

KEKANDIDANGAN FIDUCIARON DALAM SEDIMEN
TERHADAP AMPURAN MICROBENUS DI
SUNGAI KERTEH, TERENGGANU

ENZAL AFFENDI BIN RADZALI

JURNAL TEKNOLOGI DAN SAINS MAKANAN
JALAN SENGKONG SAINS DAN TEKNOLOGI
MELAYU

LP
13
FASM
3
2003

dn 1670

1100026271

LP 12 FASM 3 2003



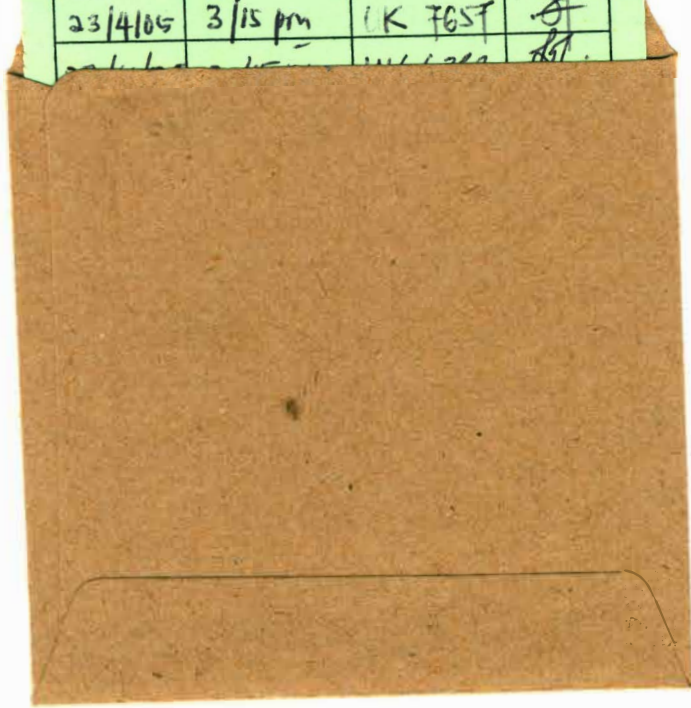
1100026271

Kesan kandungan hidrokarbon di dalam sedimen terhadap taburan makrobenthos di Sungai Kerteh, Terengganu / Faizal Affendi Radzali.



1100026271

PERPUSTAKAAN KOLEJ UNIVERSITI SAINS & TEKNOLOGI MALAYSIA (KUSTEM)			
Pengarang FAIZAL AFFENDI RADZALI		No. Panggilan LP 59	
Judul KESAN KANDUNGAN HIPOKARBON		FASMA 3 2003	
Tarikh	Waktu Pemulangan	Nombor Ahi	Tanda tangan
23/4/05	3/15 pm	IK 7657	<i>[Signature]</i>



**KESAN KANDUNGAN HIDROKARBON DI DALAM SEDIMEN TERHADAP
TABURAN MAKROBENTHOS DI SUNGAI KERTEH, TERENGGANU**

Oleh,

FAIZAL AFFENDI BIN RADZALI

**Laporan Projek ini merupakan sebahagian daripada keperluan untuk
mendapatkan Ijazah Sarjana Muda Agroteknologi (Akuakultur)**

**Fakulti Agroteknologi dan Sains Makanan
KOLEJ UNIVERSITI SAINS DAN TEKNOLOGI
MALAYSIA**

2003

1100026271

Laporan ini hendaklah dirujuk sebagai:

Faizal, A.R. 2003. Kesan kandungan hidrokarbon di dalam sedimen terhadap taburan makrobenthos di Sungai Kerteh, Terengganu. Laporan Projek, Sarjana Muda Agroteknologi (Akuakultur), Fakulti Agroteknologi dan Sains Makanan, Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia.

TERISTIMEWA BUAT:

***AYAHANDA RADZALI BIN HAMZAH, IBUNDA ZURAIDAH BT ABDULLAH,
KAKAK ELIZA NUR, ABANG DANNIE AZLAN, ADIK KAMAL AZMI,
ABANG AHMAD SHUKRI, KAKAK HASLINDA,
MOHD AIMAN, NUR HAZIQAH DAN MOHD HAIRIE AQMAL***

TERIMA KASIH ATAS SEGALA-GALANYA!

PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim...

Alhamdulillah, setinggi-tinggi lafaz kesyukuran saya panjatkan ke hadrat Allah s.w.t. kerana dengan izin, limpah rahmat dan kurnia-Nya maka dapatlah saya menyiapkan Laporan Projek ini dengan jayanya.

Terutama sekali, setinggi penghargaan dan jutaan ucapan terima kasih kepada Dr. Mohamed Kamil Bin Abdul Rashid, selaku Penyelia Projek di atas segala ilmu, tunjuk ajar dan kerjasama yang telah diberikan selama ini. Juga, terima kasih di atas kesabaran dalam melayan kerenah saya dalam proses melengkapkan projek ini.

Teristimewa, buat ayahanda Radzali Bin Hamzah, ibunda Zuraidah Bt Abdullah, kakak Eliza Nur, abang Dannie Azlan, adik Kamal Azmi, abang ipar Ahmad Shukri Bin Shukimi, kakak ipar Haslinda Bt Hassan, dan anak-anak buah tersayang. Terima kasih yang tidak terhingga di atas segala dorongan, nasihat dan pengorbanan yang telah kalian berikan selama ini. Insya Allah, selagi hayat dikandung badan, budi baik dan jasa kalian akan dikenang dan dibalas.

Khas, penghargaan buat Lihin, Azim, Aini, Suria dan semua yang terlibat dalam proses menyiapkan projek saya. Tidak dilupakan buat Spoket, Saymie, Bob, Ijal, Atai, Mail, Arip, Madi, Pacai, Borie, Kekuk, Mihe', Parang, Din, Endy, Joe, Titot, Jenal, Cokey, Nudme', Chorn, Jinggo, Yus, Syam, K-rol, Sani, Kak Pah, Cah dan rakan-rakan seperjuangan yang lain; kenangan bersama kalian akan dikenang sepanjang hayat. Istimewa, buat Mariani Bt Nasir dan Nadia Bt Moktar, terima kasih atas segala-galanya.

Akhir sekali, semoga Allah s.w.t. memberkati hidup kita semua, insya Allah, amin...

-flex_freakazoid-

uk3873_jfk2390_9880_4286

"supercarlafragilisticexpialadocious"

ABSTRAK

Kajian kesan kandungan hidrokarbon di dalam sedimen terhadap taburan mikrobenthos di Sungai Kerteh, Terengganu telah dijalankan dengan melibatkan enam stesen kajian. Melalui keputusan yang diperolehi, didapati bahawa jumlah lipid ekstrak (TEL) dalam sampel sedimen adalah berjulat antara 933.1877 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga 7049.1151 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Hidrokarbon jenis TAH mempunyai kepekatan jumlah yang lebih tinggi berbanding jenis PAH. Menerusi keputusan, didapati kepekatan jumlah TAH adalah berjulat antara 11.43 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga 70.65 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Kepekatan jumlah PAH pula didapati berjulat antara 4.59 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga 12.41 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Spesis TAH yang paling kerap ditemui adalah spesis C₁₆, manakala spesis PAH yang kerap ditemui adalah spesis phenanthrene. Kepekatan jumlah TAH dan PAH adalah berjulat antara 22.49 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga 79.95 $\mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Jumlah spesis yang ditemui dalam kawasan kajian semasa penyelidikan dilakukan ialah 11, dimana ia dibahagikan kepada 4 kumpulan iaitu Polychaeta, Oligochaeta, Gastropoda dan Bivalvia. Spesis yang paling dominan untuk 6 stesen kajian ialah *Pleucera sp* daripada Kelas Gastropoda. Spesis yang paling banyak ditemui ialah di Stesen 1, dimana kebanyakannya adalah organisma Kelas Gastropoda. Secara keseluruhannya, adalah didapati bahawa kawasan perairan Sungai Kerteh telah dicemari oleh hidrokarbon, terutamanya stesen yang berhampiran dengan jeti Sungai Kerteh.

ABSTRACT

Research on the effects of hydrocarbon contain in sediment towards micro benthos in Sungai Kerteh, Terengganu was conducted involving 6 stations. From the results, the Total Extractable Lipid (TEL) in sediment samples was in the range of 933.1877 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry weights to 7049.1151 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry weights. TAH (Total Aliphatic Hydrocarbon) were found to be much higher in concentration than PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon). Results from the research also showed that, the total concentration for TAH species were in the range of 11.43 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry weights to 70.65 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry weights. Whereas, the total concentration for PAH species were in the range of 4.59 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry weights to 12.41 $\mu\text{g.g}^{-1}$. The most founded TAH species was C_{16} , while the most founded PAH species was phenanthrene. The total concentration for TAH and PAH were in the range of 22.49 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry weights to 79.95 $\mu\text{g.g}^{-1}$ dry weights. The total number of species collected from the study area during research period was 11, which was divided into 4 major groups, i.e. Polychaeta, Oligochaeta, Gastropods and Bivalves. The most dominant species for these 6 stations was *Pleucera sp.* Overall, Sungai Kerteh was polluted by hydrocarbon, especially at the station located nearby the jetty of Sungai Kerteh.

KANDUNGAN

TAJUK	MUKA SURAT
PENGHARGAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
SENARAI JADUAL.....	x
SENARAI GAMBARAJAH.....	xi
SENARAI LAMPIRAN.....	xiii
SENARAI SIMBOL.....	xiv
1.0 PENGENALAN	1
1.1 Objektif Kajian	3
2.0 ULASAN BAHAN RUJUKAN	4
2.1 Hidrokarbon	4
2.1.1 Ciri-ciri hidrokarbon	4
2.1.2 Pengkelasan hidrokarbon	5
2.1.2.1 Alkana	5
2.1.2.2 Hidrokarbon non-aromatik tak tepu	6
2.1.2.3 Hidrokarbon aromatik	7
2.1.2.4 Hidrokarbon aromatik ‘polycyclic’	7
2.1.3 Punca hidrokarbon	8

2.1.3.1	Sumber biogenik	8
2.1.3.2	Sumber Anthropogenik	8
2.1.4	Kadar pencemaran	9
2.2	Makrobenthos	10
2.2.1	Takrifan makrobenthos	10
2.2.2	Faktor-faktor yang mempengaruhi taburan makrobenthos	11
2.2.2.1	Fiziko-kimia air	11
2.2.2.2	Jenis dan saiz substrat	12
2.2.2.3	Tabiat pemakanan	13
3.0	METODOLOGI	14
3.1	Lokasi kajian	14
3.2	Analisa Hidrokarbon	18
3.2.1	Penentuan parameter air	18
3.2.2	Penyampelan sedimen	18
3.2.3	Penyediaan sampel sedimen	19
3.2.4	Pengekstrakan soxhlet	20
3.2.5	Penentuan nilai 'Total Extractable Lipids' (TEL)	21
3.2.6	Penyingkiran elemen sulfur dengan merkuri	22
3.2.7	Penyediaan kolum alumina dan silika gel	23
3.2.8	Analisa kromatografi gas	25
3.2.9	Ujian pengkosong dan ketepatan analisa	25
3.3	Analisa Makrobenthos	26

3.3.1	Penyampelan makrobenthos	26
3.3.2	Pengenalpastian spesies	26
4.0	KEPUTUSAN	27
4.1	Fiziko-kimia air	27
4.1.1	Faktor fizikal	28
4.1.2	faktor kimia	28
4.2	Jumlah lipid ekstrak (Total Extractable Lipids)	29
4.3	Kandungan dan kepekatan spesies TAH (Total Aliphatic Hydrocarbon) dalam sedimen	34
4.4	Kandungan dan kepekatan sepsis PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) dalam sedimen	38
4.5	Perbandingan kepekatan jumlah TAH dan PAH di setiap stesen	42
4.6	Taburan makrobenthos	43
4.7	Taburan spesies makrobenthos bagi setiap stesen	45
4.8	Perbandingan jumlah kepekatan hidrokarbon (TAH dan PAH) dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen	48
5	PERBINCANGAN	50
5.1	Fiziko-kimia air	51
5.2	Sedimen	53
5.3	Makrobenthos	55

6 KESIMPULAN	57
RUJUKAN	60
LAMPIRAN	64
VITAE KURIKULUM	70

SENARAI JADUAL**MUKA SURAT**

1	Koordinat stesen kajian	14
2	Data parameter air daripada Hydrolab	27
3	Nilai berat jumlah lipid ekstrak (TEL)	29
4	Jumlah lipid ekstrak (TEL) dalam sedimen	30
5	Kepekatan jumlah TAH dan PAH dalam sedimen	31
6	Kepekatan spesis TAH ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) dalam sedimen	34
7	Kepekatan spesis PAH ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) dalam sedimen	38
8	Taksonomi organisma makrobenthos	43
9	Bilangan sepsis makrobenthos bagi setiap stesen	45
10	Spesis piawai bagi hidrokarbon (TAH) GC-FID (JICA)	64
11	Spesis piawai bagi hidrokarbon (PAH) GC-FID (JICA)	65

SENARAI GAMBARAJAH**MUKA SURAT**

1	Formula struktur alkana	6
2	Formula struktur alkena	6
3	Formula struktur benzene	7
4	Peta kawasan kajian, Sungai Kerteh, Terengganu Darul Iman	15
5	Lokasi stesen di kawasan kajian	16
6	Ringkasan tatacara Analisa hidrokarbon	17
7	Jumlah lipid ekstrak (TEL) dalam sedimen	30
8	Kepekatan jumlah spesis TAH dalam sedimen pada setiap stesen	31
9	Kepekatan jumlah sepsis PAH dalam sedimen pada setiap stesen	32
10	Kepekatan jumlah TAH dan PAH dalam sedimen pada setiap stesen	33
11	Kepekatan spesis TAH Stesen 1 dalam sedimen	39
12	Kepekatan spesis TAH Stesen 2 dalam sedimen	36
13	Kepekatan spesis TAH Stesen 3 dalam sedimen	36
14	Kepekatan spesis TAH Stesen 4 dalam sedimen	36
15	Kepekatan spesis TAH Stesen 5 dalam sedimen	37
16	Kepekatan spesis TAH Stesen 6 dalam sedimen	37
17	Kepekatan spesis PAH Stesen 1 dalam sedimen	39
18	Kepekatan spesis PAH Stesen 2 dalam sedimen	40
19	Kepekatan spesis PAH Stesen 3 dalam sedimen	40
20	Kepekatan spesis PAH Stesen 4 dalam sedimen	40
21	Kepekatan spesis PAH Stesen 5 dalam sedimen	41

22	Kepekatan spesis PAH Stesen 6 dalam sedimen	41
23	Perbandingan kepekatan jumlah TAH dan PAH dalam sedimen di setiap stesen	42
24	Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 1	46
25	Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 2	46
26	Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 3	46
27	Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 4	47
28	Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 5	47
29	Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 6	47
30	Perbandingan jumlah kepekatan hidrokarbon (TAH) dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen	48
31	Perbandingan jumlah kepekatan hidrokarbon (PAH) dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen	48
32	Perbandingan jumlah kepekatan TAH dan PAH dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen	49

SENARAI LAMPIRAN**MUKA SURAT**

1	Spesis piawai bagi hidrokarbon (TAH) GC-FID (JICA)	64
2	Spesis piawai bagi hidrokarbon (PAH) GC-FID (JICA)	65
3	Peralatan soxhlet	66
4	Peralatan penyejat berputar (rotary evaporator)	66
5	Peralatan pengering gas Nitrogen (blown down)	67
6	Peralatan kolum alumina dan silika gel	67
7	Peralatan kromatografi gas (GC-FID)	68
8	Diagram GC-FID	68

SENARAI SIMBOL

C	:	Karbon
H	:	Hidrogen
U	:	Utara
T	:	Timur
N ₂	:	Nitrogen
°C	:	Darjah selsius
%	:	Peratus
μ	:	Mikron
ml	:	Mililiter
g	:	Gram
ppm	:	Bahagian per juta
g.ml ⁻¹	:	Gram per milliliter
mg.l ⁻¹	:	Miligram per liter
μg.g ⁻¹	:	Mikron gram per gram
CH ₂ Cl ₂	:	Diklorometana
NaCl	:	Natrium klorida
Na ₂ SO ₄	:	Natrium sulfat

1.0 PENGENALAN

Sungai adalah salah satu daripada sumber air semulajadi utama di bumi ini selain daripada laut dan tasik. Sungai telah banyak memberikan sumbangan kepada organisma-organisma yang telah wujud sejak daripada awal pembentukan Bumi hinggalah ke hari ini. Pada peringkat awal kewujudan manusia, sungai merupakan sumber air minuman yang penting dan menyediakan sumber makanan yang terdiri daripada organisma akuatik seperti ikan dan udang. Secara tidak langsung, sungai juga telah membantu dalam pembentukan kehidupan manusia sehingga kini. Selaras dengan peredaran masa, sungai merupakan sumber air utama bagi aktiviti-aktiviti akuakultur yang berorientasikan air tawar, selain untuk kegunaan domestik dan aktiviti-aktiviti perindustrian.

Pada hari ini, akuakultur adalah aktiviti yang sangat digalakkan oleh Kerajaan Malaysia. Tindakan pihak kerajaan memberikan galakan kepada rakyat untuk bergiat dalam bidang akuakultur adalah untuk memastikan bekalan sumber protein utama, daripada organisma akuatik seperti ikan dan udang, sentiasa berada pada tahap optimum, iaitu dapat memenuhi permintaan pasaran tempatan dan antarabangsa. Ini juga merupakan salah satu daripada alternatif pihak kerajaan untuk tidak terlalu bergantung kepada sumber protein daripada laut memandangkan masalah-masalah seperti kepupusan spesis-spesis tertentu dan kemusnahan ekosistem laut akibat penggunaan alat-alat dan bahan-bahan kimia terlarang. Usaha ini, secara tidak langsung, akan dapat mengelakkan Malaysia daripada terlalu bergantung kepada hasil sumber protein yang diimport daripada luar negara, yang melibatkan kos yang tinggi.

Air sungai adalah terdiri daripada larian permukaan dan air tanah yang mengalir ke sungai-sungai kecil. Kandungan dalam air sungai termasuklah aktiviti, organisma dan bahan yang menyumbang kepada proses pemendakan, yang ditambah melalui penambahan bahan-bahan akibat hakisan tanah dan proses pelarutan bahan-bahan kimia semasa perjalanan melalui dan menembusi tanah, dan disusutkan melalui perpindahan bahan-bahan kimia oleh tumbuhan atau reaksi dengan unsur tanah. Namun begitu, pencemaran sungai yang kini berada pada tahap serius mengancam aktiviti akuakultur yang bergantung kepada sumber air dari sungai sepenuhnya. Clark (1986), menyatakan bahawa, pencemaran merupakan pengenalan bahan atau tenaga ke dalam persekitaran oleh manusia samada secara langsung atau tidak yang mengakibatkan kesan buruk ke atas kehidupan, kesihatan manusia, kerosakan terhadap kualiti air dan gangguan terhadap ketenangan alam sekitar. Hidupan air tidak akan dapat hidup di dalam air yang telah tercemar (Barlett, 1971).

Pencemaran air sungai pada masa kini berpunca daripada pembuangan sisa-sisa industri dan domestik. Tindakan yang tidak bertanggungjawab ini meninggalkan kesan negatif kepada sungai, terutamanya pada kandungan sedimen dasar sungai. Menurut Bryan (1976), aktiviti pembuangan sisa industri, pertanian, perlombongan, udara dan laut adalah merupakan punca kehadiran elemen kimia dalam sedimen. Kejadian ini turut mendatangkan kesan negatif kepada taburan organisma-organisma di dasar sungai seperti mikrobenthos. Ini adalah kerana, pada kepekatan tertentu, kandungan elemen kimia dalam sedimen dan mikrobenthos boleh menjadi toksik dan memudaratkan manusia. Selain daripada memberi kesan buruk kepada kesihatan manusia, bahan-bahan toksik ini

juga mengurangi kemampuan sistem air untuk membekalkan sumber protein yang murah untuk masyarakat tempatan (Ahmad dan Ahmad, 1992).

