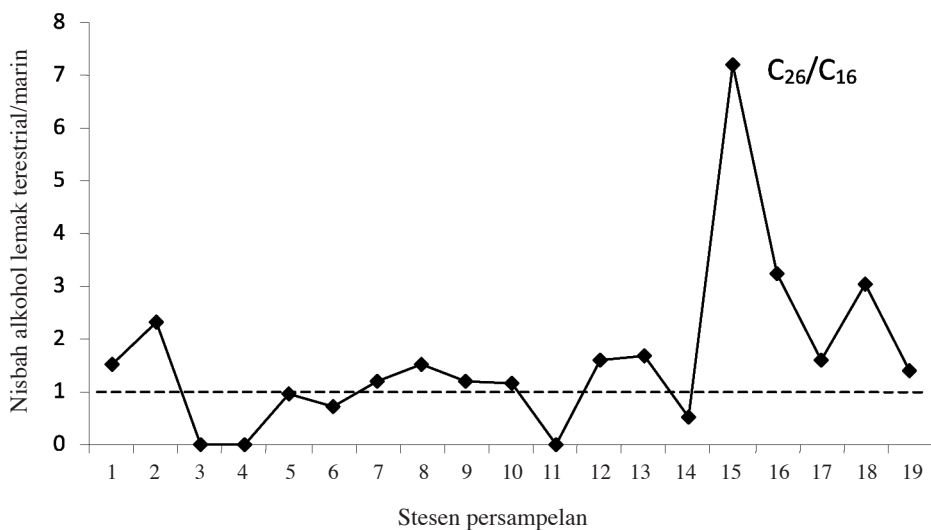
Rajah 5 menunjukkan hanya stesen 11, stesen 14 dan stesen 19 memberikan nilai ASI  $C_{26}/C_{14} < 1$  yang menunjukkan kandungan sebatian  $C_{14}$  di stesen persampelan tersebut adalah lebih tinggi berbanding sebatian  $C_{26}$ . ASI  $C_{26}/C_{16}$  pula memberikan nilai  $< 1$  di stesen 3, stesen 4, stesen 11 dan stesen 14 yang turut menunjukkan sebatian  $C_{16}$  adalah lebih banyak berbanding  $C_{26}$  di stesen persampelan tersebut. Tetapi secara keseluruhannya, kebanyakan stesen persampelan didominasi oleh alkohol lemak rantai panjang yang berpunca daripada tumbuhan

terestrial terutamanya pokok bakau yang terdapat di sepanjang kawasan persampelan (Rajah 6).

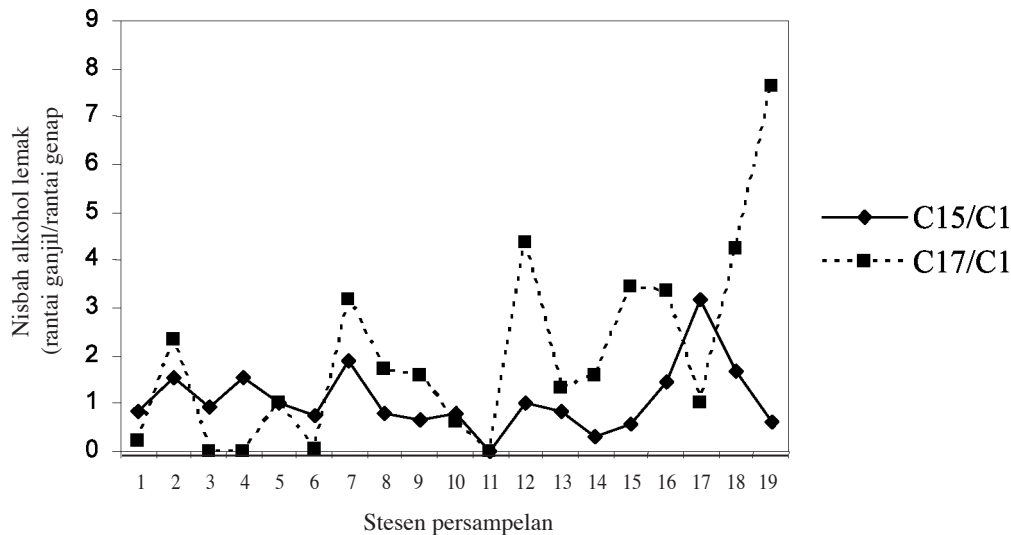
Selain itu, sebatian alkohol lemak bercabang juga dikenalpasti hadir di dalam sampel sedimen iaitu rantai *-iso* dan *-anteiso*  $C_{15}$  serta  $C_{17}$  yang merupakan 23% daripada jumlah alkohol lemak. Sebatian bercabang ( $C_{13} - C_{19}$ ) merupakan hasil sintesis oleh bakteria secara in-situ di persekitaran (Volkman et al. 1999). Nisbah alkohol lemak (rantai ganjil)/(rantai genap) diguna untuk menentukan tahap biojisim dan aktiviti bakteria yang mana sebatian rantai ganjil dihasilkan oleh bakteria manakala sebatian rantai genap dihasilkan oleh organisma lain seperti organisma plankton dan tumbuhan (Mudge & Duce 2005). Rajah 7 menunjukkan nilai nisbah yang berlainan bagi setiap stesen persampelan. Kebanyakan stesen persampelan memberikan nilai nisbah alkohol



