

**TABURAN ALGA-BAHAYA DI PERAIRAN PINGGIR PANTAI KOTA KINABALU,  
SABAH**

**CLARICE SUTER**

*PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH*

**TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA  
SYARAT MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM BIOLOGI PEMULIHARAAN  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**MEI 2008**

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: TABURAN ALGA - BAHAYA DI PERAIRAN PINGGIR PANTAI

KOTA KINABALU, SABAH

IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS

SAYA CLARICE SUTER

(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN:

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh

NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: Kg. Keronggu,  
Jln Kionsom, Inanam,  
Sabah.

Nama Penyelia

Tarikh: 9 Mei 2008

Tarikh: \_\_\_\_\_

CATATAN:- \*Potong yang tidak berkenaan.

\*\*Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

Mei 2008

- clarice -

( CLARICE SUTER )

HS2004-3124

**DIPERAKUKAN OLEH****Tandatangan****1. PENYELIA**

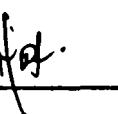
(Dr. Normawaty Mohd Noor)

**2. PEMERIKSA 1**

(Dr. Idris Mohd Said)

  
b/p  
BANTUAN  
E YAT**3. PEMERIKSA 2**

(Dr. Nazirah Mustaffa)

**4. DEKAN**

(Supt/KS. Prof Madya Dr. Shariff A. K Omang)

**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin mengucapkan syukur dan terima kasih yang tidak terhingga kepada Tuhan atas segala curahan rahmat dan cinta kasihNya, akhirnya saya dapat menyiapkan disertasi ini setelah menempuh pelbagai rintangan. Ribuan terima kasih ditujukan khas buat Dr. Normawaty Mohd Noor selaku penyelia saya di atas segala tunjuk ajar, bimbingan dan nasihat beliau sepanjang saya menjalankan kajian dan menyiapkan disertasi ini.

Saya juga ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada semua kakitangan Institut Penyelidikan Marin Borneo Universiti Malaysia Sabah terutama sekali kepada Yusdi, Lusia, Jojo, Effa, Mar, Maurice, Roy, dan Midun di atas segala bantuan dan kerjasama yang diberikan sepanjang saya menjalankan kajian ini.

Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada semua rakan-rakan saya: Nancy, Izati, Werone, Megga dan Nick yang telah banyak membantu dan memberikan sokongan moral kepada saya. Tidak lupa juga kepada semua individu yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam proses menyiapkan disertasi ini.

Akhir sekali, ribuan terima kasih diucapkan kepada kedua-dua ibu bapa saya, kakak serta adik-adik tersayang yang tidak pernah jemu mendoakan saya, memberikan kasih sayang dan juga semangat kepada saya. Sesungguhnya, kalian merupakan sumber inspirasi saya untuk melakukan yang terbaik dalam menyiapkan disertasi ini.

Clarice Suter

## ABSTRAK

Satu kajian untuk mengetahui taburan alga-bahaya di kawasan perairan pinggir pantai Kota Kinabalu, Sabah telah dijalankan dari bulan September 2007 sehingga Februari 2008. Sebanyak 14 stesen persampelan yang merangkumi empat transek serta dua stesen tunggal telah dipilih di sepanjang kawasan Teluk Sepanggar sehingga Tanjung Aru. Kaedah persampelan, pengawetan dan pengiraan sel alga-bahaya telah dijalankan. Sebanyak 13 spesies alga-bahaya yang terdiri daripada 9 genus telah dijumpai di kawasan kajian. Dinoflagelat dari genus *Cochlodinium* serta diatom dari genus *Chaetoceros* merupakan alga-bahaya yang paling dominan di kawasan perairan pinggir pantai Kota Kinabalu yang mana kedua-dua spesies ini diketahui merupakan spesies alga yang berpotensi menyebabkan kejadian ledakan populasi alga-bahaya (HAB). Selain itu, terdapat juga beberapa genera HAB lain yang iaitu *Pyrodinium*, *Gymnodinium*, *Ceratium*, *Dinophysis*, *Prorocentrum* dan *Alexandrium* yang tergolong dalam kumpulan dinoflagelat serta *Skeletonema* dari kumpulan diatom. Daripada ujian ANOVA, didapati terdapat perbezaan bererti antara bilangan alga-bahaya pada setiap stesen persampelan ( $p<0.05$ ). Maka, taburan alga-bahaya di kawasan perairan pinggir pantai Kota Kinabalu adalah tertabur secara tidak sekata. Hasil kajian menunjukkan bahawa dinoflagelat merupakan fitoplankton yang dominan di kawasan perairan pinggir pantai Kota Kinabalu. Data mengenai taburan alga-bahaya yang diperoleh ini boleh digunakan sebagai panduan untuk tujuan penyelidikan pada masa hadapan dan juga dalam menguruskan spesies alga-bahaya yang berpotensi menyebabkan HAB di kawasan perairan pinggir pantai Kota Kinabalu, Sabah.