1.1 Objektif Kajian:

Tujuan kajian ini dijalankan adalah untuk mencapai objektif seperti berikut:

- 1) Mengkaji kesan kandungan hidrokarbon di dalam sedimen terhadap taburan makrobenthos di Sungai Kerteh.
- 2) Mengenalpasti komposisi hidrokarbon yang hadir dalam sedimen di Sungai Kerteh.
- 3) Mengenalpasti spesis-spesis hidrokarbon dan makrobenthos dalam sedimen di Sungai Kerteh.

2.0 ULASAN BAHAN RUJUKAN

2.1 Hidrokarbon

2.1.1 Ciri-ciri hidrokarbon

Hidrokarbon ialah sebatian organik yang paling mudah, yang mana hanya mengandungi unsur karbon (C) dan hidrogen (H) (Manahan, 1992). Hidrokarbon asalnya terjadi dalam petroleum, gas asli dan pasir tar. Ia boleh dihasilkan melalui proses 'pyrolysis' batu arang dan syel minyak atau melalui sintesis kimia H_2 dan CO.

Calvin (1970) menjelaskan bahawa hidrokarbon adalah bahan semulajadi yang berkelompok yang terbentuk dan bahannya sebahagian daripada sistem kehidupan semua evolusi biologi. Menurut Baum dan Hill (1993), hidrokarbon adalah kurang padat berbanding air dan ketumpatannya adalah kurang daripada 1.0 g.ml^{-1} .

Hidrokarbon tidak mempunyai bau, rasa dan warna. Hidrokarbon juga adalah merupakan pencemar primer yang penting (Hodgson, 1986). Menurut Wilson (1973), penyebaran semulajadi bahan hidrokarbon adalah berjulat antara 0.2 juta tan metrik hingga 6.0 juta tan metrik dalam masa setahun.

2.1.2 Pengelasan hidrokarbon

Menurut Manahan (1992), hidrokarbon boleh dikelaskan kepada lima kategori iaitu alkana, hidrokarbon non-aromatik tak tepu, hidrokarbon aromatik, hidrokarbon aromatik 'polycyclic', dan hidrokarbon campuran.

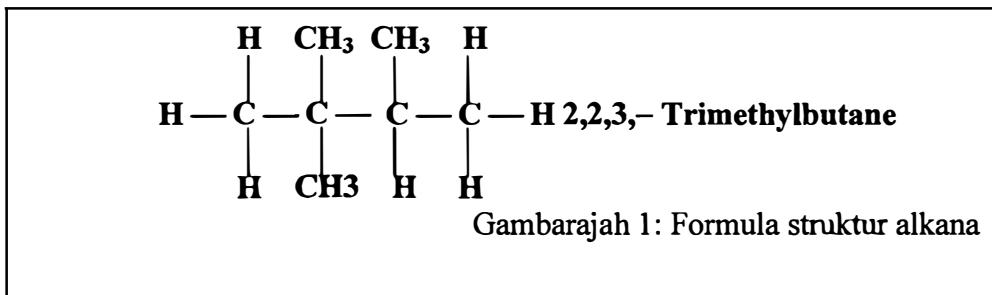
2.1.2.1 Alkana

Alkana juga dikenali sebagai 'paraffins' atau hidrokarbon alifatik. Ia adalah merupakan hidrokarbon yang mana atom-atom C-nya dihubungkan oleh ikatan-ikatan kovalen (ikatan sigma) yang mengandungi perkongsian dua elektron. Alkana boleh wujud sebagai rantaian lurus atau rantaian bercabang. Ia juga boleh wujud sebagai struktur-struktur 'cyclic', contohnya, cyclohexane (C_6H_{12}).

Formula molekul am untuk alkana rantaian lurus dan bercabang ialah C_nH_{2n+2} , manakala bagi alkana 'cyclic' ialah C_nH_{2n} . Nama-nama alkana yang mempunyai 1 hingga 10 atom karbon per molekul ialah metana (1), etana (2), propana (3), butana (4), pentana (5), heksana (6), heptana (7), oktana (8), nonana (9), dan dekana (10).

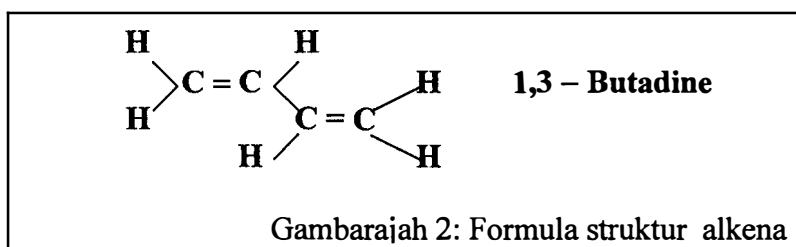
Tindak balas alkana terbahagi kepada dua kelas utama iaitu pengoksidaan dan penggantian. Tindak balas pengoksidaan menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), manakala tindak balas penggantian yang mana satu atau lebih atom H digantikan

oleh atom-atom elemen lain; selain daripada karbon dan hidrogen. Alkana menunjukkan tindak balas kimia yang rendah secara bandingan kerana ianya kurang toksik.



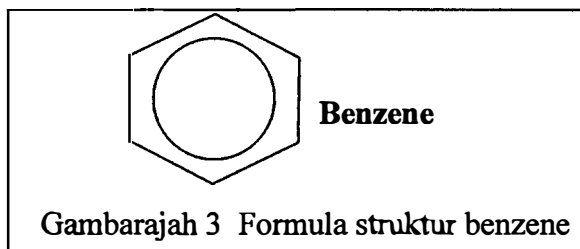
2.1.2.2 Hidrokarbon non-aromatik tak tepu

Hidrokarbon tak tepu, alkena atau ‘olefins’ mempunyai ikatan berganda, yang mana setiap satu melibatkan lebih daripada perkongsian dua elektron antara atom-atom karbon. Alkena mungkin melalui tindak balas penambahan, yang mana pasangan atom-atom ditambah pada ikatan-ikatan tak tepu. Tindak balas ini, yang tidak boleh berlaku pada alkana, menambah komposisi kimia, metabolik, keserbabolehan dan ketoksikan sebatian-sebatian yang mengandungi ikatan tak tepu. Menurut Clark (1992), semua hidrokarbon bukan aromatik dianggap sebagai komponen alifatik untuk membezakan dengan komponen aromatik.



2.1.2.3 Hidrokarbon aromatik

Hidrokarbon aromatik biasanya adalah sebatian-sebatian yang mengandungi 6-*membered* cecincin benzene. Walaupun ia tak tepu, ciri-ciri kimia dan kimia toksikologikalnya adalah sedikit berbeza daripada alkena. Tindak balas kimia toksikologikal sebatian aromatik yang paling penting ialah pengoksidaan metabolik benzene untuk membentuk satu 'epoxide' yang berkemungkinan bertindak balas dengan 'nucleophiles' sel, merosak atau memusnahkan sel tersebut.



2.1.2.4 Hidrokarbon aromatik 'polycyclic'

Hidrokarbon aromatik 'polycyclic' atau PAH adalah hidrokarbon yang mengandungi unsur-unsur karbon yang tinggi dan hidrogen yang rendah. Ia dibentuk melalui pembakaran tak lengkap hidrokarbon-hidrokarbon lain. Marty *et al.* (1978), menyatakan bahawa kebanyakan hidrokarbon aromatik adalah disebabkan oleh aktiviti anthropogenik, terutamanya komponen poli-aromatik. Hidrokarbon aromatik 'polycyclic' yang datang daripada beberapa sumber akan mendak ke dasar dengan sendirinya apabila berlaku keadaan yang sesuai, dan ini termasuklah hidrokarbon aromatik 'polycyclic' yang berada di perairan persekitaran secara planktonik. (Prahl dan Carpenter, 1984).

Benzo(a)pyrene adalah merupakan salah satu daripada kumpulan PAH yang kerap dikaji. Ia melalui proses 'epoxidation' metabolik dan penghidratan untuk membentuk produk metabolik (7,8-diol-9,10-*epoxide*) yang bersifat 'mutagenic' dan 'carcinogenic'.

Ciri-ciri toksikologik sebatian-sebatian PAH yang paling penting ialah, sesetengah daripada metabolitnya diketahui boleh mengakibatkan penyakit kanser.

2.1.3 Punca hidrokarbon

2.1.3.1 Sumber biogenik

Sumber biogenik ialah sumber-sumber yang diperolehi daripada persekitaran semulajadi. Olah *et al.* (1995) mengatakan bahawa, sumber hidrokarbon secara semulajadi terhasil daripada gas asli, minyak mentah dan arang batu.

2.1.3.2 Sumber anthropogenik

Sumber anthropogenik bagi hidrokarbon ialah punca-punca kemasukan logam berat dari luar ke persekitaran akibat daripada aktiviti-aktiviti manusia (Badri, 1988). Ini termasuklah aktiviti-aktiviti seperti pembuangan sisa domestik, sisa toksik dan sisa petrogenik ke persekitaran.

2.1.4 Kadar pencemaran

Pencemaran hidokarbon petroleum di perairan Malaysia kebanyakannya berpunca daripada operasi pengangkutan di laut terbuka. Biasanya, kandungan hidokarbon dalam air, sedimen dan mikrobenenthos adalah pada tahap yang minima. Oleh yang demikian, hidokarbon jarang memberikan kesan negatif kepada organisma.

Menurut Oppenheimer (1980), paras ketoksikan hidokarbon adalah pada tahap 0.1 ppm dan ianya memberikan kesan kepada ekosistem marin dengan merosakkan rantaian makanan ekosistem tersebut. Hidokarbon ini akan membentuk lapisan minyak yang tipis di permukaan air dan menghalang proses pertukaran gas, menyekat kemasukan cahaya dan seterusnya mnurunkan kadar fotosintesis oleh fitoplankton. Ia juga berupaya untuk memberi kesan toksik secara langsung kepada organisma akuatik.

Menurut Hyland dan Schneider (1976), had pencemaran (lethal effects) bagi organisma adalah dalam julat 1.0 mg.l^{-1} hingga 10 mg.l^{-1} . namun begitu, pada peringkat larva dan juvenil, julatnya adalah di antara 0.1 hingga 1.0 mg.l^{-1} . Menurut Richard (1980) pula, terdapat dua perkara yang mesti dipertimbangkan untuk menentukan kesan hidokarbon ke atas organisma hidup, iaitu kesan fizikal dan kesan kimikal.

2.2 Makrobenthos

2.2.1 Takrifan makrobenthos

Menurut Cummins (1975), benthos merujuk kepada haiwan yang tinggal di dasar perairan dan mempunyai pertumbuhan matang antara tiga hingga lima milimeter. Benthos boleh dikategorikan kepada dua bahagian iaitu epifauna dan infauna. Epifauna didefinisikan sebagai organisma yang tinggal di permukaan substrat manakala infauna didefinisikan sebagai organisma yang tinggal dalam substrat (Thorson, 1957). Sementara itu, Mare (1942) pula mengkategorikan benthos mengikut saiz, iaitu makrobenthos melebihi saiz kematangan satu milimeter dan meiobenthos yang mempunyai pertumbuhan kurang daripada 0.5 milimeter.

Benthos merupakan organisma yang penting dalam sesuatu kawasan perairan. Benthos amat penting sebagai sumber bekalan makanan kepada ikan, menguraikan bahan sisa organik dan tekanan persekitaran seperti pencemaran. Menurut Wilhm (1972), kepelbagaian sesuatu spesis benthos boleh digunakan sebagai petunjuk kepada pencemaran terhadap persekitaran.

2.2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi taburan makrobenthos

2.2.2.1 Fiziko-kimia air

Faktor fiziko-kimia air merupakan gabungan antara faktor fizikal dan faktor kimia air di mana ianya mempengaruhi taburan makrobenthos bagi sesuatu kawasan perairan. Menurut Tenore (1972), adalah sangat penting untuk menentukan perhubungan faktor fiziko-kimia seperti saiz partikel atau jenis sedimen dengan taburan komuniti makrobenthos. Sementara itu, Parker (1975) pula menyatakan, adalah penting untuk mengambil kira faktor-faktor seperti suhu, saliniti, oksigen terlarut dan pH dan di dasar kawasan kajian.

Saliniti boleh mempengaruhi taburan dan kepadatan benthos marin (Nicholas, 1970). Ini menyebabkan terdapat perbezaan ketara terhadap taburan benthos antara organisma benthos marin dengan air payau dan air tawar. Ini turut dipersetujui oleh Alexander (1983), yang menyatakan taburan makrobenthos berkurangan apabila berlakunya penurunan saliniti dalam sesuatu ekosistem muara yang mempunyai hubungkait dengan kadar biomassa.

Perubahan suhu yang ketara pada musim panas dan musim sejuk akan mempengaruhi taburan makrobenthos. Perubahan suhu ini akan menjejaskan proses respirasi metabolisme organisma benthos. Cummins (1975), menyatakan perubahan drastik terhadap pH akan menyebabkan oksigen terlarut berada di bawah 1 hingga 2

mg.L⁻¹, yang sekaligus menyebabkan struktur sedimen kurang baik, meningkatkan kandungan logam berat, menghasilkan pestisid ataupun organik yang toksid yang boleh mengakibatkan banyak spesis mati secara terus dengan perubahan persekitaran yang tidak sesuai dengan spesis makrobenthos.

Kepelbagaian dan taburan makrobenthos juga dipengaruhi oleh latitud, kedalaman keadaan persekitaran semulajadi, dan juga pengaruh ekologi seperti pemangsa dan persaingan antara spesis untuk menyesuaikan diri dengan keadaan persekitaran.

2.2.2.2 Jenis dan saiz substrat

Analisis sedimen adalah penting dalam kajian tentang organisma makrobenthos. Ini adalah kerana, sedimen memberi kesan terhadap taburan makrobenthos. Kadar biojisim dan keadaan struktur substrat mempunyai hubungan rapat dengan taburan dan kepadatan organisma benthos. Menurut Sanders (1958), saiz partikel substrat memainkan peranan penting dalam kecekapan mengikat bahan organik iaitu sumber makanan kepada organisma benthos.

2.2.2.3 Tabiat pemakanan

Faktor ini menyebabkan terdapat perubahan kepelbagaian spesis dalam komuniti benthos. Cummins (1975), telah mengkategorikan tabiat pemakanan makrobenthos kepada empat kumpulan utama iaitu, pemakan atau peragut rumput, karnivor, pemungut atau pengumpul, dan pemangsa. Faktor ini seterusnya memberikan kesan kepada taburan spesis makrobenthos dalam sesuatu ekosistem benthik.

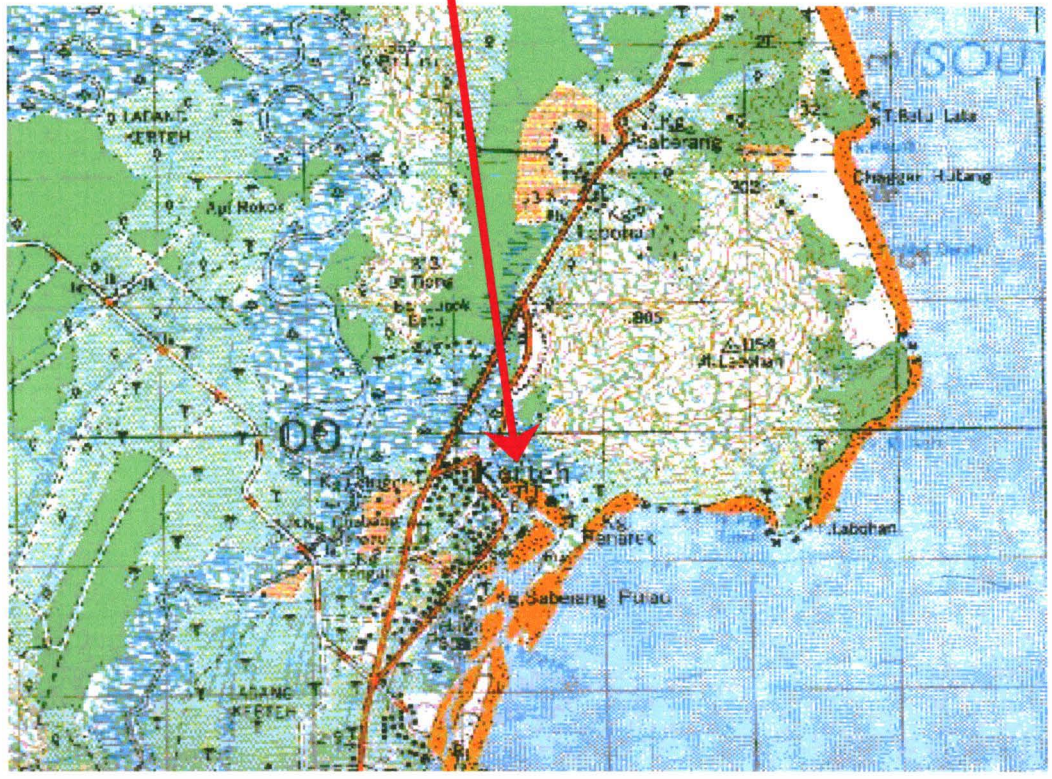
3.0 METODOLOGI

3.1 Lokasi kajian

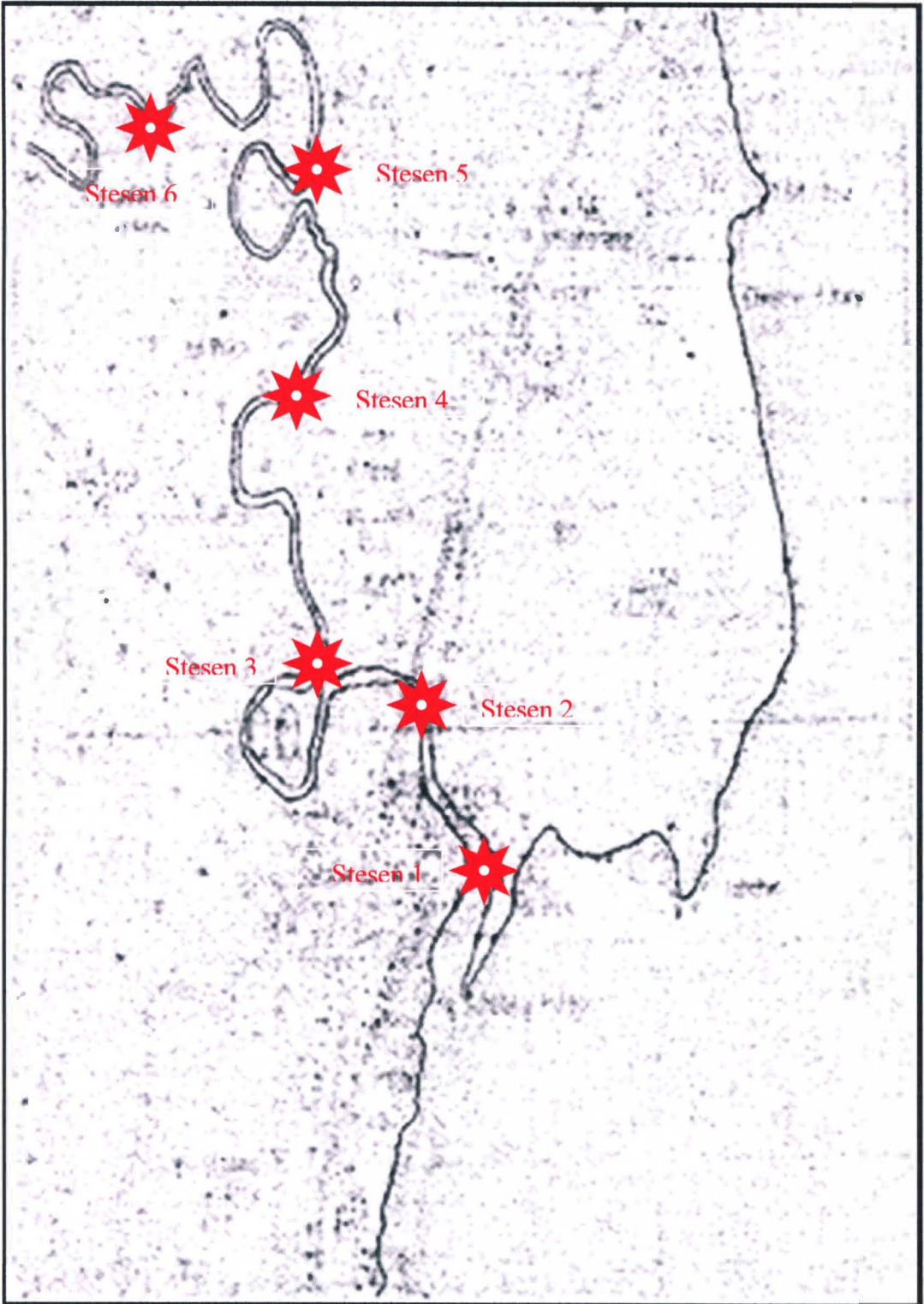
Kawasan yang telah dipilih untuk menjalankan kajian ini adalah bertempat di Sungai Kerteh, Kerteh, Terengganu Darul Iman (Gambarajah 4). Stesen kawasan kajian yang dilakukan adalah di sepanjang sungai tersebut. Kajian telah dilakukan di 6 stesen di lokasi yang telah dipilih (Gambarajah 5). Koordinat bagi setiap stesen kajian adalah seperti yang ditunjukkan pada Jadual 1.

