

KAJIAN PENENTUAN KEHADIRAN *E. coli* DAN TOTAL COLIFORM
DI PANTAI REKREASI TANJUNG ARU,
SABAH

WAN MARDHIAH BT. WAN MAHMOOD

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

TESISINI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM SAINS SEKITARAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL 2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: KATIAN PENENTUAN KEHADIRAN E. COLI DAN TOTALCOLIFORM DI PANTAI REKREASI TANJUNG ARU, SABAHIJAZAH: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN SAINS SEKITARANSAYA WAN MARDHIAH BT WAN MAHMOOD SESI PENGAJIAN: 2003 - 2006
(HURUF BESAR)

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 membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan ~~menyalin~~ 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

(TANDATANGAN PENULIS)(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)Alamat Tetap: LOT 778 KG PINTU
GNG 15 G KOTA BHARU
KELANTAN DARUL NAIMCIK FARRAH ANIS FAZLIATUL BT
ADNAN Nama PenyeliaTarikh: 26/4/06

Tarikh: _____

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

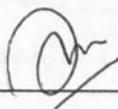
**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@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.

24 Mac 2006



WAN MARDHIAH BT WAN MAHMOOD

HS2003-3210

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PERAKUAN PEMERIKSA**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

1. PENYELIA

(Cik Farrah Anis Fazliatul Bt Adnan)

2. PEMERIKSA 1

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
 (Dr Vun Leong Wan)

3. PEMERIKSA 2

(Cik Kamsia Bt Budin)

4. DEKAN

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



UMS

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

‘Bismillahirrahmanirrahim’

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasihani, saya memanjatkan sepenuh rasa kesyukuran ke hadrat Ilahi kerana memberikan kemudahan kepada saya untuk menyiapkan tesis bertajuk Kajian Penentuan Kehadiran *E. coli* dan *Total Coliform* di Pantai Rekreasi Tanjung Aru, Sabah tepat pada masanya.

Pertama-tamanya, saya ingin merakamkan berbanyak-banyak ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia tesis saya yang baik hati iaitu Cik Farrah Anis Fazliatul bt Adnan di atas segala tunjuk ajar, bimbingan dan buah fikiran yang diberikan oleh beliau selama saya menyiapkan tesis ini. Jasa dan penat lelah beliau dalam memperbaiki penulisan tesis saya amatlah dihargai dan diingati. Begitu juga dengan semua pensyarah program Sains Sekitaran yang lain yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam penyiapan tesis ini, terima kasih diucapkan di atas segala curahan ilmu yang diberikan.

Kepada rakan-rakan seperjuangan sekalian, saya juga ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih di atas segala sokongan moral dan perangsang yang diberikan kepada saya selama ini. Semoga semua kenangan pahit dan manis sepanjang kita bergelar mahasiswa Universiti Malaysia Sabah khasnya pelajar program Sains Sekitaran sesi 2003/2004 akan terpahat dengan kukuh dalam ingatan kita.

Tidak lupa juga ucapan setinggi-tinggi perhargaan dan terima kasih kepada keluarga saya di Kelantan terutamanya ibu dan kedua-dua adik saya yang sentiasa memberikan semangat dan mendoakan kejayaan saya di sini. Sesungguhnya kalian semua sentiasa di hati walaupun jauh di mata.

Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Pengambilan sampel air bagi kajian penentuan kehadiran bakteria koliform iaitu *E. coli* dan *total coliform* (TC) di pantai rekreasi Tanjung Aru, Sabah telah dijalankan sebanyak empat kali pada bulan Januari hingga Februari 2006. Kajian ini dijalankan untuk menentukan kehadiran bakteria koliform iaitu *E. coli* dan TC di dalam air marin pantai rekreasi Tanjung Aru dan mengenalpasti punca-punca pencemaran air marin yang berkaitan dengan bakteria koliform najis. Empat buah kawasan pensampelan utama telah dipilih untuk kajian ini yang mana setiap kawasan merangkumi satu stesen air laut dan satu stesen air longkang. Kaedah Penurasan Membran yang berdasarkan *Standard Methods* APHA telah digunakan untuk analisis parameter *E. coli* dan TC di makmal. Kajian mendapati bahawa kesemua stesen air longkang mencatatkan bilangan bakteria *E. coli* dan TC yang paling banyak berbanding kesemua stesen air laut dengan julat bilangan *E. coli* ($933 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ - $2883 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$) dan TC ($3300 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ - $5313 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$). Longkang L3 yang terletak berhampiran Kinabalu Yacht Club didapati paling tercemar dengan *E. coli* dan ini telah menyebabkan stesen air laut S3 juga mempunyai bilangan *E. coli* yang paling tinggi antara semua stesen air laut. Kesemua stesen air laut memberikan nilai julat bilangan *E. coli* ($113 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ - $243 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$) dan TC ($1250 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ - $2250 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$). Stesen-stesen longkang mempunyai bilangan *E. coli* dan TC yang lebih tinggi berbanding stesen-stesen air laut kerana longkang-longkang ini menerima efluen-efluen domestik dan air sisa dari kawasan kondominium, resort dan medan selera yang dibina di sepanjang pantai tersebut dan seterusnya dialirkan ke pantai berdekatan tanpa dirawat terlebih dahulu. Secara keseluruhannya, air laut di kawasan pantai rekreasi Tanjung Aru berada pada tahap yang masih selamat untuk kegunaan rekreasi kerana nilai-nilai bilangan *E. coli* dan TC masih mematuhi nilai Kelas IIB Piawaian Interim Kualiti Air JAS 1987.



DETERMINATION OF *E. COLI* AND TOTAL COLIFORM AT TANJUNG ARU RECREATIONAL BEACH, SABAH

ABSTRACT

Water samples to determine the presence of *E. coli* and total coliform (TC) were collected at Tanjung Aru recreational beach, Sabah between January and February 2006. This study was carried out to determine the presence and abundance of *E. coli* and TC in the coastal water and also to identify its potential sources of coliform bacteria pollution. Four main sampling areas were chosen for this study with each area consisting of one seawater station and one drainage station. Membrane Filtration method based on APHA Standard Methods was used to analyze these parameters. This study shows that all drainage stations have higher numbers of both *E. coli* and TC bacteria count compared to all seawater stations with the value ranges for *E. coli* ($933 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ - $2883 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$) and TC ($3300 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ - $5313 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$). Drainage station L3 located near Kinabalu Yacht Club was most polluted with *E.coli* and thus, caused seawater station S3 to have the highest number of *E.coli* compared to all seawater stations. Bacteria count for all seawater stations are *E. coli* ($113 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ - $243 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$) and TC ($1250 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$ to $2250 \text{ cfu } 100 \text{ ml}^{-1}$). All drainage stations have higher number of *E. coli* and TC because it receives domestic effluents and wastewater from various sources such as the condominium area, resort and food court located along the beach. The water from the drains are released straight to the nearby beaches without undergoing any treatments. However, data from this study shows that the coastal waters of Tanjung Aru Beach is still suitable for recreational uses as the *E.coli* and TC values were under the Standard IIB limit of DOE Interim Water Quality Standards for Malaysia 1987.



SENARAI KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xi
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 PENGENALAN	1
1.2 KEPENTINGAN KAJIAN	3
1.3 OBJEKTIF KAJIAN	4
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	5
2.1 PENGENALAN	5
2.2 PENCEMARAN AIR	6
2.3 DEFINISI BAKTERIA	8
2.4 CIRI-CIRI MIKROORGANISMA PENUNJUK	12
2.5 BAKTERIA KOLIFORM	13
2.6 BAKTERIA <i>E. coli</i>	16
2.7 PIAWAIAN KUALITI AIR	18
2.8 PUNCA-PUNCA PENCEMARAN <i>E. coli</i>	20
2.9 KESAN-KESAN PENCEMARAN <i>E. coli</i>	21
2.10 KAJIAN-KAJIAN TERDAHULU BERKAITAN PENCEMARAN <i>E. coli</i>	24
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH	26
3.1 LATAR BELAKANG KAWASAN KAJIAN	26
3.2 DISKRIPSI STESEN-STESEN PENSAMPELAN	29