## ABSTRACT

A study on harmful-algae distribution in Kota Kinabalu coastal area was carried out from September 2007 until February 2008. A total of 14 sampling stations consisting of four transects and two single stations were determined at the sampling area. Sampling, preservation and determination of cell numbers of algae were undertaken. A total of 13 species of harmful-algae from 9 genus are found in coastal area of Kota Kinabalu. The most dominant species in Kota Kinabalu coastal area are dinoflagellates from the genus *Cochlodinium* and diatoms from the genus *Chaetoceros* in which are known to be potential causes of harmful algal bloom (HAB) incidents. There are also other HAB genera such as *Pyrodinium*, *Gymnodinium*, *Ceratium*, *Dinophysis*, *Prorocentrum* and *Alexandrium* which belongs to the dinoflagellates and *Skeletonema* from the diatom group. From statistical analysis, the distribution of harmful-algae are significant ( $p<0.05$ ). Therefore, harmful-algae in Kota Kinabalu coastal area are not equally distributed. The distribution of harmful-algae in Kota Kinabalu coastal area suggested that dinoflagellate is the most dominant species in coastal area of Kota Kinabalu. Available data on the harmful-algae distribution can be used as references in future research and also in managing HAB species in coastal area of Kota Kinabalu, Sabah.

## **KANDUNGAN**

**Muka surat**

<b>PENGAKUAN</b>	ii
<b>PENGESAHAN</b>	iii
<b>PENGHARGAAN</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	vii
<b>SENARAI JADUAL</b>	ix
<b>SENARAI RAJAH</b>	x
<b>SENARAI FOTO</b>	xi
<b>SENARAI SINGKATAN/SIMBOL</b>	xii
<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xiii

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

<b>1.1 Pengenalan</b>	1
<b>1.2 Objektif kajian</b>	2
<b>1.3 Justifikasi kajian</b>	3

### **BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN**

<b>2.1 Alga</b>	5
<b>2.2 Ledakan populasi alga-bahaya</b>	8
<b>2.3 Kejadian ledakan populasi alga-bahaya di Asia</b>	9
<b>2.4 Kesan ledakan populasi alga-bahaya</b>	11

### **BAB 3 METODOLOGI**

<b>3.1 Kawasan kajian</b>	15
<b>3.2 Persampelan alga</b>	17
<b>3.3 Identifikasi alga</b>	18
<b>3.4 Pengiraan alga</b>	18

<b>3.5 Analisis data</b>	<b>19</b>
--------------------------	-----------

**BAB 4 KEPUTUSAN**

<b>4.1 Spesies alga-bahaya yang ditemui</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Taburan alga</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Taburan alga-bahaya</b>	<b>27</b>

**BAB 5 PERBINCANGAN**

<b>5.1 Taburan alga</b>	<b>38</b>
<b>5.2 Spesies alga-bahaya yang ditemui</b>	<b>39</b>
<b>5.3 Perbandingan spesies alga-bahaya</b>	<b>42</b>
<b>5.4 Taburan alga-bahaya</b>	<b>44</b>

<b>BAB 6 KESIMPULAN</b>	<b>49</b>
-------------------------	-----------

**RUJUKAN****LAMPIRAN**

## SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka surat
2.1 Contoh kesan beberapa jenis keracunan ke atas sistem neurologi manusia	12
3.1 Bacaan koordinat 14 buah stesen di kawasan kajian	15
3.2 Tarikh persampelan dijalankan di kawasan kajian	17
4.1 Spesies diatom yang ditemui di kawasan kajian	21
4.2 Spesies dinoflagelat yang ditemui di kawasan kajian	22
5.1 Perbandingan spesies alga-bahaya	42
5.2 Korelasi antara parameter fizikal dengan taburan alga-bahaya	46

## SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka surat
3.1 Lokasi kawasan kajian	16
4.1 Perbezaan taburan diatom dan dinoflagelat	26
4.2 Taburan alga-bahaya pada setiap stesen dan transek pada persampelan 1-6	28
4.3 Jumlah taburan <i>Cochlodinium polykrikoides</i> , <i>Ceratium furca</i> dan <i>Chaetoceros distans</i>	30
4.4 Taburan <i>Cochlodinium polykrikoides</i> pada persampelan 1-3	31
4.5 Taburan <i>Cochlodinium polykrikoides</i> pada persampelan 4-6	32 .
4.6 Taburan <i>Ceratium furca</i> pada persampelan 1-3	33
4.7 Taburan <i>Ceratium furca</i> pada persampelan 4-6	34
4.8 Taburan <i>Chaetoceros distans</i> pada persampelan 1-3	35
4.9 Taburan <i>Chaetoceros distans</i> pada persampelan 4-6	36
5.1 Graf bacaan suhu (°C) dan saliniti (ppt) di kawasan kajian	45
5.2 Graf bacaan DO (mg/L) dan pH di kawasan kajian	45