Jadual 1: Koordinat stesen kajian

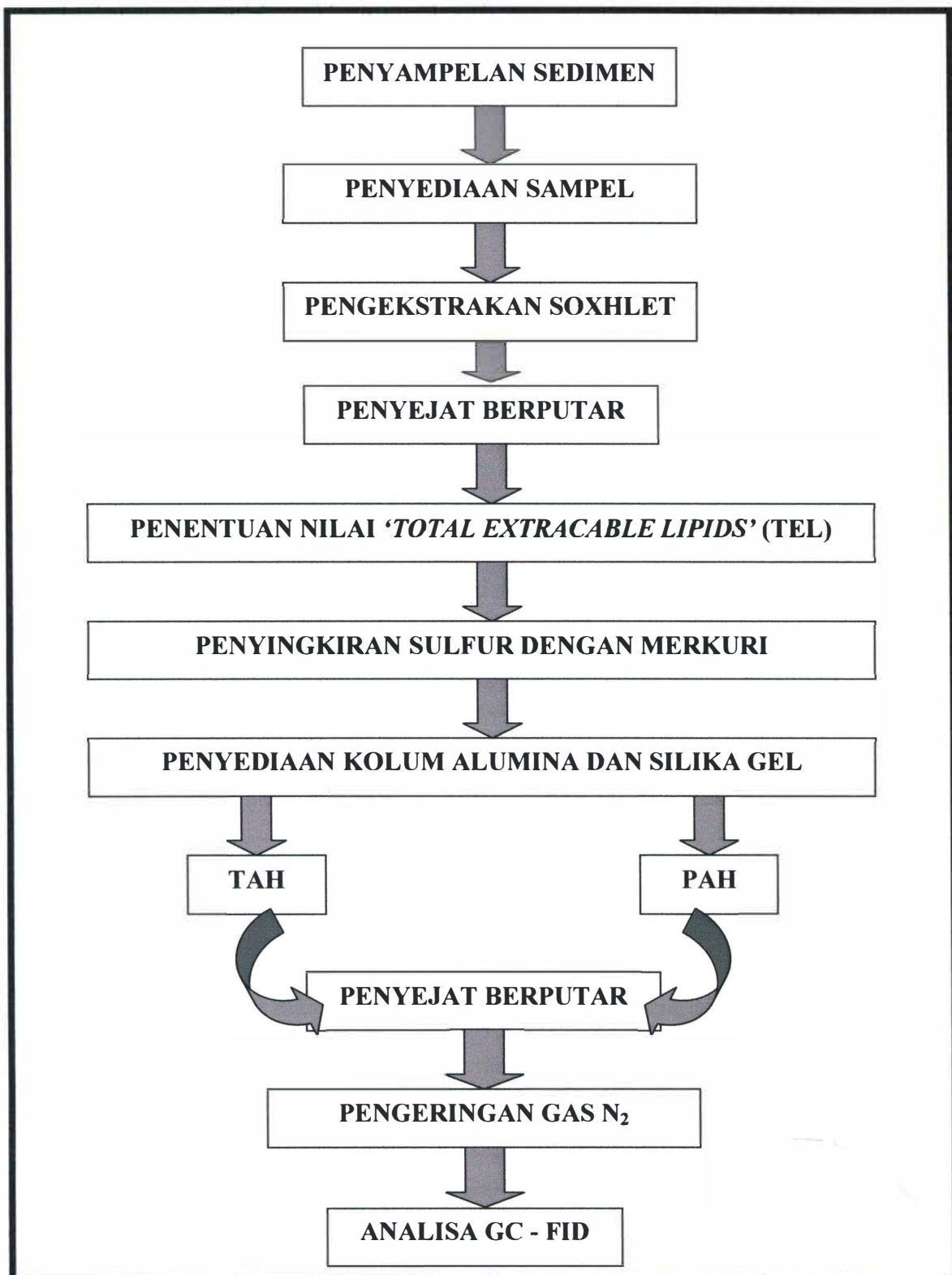
Stesen	Latitud	Longitud
1	04°30'57U	103 °27'20T
2	04°31'27U	103 °26'40T
3	04°31'38U	103 °26'32T
4	04 °32'04U	103 °26'31T
5	04 °33'58U	103 °26'01T
6	04 °32'43U	103 °25'35T



Gambarajah 4: Peta kawasan kajian, Sungai Kerteh, Terengganu Darul Iman



Gambarajah 5: Lokasi stesen di kawasan kajian



Gambarajah 6: Ringkasan tatacara Analisa hidrokarbon

3.2 Analisa hidrokarbon

3.2.1 Penentuan parameter air

Penentuan parameter air seperti suhu, saliniti, oksigen terlarut, pH dan kedalaman sungai dilakukan secara 'in-situ'. Alat yang digunakan untuk mengukur parameter air ialah Hydrolab (Model Data Sounde[®] 3). Hydrolab dimasukkan secara perlahan-lahan ke dalam air sehingga mencecah dasar sungai. Selepas lebih kurang satu minit, hydrolab ditarik semula ke atas juga dengan perlahan-lahan. Teknik ini dilakukan pada setiap stesen kajian yang telah ditetapkan. Ini adalah bertujuan untuk mendapatkan bacaan parameter air yang baik. Hydrolab seterusnya dibawa balik ke makmal dan data parameter air dianalisis dengan menggunakan komputer bagi mendapatkan bacaan parameter air yang dikehendaki.

3.2.2 Penyampelan sedimen

Sampel sedimen diambil dengan menggunakan pencengkau "Box Corer". Sampel sedimen yang telah diperolehi dibungkus dengan menggunakan kertas aluminium dan dimasukkan ke dalam bekas air batu. Sampel kemudiannya dibawa balik ke makmal untuk disejukkan sebelum proses pengekstrakan.

3.2.3 Penyediaan sampel sedimen

Sampel yang diperolehi dikeluarkan daripada peti sejuk untuk dinyahbekukan. Sampel sedimen kemudiannya dimasukkan ke dalam bekas kaca dan dikeringkan dengan menggunakan 'freeze drier' selama 48 jam. Kaedah ini digunakan untuk menyerap semua lembapan dan cecair pada sedimen. Sampel yang telah kering sepenuhnya akan ditumbuk dengan menggunakan lesung sehingga halus dan seterusnya diayak dengan menggunakan pengayak bersaiz 250 μ . Ini adalah bertujuan untuk mendapatkan saiz sampel sedimen yang sesuai dan bebas daripada kotoran terampai. Setelah diayak, sampel disimpan dalam bekas yang kering dan ditutup.

3.2.4 Pengekstrakan soxhlet

Sebelum sampel sedimen, peralatan soxhlet akan dibersihkan melalui teknik 'pre-clean'. Peralatan soxhlet akan dibasuh dengan menggunakan 'decon' dan dikeringkan dalam oven. Setelah dikeluarkan dari oven, jidal (cellulose extraction thimble) dimasukkan. Kemudian 200 ml hexane dan beberapa ktul batu didih dimasukkan ke dalam kelalang bulat. Alat pemanas dihidupkan dan suhunya dikawal. Proses 'pre-clean' akan berjalan selama 8 jam.

Sebanyak 10-20 g berat kering sampel ditimbangkan dan dimasukkan ke dalam jidal. Kemudian sebanyak 250 ml campuran 'solvent' 50%:50% [Diklorometana (CH_2CL_2) : n-hexane] dimasukkan ke dalam kelalang bulat.

Suntikan sebanyak 50 μl (internal standard) dimasukkan ke dalam setiap kelalang bulat yang mengandungi 250 ml campuran 'solvent', kemudian beberapa ketul batu didih dimasukkan ke dalamnya. Semua set pengekstrakan soxhlet serta kelalang bulat diletakkan di atas alat pemanas. Sebelum memanaskan kelalang bulat, aliran air sejuk ke set pengekstrakan dipastikan telah dipasangkan.

Proses pengekstrakan soxlet ini dijalankan selama 8 hingga 16 jam. Set ini dibiarkan sejuk buat seketika apabila pengekstrakan ini selesai.

3.2.5 Penentuan Nilai 'Total Extracable Lipids' (TEL)

Sebatian saponifikasi dimasukkan ke dalam corong pemisah. Pengekstrakan dijalankan sebanyak tiga kali dengan menggunakan larutan heksana. Pengekstrakan yang pertama dijalankan dengan menggunakan 90 ml heksana yang dicampur dengan 5 ml NaCl, manakala pengekstrakan yang kedua dan ketiga dijalankan dengan menggunakan 50 ml heksana. Ketiga-tiga hasil ekstrak disatukan dan dimasukkan ke dalam kelalang bulat 250 ml. Lapisan air disimpan untuk analisa lipid.

Pelarut dikeringkan hingga menjadi lebih kurang 5ml dengan menggunakan penyejat berputar (rotary evaporator). Kemudian sampel itu dipindahkan ke dalam 'teflon capline vial' (7 ml) dengan menggunakan pipet. 'Vial' berserta dengan penutupnya dipastikan ditimbang terlebih dahulu sebelum sampel dipindahkan ke dalamnya.

Seterusnya, sampel di dalam 'vial' itu dikeringkan dengan menggunakan gas nitrogen (N_2) sehingga kering. Penentuan nilai TEL dapat dilakukan dengan menolak nilai berat akhir 'vial' selepas pengeringan dengan nilai awal berat 'vial' ('vial' kosong) tersebut.

3.2.6 Penyingkiran elemen sulfur dengan merkuri

Penyingkiran elemen sulfur dilakukan dengan menggunakan bahan merkuri. Ini adalah kerana, unsur sulfur akan menyebabkan berlakunya gangguan ketika analisa kromatografi gas (GC) dijalankan.

Sampel di dalam vial yang telah dikeringkan dengan menggunakan gas nitrogen akan dipindahkan ke dalam tabung uji yang kering dan bersih. Larutan hexane akan ditambah sedikit demi sedikit ke dalam tabung uji yang berisi sampel sehingga ianya mencapai 10 ml. Kemudian, sebanyak 50 μ l merkuri (Hg) akan disuntik ke dalam tabung uji tersebut dengan menggunakan 'syringe' 100 μ l.

Tabung uji yang berisi campuran itu akan digoncang dengan menggunakan 'shaker' selama kira-kira 1 minit. Sekiranya tiada perubahan yang berlaku, seterusnya sampel akan dipindahkan ke dalam vial 7 ml dan dikeringkan sekali lagi menggunakan pengering gas nitrogen.

3.2.7 Penyediaan kolum alumina dan silika gel

Pengasingan hidrokarbon alifatik (TAH) dan hidrokarbon aromatik (PAH) dilakukan dengan menggunakan kaedah kolum alumina dan silika gel. Buret digunakan sebagai turus kromatografi bagi proses ini. Kolum ini juga perlu dibilas terlebih dahulu dengan menggunakan aseton dan hexane untuk membersihkannya. 'Teflon Capcock' pada kolum dipastikan ditutup.

Lebih kurang 10 ml larutan n-hexane dimasukkan ke dalam buret tersebut. Kemudian sedikit kapas kaca yang telah digumpal kecil dimasukkan ke dalam buret tersebut. Gelembung udara dipastikan tiada di celah-celah kapas kaca tersebut. Seterusnya, 10 ml serbuk silika gel yang telah diaktifkan dengan 5% air suling disukat dengan menggunakan silinder penyukat. Kemudian serbuk silika itu dituangkan ke dalam bikar kecil dan larutan hexane dimasukkan ke dalamnya.

Selepas itu, campuran silika gel dengan larutan hexane dimasukkan ke dalam kolum tersebut dan dipastikan bahawa tiada gelembung udara yang terperangkap di dalamnya. Kemudian, 10 ml serbuk alumina yang telah diaktifkan dengan menggunakan 5% air suling disukat dengan menggunakan silinder penyukat dan dimasukkan ke dalam kolum pemisahan tersebut. Dipastikan juga bahawa tiada gelembung udara yang terperangkap di dalamnya. Sedikit Na_2SO_4 dimasukkan ke dalam kolum untuk menyerap air daripada sampel. Seterusnya, sampel daripada 'vial' dimasukkan ke dalam kolum silika dan alumina tersebut. Sampel dituangkan ke dalam kolum dengan perlahan.

Pengasingan hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon aromatik dilakukan dengan membenarkan sampel melalui lapisan silika dan alumina tersebut. Sebanyak 20 ml larutan hexane digunakan untuk mengasingkan hidrokarbon alifatik (TAH) dan 35 ml campuran 50% larutan hexane dengan 50% larutan diklorometana digunakan untuk mengasingkan hidrokarbon aromatik.

Hasil daripada bahagian pertama menggunakan 20 ml hexane akan dikumpulkan ke dalam kelalang bulat dan ini merupakan bahagian hidrokarbon alifatik (TAH). Manakala 35 ml campuran larutan seterusnya merupakan bahagian hidrokarbon aromatik (PAH). Kemudian, hasil daripada kedua-dua bahagian itu akan dikeringkan menggunakan penyejat berputar sehingga menjadi 3 ml dan kemudiannya dipindahkan ke dalam 'vial' 7 ml. Sampel ini kemudiannya dikeringkan sehingga menjadi 1 ml dengan menggunakan gas N₂. Sampel yang telah dikeringkan ini telah sedia untuk disuntik ke dalam GC.

3.2.8 Analisa kromatografi gas

Kromatografi gas yang mempunyai pengesan FID digunakan. Alat kromatografi disuntik dengan larutan heksanan sebanyak 1 μl untuk membersihkan kolom. Sampel piawai disuntik untuk TAH dan PAH dan dilakukan secara berasingan.

Kemudian, sampel disuntik sebanyak 1 hingga 2 μl heksana ke dalam kolom GC. Kaedah yang digunakan ialah HCUM-M yang mempunyai suhu awal oven 50°C dan suhu akhir 290°C. Kadar kenaikan suhu dikesan sebanyak 5°C setiap minit hingga mencapai 140°C dan seterusnya 3°C sehingga mencapai suhu akhir. Masa keseluruhan yang digunakan untuk satu sampel adalah selama 89 minit.

3.2.9 Ujian pengkosong dan ketepatan analisa

Sampel pengkosong disediakan seperti sampel sebenar. Ini bertujuan untuk memastikan penyediaan sampel dan analisa GC tidak tercemar. Tiada sebarang bacaan diperolehi untuk ujian ini.

Ujian ketepatan analisa dijalankan dengan menggunakan SRM (Standard Reference Materials 1941) atau bahan rujukan piawai yang dikeluarkan oleh Instituti Piawai dan Teknologi Nasional (NIST). Tujuan ujian ini adalah untuk memastikan proses pengekstrakan adalah tepat dan menguji ketepatan analisa GC.

3.3 Analisa Makrobenthos

3.3.1 Penyampelan Makrobenthos

Penyampelan makrobenthos dilakukan dengan menggunakan pencengkau Ekman. Alat ini sesuai untuk digunakan disebabkan kebanyakan organisma makrobenthos berada antara 2 hingga 10 cm di dalam sedimen (Downing, 1984). Sampel sedimen yang telah diambil akan dibalut dengan menggunakan kertas aluminium dan dimasukkan ke dalam bekas plastik yang sesuai. Ini bertujuan untuk menghalang cahaya berlebihan yang boleh menyebabkan terjadinya proses metabolisma. Sampel kemudiannya akan dibawa ke makmal untuk proses pengekstrakan.

3.3.2 Pengenalpastian Spesis

Sampel yang telah diperolehi akan dimasukkan ke dalam sebuah bekas plastik bagi tujuan pengekstrakan. Sedikit larutan formalin 10% akan dimasukkan ke dalam bekas plastik yang berisi sampel. Bendasing seperti kayu dan daun akan dibuang untuk memudahkan proses pengenalpastian spesis makrobenthos. Kemudian, sampel tersebut akan diayak dengan menggunakan pengayak bersaiz 250 mikron. Setelah itu, organisma makrobenthos akan diasing dan dikenalpasti dengan menggunakan mata kasar atau mikroskop.

4.0 KEPUTUSAN

4.1 Fiziko-kimia air

Jadual 2: Data parameter air daripada Hydrolab

Stesen	Suhu (°C)	pH	Kedalaman (m)	Saliniti (ppt)	Oksigen terlarut (mg.l ⁻¹)
1	26.27	5.8	1	0.53	4.9
	26.27	5.76	2	0.53	3.83
	26.27	5.78	3	0.57	3.72
2	26.41	5.79	1	0.53	3.8
	26.11	6.47	2	0.56	3.81
3	26.19	5.77	1	0.21	3.64
	26.25	5.76	2	0.23	4.72
	26.23	5.69	5	0.26	3.95
4	26.1	6.2	1	0.05	4.17
	26.14	5.88	2	0.06	3.56
	26.13	5.98	3	0.06	2.94
5	26.03	5.55	1	0.03	3.41
	26.03	5.5	2	0.03	3.47
	26.03	5.45	4	0.03	3.41
6	26	5.41	1	0.01	3.45
	26	5.41	2	0.01	3.61
	26	5.45	4	0.01	3.51
	26	5.45	5	0.01	3.43

4.1.1 Faktor fizikal

Melalui data parameter air yang diperolehi daripada Jadual 2, didapati suhu air di stesen-stesen kajian berjulat antara 26.0°C hingga 26.41°C . Suhu yang paling tinggi dicatatkan di Stesen 2 iaitu 26.41°C , manakala suhu yang paling rendah dicatatkan di Stesen 5 iaitu 26.0°C . Sementara itu, bagi parameter kedalaman pula berjulat antara 1 hingga 5 meter dimana Stesen 6 mencatatkan kedalaman yang paling dalam.

Bagi parameter saliniti pula, berjulat antara 0.01 ppt hingga 0.57 ppt. Stesen 1 mencatatkan saliniti yang paling tinggi iaitu 0.57 ppt, manakala Stesen 6 mencatatkan saliniti yang paling rendah iaitu 0.01 ppt.

4.1.2 Faktor kimia

Melalui data parameter air yang diperolehi daripada Jadual 2 juga, didapati pH berjulat antara 5.41 hingga 6.42. Stesen 2 mencatatkan nilai pH yang paling tinggi iaitu 6.42, manakala Stesen 6 mencatatkan nilai pH yang paling rendah iaitu 5.41.

Sementara itu, bagi parameter oksigen terlarut pula didapati berjulat antara 2.94 mg.l^{-1} hingga 4.72 mg.l^{-1} . Stesen 3 mencatatkan bacaan kandungan oksigen terlarut yang paling tinggi iaitu 4.72 mg.l^{-1} , manakala Stesen 4 mencatatkan bacaan kandungan oksigen terlarut yang paling rendah iaitu 2.94 mg.l^{-1} .

4.2 Jumlah Lipid Ekstrak (Total Extractable Lipids)

Menerusi kajian, adalah didapati bahawa berat jumlah lipid ekstrak (Total Extractable Lipids) selepas proses pengekstrakan soxhlet adalah berjulat antara 0.094 g hingga 0.0709 g (Jadual 3).