RAJAH 5. Nilai ASI  $C_{26}/C_{14}$  bagi stesen persampelan di Sungai Sepang



RAJAH 6. Nilai ASI  $C_{26}/C_{16}$  bagi stesen persampelan di Sungai Sepang



RAJAH 7. Perubahan nilai nisbah alkohol lemak (rantai ganjil)/(rantai genap)

lemak ( $C_{17}$ )/( $C_{16}$ ) yang lebih tinggi dari nilai nisbah alkohol lemak ( $C_{15}$ )/( $C_{14}$ ). Ini mungkin dipengaruhi oleh kehadiran bakteria yang berbeza di stesen persampelan. Nilai nisbah yang tinggi menunjukkan aktiviti bakteria yang tinggi dan menunjukkan kemasukan sisa kumbahan yang tinggi (Seguel et al. 2001).

#### KESIMPULAN

Secara umumnya didapati kepekatan sebatian alkohol lemak yang direkodkan di Sg. Sepang Besar terdiri daripada campuran bahan organik yang berpunca daripada sumber marin, terrestrial dan juga bakteria. Namun, kepekatan individu sebatian alkohol lemak menunjukkan sebatian  $C_{26}$  adalah dominan di kebanyakan stesen persampelan yang berasal daripada pokok bakau yang memenuhi tepian sungai dan muara lokasi persampelan. Nilai nisbah alkohol lemak (rantai ganjil)/(rantai genap) pula memberikan nilai yang tinggi bagi kebanyakan stesen persampelan yang menunjukkan kehadiran aktiviti bakteria yang mungkin berasal daripada kandungan sisa kumbahan yang tinggi. Selain itu, nilai peratusan kandungan karbon organik di stesen 2 melebihi 60% kerana menerima input bahan organik yang tinggi daripada aktiviti penternakan khinzir yang terletak di kawasan Bukit Pelanduk.

#### PENGHARGAAN

Kajian ini telah dibiaya oleh Geran ST-019-2005 Universiti Kebangsaan Malaysia. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembantu makmal dan Universiti Putra Malaysia kerana membantu semasa penganalisaan sampel.

#### RUJUKAN

Brassell, S.C., Comet, P.A., Eglinton, G., Isaacson, P.J., McEvoy, J., Maxwell, J.R., Thompson, I.D., Tibbetts, P.J.C. & Volkman, J.K. 1980. *The Origin And Fate Of Lipids In The Japan*

*Trench. Advanced In Organic Geochemistry 1979*. Oxford: Pergamon.

Ficken, K.J., Li, B., Swain, D.L. & Eglinton, G. 2000. An n-alkane proxy for the sedimentary input of submerged/floating freshwater aquatic macrophytes. *Organic Geochemistry* 31: 745-749.

Fukushima, K. & Ishiwatari R. 1984. Acid and alcohol compositions of wax esters in sediments from different environments. *Chemical Geology* 47: 41-56.

Grimalt, J.O. & Albaigés, J. 1990. Characterization of the depositional environments of the Ebro Delta (western Mediterranean) by the study of sedimentary lipid markers. *Marine Geology* 95: 207-224.