**SENARAI FOTO**

No. Foto	Muka surat
4.1 <i>Chaetoceros distans</i>	23
4.2 <i>Ceratium furca</i>	23
4.3 <i>Alexandrium</i> sp.	24
4.4 <i>Gymnodinium catenatum</i>	24
4.5 <i>Cochlodinium polykrikoides</i>	25

## SENARAI SIMBOL/SINGKATAN

L	liter
ml	milliliter
sel/L	sel per liter
°C	darjah celsius
ppt	<i>particle per thousand</i>
mgl/L	miligram per liter

## **SENARAI LAMPIRAN**

- A Data kiraan bilangan sel alga**
- B Data kiraan bilangan sel alga**
- C Data kiraan bilangan sel alga**
- D Data kiraan bilangan sel alga**
- E Data kiraan bilangan sel alga**
- F Data kiraan bilangan sel alga**
- G Data kiraan bilangan sel alga**
- H Data kiraan bilangan sel alga**
- I Data kiraan bilangan sel alga**
- J Data kiraan bilangan sel alga**
- K Data kiraan bilangan sel alga**
- L Data kiraan bilangan sel alga**
- M Output ANOVA**
- N Output ANOVA**
- O Output ANOVA**
- P Output ANOVA**
- Q Output ANOVA**
- R Output ANOVA**
- S Output ANOVA**

- T      Output ANOVA
- U      Output ANOVA
- V      Output ANOVA
- W      Output ANOVA
- X      Output ANOVA

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Alga atau fitoplankton dipilih dalam kajian ini kerana ia memainkan peranan yang penting dalam ekologi marin. Disebabkan kebolehan berfotosintesis, alga yang merupakan tumbuhan mikroskopik yang hidup di persekitaran akuatik (Dawes, 1998), menjadi penyumbang sumber makanan yang signifikan kepada organisma di kedua-dua habitat marin dan air tawar (Taylor, 1987; Steidinger, 2001).

Alga-bahaya merujuk kepada spesies fitoplankton yang menghasilkan racun semulajadi dikenali sebagai biotoksin yang mana boleh membawa kemudaratian kepada organisma lain seperti kerang, ikan, mamalia marin dan juga manusia melalui jaringan makanan (Taylor, 1987). Ia juga merujuk kepada alga yang tidak bertoksin namun membawa kesan buruk kepada hidupan marin lain dengan menyebabkan pengurangan kandungan gas oksigen dalam air serta menghalang pertukaran gas berlaku dengan menyumbat bahagian insang ikan yang merupakan organ pernafasan penting (Taylor, 1987; Steidinger, 2001; Sze, 1986).

Perairan pinggir pantai ialah kawasan perairan yang bersempadan dengan daratan (pulau atau benua). Fenomena ledakan populasi alga-bahaya banyak berlaku di kawasan ini (Gilbert & Pitcher, 2001), disebabkan kewujudan sumber nutrien pada permukaan air akibat pencemaran yang berlaku di daratan dan mengakibatkan kerugian ekonomi serta kesan ekologi yang teruk (Crespo & Figueiras, 2007).

Perairan pinggir pantai Sabah, khasnya di kawasan Kota Kinabalu merupakan subjek kepada taburan ledakan populasi alga-bahaya yang disebabkan oleh spesies dinoflagelat bertoksin. Toksin-toksin daripada dinoflagelat ini dikumpulkan oleh hidupan marin yang bernilai komersial seperti kerang, kepah serta tiram yang menjadikan kumpulan alga ini sebagai sumber makanan (Ting & Wong, 1989).

Kajian tentang taburan alga-bahaya ini memerlukan proses identifikasi genus atau spesies fitoplankton yang terdiri daripada kumpulan dinoflagelat dan diatom untuk mendapatkan data taburan mengikut genus atau spesies tertentu. Proses identifikasi melibatkan pemerhatian keatas ciri-ciri morfologi yang tertonjol, perbezaan dan juga persamaan pada organisma tersebut.

## 1.2 Objektif kajian

1. Untuk mengenalpasti spesies alga-bahaya yang terdapat di kawasan perairan pinggir pantai, Kota Kinabalu.
2. Untuk menentukan taburan spesies alga-bahaya di kawasan perairan pinggir pantai, Kota Kinabalu.