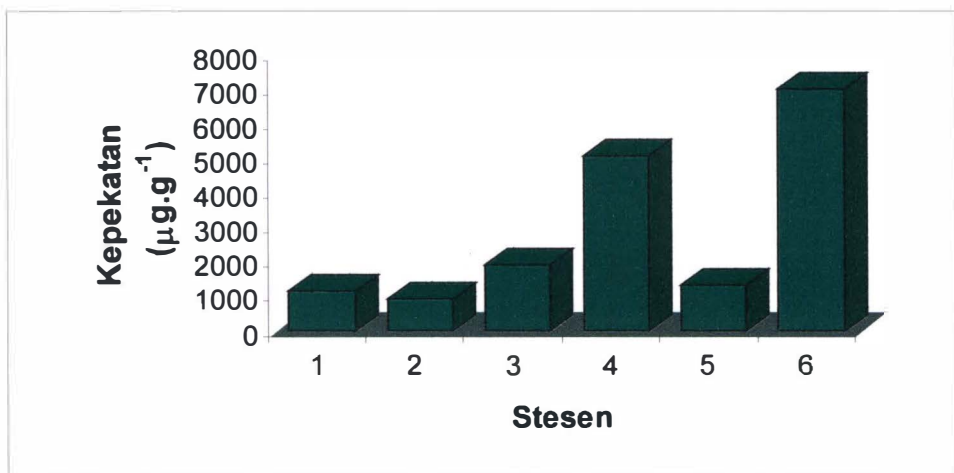
Jadual 3: Nilai berat jumlah lipid ekstrak (TEL)

Stesen	Berat awal vial, a (g)	Berat akhir vial, b (g)	Berat TEL, (b-a) (g)
1	7.4235	7.4355	0.0120
2	7.5167	7.5261	0.0094
3	7.4850	7.5045	0.0195
4	7.6159	7.6676	0.0515
5	7.4979	7.5117	0.0138
6	7.6460	7.7169	0.0709

Melalui kajian, adalah didapati bahawa jumlah lipid ekstrak (TEL) dalam sedimen adalah berjulat antara $933.1877 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga $7049.1151 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Jadual 4). Kandungan jumlah lipid ekstrak yang paling tinggi didapati di Stesen 6 iaitu $7049.1151 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, manakala kandungan jumlah lipid ekstrak yang paling rendah didapati di Stesen 2 iaitu $933.1877 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Gambarajah 7).

Jadual 4: Jumlah lipid ekstrak (TEL) dalam sedimen

Stesen	Berat TEL (g)	Berat sedimen (g)	Jumlah lipid (TEL)($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
1	0.0120	10.056	1193.3174
2	0.0094	10.073	933.1877
3	0.0195	10.048	1940.6847
4	0.0517	10.097	5120.3328
5	0.0138	10.082	1368.7760
6	0.0709	10.058	7049.1151

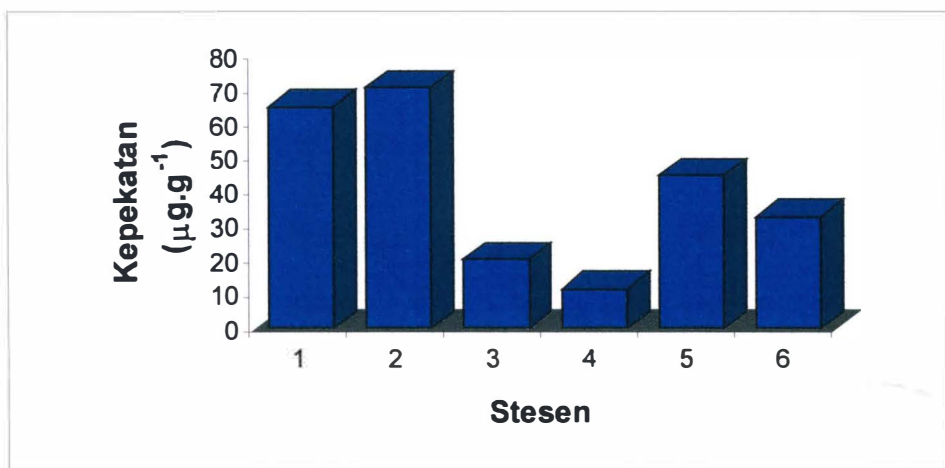


Gambarajah 7: Jumlah lipid ekstrak (TEL) dalam sedimen

Bagi sedimen, kepekatan jumlah hidrokarbon terbahagi kepada dua iaitu spesis TAH dan spesis PAH. Bagi spesis TAH, kepekatan jumlah TAH didapati berjulat antara 11.43 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ berat kering hingga 70.65 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ berat kering (Jadual 5). Kepekatan jumlah TAH yang paling tinggi didapati di Stesen 2 iaitu 70.65 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ berat kering, manakala kepekatan jumlah TAH yang paling rendah didapati di Stesen 4 iaitu 11.43 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ berat kering (Gambarajah 8).

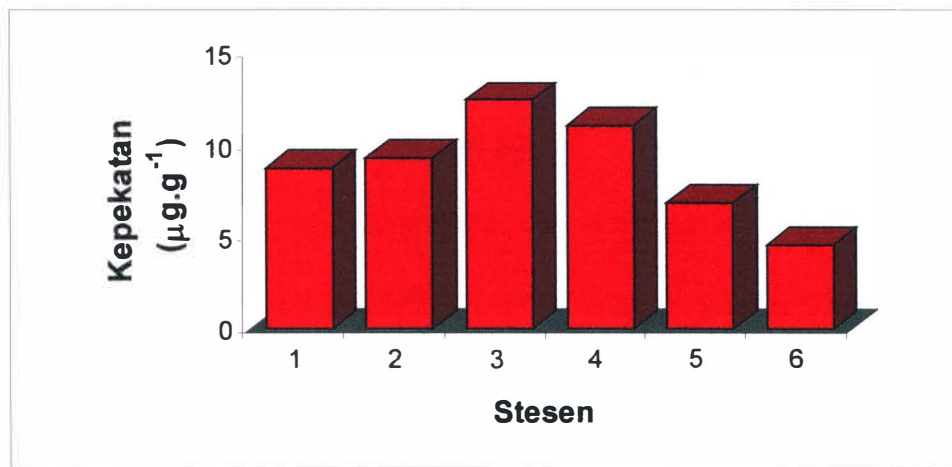
Jadual 5: Kepekatan jumlah TAH dan PAH dalam sedimen

Stesen	TAH ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	PAH ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Jumlah ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
1	65.00	8.75	76.71
2	70.65	9.30	79.95
3	19.78	12.41	32.19
4	11.43	11.06	22.49
5	44.66	6.89	51.55
6	32.67	4.59	37.26



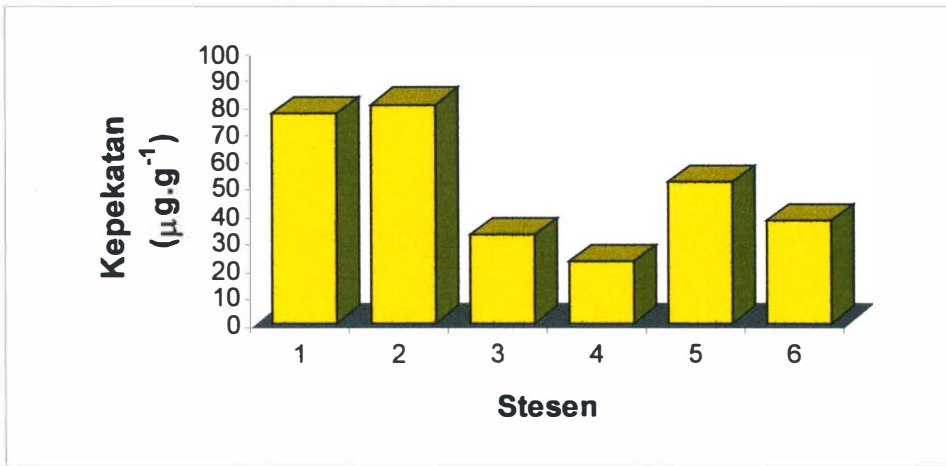
Gambarajah 8: Kepekatan jumlah spesis TAH dalam sedimen pada setiap stesen

Bagi spesis PAH pula, kepekatan jumlah PAH didapati berjulat antara $4.59 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga $12.41 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Jadual 5). Kepekatan jumlah PAH yang tertinggi didapati di Stesen 3 iaitu $12.41 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat keing, manakala kepekatan jumlah PAH yang paling rendah didapati di Stesen 6 iaitu $4.59 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Gambarajah 9).



Gambarajah 9: Kepekatan jumlah spesis PAH dalam sedimen pada setiap stesen

Melalui Jadual 5 juga, didapati kepekatan jumlah TAH dan PAH adalah berjulat antara $22.49 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga $79.95 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Kepekatan jumlah TAH dan PAH yang paling tinggi didapati di Stesen 2 iaitu $79.95 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, manakala kepekatan jumlah TAH dan PAH yang paling rendah didapati di Stesen 4 iaitu $22.49 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Gambarajah 10).



Gambarajah 10: Kepekatan jumlah hidrokarbon (TAH dan PAH) dalam sedimen pada setiap stesen

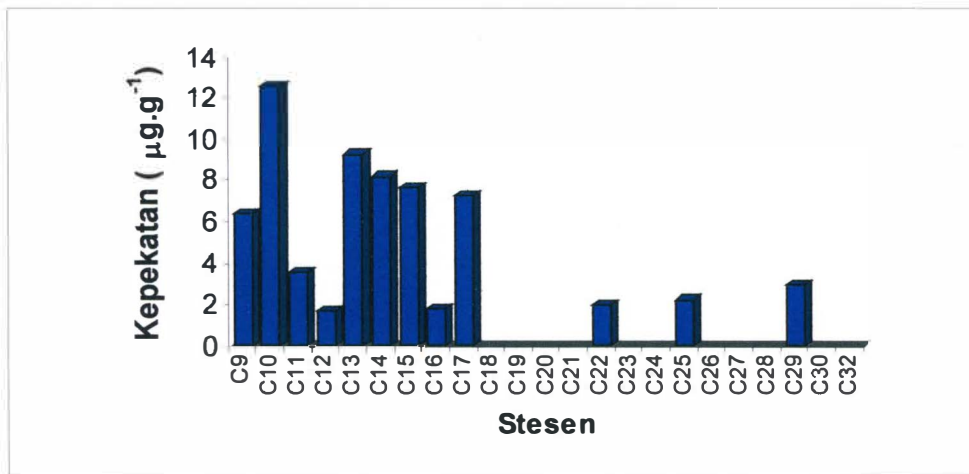
4.3 Kandungan dan kepekatan spesies TAH (Total Aliphatic Hydrocarbon) dalam sedimen

Menerusi keputusan, didapati bahawa hidrokarbon spesies TAH yang terdapat di semua stesen yang diuji adalah daripada spesies C₉ hingga C₃₂ (Jadual 6). Spesies yang paling dominan ialah C₁₆, manakala spesies yang paling sedikit ialah C₉, C₂₃, C₂₅, C₂₇ dan C₂₉. Kepekatan spesies TAH yang paling tinggi di dalam sedimen ialah 12.52 µg.g⁻¹ berat kering, iaitu spesies C₁₀ di Stesen 2. Kepekatan spesies TAH yang paling rendah di dalam sedimen ialah 0.84 µg.g⁻¹ berat kering, iaitu spesies C₁₆ di Stesen 4.

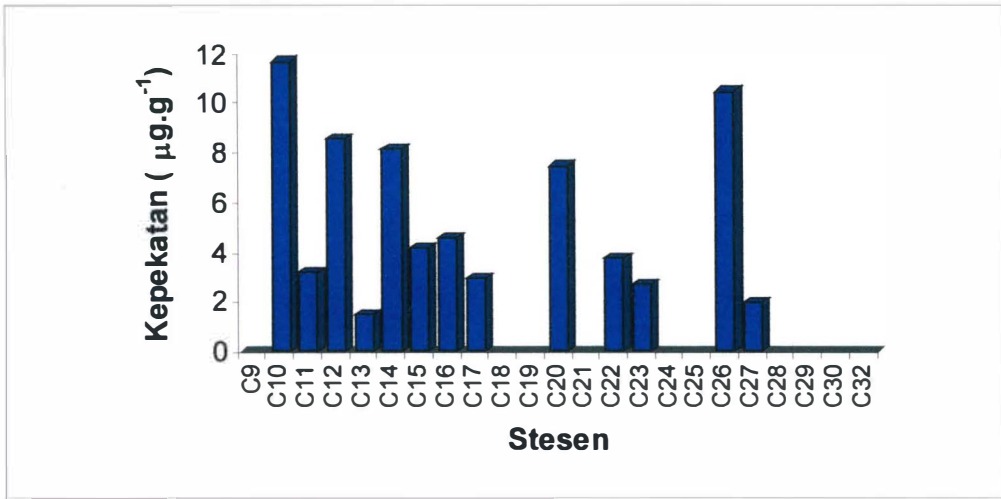
Jadual 6: Kepekatan spesies TAH (µg.g⁻¹) dalam sedimen

Spesies	Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3	Stesen 4	Stesen 5	Stesen 5
C ₉	6.31					
C ₁₀	12.52	11.63				
C ₁₁	3.51	3.18				
C ₁₂	1.67	8.50			5.66	1.14
C ₁₃	9.19	1.47				
C ₁₄	8.12	8.09			1.08	
C ₁₅	7.56	4.13				
C ₁₆	1.79	4.54	3.79	0.84	1.74	1.85
C ₁₇	7.21	2.92				
C ₁₈						
C ₁₉						
C ₂₀		7.40		4.53	6.15	1.17
C ₂₁			2.58		5.46	
C ₂₂	1.94	3.72			5.71	4.79
C ₂₃		2.68				
C ₂₄			5.54	1.46	2.43	4.90
C ₂₅	2.22					
C ₂₆		10.41	2.88	1.62	6.05	7.17
C ₂₇		1.98				
C ₂₈				7.69		6.90
C ₂₉	2.96					
C ₃₀			2.53	1.47	6.67	2.70
C ₃₂			2.47	1.49	3.69	2.04
Jumlah	65.00	70.65	19.78	11.43	44.66	32.67

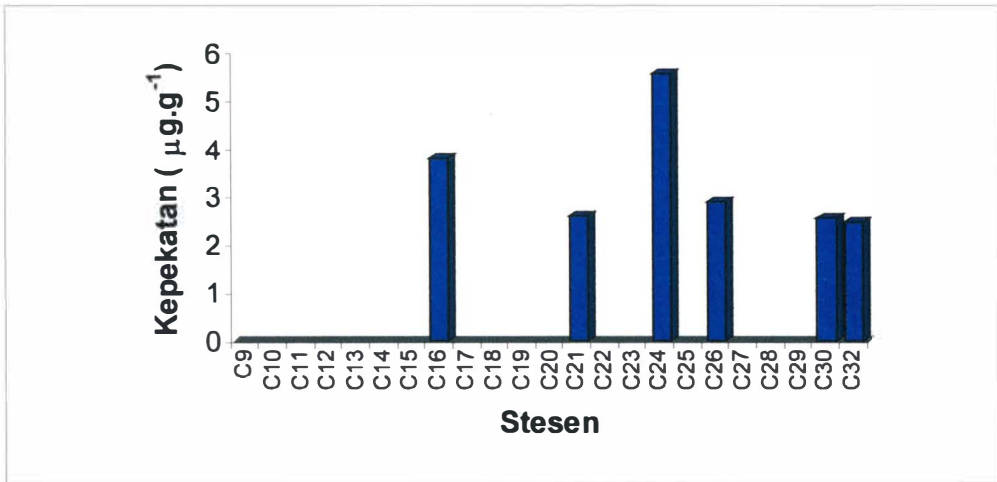
Stesen 1 mempunyai 12 spesis iaitu C₉, C₁₀, C₁₁, C₁₂, C₁₃, C₁₄, C₁₅, C₁₆, C₁₇, C₂₂, C₂₅ dan C₂₉ (Gambarajah 11). Stesen 2 pula mempunyai bilangan spesis yang paling banyak iaitu sebanyak 13 spesis. Spesis-spesis tersbu adalah C₁₀, C₁₁, C₁₂, C₁₃, C₁₄, C₁₅, C₁₆, C₁₇, C₂₀, C₂₂, C₂₃, C₂₆ dan C₂₇ (Gambarajah 12). Stesen 3 mempunyai 6 spesis iaitu C₁₆, C₂₁, C₂₄, C₂₆, C₃₀ dan C₃₂ (Gambarajah 13). Stesen 4 mempunyai 7 spesis iaitu C₁₆, C₂₀, C₂₄, C₂₆, C₂₈, C₃₀ dan C₃₂ (Gambarajah 14). Stesen 5 pula mempunyai 10 spesis iaitu C₁₂, C₁₄, C₁₆, C₂₀, C₂₁, C₂₂, C₂₄, C₂₆, C₃₀ dan C₃₂ (Gambarajah 15). Sementara itu, Stesen 6 mempunyai 9 spesis iaitu C₁₂, C₁₆, C₂₀, C₂₂, C₂₄, C₂₆, C₂₈, C₃₀ dan C₃₂ (Gambarajah 16).



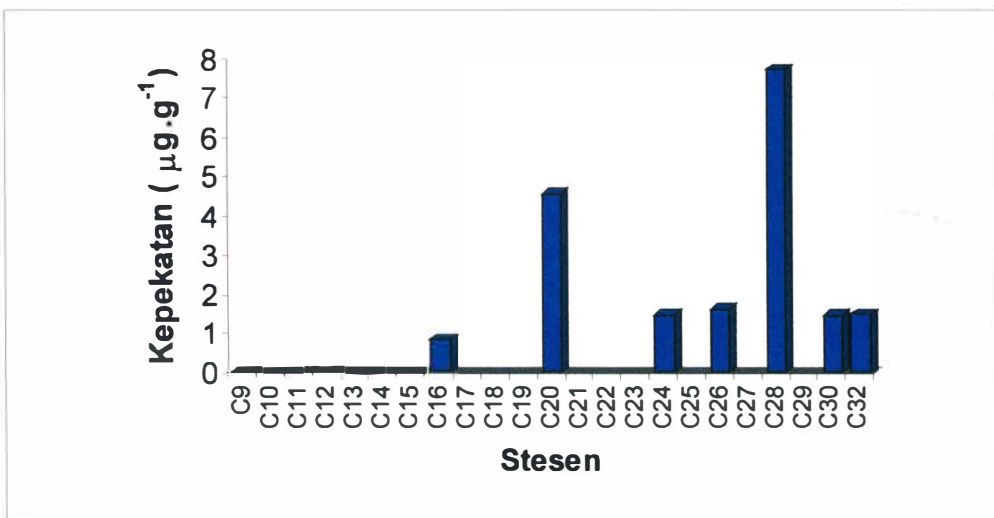
Gambarajah 11: Kepekatan spesis TAH Stesen 1 dalam sedimen



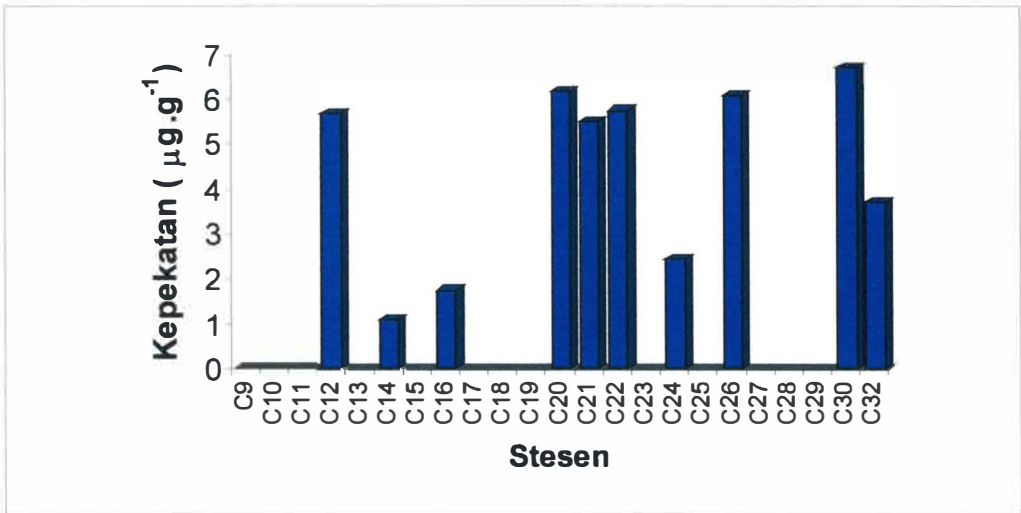
Gambarajah 12: Kepekatan spesis TAH Stesen 2 dalam sedimen