3.3	PENGUMPULAN SAMPEL AIR	34
3.4	PENGUKURAN PARAMETER <i>IN-SITU</i>	34
3.5	PENYEDIAAN BAHAN DAN ALAT RADAS	35
3.6	UJIAN MAKMAL	36
3.7	TEKNIK PENURASAN MEMBRAN	36
3.7.1	Prinsip Umum	37
3.7.2	Prosedur Analisis <i>E. coli</i>	37
3.7.3	Kebaikan dan Keburukan Teknik Penurasan Membran	39
3.8	ANALISIS DATA	40
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	41
4.1	ANALISIS PARAMETER <i>IN-SITU</i>	41
4.1.1	Suhu	42
4.1.2	pH	44
4.1.3	Saliniti	46
4.1.4	Oksigen terlarut	48
4.2	ANALISIS PARAMETER <i>EX-SITU</i>	50
4.2.1	Parameter <i>E. coli</i>	50
4.2.2	Parameter <i>total coliform</i>	52
4.3	ANALISIS PARAMETER SECARA STATISTIK	54
4.3.1	Ujian T Satu Sampel	54
4.3.2	Ujian Korelasi Pearson	56
4.3.3	Ujian ANOVA Sehala	57
4.4	PERBANDINGAN BILANGAN BAKTERIA KOLIFORM DI ANTARA STESEN PENSAMPELAN	58
4.5	STATUS KUALITI AIR MARIN DI KAWASAN KAJIAN	60
4.6	PUNCA-PUNCA PENCEMARAN DI KAWASAN KAJIAN	62
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	64
RUJUKAN		66
LAMPIRAN		70

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
2.1 Fasa-fasa dalam pembiakan bakteria	11
2.2 Piawai-piawai tahap pengukuran <i>E. coli</i> dan <i>total coliform</i> dalam air	18
2.3 Piawaian Kualiti Air Interim Jabatan Alam Sekitar Malaysia 1987 bagi kandungan <i>total coliform</i> dan <i>E. coli</i> mengikut kelas jasad air	19
2.4 Kesan-kesan kesihatan disebabkan oleh EPEC, ETEC dan EIEC	23
3.1 Diskripsi stesen persampelan di pantai Tanjung Aru	29
3.2 Parameter-parameter <i>in-situ</i> dan alat-alat pengukurannya	35
3.3 Bahan dan alat radas yang diperlukan untuk kajian bakteria koliform	35
4.1 Status kualiti air dengan perbandingan nilai min kajian sampel air laut dengan nilai piawaian Kelas IIB JAS 1987.	60



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
3.1 Peta lokasi kawasan kajian dan stesen-stesen pensampelan (Diubahsuai daripada peta DBKK 2005, tidak mengikut skala)	28
4.1 Nilai bacaan suhu ($^{\circ}\text{C}$) mengikut stesen dan hari pensampelan	43
4.2 Nilai bacaan pH mengikut stesen dan hari pensampelan	45
4.3 Nilai bacaan saliniti (ppt) mengikut stesen dan hari pensampelan	47
4.4 Nilai bacaan oksigen terlarut (mg l^{-1}) mengikut stesen dan hari pensampelan	49
4.5 Nilai purata bacaan <i>E. coli</i> (cfu 100 ml^{-1}) mengikut stesen dan hari pensampelan	52
4.5 Nilai purata bilangan <i>total coliform</i> (cfu 100 ml^{-1}) mengikut stesen dan hari pensampelan	53



SENARAI FOTO

No. Foto	Muka surat
3.1 Stesen L1 (air longkang)	30
3.2 Stesen S1 (air laut)	30
3.3 Stesen L2 (air longkang)	31
3.4 Stesen S2 (air laut)	31
3.5 Stsen L3 (air longkang)	32
3.6 Stesen S3 (air laut)	32
3.7 Stesen L4 (air longkang)	33
3.8 Stesen S4 (air laut)	33



SENARAI SINGKATAN DAN SIMBOL

WHO	<i>World Health Organization</i>
JAS	Jabatan Alam Sekitar
APHA	<i>American Public Health Association</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EU	<i>European Union</i>
EEC	Environment Enactment Conservation
CCME	Canadian Council Of Ministers Of The Environment
MLS	Membran Lauril Sulfat
EPEC	<i>enteropathogenic</i>
ETEC	<i>enterotoxigenic</i>
EIEC	<i>enteroinvasive</i>
mL	mililiter
μm	mikrometer
mg l^{-1}	miligram per liter
m	meter
$^{\circ}\text{C}$	darjah <i>celcius</i>
%	peratus
ppt	<i>parts per thousand / bahagian per seribu</i>
cfu 100 mL^{-1}	<i>colony forming unit</i> per 100 mililiter
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
TC	<i>total coliform</i>
BOD	permintaan oksigen biokimia
DO	oksigen terlarut



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Air merupakan sumber semula jadi anugerah Tuhan yang diberikan kepada semua hidupan di muka bumi ini. Manusia, haiwan dan tumbuhan amat memerlukan sumber air untuk proses kemandirian kehidupan masing-masing. Di muka bumi ini, kira-kira 70 peratus daripadanya adalah terdiri daripada sumber air sama ada air sungai, air tasik, air lembangan, air bawah tanah, air laut dan lain-lain lagi. Daripada keseluruhan air yang didapati di muka bumi ini, hanya 3 peratus sahaja merupakan air tawar manakala selebihnya adalah air masin (Hamidi, 1999).