### 1.3 Justifikasi kajian

Walaupun alga memberi sumbangan yang berguna kepada produktiviti akuatik, sesetengah daripadanya mendatangkan keburukan kepada organisma lain melalui toksin yang dihasilkan di dalam selnya. Alga-bahaya sering dikaitkan dengan kesan buruk yang membawa kemudarat kepada organisma marin seperti ikan dan kerang-kerangan melalui ledakan populasi alga-bahaya. Kesan buruk ini juga akan dialami oleh manusia yang menjadikan ikan dan kerang sebagai makanan.

Selain itu, ledakan populasi alga-bahaya turut memberikan kesan negatif kepada persekitaran kerana menyebabkan bau yang kurang menyenangkan dan kekeruhan pada air laut. Hal ini menjadikan perkembangan aktiviti rekreasi dan juga pelancongan, serta bidang makanan seterusnya mengurangkan pendapatan yang diperoleh oleh kerajaan dari segi ekonomi. Perbelanjaan yang tinggi juga diperlukan untuk mengatasi masalah-masalah yang diakibatkan oleh kejadian ledakan populasi alga-bahaya ini.

Oleh yang demikian, kajian ke atas alga-bahaya ini akan dapat menyediakan satu maklumat asas yang boleh dijadikan panduan untuk penyelidikan pada masa hadapan. Maklumat mengenai identiti spesies alga bahaya yang dikenalpasti adalah penting agar langkah selanjutnya seperti pengesanan kandungan biotoksin dalam sel spesies tersebut dapat dilakukan, dan seterusnya langkah pengawalan yang sewajarnya dapat disarankan.

Kajian tentang taburan spesies alga bahaya akan dapat membantu dalam mengkaji potensi ledakan populasi alga-bahaya untuk berlaku di kawasan perairan pinggir pantai Kota Kinabalu, Sabah. Tindakan susulan akan dapat diambil untuk mengawal dan mengurangkan kejadian ledakan populasi alga-bahaya pada masa akan datang. Dengan ini, kesan buruk akibat daripada ledakan populasi alga-bahaya akan dapat diminimakan sekaligus menjamin kesejahteraan hidup organisma lain termasuklah manusia.

## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 Alga

Alga atau fitoplankton merupakan asas kepada rantai makanan di lautan disebabkan ia mampu membina makanan sendiri melalui proses fotosintesis, sama seperti tumbuhan daratan yang lain (Steidinger, 2001). Spesies-spesies fitoplankton menyumbangkannya kira-kira 95 peratus daripada penghasilan primer hidupan marin (Sze, 1986).

Dalam persekitaran marin, tiga kumpulan fitoplankton yang diketahui merupakan penyebab utama kepada ledakan populasi alga-bahaya adalah sianobakteria, diatom dan juga dinoflagelat (Anton *et al.*, 2000).

Sianobakteria yang juga dikenali sebagai alga biru-hijau dikelaskan dalam *Cyanophyta* (Doyle, 1973), boleh didapati dalam berbagai-bagai persekitaran. Ia boleh didapati dalam persekitaran marin dan air tawar pada substrat yang kukuh (Dawes, 1998). Sesetengah sianobakteria juga boleh hidup pada suhu panas dan tempat sejuk seperti Antartik (Doyle, 1973; Dawes, 1998) sebagai organisma endolitik. Spesies seperti *Microcystis* merupakan spesies alga biru-hijau yang diketahui menyebabkan kejadian ledakan populasi alga-bahaya dan mengakibatkan kematian (Doyle, 1973).

Diatom dikelaskan dalam divisi *Bacillariophyta* dan kelas *Bacillariophyceae* (South & Whittick, 1987; Sumich, 1996). Ia merupakan divisi alga terbesar yang mana ianya mendominasi fitoplankton terutamanya dalam sistem air tawar. Diatom biasanya hidup mengapung dalam badan air ataupun mengepil pada permukaan secara tunggal atau sel berantai (Valiela, 1995). Dalam persekitaran marin, diatom banyak didapati di kawasan yang lebih sejuk dan bernutrien tinggi. Ia mempunyai dinding sel yang dibina daripada silika dan pektin dengan julat saiz antara 0.01 hingga 0.2 mm (Valiela, 1995; Rao, 2006).

Dinoflagelat merupakan komponen fitoplankton yang penting dalam ekosistem marin (Polat & Koray, 2007), terutama sekali di kawasan perairan yang mana suhu air adalah lebih tinggi (Sze, 1986). Terdapat juga beberapa spesies dinoflagelat yang merupakan organisme benthik ataupun menjalankan interaksi simbiosis (Sze, 1986).