Kennish, M.J. (ed.) 2000. *Estuary Restoration and Maintenance: The National Estuary Program*. New York: Press CRC.

Meyers, P.A. & Ishiwatari, R. 1993. Lacustrine organic geochemistry - an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Organic Geochemistry* 20: 867-900.

Mudge, S.M. & Duce, C.E. 2005. Identifying the source, transport path and sinks of sewage derived organic matter. *Environmental Pollution* 136: 209-220.

Mudge, S.M. & Norris, C.E. 1997. Lipid biomarkers in the Conwy Estuary (North Wales, U.K.): A comparison between fatty alcohols and sterols. *Marine Chemistry* 57: 61-84.

Mudge, S.M. & Seguel, C.G. 1999. Organic contamination of San Vicente Bay Chile. *Marine Pollution Bulletin* 38: 1011-1021.

Muri, G., Wakeham, S.T., Pease, T.K. & Faganeli, J. 2004. Evaluation of lipid biomarkers as indicators of changes in organic matter delivery to sediments from Lake Planina, a remote mountain lake in NW Slovenia. *Organic Geochemistry* 35: 1083-1093.

Ng, C.W., Choo, W.Y., Chong, H.T., Dahlui, M., Goh, K.J. & Tan, C.T. 2009. Long-term socioeconomic impact of the Nipah virus encephalitis outbreak in Bukit Pelanduk, Negeri Sembilan, Malaysia: A mixed methods approach. *Neurology Asia* 14(2): 101-107.

Ni, H.-G., Lu, F.-H., Luo, X.-L., Tian, H.-Y. & Zeng, E.-Y. 2008. Riverine inputs of total organic carbon and suspended

- particulate matter from the Pearl River Delta to the coastal ocean off South China. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1150-1157.
- Pagani, M., Freeman, K.H. & Arthur, M.A. 1999. Isotope analyses of molecular and total organic carbon from Miocene sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64: 37-49.
- Parameswaran, P.S., Das, B. & Kamat, S.Y. 1994. Lipid contents of the sponge *Haliconia* sp. *Indian Journal of Chemistry* 33: 99-101.
- Parkes R.J. 1987. Analysis of microbial communities within sediments using biomarkers. *Ecology of Microbial Communities*. London: Cambridge University Press.
- Seguel, C.G., Mudge, S.M., Salgado, C. & Toleda, M. 2001. Tracing sewage in the marine environment: Altered signatures in Concepción Bay, Chile. *Water Research* 17: 4166-4174.
- Seki, O., Yoshikawa, C., Nakatsuka, T., Kawamura, K. & Wakatsuchi, M. 2006. Fluxes, source and transport of organic matter in the western sea of Okhotsk: stable carbon isotopic ratios of *n*-alkanes and total organic carbon. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 153: 253-270.
- Tan, K.S., Tan, C.T. & Goh, K.J. 1999. Epidemiological aspects of Nipah virus infection. *Neurological Journal of South East Asia* 4: 77-81.
- Treignier, C., Derenne, S. & Saliot, A. 2006. Terrestrial and marine *n*-alcohol inputs and degradation processes relating to a sudden turbidity current in the Zaire canyon. *Organic Geochemistry* 37: 1170-1184
- Volkman, J.K., Barrett, S.M., Blackburn, S.I., Mansour, M.P., Sikes, E.L. & Gelin, F. 1998. Microalgal biomarkers: A review of recent research developments. *Organic Geochemistry* 29: 1163-1998.
- Volkman, J.K., Rijpstra, W.I.C., de Leeuw, J.W., Mansour, M.P., Jackson, A.E & Blackburn, S.I. 1999. Sterols of four dinoflagellates from the genus *Prorocentrum*. *Phytochemistry* 52: 659-668.
- Masni Mohd Ali\*, Norfariza Humrawali, Pang Qing Ying & Mohd Talib Latif  
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor D.E.  
Malaysia
- Mohamad Pauzi Zakaria  
Jabatan Sains Alam Sekitar  
Fakulti Pengajian Alam Sekitar  
Universiti Putra Malaysia  
43400 Serdang, Selangor D.E.  
Malaysia

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: masni@ukm.my

Diserahkan: 27 April 2010

Diterima: 27 Ogos 2010