Sumber air yang diperolehi daripada persekitaran akan digunakan dalam beberapa cara. Sebatang sungai misalnya, boleh berfungsi menjadi suatu sumber air minuman dan perikanan (Mohamad Omar, 1987). Manakala lautan yang meluas yang menjadi tempat pertemuan darat, air dan udara (Carter, 1988) pula boleh menjadi sumber bekalan air untuk pelbagai keperluan manusia dan sebagai habitat semula jadi organisma hidup yang lain. Cuchlaine (1966) telah menyenaraikan 6 aktiviti utama manusia di kawasan pinggir pantai dan laut, antaranya termasuklah perumahan,

rekreasi, industri, komersial, pembuangan sampah sarap, pertanian, akuakultur, perikanan, kawasan simpanan semula jadi dan ketenteraan.

Banyak negara di seluruh dunia meningkatkan hasil pendapatan negara masing-masing dengan meningkatkan usaha melalui aktiviti ekonomi yang dijalankan dalam bidang pertanian, industri dan perlombongan. Peningkatan aktiviti ini telah turut menyebabkan peningkatan masalah pencemaran yang ketara di persekitaran marin. Persekutuan marin adalah termasuk lautan, teluk, paya dan kuala atau muara yang mempunyai ciri-ciri unik dan berbeza dengan persekitaran daratan serta menyokong pelbagai bentuk kehidupan (Arvind Kumar, 2003).

Pencemaran akuatik telah menjadi ancaman yang serius kepada sumber hidupan dan bahan-bahan pencemar seperti kumbahan, logam berat, minyak dan pestisid masuk ke dalam ekosistem dan mencemari laut dan pantai sehingga menghilangkan pelbagai fungsinya (Arvind Kumar, 2003). Salah satu daripada fungsi dan kepentingan air laut ataupun air marin kepada manusia ialah sebagai kawasan rekreasi atau pelancongan untuk aktiviti beriadah dan mandi-manda (Viessman dan Hammer, 1993).



1.3 KEPENTINGAN KAJIAN

Kajian ini dilakukan adalah untuk mengetahui kesesuaian pantai Tanjung Aru sebagai pantai rekreasi yang terkenal dengan aktiviti mandi-manda dan kawasan pelancongan melalui ujian mikrobiologi yang dilakukan. Kajian penentuan koliform yang dilakukan ini adalah amat perlu dalam analisis kualiti air memandangkan kawasan pantai Tanjung Aru merupakan tempat rekreasi yang terkenal dengan keindahan pantainya dan sering dikunjungi oleh orang ramai dan pelancong dari dalam dan luar negara. Selain itu, terdapat pelbagai jenis aktiviti ekonomi dan pembangunan yang dijalankan di sepanjang pantai tersebut yang dikhawatir boleh mengakibatkan kualiti air di kawasan berkenaan berubah dan terjejas.

Parameter biologikal adalah parameter yang biasa diukur untuk kesihatan manusia. Oleh yang demikian, adalah penting untuk mengkaji kualiti air dari segi kehadiran mikroorganisma *E. coli* dan *total coliform* kerana tahap kandungan kedua-dua kumpulan mikroorganisma ini di dalam air pantai Tanjung Aru perlu selamat untuk digunakan oleh orang ramai bagi mengelakkan penyakit-penyakit tertentu daripada menjangkiti mereka. Di samping itu, pengenalpastian punca-punca pencemar di pantai berkenaan dapat membantu kerajaan negeri Sabah dalam merancang pembangunan dan perkembangan infrastruktur yang lebih baik di kawasan tersebut pada masa akan datang.