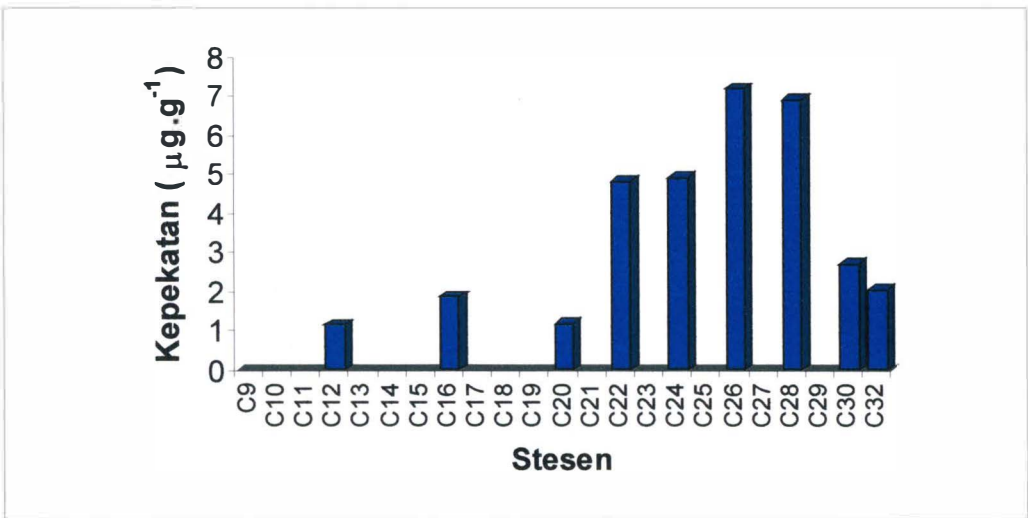
Gambarajah 13: Kepekatan spesis TAH Stesen 3 dalam sedimen



Gambarajah 14: Kepekatan spesis TAH Stesen 4 dalam sedimen



Gambarajah 15: Kepekatan spesis TAH Stesen 5 dalam sedimen



Gambarajah 16: Kepekatan spesis TAH Stesen 6 dalam sedimen

4.4 Kandungan dan kepekatan spesis PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) dalam sedimen

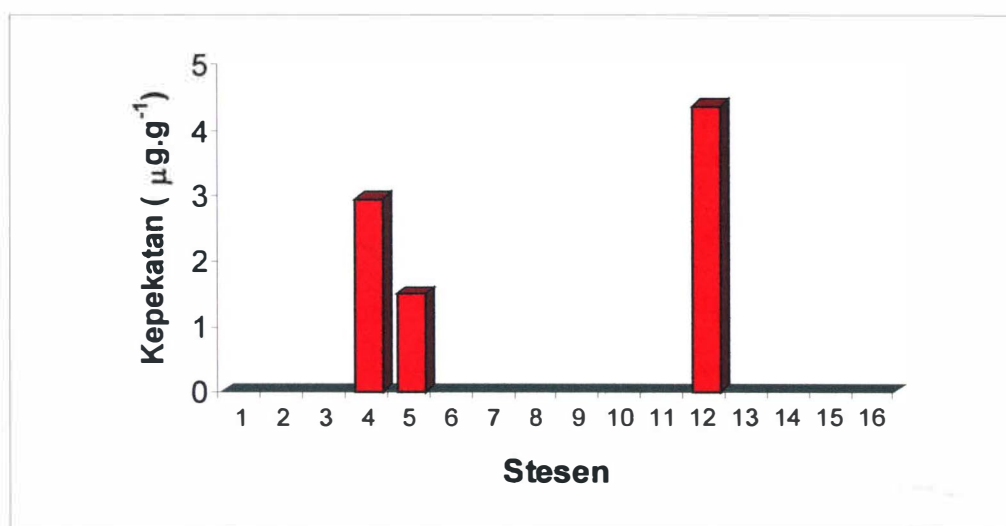
Melalui keputusan, didapati spesis PAH yang paling dominan ialah phenanthrene kerana ia terdapat pada lima daripada enam stesen (Jadual 7). Spesis PAH yang paling sedikit ialah acenaphthylene, flourene, benz[a]anthracene, chrysene dan benzo[k]flouranthene. Kepekatan spesis PAH yang paling tinggi dalam sedimen ialah $5.90 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, iaitu spesis phenanthrene di Stesen 2. Kepekatan spesis PAH yang paling rendah dalam sedimen ialah $0.74 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, iaitu spesis benzo[g,h,i]perylene di Stesen 5.

Jadual 7: Kepekatan spesis PAH ($\mu\text{g.g}^{-1}$) dalam sedimen

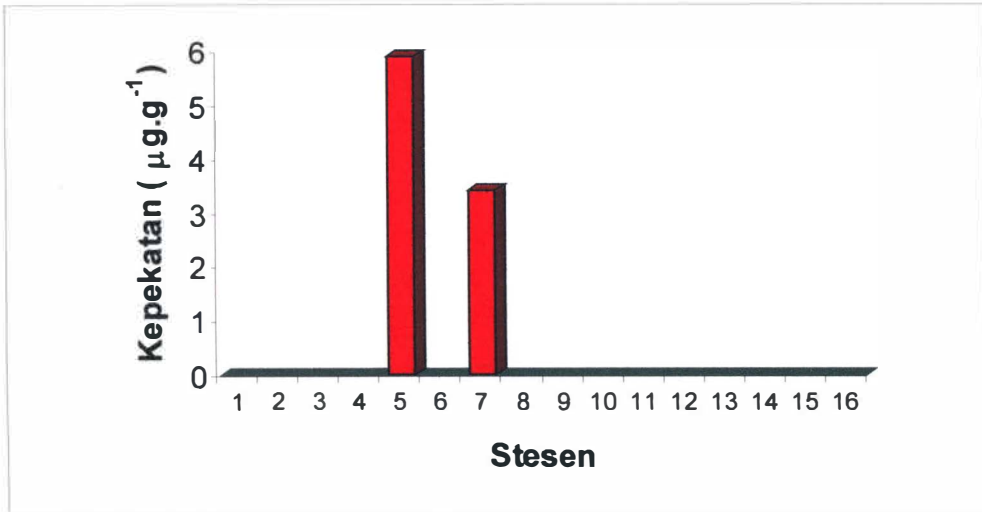
Spesis*	Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3	Stesen 4	Stesen 5	Stesen 6
1						
2						1.02
3			2.72			0.75
4	2.93					
5	1.48	5.90	2.35		0.85	1.99
6						
7		3.40	0.93	1.01		
8						
9					2.80	
10				4.72		
11						
12	4.34					
13			4.56	0.92	1.38	0.82
14			0.96	3.26	1.13	
15						
16			0.89	1.15	0.74	
Jumlah	8.75	9.30	12.41	11.06	6.89	4.59

*Sila rujuk Lampiran 2

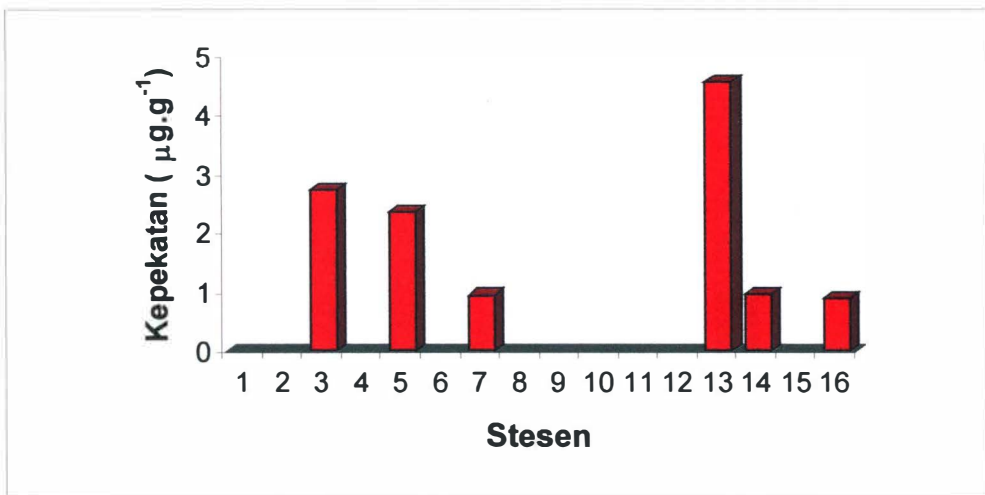
Stesen 1 mempunyai 3 spesis iaitu flourene, phenanthrene dan benzo[k]flourene (Gambarajah 17). Stesen 2 mempunyai 2 spesis iaitu phenanthrene dan flouranthene (Gambarajah 18). Stesen 3 mempunyai bilangan spesis PAH yang paling banyak iaitu 6 spesis. Spesis-spesis tersebut ialah acenaphthene, phenanthrene, flouranthene, benzo[a]pyrene, indeno[1,2,3,cd]pyrene dan benzo[g,h,i]perylene (Gambarajah 19). Stesen 4 pula mempunyai 5 spesis iaitu flouranthene, chrysene, benzo[a]pyrene, indeno[1,2,3,cd]pyrene dan benzo[g,h,i]perylene (Gambarajah 20). Sementara itu, Stesen 5 mempunyai 5 spesis iaitu phenanthrene, benz[a]anthracene, benzo[a]pyrene, indeno[1,2,3,cd]pyrene dan benzo[g,h,i]perylene (Gambarajah 21). Akhir sekali, Stesen 6 mempunyai 4 spesis iaitu acenaphthylene, acenaphthene, phenanthrene dan benzo[a]pyrene (Gambarajah 22).



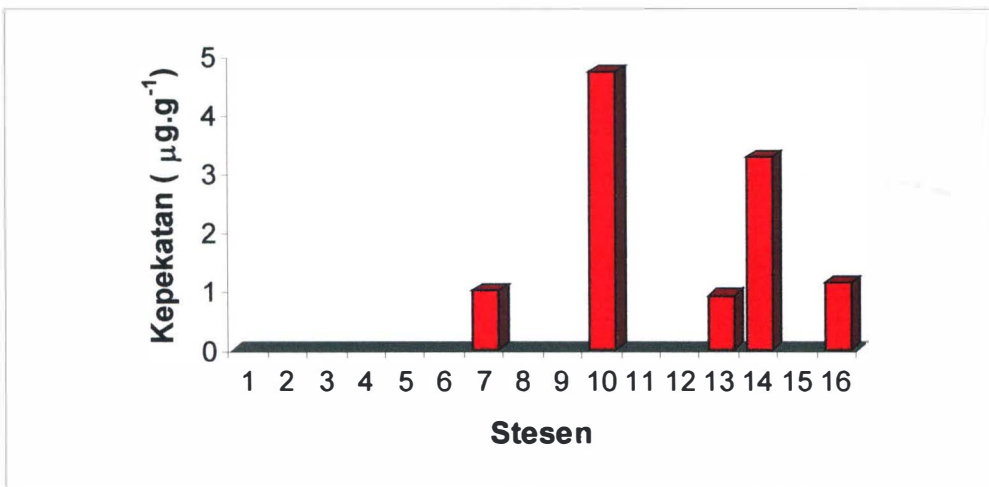
Gambarajah 17: Kepekatan spesis PAH Stesen 1 dalam sedimen



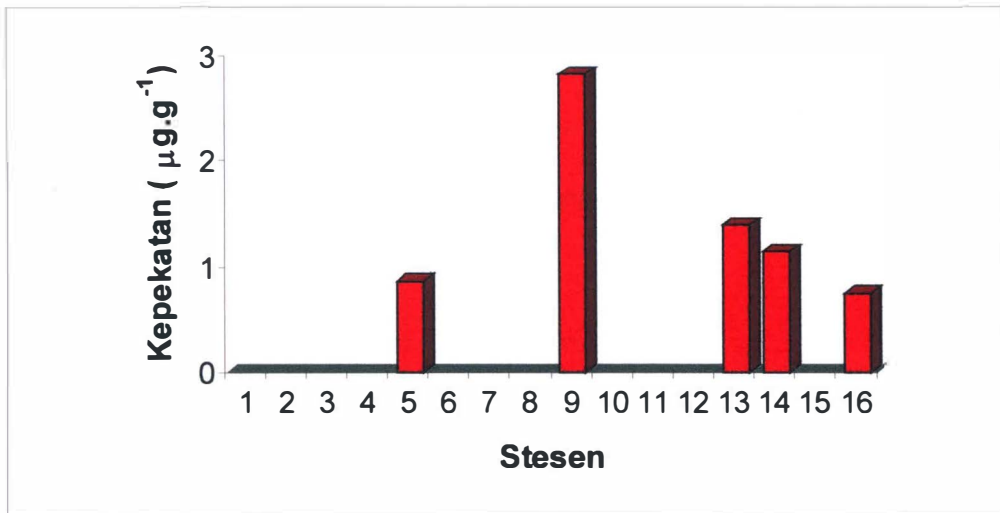
Gambarajah 18: Kepekatan spesis PAH Stesen 2 dalam sedimen



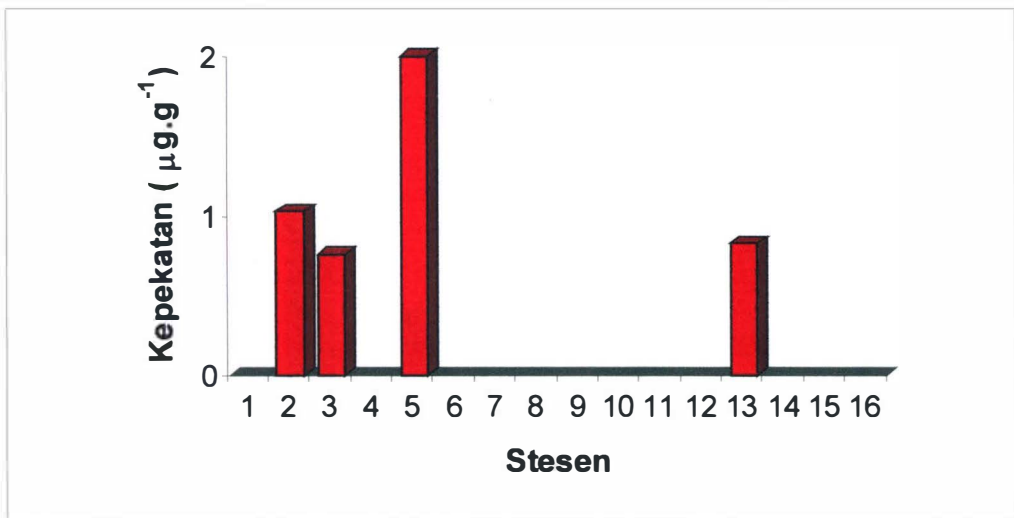
Gambarajah 19: Kepekatan spesis PAH Stesen 3 dalam sedimen



Gambarajah 20: Kepekatan spesis PAH Stesen 4 dalam sedimen



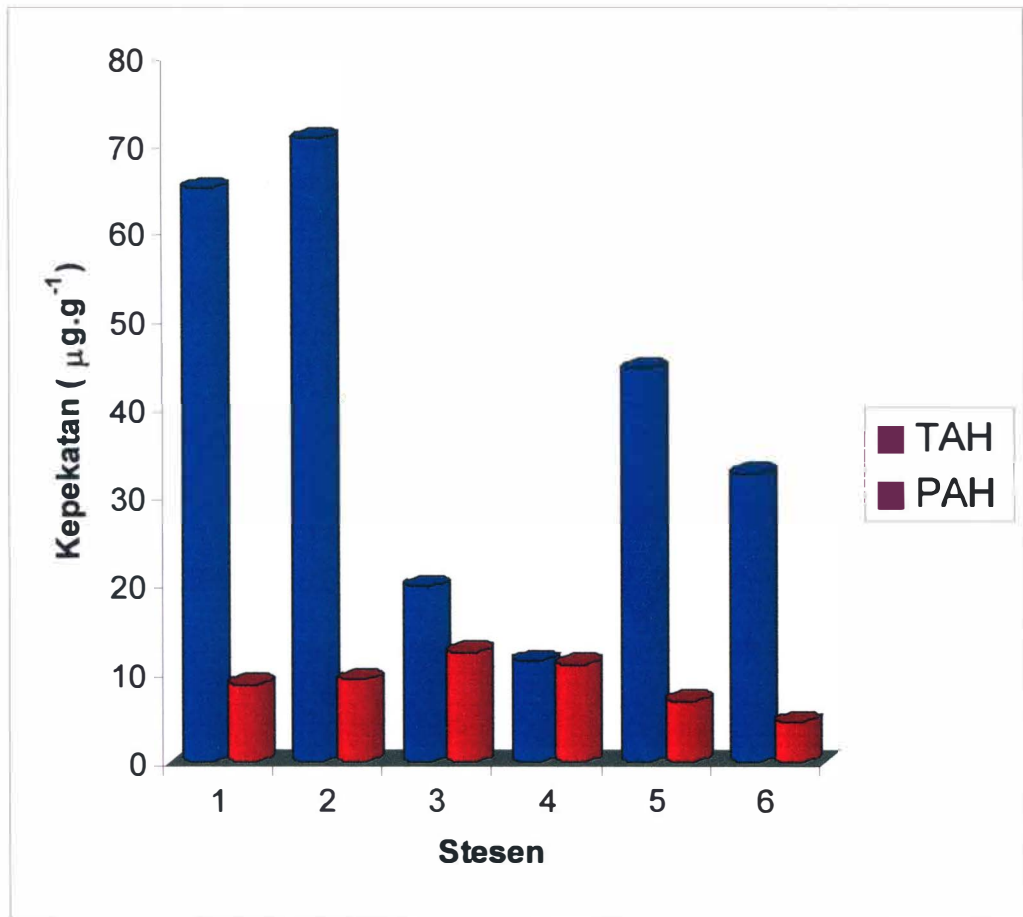
Gambarajah 21: Kepekatan spesis PAH Stesen 5 dalam sedimen



Gambarajah 22: Kepekatan spesis PAH Stesen 6 dalam sedimen

4.5 Perbandingan kepekatan jumlah TAH dengan PAH di setiap stesen

Menerusi keputusan yang telah diperolehi (Jadual 5), didapati bahawa kepekatan jumlah spesis TAH adalah lebih tinggi daripada spesis PAH di semua stesen (Rajah 23).



Gambarajah 23: Perbandingan kepekatan jumlah TAH dan PAH dalam sedimen di setiap stesen

4.6 Taburan makrobenthos

Taburan spesis makrobenthos di sepanjang Sungai Kerteh secara amnya menunjukkan taburan yang tidak sekata. Melalui kajian terdapat empat jenis organisma makrobenthos yang ditemui iaitu daripada Kelas Polychaeta, Kelas Oligochaeta, Kelas Gastropoda dan Kelas Bivalvia (Jadual 8). Spesis-spesis makrobenthos daripada kelas yang berbeza ini dikelaskan kepada dua jenis taburan iaitu taburan berkelompok dan taburan rawak. Ujian statistik Taburan Poison dan Khi-Kuasa Dua digunakan untuk mengenalpasti taburan organisma pada keadaan jumlah organisma makrobenthos yang rendah.

Jadual 8: Taksonomi organisma makrobenthos

Kelas	Order	Spesis
Polychaeta	Errantia	<i>Nereis sp.</i>
	Sedentaria	<i>Chaetopterus sp.</i>
Oligocaheta	Plesiopora	<i>Tubifex sp., Chaetogaster sp.</i>
	Prosotheca	<i>Lumbricillus sp.</i>
Gastropoda	Archaeogastropoda	<i>Haliotis sp.</i>
	Basommatophora	<i>Pleucera sp., Neritina sp., Viviparus sp.</i>
Bivalvia	Nuculioda	<i>Nucula sp.</i>
	Mytiloida	<i>Mytilus sp.</i>

Bagi Kelas Polychaeta, jenis taburan pada Stesen 3, Stesen 4 dan Stesen 6 adalah taburan rawak, sementara bagi Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 5 tidak menunjukkan kehadiran organisma bagi kelas ini. Sebanyak dua spesis yang datangnya daripada dua

order dikenalpasti pada stesen kajian iaitu *Nereis sp.* daripada Order Eteburidae dan *Chaetopterus sp.* daripada Order Sedentaria.