Dinoflagelat yang berada dalam kelas *Dinophyceae* dan tergolong di dalam divisi *Dinophyta* (Sze, 1986; Morris, 1977; Bilgrami & Saha, 1992), boleh dibezakan berdasarkan kewujudan dua flagela berlainan yang mana berfungsi untuk pergerakan dalam badan air (Steidinger, 2001). Dinoflagelat wujud sebagai sel tunggal yang bersaiz kecil, antara 0.001 hingga 0.1 mm (Valiela, 1995).

Kewujudan plat teka (*thecal plate*) merupakan ciri unik bagi sel dinoflagelat yang mana ianya terletak di bawah membran sel. Saiz, bilangan serta susunan plat teka adalah berbeza mengikut spesies dinoflagelat dan oleh itu amat penting dalam taksonominya (Sze, 1986).

Dinoflagelat boleh membiak melalui proses belahan dedua (pembiakan aseksual) di mana sel induk akan membahagi secara membujur, melintang atau serong (Morris, 1977) ataupun dengan pembentukan zoospora. Spesies dinoflagelat yang haploid pula akan membiak secara seksual dengan menghasilkan gamet (Sze, 1986; Okaichi, 2003) yang mana gamet ini akan bercantum dan membentuk planozigot (Sze, 1986; Morris, 1977).

Sesetengah dinoflagelat turut bersifat mengeluarkan cahaya (*bioluminescent*) seperti *Pyrocystis* sp. dan juga *Noctiluca* sp. (Taylor, 1987; Sze, 1986). Spesies ini selalunya membebaskan pancaran cahaya berwarna biru-hijau sebagai tindakbalas terhadap gangguan mekanikal pada air. Cahaya tersebut datang daripada vesikel kecil (*scintillons*) yang terdapat dalam sel yang mana ianya adalah dihasilkan oleh enzim melalui tindakbalas luciferin-luciferase (Sze, 1986; Bilgrami & Saha, 1992). Fungsi penghasilan cahaya ini adalah sebagai pertahanan diri daripada organisme herbivor (Sze, 1986).

Dinoflagelat mempunyai kebolehan untuk beradaptasi dengan perubahan persekitaran. Sekiranya keadaan persekitaran tidak sesuai untuk pertumbuhan, ia akan membentuk sis. Sis merupakan satu peringkat dalam kitar hidup dinoflagelat yang dikenali sebagai peringkat rehat (Giannakourou *et al.*, 2005).

Secara umumnya, istilah 'sis' membawa maksud sel bukan motil yang tidak mempunyai flagela dan tidak mampu bergerak. Peringkat sis adalah sama seperti hibernasi atau keadaan dorman yang mana sis berada dalam keadaan rehat untuk jangka masa yang panjang dan tinggal di bawah sedimen sehingga keadaan

persekitaran sesuai untuk pertumbuhan (Matsuoka & Fukuyo, 2000). Fungsi-fungsi merujuk kepada sis termasuklah penyebaran spesies, kelangsungan hidup dalam keadaan yang teruk dan juga permulaan ledakan populasi alga (Joyce *et al.*, 2004).

Antara spesies dinoflagelat yang diketahui membentuk sis adalah seperti *Alexandrium tamarensense* (Okaichi, 2003), *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Okaichi, 2003; Matsuoka *et al.*, 1989; Sombrito *et al.*, 2004; Usup & Azanza, 1998) dan juga *Gymnodinium catenatum* (Hallegraeff & Fraga, 1998).

## **2.2 Ledakan populasi alga-bahaya**

Alga-bahaya merupakan spesies fitoplankton yang boleh mendatangkan keburukan kepada hidupan marin lain, ekosistem serta manusia secara tidak langsung. Di dalam persekitaran yang sesuai untuk pertumbuhan, alga akan terangsang dan membiak dengan giat seterusnya menyebabkan ledakan populasi alga yang berjumlah jutaan sel pada satu-satu masa. Kebanyakan ledakan populasi alga-bahaya ini adalah disebabkan oleh dinoflagelat dan sesetengahnya disebabkan oleh diatom (Steidinger, 2001).

Ledakan populasi alga-bahaya biasanya dilaporkan berlaku di kawasan perairan pinggir pantai (Valiela, 1995; Kane, 1986) dan muara di kawasan beriklim tropika dan hawa sederhana (South & Whittick, 1987). Ledakan ini mengubah warna air kepada warna kuning, jingga, merah muda, coklat atau merah bergantung kepada organisme yang menyebabkannya serta kepekatan organisme tersebut (Steidinger, 2001; Sze, 1986). Disebabkan ini, para saintis berpendapat bahawa istilah ‘air pasang merah’ atau *red tides* adalah kurang sesuai dan oleh itu menggalakkan penggunaan

istilah ‘ledakan populasi alga-bahaya’ (*Harmful Algal Bloom*, HAB) kerana ia dapat menerangkan fenomena yang sebenar dengan lebih tepat (Steidinger, 2001). Walaubagaimanapun, di Jepun, istilah *red tides* ini adalah lebih popular dan digunakan secara meluas tanpa menghiraukan pendapat saintifik (Okaichi, 2003).