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif-objektif utama kajian ini dilakukan adalah untuk :

- i. menentukan kehadiran bakteria *E. coli* dan *total coliform* di dalam kualiti air marin di pantai rekreasi Tanjung Aru.
- ii. mengenalpasti punca-punca pencemaran air marin yang berkaitan dengan koliform najis.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 PENGENALAN

Kajian terhadap kehadiran dan penyebaran mikroorganisma penyebab penyakit kepada manusia dan haiwan di dalam air adalah penting di dalam pengurusan sekitaran. Hal ini kerana salah satu daripada sifat penting bagi kualiti air yang baik adalah tiadanya kandungan mikroorganisma yang menyebabkan penyakit-penyakit patogenik, virus, protozoa dan cacing parasit (Ahmad Badri, 1987). Oleh yang demikian, kehadiran mikroorganisma penyebab penyakit ini boleh dijangkakan dengan membuat taksiran kehadiran bakteria penunjuk pencemaran najis.

Bakteria penunjuk utama yang disarankan bagi tujuan ini ialah organisma-organisma daripada kumpulan koliform secara majmuk. Pada umumnya, ia terdapat dengan banyaknya di dalam najis manusia dan haiwan-haiwan berdarah panas yang lain (Rheinheimer, 1980), dengan itu membolehkan ia dikesan selepas berlaku pencairan yang agak tinggi. Pengesanan organisma-organisma koliform najis yang tahan haba, terutamanya *Escherichia coli* (*E. coli*) memberikan bukti yang jelas terhadap pencemaran najis (Shahabudin *et. al.*, 1996).

2.2 PENCEMARAN AIR

Pencemaran air adalah merujuk kepada degradasi kualiti air yang disebabkan oleh kemasukan bahan-bahan pencemar seperti sisa kumbahan, sisa pertanian, nutrien-nutrien seperti fosforus dan nitrogen, logam berat, bahan kimia bertoksik, bahan-bahan organik dan lain-lain yang mana akan menyebabkan penggunaan serta fungsi asas jasad air berkenaan terganggu (Botkin dan Keller, 2003). Definisi yang diberikan oleh Environment Enactment Conservation pula ialah pencemaran air bermaksud “bahan buangan oleh manusia ke persekitaran akuatik yang mendatangkan bahaya kepada kesihatan manusia, sumber kehidupan dan ekosistem akuatik, kerosakan kepada pelbagai kemudahan atau mengganggu segala kegunaan air yang lainnya”.

Masalah pencemaran air yang berlaku bermula apabila terdapatnya bukti akan kehadiran beberapa mikroorganisma tertentu atau sebatian-sebatian kimia yang mana menyebabkan sesuatu sumber air itu tidak boleh digunakan (Mohamad Omar, 1987). Air juga boleh menjadi tidak sesuai bagi kegunaan harian disebabkan oleh proses-proses semula jadi, tetapi air ini selalunya tidak dikelaskan sebagai tercemar, misalnya kemarau yang berlaku mungkin akan meningkatkan kandungan garam air segar dan tidak sesuai untuk diminum. Selain itu, pencemaran air juga boleh disebabkan oleh pelbagai jenis sebatian organik dan tidak organik yang masuk ke dalam aliran air tersebut, dan mikroorganisma selalunya memainkan peranan yang penting dalam menentukan tahap sesuatu pencemaran itu (Mohamad Omar, 1987).

Pada masa kini, pembuangan sampah sarap dan kumbahan banyak didapati di kawasan air marin. Keadaan ini telah menyebabkan berlakunya pencemaran air yang serius di mana kumbahan dan sampah sarap yang dialirkan masuk ke dalam jasad air itu adalah merupakan sumber nutrien yang penting bagi organisma patogen membiak dan berkembang, seterusnya menyebabkan air tersebut tidak selamat untuk digunakan dan akan menjadikan kesihatan manusia (Mohamad Omar, 1987). Ini bertepatan dengan takrifan pencemaran marin iaitu “pengenalan bahan-bahan atau tenaga oleh manusia secara langsung atau tidak langsung ke dalam persekitaran marin yang mengakibatkan kesan-kesan merosakkan seperti membahayakan kesihatan manusia, gangguan aktiviti-aktiviti marin termasuk perikanan, merosakkan kualiti penggunaan air laut dan pengurangan kemudahan serta keselesaan” (Clark, 1997).

Salah satu sifat air secara tabinya ialah ia mengandungi pelbagai jenis mikroorganisma yang membentuk satu sistem ekologi yang teratur dan seimbang. Kehadiran jenis dan bilangan sesuatu kumpulan mikroorganisma bergantung kepada kualiti air dan beberapa faktor persekitaran yang lain seperti suhu, kekeruhan, pH dan oksigen terlarut (Tebbutt, 1971). Dalam rawatan air sisa organik, mikroorganisma memainkan peranan yang penting di mana ia akan menggunakan bahan-bahan organik dalam air sisa sebagai makanan dan akan menstabilkan air sisa tersebut.