Bagi Kelas Oligochaeta, jenis taburan pada Stesen 4 dan Stesen 6 adalah taburan berkelompok, manakala bagi Stesen 1 dan Stesen 5 adalah taburan rawak. Stesen 2 dan Stesen 3 tidak menunjukkan kehadiran organisma bagi kelas ini. Sebanyak tiga spesis yang datangnya daripada dua order dikenalpasti pada stesen kajian iaitu *Tubifex sp.* dan *Chaetogaster sp.* daripada Order Plesiopora, dan *Lumbricillus sp.* daripada Order Prosothea.

Bagi Kelas Gastropoda, jenis taburan pada Stesen 1, Stesen 2 dan Stesen 3 adalah taburan berkelompok, manakala pada Stesen 4 dan Stesen 5 adalah taburan rawak. Stesen 6 tidak menunjukkan kehadiran organisma bagi kelas ini. Sebanyak empat spesis yang berasal daripada dua order dikenalpasti pada stesen kajian iaitu *Haliotis sp.* daripada Order Archaeogastropoda, serta *Pleucera sp.*, *Neritina sp.* dan *Viviparus sp.* daripada Order Basommatophora.

Bagi Kelas Bivalvia pula, jenis taburan pada Stesen 1 dan Stesen 2 adalah taburan rawak. Stesen 3, Stesen 4, Stesen 5 dan Stesen 6 tidak menunjukkan kehadiran organisma bagi kelas ini. Sebanyak dua spesis yang berasal daripada dua order dikenalpasti pada stesen kajian iaitu *Nucula sp.* daripada Order Nuculoida dan *Mytilus sp.* daripada Order Mytiloida.

4.7 Taburan spesis makrobenthos bagi setiap stesen

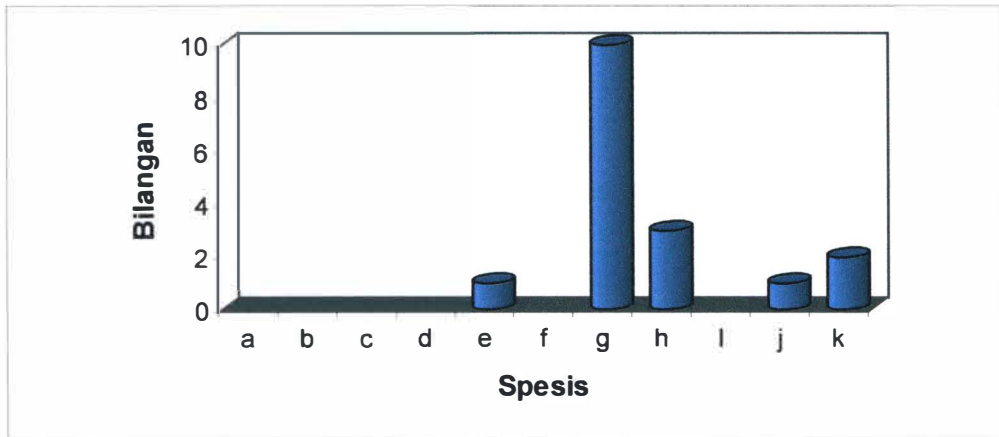
Jadual 9: Bilangan spesis makrobenthos bagi setiap stesen

Stesen \ Spesis	1	2	3	4	5	6
<i>Nereis sp. (a)</i>			1	1		
<i>Chaetopterus sp. (b)</i>						1
<i>Tubifex sp. (c)</i>				4	1	1
<i>Chaetogaster sp. (d)</i>				2		
<i>Lumbricillus sp. (e)</i>	1			3	2	6
<i>Haliotis sp. (f)</i>			2		1	
<i>Pleucera sp. (g)</i>	10	3	3			
<i>Neritena sp. (h)</i>	3		2	1		
<i>Viviparus sp. (i)</i>		1				
<i>Nucula sp. (j)</i>	1	2				
<i>Mytilus sp. (k)</i>	2					
Jumlah	17	6	8	11	4	8

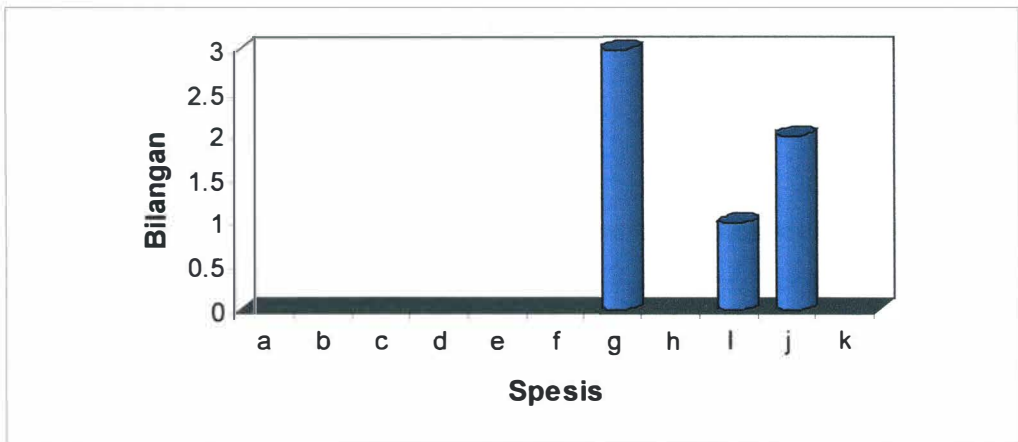
Melalui Jadual 9, didapati bahawa terdapat 11 spesis daripada 4 kelas ditemui sepanjang kajian dijalankan. Spesis yang paling dominan ialah *Pleucera sp.* yang berasal daripada Kelas Polychaeta, dimana sebanyak 16 ekor organisma ditemui manakala spesis yang paling sedikit ialah *Chaetopterus sp.* dan *Viviparus sp.*, dimana hanya terdapat seekor organisma.

Stesen 1 mempunyai 5 spesis iaitu *Lumbricillus sp.*, *Pleucera sp.*, *Neritena sp.*, *Nucula sp.* dan *Mytilus sp.* (Gambarajah 24). Stesen 2 mempunyai 3 spesis iaitu *Pleucera sp.*, *Viviparus sp.* dan *Nucula sp.* (Gambarajah 25). Stesen 3 mempunyai 4 spesis iaitu *Nereis sp.*, *Haliotis sp.*, *Pleucera sp.* dan *Neritena sp.* (Gambarajah 26). Stesen 4 pula mempunyai 5 spesis iaitu *Nereis sp.*, *Tubifex sp.*, *Chaetogaster sp.*, *Lumbricillus sp.* dan *Neritena sp.* (Gambarajah 27). Sementara itu, Stesen 5 mempunyai 3 spesis iaitu *Tubifex sp.*, *Lumbricillus sp.* dan *Haliotis sp.* (Gambarajah 28), manakala Stesen 6 juga

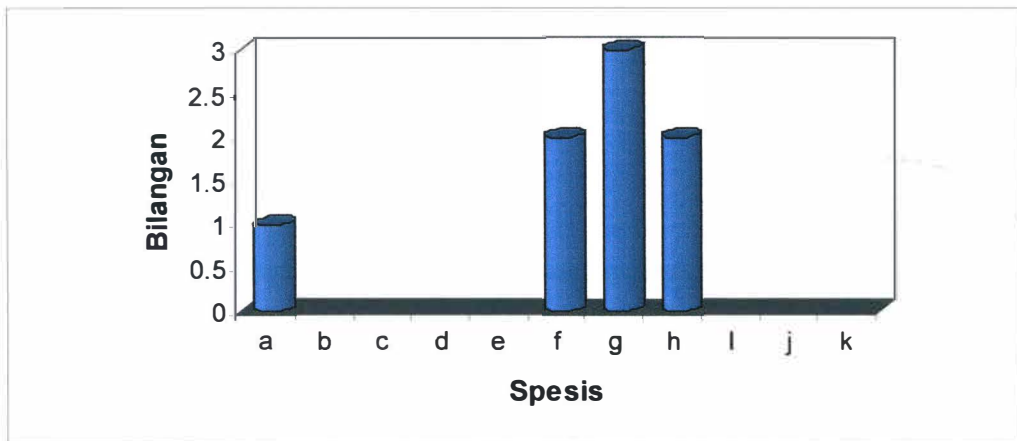
mempunyai 3 spesies yaitu *Chaetopterus sp.*, *Tubifex sp.* dan *Lumbricillus sp.* (Gambarajah 29).



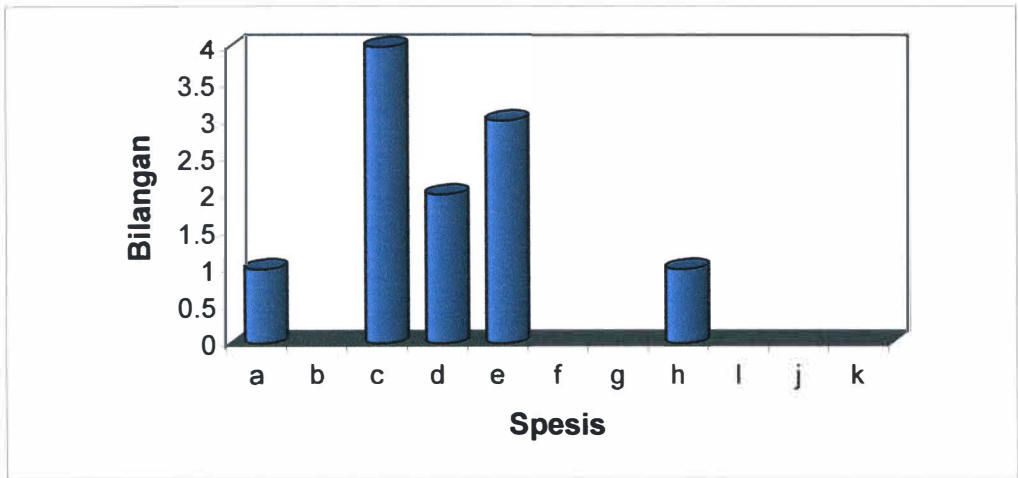
Gambarajah 24: Taburan spesies makrobenthos pada Stesen 1



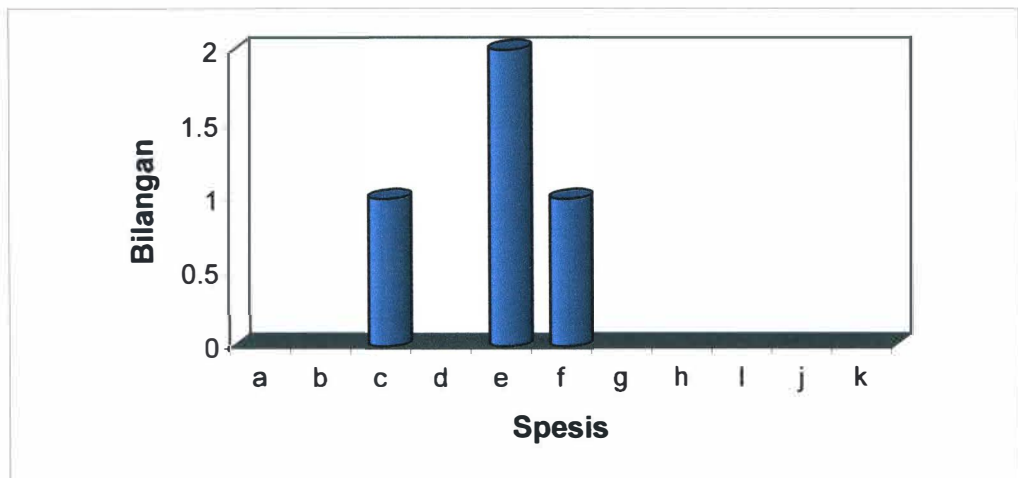
Gambarajah 25: Taburan spesies makrobenthos pada stesen 2



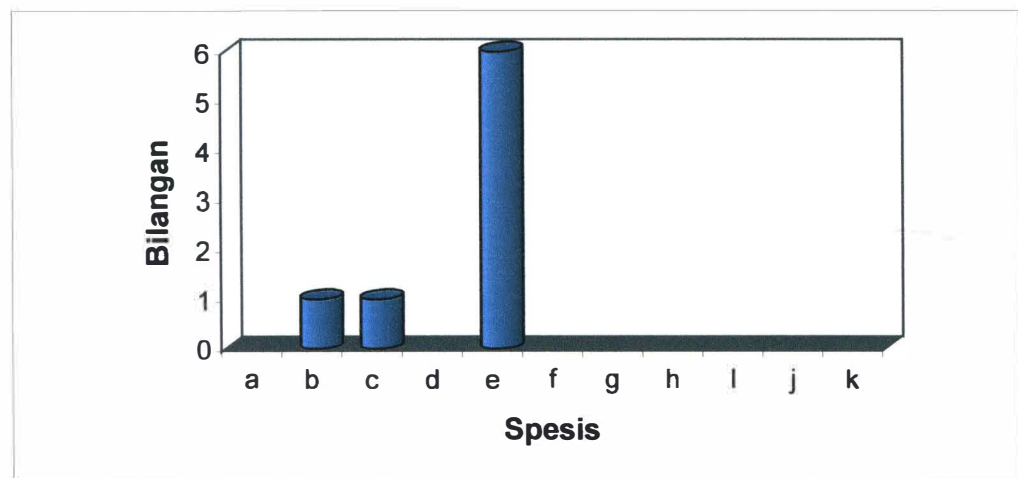
Gambarajah 26: Taburan spesies makrobenthos pada Stesen 3



Gambarajah 27: Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 4

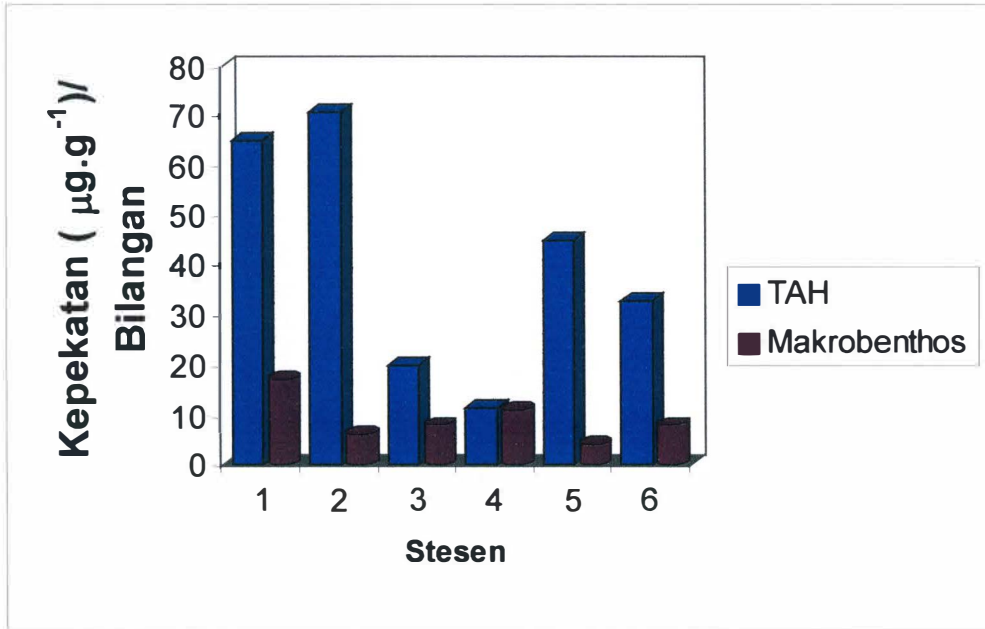


Gambarajah 28: Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 5

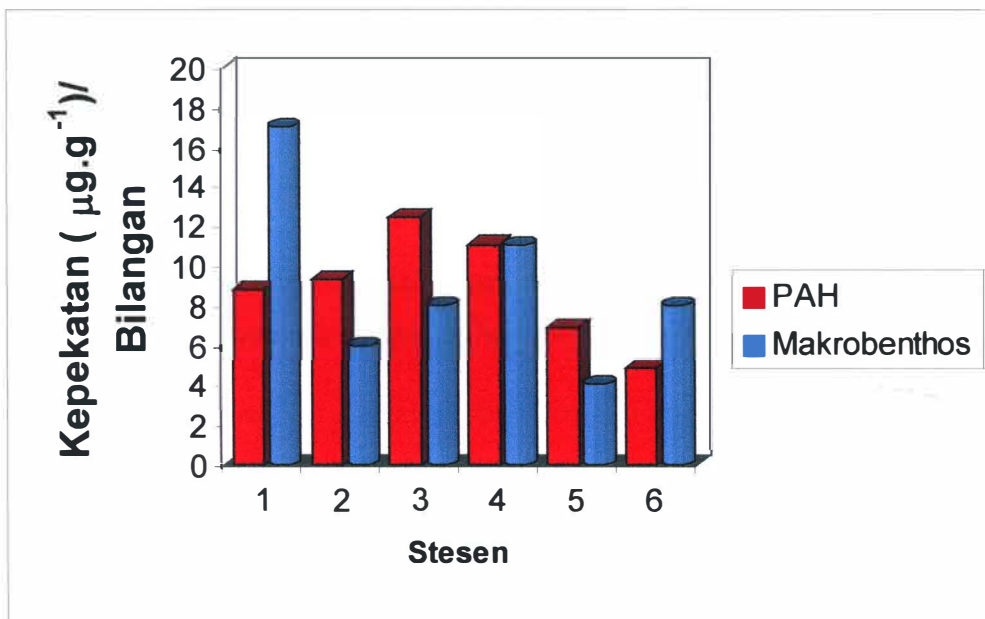


Gambarajah 29: Taburan spesis makrobenthos pada Stesen 6

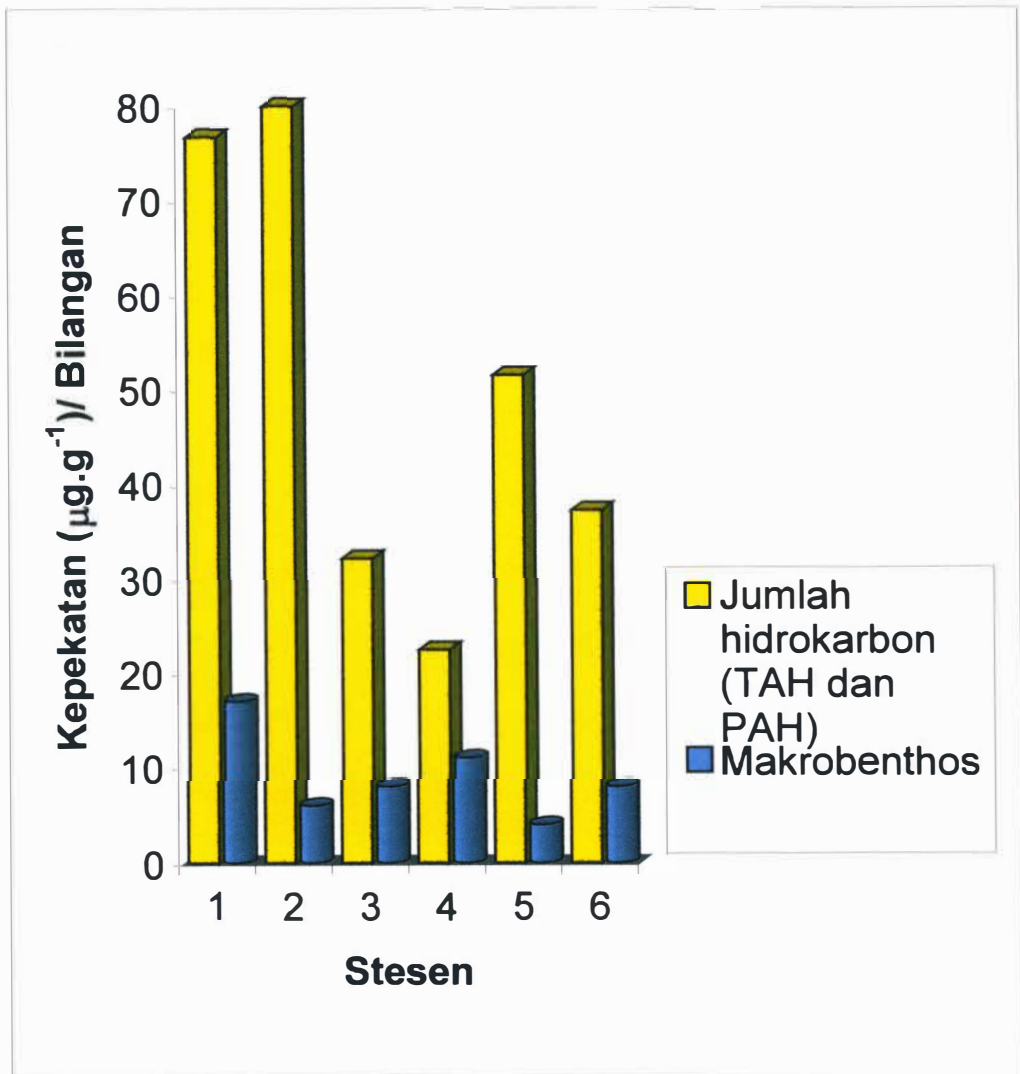
4.8 Perbandingan jumlah kepekatan hidrokarbon (TAH dan PAH) dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen



Gambarajah 30: Perbandingan jumlah kepekatan hidrokarbon (TAH) dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen



Gambarajah 31: Perbandingan jumlah kepekatan hidrokarbon (PAH) dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen



Gambarajah 32: Perbandingan jumlah kepekatan hidrokarbon (TAH dan PAH) dengan jumlah makrobenthos pada setiap stesen

5.0 PERBINCANGAN

Kajian kesan kandungan hidrokarbon di dalam sedimen terhadap taburan makrobenthos ini dijalankan untuk mengatasi masalah pencemaran sungai yang kian kerap berlaku dan hampir mencapai tahap kritikal. Ini ditambah lagi dengan kawasan perindustrian petroleum yang terletak berhampiran dengan kawasan kajian. Sehubungan dengan itu, kajian mengenai hidrokarbon adalah penting sebagai petunjuk kepada pencemaran yang berlaku di sesuatu kawasan.