Semasa ledakan populasi alga-bahaya, sesetengah mikroalga seperti dinoflagelat akan menghasilkan toksin (Friedman & Levin, 2004). Ledakan populasi alga-bahaya dikaitkan dengan lima jenis simptom iaitu Keracunan Kerangan Neurotoksik (*neurotoxic shellfish poisoning*, NSP), Keracunan Kerang Paralitik (*paralytic shellfish poisoning*, PSP), Keracunan Kerang Diaretik (*diarrheic shellfish poisoning*, DSP), Keracunan Kerang Amnesik (*amnesic shellfish poisoning*, ASP), dan Keracunan Ikan Ciguatera (*ciguatera fish poisoning*, CFP) (Sze, 1986; Taylor, 1987).

Walaubagaimanapun, bukan semua dinoflagelat berupaya menghasilkan toksin (Sze, 1986; South & Whittick, 1987). Daripada lebih 1000 spesies dinoflagelat yang dikenalpasti, hanya kira-kira 20 spesies sahaja yang didapati menghasilkan toksin dan berpotensi menyebabkan keracunan PSP (South & Whittick, 1987).

### **2.3 Kejadian ledakan populasi alga-bahaya di Asia**

Kejadian ledakan populasi alga-bahaya telah banyak dilaporkan berlaku di kawasan perairan seluruh dunia (Valiela, 1995). Di Malaysia, ledakan populasi alga-bahaya telah dilaporkan buat pertama kalinya di kawasan pinggir pantai Sabah pada Januari hingga April 1976 yang mana menyebabkan berlakunya PSP (Ting & Wong, 1989).

## RUJUKAN

- Anraku, M., 1984. Shellfish poisoning in Japanese waters. Dlm: White, A. W., Anraku, M. & Hooi, K. (Eds.) *Toxic Red Tides and Shellfish Toxicity in Southeast Asia*. Proceedings of a consultative meeting held in Singapore (11-14 Sept 1984). 105-109.
- Anton, A., Mohammad-Noor, N. & Fukuyo, Y., 2000. Occurrence of harmful dinoflagellates in the Malacca Straits and its impact on aquaculture. Dlm: Zainoddin, Hj. J. & Zulherry, I. (Eds.) *Laporan Teknik Sekolah Sains dan Teknologi 2000*, LT/SST-UMS/2000/002. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu.
- Bilgrami, K. S. & Saha, L. C., 1992. *A Textbook of Algae*. CBS Publisher & Distributors. New Delhi.
- Chang, F. H., 1996. Distribution and abundance of *Dinophysis acuminata* (Dinophyceae) and *Pseudonitzschia australis* (Bacillariophyceae) in Kenepuru and Pelorus Sounds, New Zealand. Dlm: Yasumoto, T., Oshima, Y. & Fukuyo, Y., 1996. *Harmful and Toxic Algal Blooms*, 93-96.
- Cory, E. A. B., 2008. Physio-chemical properties of surface seawater in associate to bloom and non-bloom period in Kota Kinabalu waters. *Disertasi Ijazah Sarjana Muda Sains*. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (tidak diterbitkan).
- Crespo, B. G. & Figueiras, F. G., 2007. A spring poleward current and its influence on microplankton assemblages and harmful dinoflagellates on the western Iberian coast. *Harmful algae*. 315.
- Dawes, C. J., 1998. *Marine Botany*. John Wiley & Sons Inc. New York.

**Doyle, W. T., 1973.** *Nonseed Plants: Form & Function (2<sup>nd</sup> Edition)*. The Macmillan Press, Ltd. London.

**Estudillo, R. A. & Gonzales, C. L., 1984.** Red tides and paralytic shellfish poisoning in the Philippines. Dlm: White, A. W., Anraku, M. & Hooi, K. (Eds.) *Toxic Red Tides and Shellfish Toxicity in Southeast Asia*. Proceedings of a consultative meeting held in Singapore (11-14 Sept 1984). 52-79.

**Friedman, M. A. & Levin, B. E., 2004.** Neurobehavioral effects of harmful algal bloom (HAB) toxin: A critical review. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 11: 331-338.

**Fukuyo ,Y. & Taylor, F.J.R., 1989.** Morphological characteristics of dinoflagellates. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 201-206.

**Giannakourou, A., Orlova, T. Y., Assimakopoulou, G. & Pagou, K., 2005.** Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Thermaikos Gulf, Greece: Effects of resuspension events on vertical cyst distribution. *Continental Shelf Research*. 25: 2585-2596.