Kebanyakan spesies yang ada dalam air dan air sisa adalah tidak membahayakan manusia. Walau bagaimanapun, sebilangannya boleh dihubungkaitkan dengan berbagai-bagai penyakit dan kehadirannya dalam air merupakan satu masalah kesihatan. Contohnya mikroorganisma bawaan air

bertanggungjawab dalam penyebaran penyakit seperti taun, demam kepalu, hepatitis A dan sebagainya. Ini telah dibuktikan dalam laporan yang mengatakan bahawa penyakit yang dibawa oleh air telah membunuh sejumlah 5 juta penduduk setiap tahun dan telah menyebabkan satu per enam daripada penduduk dunia jatuh sakit (Hamidi, 1999).

Dalam memastikan sumber air marin yang berkualiti tinggi di kawasan rekreasi yang menjadi tumpuan ramai, adalah perlu untuk mengenalpasti, memindahkan dan mengawal bahan pencemar merbahaya yang didapati dalam sumber air tersebut. Oleh yang demikian, pendekatan analisis mikrobiologi air adalah diperlukan untuk kepentingan perhitungan interaksi antara faktor biotik iaitu faktor benda hidup dengan faktor abiotik iaitu faktor benda bukan hidup (Unus, 1986). Cara analisis mikrobiologi tersebut adalah berdasarkan pendekatan ekologi secara langsung ataupun tidak langsung di mana ia berhubungan dengan masalah sanitasi, kebersihan, kesihatan dan estetika. Pelaksanaannya dilakukan menurut modifikasi daripada kaedah yang terdapat di dalam *Standard Methods* (APHA, 1995).

2.3 DEFINISI BAKTERIA

Mikroorganisma merupakan organisme yang sangat kecil dan sukar dilihat oleh mata kasar. Ia merupakan nama suatu kumpulan besar iaitu organisme yang mana di bawahnya boleh terdiri daripada bakteria, virus atau protozoa (Tebbutt, 1971). Sebahagian daripada miroorganisma ini boleh dilihat melalui mikroskop biasa seperti

bakteria, tetapi terdapat sebahagian yang memerlukan mikroskop elektron untuk melihatnya seperti virus.

Mengikut definisi yang telah diberikan oleh Kamus Ekologi terbitan Dewan Bahasa dan Pustaka (1993), bakteria merupakan mikroorganisma satu sel tanpa klorofil yang hidup secara saprofit atau parasit, yang kebanyakannya boleh menyebabkan penyakit. Definisi lain yang diberikan kepada bakteria adalah bakteria merupakan satu unit asas hidupan tumbuhan, jenis prokariot iaitu mempunyai satu sel yang dapat menggunakan makanan, boleh larut dan bertindak sebagai autotrof iaitu melakukan aktiviti metabolismik dengan menggunakan sumber karbon dari karbon dioksida di udara bagi pembentukan sel-sel baru mahupun heterotrof iaitu melakukan proses metabolismik dengan mengambil sumber karbon dari bahan organik lain (Tebbutt, 1971).

Bakteria boleh digolongkan kepada beberapa kumpulan iaitu *enterobacteria*, *enterococci*, *lactobacilli*, *clostridia*, *bacteroides*, *bifidobacteria* dan *eubacteria* (Viessman dan Hammer, 1993). Ia boleh dijumpai di merata-rata tempat di bumi ini seperti di udara, air, tanah dan badan manusia. Ia berperanan dalam mengitar semula bahan buangan, mengikat nitrogen pada tumbuhan dan membantu membuat makanan.

Ciri-ciri fizikal yang boleh didapati pada bakteria ialah sejenis sel mudah, julat saiznya adalah daripada 0.5 ke 5 μm (500- 5000 nm) dan boleh wujud dalam 4 bentuk yang berbeza seperti kokus (bulat), basilus (rod), spirilium (berpintal) dan

vibrio (melengkung) (Hamidi, 1999). Selain mempunyai sifat yang hampir sama dengan alga hijau biru, bakteria juga mempunyai nisbah luas permukaan kepada berat yang amat besar, menyebabkannya amat mudah untuk bertindakbalas dengan persekitarannya.