Menerusi kajian yang telah dijalankan di Sungai Kerteh, keputusan menunjukkan bahawa telah berlaku pencemaran hidrokarbon terhadap taburan makrobenthos di kawasan tersebut. Melalui pemerhatian yang telah dilakukan, punca bagi berlakunya pencemaran di kawasan ini ialah pembuangan sisa-sisa pemprosesan minyak oleh industri petroleum yang terletak berhampiran. Selain daripada itu, didapati kawasan muara Sungai Kerteh adalah merupakan laluan utama bagi bot-bot nelayan tempatan. Tumpahan minyak daripada bot-bot nelayan ini juga merupakan salah satu punca utama berlakunya pencemaran di kawasan ini. Ini adalah kerana, hidrokarbon dapat larut dalam air dan sedimen sungai melalui pemendapan atmosfera. Sedimen yang berada di muara akan sentiasa berubah-ubah oleh tindakan pasang surut walaupun perubahan ini dianggap kecil (Russel, 1967). Cara-cara lain yang dikenalpasti ialah resapan dari tanah, pembuangan sisa domestik dan pembuangan sisa bahan api.

5.1 Fiziko-kimia air

Faktor fiziko-kimia air mempunyai perkaitan yang rapat dengan taburan spesis makrobenthos. Oleh yang demikian, pengukuran faktor fiziko-kimia adalah penting untuk menentukan taburan spesis makrobenthos di kawasan kajian.

Melalui data parameter air yang diperolehi, didapati suhu air di stesen-stesen kajian berjulat antara 26.0°C hingga 26.41°C. Suhu yang paling tinggi dicatatkan di Stesen 2 iaitu 26.41°C, manakala suhu yang paling rendah dicatatkan di Stesen 5 iaitu 26.0°C. Suhu yang tinggi adalah sesuai bagi spesis makrobenthos *Pleucera sp.*, di mana spesis ini banyak terdapat di Stesen 2.

Sementara itu, parameter kedalaman sungai berjulat antara 1 hingga 5 meter. Bagi parameter saliniti pula, berjulat antara 0.01 ppt hingga 0.57 ppt. Stesen 1 mencatatkan saliniti yang paling tinggi iaitu 0.57 ppt, manakala Stesen 6 mencatatkan saliniti yang paling rendah iaitu 0.01 ppt. Keadaan ini menjelaskan keadaan dimana terdapat banyak organisma Kelas Gastropoda dan Bivalvia di Stesen 1. Ini adalah kerana, secara umumnya organisma daripada kelas tersebut hidup di habitat air masin.

Melalui data parameter air yang diperolehi juga, didapati pH berjulat antara 5.41 hingga 6.42. Stesen 2 mencatatkan nilai pH yang paling tinggi iaitu 6.42, manakala Stesen 6 mencatatkan nilai pH yang paling rendah iaitu 5.41. Nilai pH pada sesuatu persekitaran akuatik boleh mempengaruhi taburan makrobenthos pada sesuatu kawasan.

Ini adalah kerana, nilai pH yang rendah menghasilkan tindak balas kimia yang menyebabkan kandungan karbon dioksida meningkat dan memberi kesan negatif terhadap proses pertukaran gas dalam tisu organisma (Samuel, 1974). Ini dibuktikan dengan bilangan organisma makrobenthos yang sedikit di Stesen 2.

Sementara itu, bagi parameter oksigen terlarut pula didapati berjulat antara 2.94 mg.l^{-1} hingga 4.72 mg.l^{-1} . Stesen 3 mencatatkan bacaan kandungan oksigen terlarut yang paling tinggi iaitu 4.72 mg.l^{-1} , manakala Stesen 4 mencatatkan bacaan kandungan oksigen terlarut yang paling rendah iaitu 2.94 mg.l^{-1} . Stesen 4 mencatatkan bacaan kandungan oksigen terlarut paling tinggi disebabkan oleh penggunaan oksigen terlarut yang banyak oleh organisma makrobenthos di stesen ini bagi proses respirasi. Peningkatan oksigen terlarut akan meningkatkan kadar pelepasan nutrien.

5.2 Sedimen

Melalui kajian, adalah didapati bahawa jumlah lipid ekstrak (Total Extractable Lipids) dalam sedimen adalah berjulat antara $933.1877 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga $7049.1151 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Jadual 3). Kandungan jumlah lipid ekstrak yang paling tinggi didapati di Stesen 6 iaitu $7049.1151 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, manakala kandungan jumlah lipid ekstrak yang paling rendah didapati di Stesen 2 iaitu $933.1877 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Rajah 7). Clark (1967) menyatakan bahawa, jumlah lipid ekstrak di dalam sedimen adalah berjulat antara 1 hingga $100 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Sehubungan dengan itu, kandungan jumlah lipid ekstrak yang terdapat dalam sedimen di kawasan Sungai Kerteh adalah tinggi.

Bagi sedimen, kepekatan jumlah hidrokarbon terbahagi kepada 2 iaitu spesis TAH dan spesis PAH. Bagi spesis TAH, kepekatan jumlah TAH didapati berjulat antara $11.43 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga $70.65 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Jadual 4). Kepekatan jumlah TAH yang paling tinggi didapati di Stesen 2 iaitu $70.65 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, manakala kepekatan jumlah TAH yang paling rendah didapati di Stesen 4 iaitu $11.43 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Rajah 8). Spesis TAH yang paling dominan ialah C_{16} manakala spesis yang paling sedikit ialah C_9 , C_{23} , C_{25} , C_{27} dan C_{29} . Bagi spesis PAH pula, kepekatan jumlah PAH didapati berjulat antara $4.59 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga $12.41 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Jadual 3). Kepekatan jumlah PAH yang paling tinggi didapati di Stesen 3 iaitu $12.41 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, manakala kepekatan jumlah PAH yang paling rendah didapati di Stesen 6 iaitu $4.59 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Rajah 9). Spesis PAH yang paling dominan ialah

phenanthrene, manakala spesis PAH yang paling sedikit ialah acenaphthylene, flourene, benz[a]anthracene, chrysene dan benzo[k]flouranthene. Stesen 2 dan Stesen 3 mempunyai kepekatan TAH dan PAH yang tinggi mungkin disebabkan oleh proses pemendakan daripada kandungan hidrokarbon yang terkandung dalam air Sungai Kerteh. Menurut Drake (1978), bahan-bahan yang termendap berasal dari dasar lautan, daratan, sungai dan sebagainya. Sedimen yang terdapat di sesuatu tempat dibawa oleh pelbagai proses sama ada kimia, fizikal atau biologi. Selain daripada itu, Michael (1997) menyatakan bahawa, banyak serpihan kecil PAH wujud dalam persekitaran marin dan muara sungai disebabkan oleh proses pirolisis daripada bahan organik terutamanya bahan api fosil.

Melalui Jadual 4 juga, didapati kepekatan jumlah TAH dan PAH adalah berjulat antara $22.49 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering hingga $79.95 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering. Kepekatan jumlah TAH dan PAH yang paling tinggi didapati di Stesen 2 iaitu $79.95 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering, manakala kepekatan jumlah TAH dan PAH yang paling rendah didapati di Stesen 4 iaitu $22.49 \mu\text{g.g}^{-1}$ berat kering (Rajah 10). Stesen 2 mempunyai kepekatan jumlah TAH dan PAH yang paling tinggi di dalam sedimen berbanding stesen-stesen lain. Menurut Spies dan Quin (1979), kepekatan hidrokarbon adalah tinggi di kawasan permukaan air dan di lapisan berhampiran dengan sedimen atau dasar laut berbanding dengan lapisan pertengahan air. Ini adalah mungkin disebabkan oleh kedudukannya yang hampir dengan jeti, iaitu di muara Sungai Kerteh, yang merupakan laluan utama bot-bot nelayan tempatan. Melalui pemerhatian, jeti Sungai Kerteh dijadikan tempat bot-bot nelayan berlabuh dan tempat membaikpulih bot-bot yang rosak. Oleh itu, tumpahan minyak

daripada bot-bot nelayan ini didapati berlaku dari masa ke semasa. Seterusnya, keadaan ini menjadikan sedimen di kawasan ini mempunyai kepekatan jumlah TAH dan PAH yang tinggi.

5.3 Makrobenthos

Taburan spesis makrobenthos di sepanjang Sungai Kerteh secara amnya menunjukkan taburan yang tidak sekata. Ini adalah disebabkan oleh kewujudan bahan pencemar seperti hidrokarbon yang mengakibatkan sesetengah kawasan di perairan sungai tidak sesuai untuk didiami oleh organisma akuatik.

Melalui kajian terdapat empat jenis organisma makrobenthos yang ditemui iaitu daripada Kelas Polychaeta, Kelas Oligochaeta, Kelas Gastropoda dan Kelas Bivalvia (Jadual 8). Spesis-spesis makrobenthos daripada kelas yang berbeza ini dikelaskan kepada dua jenis taburan iaitu taburan berkelompok dan taburan rawak. Keputusan menunjukkan tidak ada taburan seragam terhadap taburan makrobenthos Sungai Kerteh. Ini adalah kerana kehadiran hidrokarbon telah menghadkan kewujudan organisma makrobenthos secara seragam.

Menerusi keputusan juga, didapati kadar kepekatan jumlah TAH dan PAH di dalam sedimen mempengaruhi bilangan organisma makrobenthos di setiap stesen kecuali Stesen 1. Bilangan organisma makrobenthos yang tinggi iaitu 17 organisma pada

kepekatan $76.71 \mu\text{g.g}^{-1}$ di Stesen 1 mungkin disebabkan oleh lokasi stesen tersebut, yang terletak berhampiran dengan muara Sungai Kerteh. Ini adalah kerana organisma makrobenthos daripada Kelas Gastropoda dan Bivalvia yang ditemui di stesen ini mungkin telah berhijrah daripada habitat asal akibat cenderung untuk mendiami habitat yang terlindung daripada arus ombak yang kuat.

Bilangan organisma makrobenthos di Stesen 2 dan Stesen 5 didapati sedikit, iaitu 6 organisma pada kepekatan $79.95 \mu\text{g.g}^{-1}$ di Stesen 2 dan 4 organisma pada kepekatan $51.55 \mu\text{g.g}^{-1}$ di Stesen 5. Ini disebabkan oleh kepekatan hidrokarbon yang tinggi. Ini adalah kerana kepekatan hidrokarbon yang tinggi menyebabkan kawasan tersebut tidak sesuai untuk dijadikan habitat organisma makrobenthos. Penemuan organisma makrobenthos di stesen-stesen ini adalah mungkin disebabkan oleh kebolehan organisma-organisma tersebut beradaptasi ataupun menyesuaikan diri dengan kawasan itu. Melalui pemerhatian, punca hidrokarbon di Stesen 2 adalah daripada aktiviti bot-bot nelayan di kawasan tersebut, manakala punca hidrokarbon di Stesen 5 adalah disebabkan lokasinya yang terletak berhampiran dengan kawasan industri pemprosesan minyak mentah. Sementara itu, bilangan organisma makrobenthos di Stesen 3, Stesen 4 dan Stesen 6 didapati berkadar dengan kandungan hidrokarbon di stesen-stesen tersebut.

6.0 KESIMPULAN

Menerusi perbincangan yang telah dilakukan, maka dapatlah kesimpulan dibuat berhubung dengan tahap pencemaran hidrokarbon terhadap taburan makrobenthos yang telah berlaku di kawasan kajian. Keputusan yang telah diperolehi menyatakan bahawa kawasan kajian telah tercemar dengan hidrokarbon dan berada pada tahap yang membimbangkan.

Melalui keputusan, dapat dirumuskan bahawa pencemaran hidrokarbon di kawasan kajian, iaitu Sungai Kerteh telah berlaku akibat daripada aktiviti-aktiviti manusia di sekitarnya. Aktiviti utama yang menyumbang kepada pencemaran hidrokarbon di kawasan kajian adalah industri petroleum yang terletak berhampiran. Pemendapan atmosfera telah menyebabkan hidrokarbon diserap oleh air dan sedimen sungai sehingga mengakibatkan pencemaran berlaku. Di samping itu, aktiviti perikanan juga menyumbang kepada pencemaran yang berlaku ini. Di mana tumpahan minyak dan buangan sisa bahan api daripada bot-bot nelayan tempatan didapati sebagai salah satu punca utama Sungai Kerteh dicemari dengan hidrokarbon.

Menerusi kajian juga, pengenalpastian spesis-spesis hidrokarbon dan organisma makrobenthos yang terdapat di kawasan kajian dapat dilakukan. Didapati bahawa, spesis TAH lebih banyak ditemui daripada spesis PAH. Antara spesis TAH yang kerap ditemui ialah C₁₆, C₂₆ dan C₃₂, manakala spesis PAH yang kerap ditemui pula ialah phenanthrene, benzo[a]pyrene, indeno[1,2,3,cd]pyrene dan benzo[g,h,i]perylene.

Organisma makrobenthos yang paling dominan ialah *Pleucera sp.* yang berasal daripada Kelas Gastropoda, dimana sebanyak 16 ekor organisma ditemui manakala spesis yang paling sedikit ialah *Chaetopterus sp.* dan *Viviparus sp.*, dimana hanya terdapat seekor organisma.

Melalui kajian, didapati taburan makrobenthos tersebar luas di sepanjang Sungai Kerteh ini. Taburan makrobenthos ini boleh diklasifikasikan kepada taburan berkelompok dan taburan rawak. Taburan makrobenthos ini dipengaruhi oleh pelbagai faktor seperti kadar kepekatan hidrokarbon dan parameter air (suhu, pH, saliniti, oksigen terlarut dan lain-lain).

Pencemaran hidrokarbon yang berlaku ini akan memberikan kesan lebih buruk terhadap taburan makrobenthos sekiranya tidak dibendung lebih awal. Ianya bukan sahaja menjejaskan ekosistem semulajadi kawasan setempat, malahan ia juga mengancam hidupan akuatik sungai yang merupakan salah satu sumber protein utama bagi penduduk tempatan. Ini secara tidak langsung akan mendatangkan kesan negatif kepada kesihatan manusia secara amnya. Ini adalah kerana, kebanyakan spesis PAH yang ditemui adalah toksik dan membawa kepada pelbagai penyakit dan karsinogenik.

Oleh yang demikian, pihak kerajaan disarankan untuk menjanakan langkah-langkah kawalan agar ianya dapat membendung pencemaran hidrokarbon yang kian serius. Ini adalah untuk memastikan pencemaran ini tidak berterusan pada masa akan datang demi menjamin persekitaran yang lebih baik dan selamat buat manusia dan

organisma akuatik di kawasan tersebut. Selain daripada usaha pihak berkuasa, kerjasama daripada masyarakat setempat juga perlu bagi memastikan keberkesanan aktiviti membendung pencemaran hidrokarbon di Sungai Kerteh. Justeru, kajian sebegini perlu dilakukan dari masa ke semasa sebagai langkah awal dalam mencegah daripada berlakunya pencemaran.

Secara keseluruhan, kajian ini telah menunjukkan bahawa kandungan hidrokarbon di kawasan kajian adalah tinggi dan berada pada tahap yang membimbangkan. Pencemaran hidrokarbon yang berlaku ini didapati berpunca daripada pelbagai sumber seperti biogenik, anthropogenik dan petrogenik. Oleh itu, langkah-langkah pencegahan wajar dilaksanakan secepat mungkin bagi memastikan keadaan tidak bertambah buruk.

7.0 RUJUKAN

- Ahmad. I and Ahmad B.M., 1992. *Ekologi Air Tawar*. Percetakan Rina Sdn. Bhd. 210-211 p.
- Alexander, J.C., L.F. Randolph and W.T. Gordon. 1983. Environmental gradients and benthic microinvertebrate distribution in a shallow North Carolina Estuary. *Bull. Mar. Sc.* 33 (2) : 282-292p.
- Badri, M.A. 1988. Heavy metal pollution in the urban environment,: In Sham Sani dan M Ahmad Badri (Eds.), *Environmental Monitoring and Assessment Tropical Urban Applications*.
- Barlett, R.E. 1971. *Wastewater Treatment Applied Science Publisher LTD. London.* 5p
- Baum, S.J. dan Hill, J.W. 1993. *Introduction to Organic and Biological Chemistry*. Prentice Hall, Englewood Clifts, New Jersey: pp 10 – 33
- Bryan, G.W. 1976. Heavy metal contamination in the sea. In: *Marine pollution*, Johnstan, R. (Ed.) Academic Press Inc. Publ. : pp 185 – 302
- Calvin. 1970. Petroleum Hydrocarbon in Aquatic Ecosystem: Part 1. CRC, Critical review in environment control II; pp 37 – 63
- Ciaccio, L.L. 1973. *Water and Water Pollution Handbook, Volume 4*. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. pp 1029 – 1125
- Clark, R.C. 1967. Distributions of n-paraffins in marine organism and sediment. *Limnol. Oceanogr*, 12 : 79-87p.

- Clark, R.B. 1986. Marine pollution. Clarendon Press, Oxford. 215p.
- Clark, R.B. 1992. Marine pollution. Third Edition. Clarendon Press, Oxford. 30p.
- Cummins, K.W. 1975. River Ecology. Blackwell Scientific Publications. Chapter 8. 171-198p.
- Drake, C.L. 1978. Oceanography. Holt, Rhineheart and Winston, United State of America. 221pp.
- Downing, J.A. 1984. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. Second Edition, IBP Hand Book No. 16. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 387p. In : Downing, J.A., and F.H. Rigler. (eds) Chapter 4. 87-122p.
- Hodgson, E. 1986. Review in Environmental Toxicology 2. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands; pp 253
- Hopf, H. 2000. Classics In Hydrocarbon Chemistry: Syntheses, Concepts, Perspectives. WILEY-VCH Verlag GmbH, Germany. 547p.
- Hyland dan Schneider, 1980. Oil Ecology. pp 21 – 35. In: Richard A. Geyer (Ed.). Marine Environment Pollution. Hydrocarbon Department of Oceanography, Texaz station, USA. 591p.
- Manahan, S.E. 1992. Toxicology Chemistry. 2nd ed. Lewis Publisher, Inc., Michigan. 449p.
- Mare, M.F. 1942. A study of marine community with special refferences to the microorganism. J. Mar. Biol.Ass. UK. 25 : 517-554p.