**Gilbert, P. M & Pitcher, G., 2001.** *Global Ecology and Oceanography or Harmful Algal Blooms (GEOHAB), Science Plan*. Baltimore.

**Gilbert, P. M., Anderson, D. M., Gentien, P., Graneli, E. & Sellner, K. G., 2005.** The global complex phenomena of harmful algal blooms. *Oceanography*. 18(2): 137-147.

Google Earth, 2007. <http://www.googleearth.com>

- Gonzales, C. L., 1989. *Pyrodinium* blooms and paralytic shellfish poisoning in the Philippines. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 39-48.
- Gross, M. G., 1993. *Oceanography: A View of Earth (6<sup>th</sup> Edition)*. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Hallegraeff, G. M. & Fraga, S., 1998. Bloom dynamics of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*, with emphasis on Tasmanian and Spanish coastal waters. Dlm: Anderson, D. M., Cembella, A. D. & Hallegraeff, G. M. (Eds.) *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. Spring-Verlag Inc. Berlin. 59-80.
- Hasle, G. R. & Erik, E. S., 1997. Marine Diatom. Dlm: Tomas, C. R. (Ed.) *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press. San Diego.
- Horner, R. A., Garrison, D. L. & Plumley, F. G., 1997. Harmful algal blooms and red tide problems on the U.S west coast. *Limnology and Oceanography*. 5 (2): 1076-1088.
- Jothy, A. A., 1984. Status of shellfish toxicity and related problems in Malaysia. Dlm: White, A. W., Anraku, M. & Hooi, K. (Eds.) *Toxic Red Tides and Shellfish Toxicity in Southeast Asia*. Proceedings of a consultative meeting held in Singapore (11-14 Sept 1984). 33-42.
- Joyce, L. B., Pitcher, G. C., Randt du, A. & Monteiro, P. M. S., 2004. Dinoflagellate cysts from surface sediments of Saldanha Bay, South Africa: An indication of the potential risk of harmful algal blooms. *Harmful Algae*. 4: 309-318.

- Kane, K., 1986. *A Biology of the Algae (2<sup>nd</sup> Edition)*. Wm. C. Brown Publishers. Iowa.
- Kudela, R., Pitcher, G., Probyn, P., Figueiras, F., Moita, T. & Trainer, V. 2005. Harmful algal blooms in coastal upwelling system. *Oceanography*. 8(2): 184-197.
- Levinton, J. S., 1982. *Marine Ecology (1<sup>st</sup> Edition)*. Simon & Schuster International Group. United States of America.
- Livingston, R. J., 2001. *Eutrophication Processes in Coastal Systems: origin and succession of plankton blooms and effects on secondary production in Gulf Coast estuaries*. CRC Press. Boca Raton.
- Maclean, J. L., 1984. Indo-Pacific toxic red-tide occurrences, 1972-1984. Dlm: White, A. W., Anraku, M. & Hooi, K. (Eds.) *Toxic Red Tides and Shellfish Toxicity in Southeast Asia*. Proceedings of a consultative meeting held in Singapore (11-14 Sept 1984). 92-93.
- Maclean, J. L., 1989. An overview of *Pyrodinium* red tides in the western Pacific. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 1-7.
- Mann, K. H., 1982. *Ecology of Coastal Waters*. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Matdanan, H. J., De Silva, M. W. R. N. & Sharifuddin, P. H. Y., 1989. *Pyrodinium* red tide occurrences in Brunei Darussalam. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development,

Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 9-18.

Matsuoka, K. & Fukuyo, Y., 2000. Technical guide for modern dinoflagellate cyst study. *WESTPAC-HAB*. Tokyo.

Matsuoka, K., Fukuyo, Y., Jaafar, M. H. & De Silva, M. W. R. N., 1989. Occurrence of the cyst of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* in surface sediments of Brunei Bay. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila.

Mohammad-Noor, N., & Anton, A., 2001. Identification of the species of dinoflagellates (Order Dinophysiales) F.J.R Taylor 1980 from Sebatu and Sg. Rambai, Malacca. *Borneo Science*. 9: 79-87.

Mohammad-Noor, N., Anton, A., Norsabrina, M. N., Haniza, H. & Alexander, J., 2002. Biodiversity of HABs (order Prorocentrales, Dinophysiales and Gonyaulacales) of Sabah, Malaysia. Dlm: Zainoddin, Hj. J. & Zulherry, I. (Eds.) *Laporan Teknik Sekolah Sains dan Teknologi 2002*, LT/SST-UMS/2002/009. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu.