Pembiakan bakteria adalah melalui pembelahan dedua iaitu secara pecahan binari yang bermaksud satu sel bakteria akan menjadi 2, 4, 8 dan seterusnya. Penduaan akan berlaku melalui kematangan nukleusnya yang akan berlaku dengan amat pantas sekali tetapi tidak melibatkan proses mitosis atau meiosis (Tebbutt, 1971). Masa penjanaan spesies tertentu boleh terjadi dalam masa yang singkat iaitu 20 minit sekiranya keadaan amat sesuai (Ruslan, 1988). Sebahagian bakteria boleh membentuk spora resistan (yang menentang) yang boleh bersifat dominan buat beberapa ketika dalam keadaan persekitaran yang tidak sesuai dan menjadi aktif kembali apabila keadaan mengizinkan. Empat fasa dalam pembiakan bakteria adalah seperti di dalam jadual 2.1.

Kebanyakan bakteria menyukai pH yang neutral untuk membiak walaupun ada yang boleh wujud dalam keadaan keasidan yang tinggi. Ia biasanya akan hadir sekiranya terdapat persekitaran adalah lembap, mempunyai suhu yang rendah dan adanya kehadiran udara iaitu oksigen (Hamidi, 1999). Ia juga memainkan peranan yang penting dalam proses penstabilan semula jadi dan dipergunakan secara meluas dalam perawatan air sisa organik. Terdapat lebih 1500 spesies bakteria yang diketahui oleh manusia yang boleh dikelaskan mengikut kriteria-kriteria saiz, bentuk dan kumpulan sel, ciri koloni, kelakuan perwarnaan, keperluan pertumbuhan, motiliti



atau pergerakan dan ketentuan tindakbalas kimia, bakteria jenis aerobik (perlu oksigen), anaerobik (tanpa kehadiran oksigen) dan fakultatif (dengan ataupun tanpa kehadiran oksigen) (Tebbutt, 1971).

Jadual 2.1 Fasa-fasa dalam pembiakan bakteria.

PERINGKAT FASA	KETERANGAN
Fasa lambatan	<ul style="list-style-type: none"> - banyak aktiviti metabolismik (kimia dan biologi) berlaku kerana terdapat banyak makanan. - merupakan fasa kematangan sel bakteria. - bakteria yang telah matang akan bersedia untuk melakukan pecahan binari pada fasa berikutnya.
Fasa eksponen	<ul style="list-style-type: none"> - bakteria yang telah matang dari fasa lambatan akan membiak dengan mendadak. - pecahan binari berlaku dalam waktu yang cukup singkat.
Fasa statik	<ul style="list-style-type: none"> - jumlah makanan yang ada semakin berkurangan. - terdapat sedikit pembiakan tetapi sebahagiannya akan mati. - pembiakan dan kematian adalah hampir sama atau dengan kata lain, fasa statik berlaku.
Fasa kematian	<ul style="list-style-type: none"> - merupakan fasa terakhir. - bakteria akan mati kerana kekurangan makanan, kecuali jika makanan tambahan dibekalkan.

Sumber : Hamidi, 1999



RUJUKAN

- Ahlieu, D. P., 2003. *Kajian Taburan E.coli dan Jumlah Koliform Sepanjang Sungai Likas*. Sm. Sn. (Kep.), Universiti Malaysia Sabah.
- Ahmad Badri Mohammad, 1987. *Perspektif Persekutaran*. Penerbit Fajar Bakti Sdn.Bhd., Petaling Jaya.
- American Public Health Association, American Water Work Association and Water Environment Federation, 1995. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. Ed. ke-19. American Public Health Association (APHA).
- Arvind Kumar, 2003. *Aquatic Ecosystems*. APH Publishing Corporation New Delhi, India.
- Bitton, G. dan Gerba, C. P., 1984. *Groundwater Pollution Microbiology*. Wiley-Liss, Inc., New York.
- Botkin, D.B. dan Keller, E.A., 2000. *Environmental Science : Earth as a Living Planet*. Ed. ke-3. John Wiley & Sons, New York.
- Canadian Council Of Ministers Of The Environment (CCME), 1997. *Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria*. Kanada.
- Carter, R.W.G., 1988. *Coastal Environments – An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. Academic Press, Great Britain.
- Chapman, D., 1996. *Water Quality Assessments : A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Ed. Ke-2. E & FN Spon, London.