- Marty, J.C., Saliot, A. and Tissier, M.J., 1978. Inventaire, repartition et origine des hydrocarbures aliphatiques et polyaromatiques dans l'eau de mer, la microcouche de surface et les aerosols marin en Atlantique tropical Est. C.R. Acad. Sc. Paris, 286 D : 833-836p.
- Michael, J.K. 1997. Estuarine and Marine Pollution. In : Polycyclic Aromatic Hydrocarbon . CRC Press, Inc. USA. 141-146p.
- Neff, J.M. 1994. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon In : Effect On Organism [1504] ; Ecology, Ecosystem and Pollution. New England, USA. 416-454p.
- Nicholas, F.H. 1970. Benthic polychaeta assemblages and their relationship to the sediment in Port Madison, Washington. Mar. Biol. 6 : 48-57p.
- Olah, G.A., Arpard Molnar. 1995. Hydrocarbons, Wiley – Interscience Publisher; pp 1 – 9
- Oppenheimer, C.H. 1980. Oil Ecology In Marine Environment Pollution. Richard, A.G (eds). Elsevier Scientific Publishing Company, New York. 21-35p.
- Parker, R.H. 1975. The study of benthic communities. A model and a review. Elsevier Oceanography Series 9. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam, Oxford, New York. 279pp.
- Prahl, G.F. and Carpenter, R. 1984. Hydrocarbon in Washington coastal sedimen. In : Estuarine, Coastal and Shelf Science. 18. Academic Press Inc. Limited London : 703-720p.
- Richard, A.G., 1980. Marine Environmental Pollution, 1. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam. Oxford. New York. 31p.

- Russel, R.J. 1967. Origins of estuaries. In : Estuaries. Lauff (ed). G.H. amer. Assoc. Sci. Publ. Washington. pp : 83-89.
- Samuel, L.H.F. 1974. Pollution ecology of freshwater invertebrates. Published by Academic Press, Inc. 389pp. In : Hart, C.W. and L.H.F. Samuel (eds). Chapter 8. 215-273p.
- Sanders, H.L. 1958. Benthic Studies in Buzzard Bay. I. Animal Sediment Relationship. *Limno. Oceano.* 3 : 245-258p.
- Sawyer, C.N., McCarty, P. L., Parkin, G. F. 1994. Chemistry For Environmental Engineering. 4th ed. McGraw-Hill, Inc., USA. 658p.
- Spies I.T and Quin J.G. 1979. Incorporation distribution and Stuermer D.H. 1980. Ecology of the submarine deep of the California coast. In marine environmental pollution 1 : 263-299p.
- Tenore, K.R. 1972. Macrobenthos of the Palmlico River Estuary, North Carolina. *Ecol. Monog.* 42 : 51-59p.
- Thorson, G. 1957. Bottom communities (sublitoral or shallowself). In Treaties on Marine Ecology and Palaeoecology. Vol 1. Ecology, ed J.W. Hedgpeth. *Memoris of the Geological Society of America.* 67 : 461-534p.
- Wallace R.A., 1990. Biology: The world of life. 5th ed. HarperCollins*Publisher.*, USA. 695p
- Wilson, R.D., 1973. Estimates of the annual input from natural marine seepage. Vol. 1 input, fates and effects of petroleum in the marine environment. Ocean affairs board, National Academy of Science. Washington D.C.. 233-256p.

LAMPIRAN 1

Jadual 10: Spesis piawai bagi hidrokarbon (TAH)

GC-FID (JICA)

No.	Spesis	Kepekatan (ppm)	Masa 'Retention' (min)
1	C9	1000.00	4.13
2	C10	2000.00	6.49
3	C11	1000.00	9.19
4	C12	1000.00	12.05
5	C13	1000.00	14.87
6	C14	1000.00	17.56
7	C15	2000.00	20.25
8	C16	1000.00	23.02
9	C17	1000.00	26.05
10	(n-Octadecane)	45.526	28.76
11	C18	1000.00	29.19
12	C19	1000.00	32.37
13	C20	2000.00	35.63
14	C21	1000.00	38.60
15	C22	1000.00	41.59
16	C23	1000.00	44.49
17	C24	1000.00	47.29
18	C25	2000.00	50.12
19	C26	1000.00	52.62
20	C27	1000.00	55.13
21	C28	1000.00	57.58
22	C29	1000.00	59.92
23	C30	2000.00	62.28
24	C32	1000.00	66.55

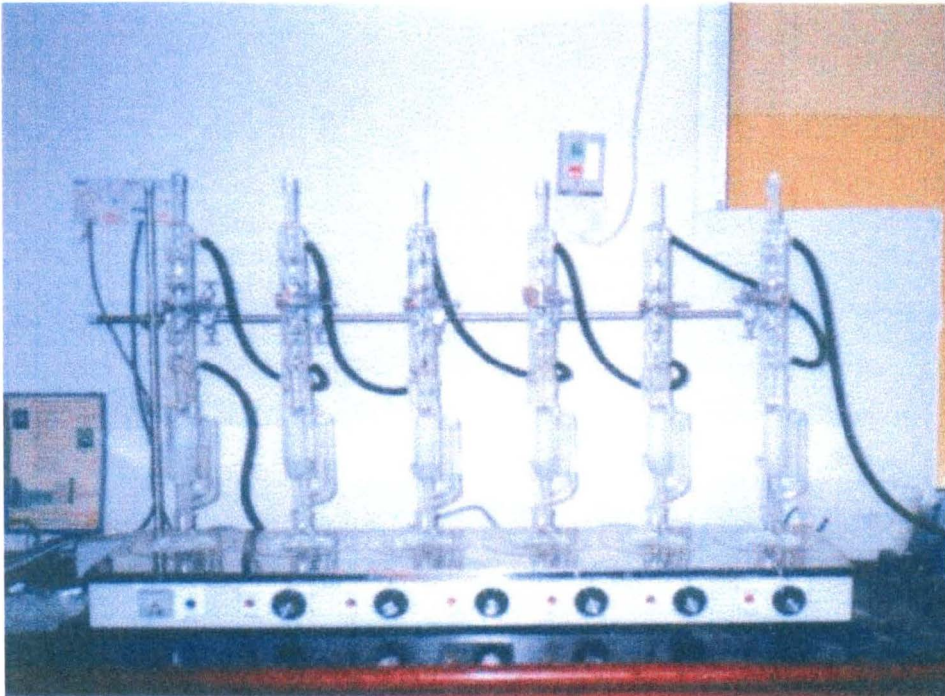
LAMPIRAN 2

Jadual 11: Spesis piawai bagi hidrokarbon (PAH)

GC-FID (JICA)

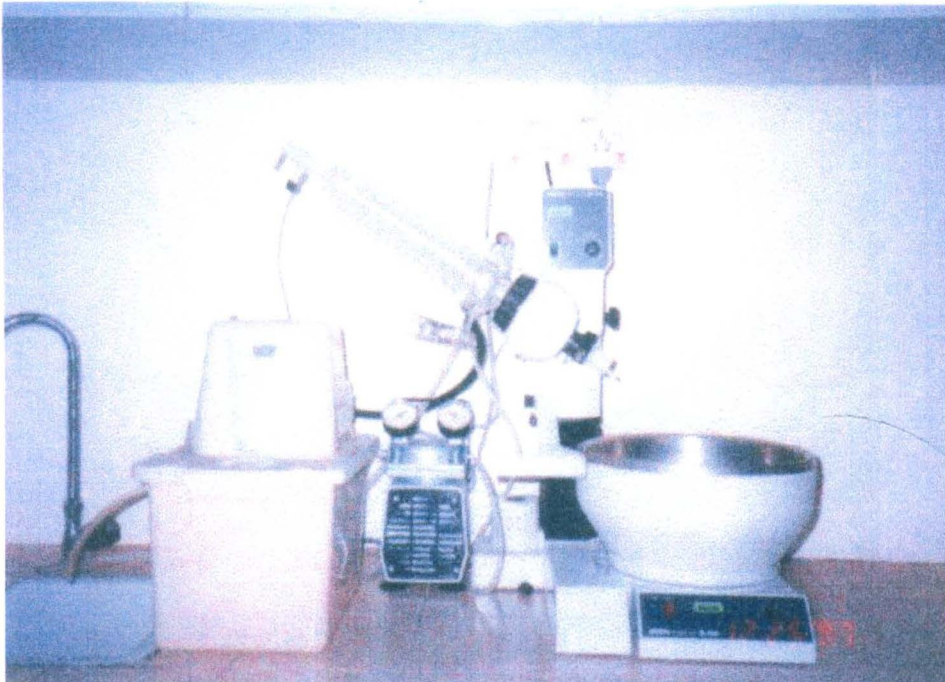
No.	Spesis	Kepekatan (ppm)	Masa 'Retension' (min)
1	Naphthalene	50.000	11.85
2	Acenaphthalene	50.000	19.13
3	Acnaphthene	50.000	19.99
4	Flourene	50.000	22.85
5	9,10 dihydroanthracene	45.526	25.54
6	Phenanthrene	50.000	28.89
7	Anthracene	50.000	29.24
8	Flouranthene	50.000	37.56
9	Pyrene	50.000	39.17
10	Benz[a]anthracene	50.000	48.80
11	Chrysene	50.000	49.08
12	Benzo[b]flouranthene	50.000	56.80
13	Benzo[k]flouranthene	50.000	57.03
14	Benzo[a]pyrene	50.000	58.96
15	indeno[1,2,3-cd]pyrene	50.000	66.01
16	Dibenza[a,h]anthracene	50.000	66.35
17	Benzo[ghi]perylene	50.000	67.46

LAMPIRAN 3



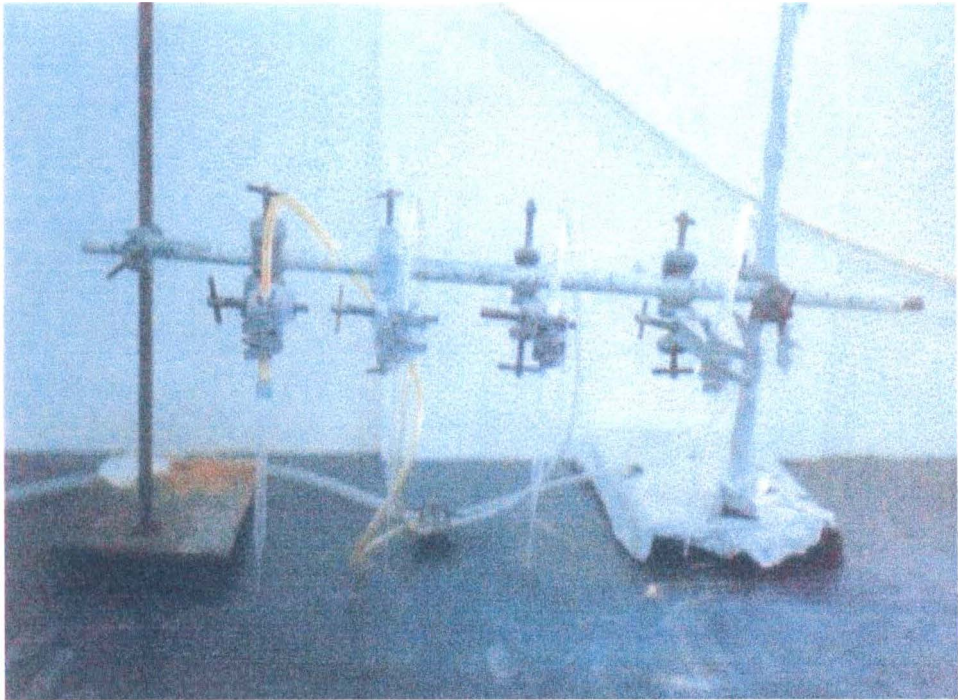
Gambarajah 28: Peralatan soxhlet

LAMPIRAN 4



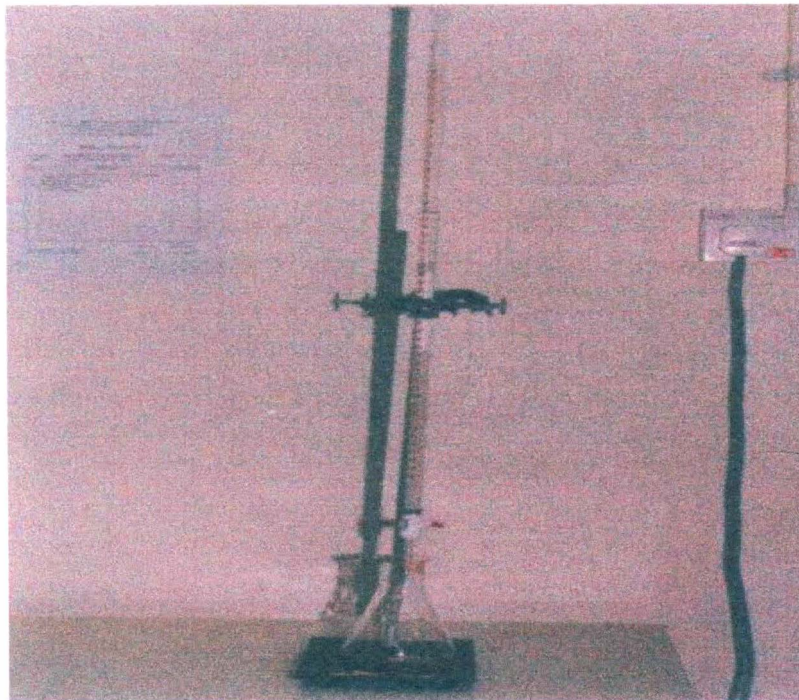
Gambarajah 29: Peralatan penyejat berputar (rotary evaporator)

LAMPIRAN 5



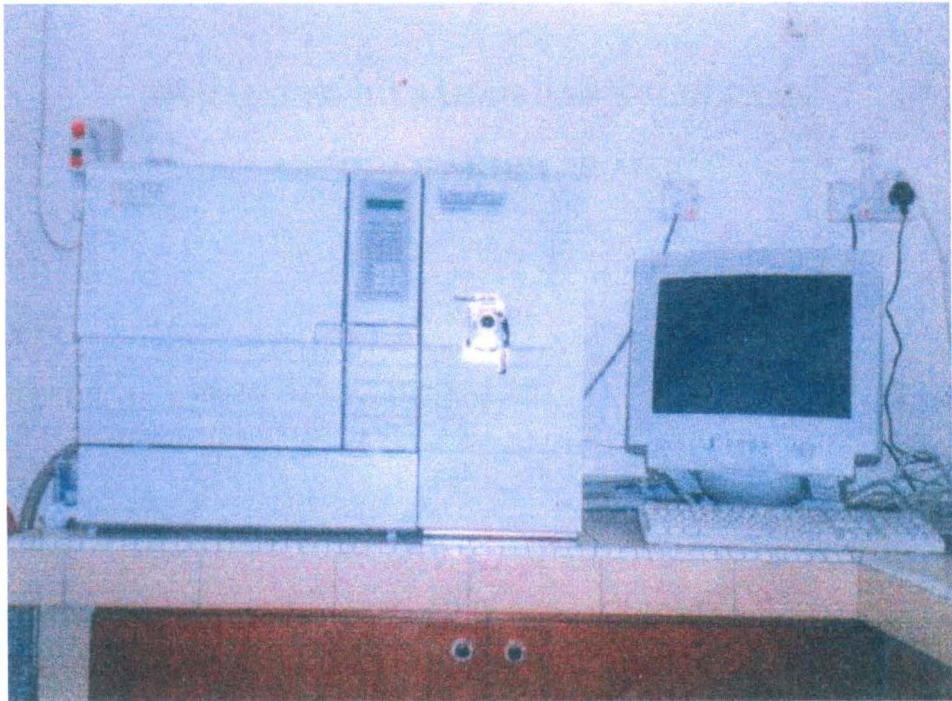
Gambarajah 30: Peralatan pengering gas Nitrogen (blown down)

LAMPIRAN 6



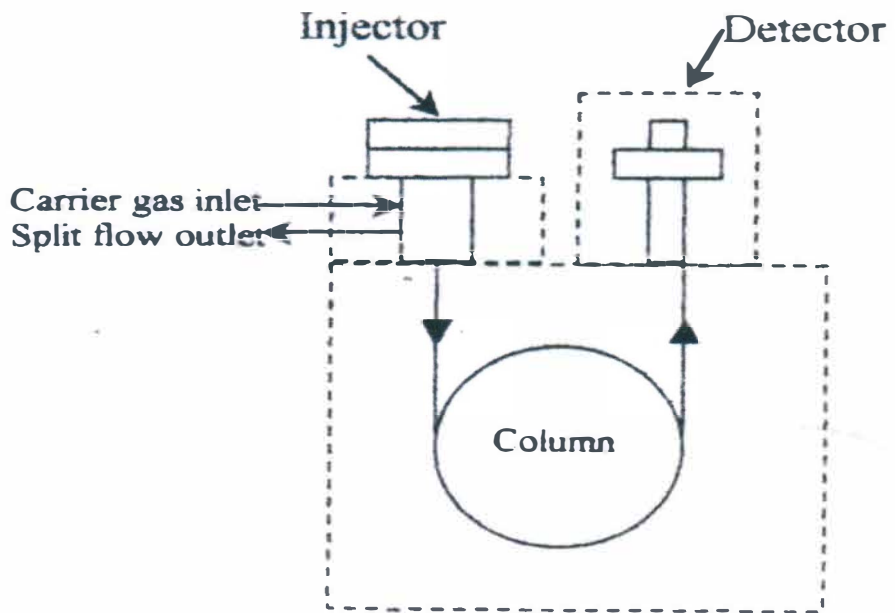
Gambarajah 31: Peralatan kolom alumina dan silika gel

LAMPIRAN 7



Gambarajah 32: Peralatan kromatografi gas (GC-FID)

LAMPIRAN 8



Gambarajah 33: Diagram GC-FID

KOLEJ UNIVERSITI SAINS DAN TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN DAN KELULUSAN

LAPORAN AKHIR PROJEK

Nama Pelajar : Faizal Affendi Bin Radzali

No. Matrik : UK 3873

Nama Penyelia: Dr. Mohamed Kamil Bin Abdul Rashid

Tajuk Projek : Kesan Kandungan Hidrokarbon Dalam Sedimen Terhadap Taburan
Makrobenthos Di Sungai Kerteh, Terengganu

Dengan ini disahkan bahawa saya telah menyemak laporan projek ini dan semua pembetulan yang disarankan oleh pemeriksa-pemeriksa telah dibuat, laporan ini telah mengikut format yang diberikan dalam Panduan Projek Ilmiah Tahun Akhir, Fakulti Agroteknologi dan Sains Makanan, Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia, 2003.



.....
Dr. Mohamed Kamil Bin. Abdul Rashid

Tarikh: 16.6.2003

VITAE KURIKULUM

Nama : Faizal Affendi Bin Radzali
Alamat : 32, Jalan Canggung 3. Taman Pasir Putih, Pasir Gudang, 81700
Johor Bahru, Johor Darul Takzim.
No. Telefon : 07-2516084 / 0127614486
E-mail : freakazoid_9880@yahoo.com
Tarikh Lahir : 22 April 1980
Tempat Lahir : Kuala Lumpur
Bangsa : Melayu
Agama : Islam
Jantina : Lelaki

Latar Belakang Pendidikan:

- 2000-2003: S.M Agroteknologi (Akuakultur), KUSTEM
- 1998-2000: Diploma Perikanan, UPMT
- 1997 : SPM, S.M.K. Pasir Gudang 1
- 1995 : PMR, S.M.K. Pasir Gudang 1
- 1992 : UPSR, S.K. Pasir Gudang 2



KESAN KANDUNGAN HIDROKARBON DI DALAM SEDIMEN
TERHADAP TABURAN MAKROBENTHOS DI SUNGAI KERTEH, TERENGGANU