Montojo, U. M., Sakamoto, S., Cayme, M. F., Gatdula, N. C., Furio, E. F., Relox, Jr. J. R., Sato, S., Yasuwo, F. & Kodama, M., 2006. Remarkable difference in accumulation of paralytic poisoning toxins among bivalve species exposed to *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* bloom in Masinloc bay, Phillipines. *Toxicon*. 48: 85-92.

Morris, I., 1977. *An Introduction to the Algae (2<sup>nd</sup> Edition)*. Hutchison & Co. Publishers Ltd. London.

Okaichi, T., 2003. *Red Tides*. Terra Scientific Publishing Company. Tokyo.

Polat, S. & Koray,, T. 2007. Planktonic dinoflagellates of the northen Levantine Basin, northeastern Mediterranean Sea. *European Journal of Protistology*. 43: 193-204.

Quraisyin, A., 1984. Distribution of dinoflagellates at Jakarta Bay, Taman Jaya, Banten, and Benoa Bay, Bali: A report of an incident of fish poisoning at eastern Nusa Tenggara. Dlm: White, A. W., Anraku, M. & Hooi, K. (Eds.) *Toxic Red Tides and Shellfish Toxicity in Southeast Asia*. Proceedings of a consultative meeting held in Singapore (11-14 Sept 1984). 25-32.

Ragothaman, G. & Trivedy, R. K., 2002. *Aquatic Ecology: A Text Book*. Agrobios. Jodhpur.

Rao, D. V. S., 2006. *Algal Cultures, Analogues of Blooms and Applications (Vol.1)*. Science Publishers. Enfield (New Hampshire).

Seliger, H. H., 1989. Mechanisms for red tides of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* in Papua New Guinea, Sabah and Brunei Darrussalam. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 53-72.

Smalley, G. W. & Coats, D. W., 2002. Ecology of the red-tide dinoflagellate *Ceratium furca*: distribution, mixotrophy, and grazing impact on ciliate populations of Cheapsake Bay. *J. Eukaryot Microbiology*. 49(1): 63-73.

- Sombrito, E. Z., Bulos, A. dM., Sta Maria, E. J., Honrado, M. C. V., Azanza, R. V. & Furio, E. F., 2004. Application of  $^{210}\text{Pb}$ -derived sedimentation rates and dinoflagellates cyst analyses in understanding *Pyrodinium bahamense* harmful algal blooms in Manila Bay and Malampaya Sound, Philipines. *Journal of Environmental Radioactivity*. 76: 177-194.
- South, G. R., & Whittick, A., 1987. *Introduction to Phycology*. Blackwell Scientific Publications. London.
- Steidinger, K. A., 2001. *Unit III: Red Tide and Harmful Algal Blooms*. Project Oceanography. Florida.
- Steidinger, K. A. & Tangen, K., 1996. *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Academid Press Inc. San Diego.
- Sudara, S., Tamiyavanich, S. & Wisessang, S., 1984. Red tide and paralytic shellfish poisoning phenomena in Thailand. Dlm: White, A. W., Anraku, M. & Hooi, K. (Eds.) *Toxic Red Tides and Shellfish Toxicity in Southeast Asia*. Proceedings of a consultative meeting held in Singapore (11-14 Sept 1984). 90-91.
- Sumich, J. L., 1996. *An Introduction to the Biology of Marine Life (6<sup>th</sup> Edition)*. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque.
- Suvapepun, S., 1984. Shellfish poisoning in association with the occurrence of potentially toxic dinoflagellates in the Gulf of Thailand. Dlm: White, A. W., Anraku, M. & Hooi, K. (Eds.) *Toxic Red Tides and Shellfish Toxicity in Southeast Asia*. Proceedings of a consultative meeting held in Singapore (11-14 Sept 1984). 87-89.
- Sze, P., 1986. *Algae (2<sup>nd</sup> Edition)*. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque.

Taylor, F. J. R., 1987. *The Biology of Dinoflagellates*. Blackwell Scientific Publications. London.

Ting, T. M. & Wong, J. T. S., 1989. Summary of red tide and paralytic shellfish poisonings in Sabah, Malaysia. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 19-27.

Usup, G. & Azanza, R. V., 1998. Physiology and bloom dynamics of the tropical dinoflagellates *Pyrodinium bahamense*. Dalam: Anderson, D. M., Cembella, A. D. & Hallegraeff, G. M. (eds.) *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. Spring-Verlag Inc. Berlin. 81-94.

Usup, G., Ahmad, A. & Ismail, N., 1989. *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* red tide studies in Sabah, Malaysia. Dlm: Hallegraeff, G. M & Maclean, J. L. (Eds.) *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium red tides*. ICLARM Conference Proceedings 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam, and International Centre for Living Aquatic Resources Management. Manila. 97-110.

Valiela, I., 1995. *Marine Ecological Processes (2<sup>nd</sup> Edition)*. Spring-Verlag Inc. New York.