- Clark, R.B., 1997. *Marine Pollution*. Ed. ke-4. Oxford University Press, Oxford.
- Cuchlaine, A.M. King, 1966. *Beaches and Coasts*. Fletcher & Son LTN Norwich, Great Britain.
- Gleeson, C. dan Gray, N., 1997. *The Coliform Index and Waterborne Disease : Problems of Microbial Drinking Water Assessment*. E & Fn. Spon, London.
- Hamidi Abdul Aziz, 1999. *Kejuruteraan Air Sisa : Kualiti Air dan Air Sisa*. Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Hammer, M. J. dan Hammer, M. J. Jr., 1996. *Water and Wastewater Technology*. 3rd Edition. Prentice Hall.
- Horan, N.J., 1990. *Biological Wastewater Treatment Systems : Theory and Operation*. John Wiley & Sons Ltd., Great Britain.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS), 1987. *The DOE Interim Water Quality Standards for Malaysia*. Kuala Lumpur.
- Jabatan Alam Sekitar Sabah (JAS), 2002. Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar, Malaysia.
- Jackson, M.H., Morris, G.P., Smith, P.G. dan Crawford, J.F., 1990. *Environmental Health Reference Book*. Butterworth-Heinemann.
- Kamus Ekologi, 1993. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Kalaivani Maniam, 2005. *Kajian Taburan Bilangan Total Coliform dan Faecal Coliform (E. coli) di Pantai Rekreasi Tanjung Aru*. Sm. Sn. (Kep.), Universiti Malaysia Sabah.

Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar Malaysia, 2003. *Laporan Tahunan 2003*. Malaysia.

Ketchum, P.A., 1988. *Microbiology Concepts and Applications*. John Wiley & Sons, New York.

Laporan Akhir Penilaian Impak Sekitaran, 1997. *The Proposed KK Beach Resort At Tanjung Aru, KK*. IKLIM Consultation, Sabah.

Lee, B.H., 1991. *Enterobacteria As Faecal Pollution Indicator of Seawater*. Fakulti Sains dan Sumber Semula Jadi, Jabatan Biologi Sabah, UKM, Bangi.

Lim, K.E., 1983. *Panduan Bakteriologi Klinikal*. Percetakan Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Liran, A., Juanico, M., dan Shelef, G., 1994. Coliform Removal In A Stabilization Reservoir For Wastewater Irrigation in Israel. *Water Resources* **28**, 1305-1314.

Mezrioui, N., Baleux, B. Dan Troussellier, M., 1995. A Microcosm Study Of The Survival Of *E. coli* and *Salmonella Typhimurium* in Brackish Water. *Water Resources* **29**, 459-465.

Mohamad Omar, 1987. Mikroorganisma dan pencemaran air. Dlm: Ahmad Badri Mohammad (pnyt.) *Perspektif Persekutaran*. Penerbit Fajar Bakti Sdn. Bhd., Petaling Jaya.

Nathanson, J. A., 2000. *Basic Environmental Technology Water Supply, Water Management and Pollution Control*. Prentice Hall, New Jersey.

Rheinheimer, G., 1980. *Aquatic Microbiology*. Ed. Ke-2. John Wiley & Sons, Ltd., German.

Ruslan Hassan, 1988. *Prinsip Pengawalan Kualiti Air*. Ed. Ke-4. Biroteks ITM, Selangor.

Shahabudin Mustapha, Hasimah Talib @ Alias dan Mohd Asri Mohd Noor, 1996. *Garis Panduan Kualiti Air Minum*. Jilid 1. Universiti Teknologi Malaysia Skudai, Johor.

Sussman, M., 1985. *The Virulence of E.coli-Reviews and Methods*. Academic Press, United State of America.

Tebbutt, T.H.Y., 1971. *Principles of Water Quality Control*. Pergamon Press Ltd., Oxford.

Unus Suriawiria (ptrj.), 1986. *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. P.T Alumni, Bandung.

Viessman, W. Jr. dan Hammer, M.J., 1993. *Water Supply and Pollution Control*. Ed. Ke-5. Harper Collins College Publishers, United State of America.

Viles, H. dan Spencer, T., 1995. *Coastal Problems – Geomorphology, Ecology and Society at The Coast*. Great Britain.

Welch, E.B., 1980. *Ecological Effects of Wastewater : Applied Limnology and Pollutant Effects*. E & FN Spon, London.

WHO, 1985. *Guidelines for Drinking Water Quality*. Vol. 1. World Health Organization, Geneva.