

**PEMENCILAN, PENCIRIAN DAN PENSKRINAN PENDEGRAD FENOL
DARIPADA ENAPCEMAR MINYAK TULEN**

SYLVIA FONG YU ZHEN

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM SAINS SEKITARAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

April 2008



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PEMENCILAN, PENCIRIAN DAN PENSKRINAN PENDEGRAD
FENOL DARIPADA ENAPCEMAR MINYAK TULEN

Ijazah: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUNJIAN

SESI PENGAJIAN: 2005 - 2008

Saya SYLVIA FONG YU ZHEN

(HURUF BESAR)

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

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

SULIT

(Mengandungi maklumat yang bertajuk 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 NURULAIN BINTI ISMAIL
LIBRARIAN

Arulain
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN) UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Sylvia
(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: JLN. BUNGA RAJA KAYU,
KAYA COURT, BLOK B, NO. 201,

88200 KOTA KINABALU, SABAH

Nama Penyelia

Tarikh: 15/5/08

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 diklasifikasikan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau 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.

April 2008



SYLVIA FONG YU ZHEN

HS2005-6086



DIPERAKUKAN OLEH

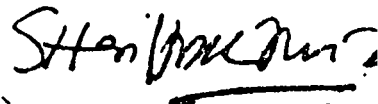
Tandatangan

1. PENYELIA
(DR. PIAKONG MOHD TUAH)
2. PEMERIKSA 1
(DR. BONAVENTURE VUN LEONG WAN)
3. PEMERIKSA 2
(CIK. KAMSIA BUDIN)
4. DEKAN
(PROF. MADYA DR. SHARIFF A. KADIR S. OMANG)











PENGHARGAAN

Syukur kepada Tuhan, dengan limpah kurnianya dapat saya menyempurnakan kajian ini. Pertama sekali, penghargaan ini saya dedikasikan kepada Encik Piakong Mohd Tuah yang merupakan Penyelia Projek dalam menyiapkan kajian ini. Beliau telah banyak memberi panduan dan pandangan yang berguna kepada saya semasa menjalankan kajian dan analisis. Dengan adanya beliau, saya dapat menyiapkan disertasi ini dengan baik dan lancar.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada pembantu makmal Penyelidikan Sains Sekitaran iaitu Encik Neldin dan Encik Sofy yang telah banyak memberi kerjasama semasa saya menjalankan analisis di makmal. Tidak lupa juga adalah rakan-rakan seperjuangan Ivy, Ooi dan gegurl yang banyak memberi bantuan semasa saya menjalankan kerja lapangan dan analisis. Terima kasih kepada kak Huda, kak Wanie dan kak Naida serta individu-individu yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan kajian ini.

Akhir sekali saya ingin merakamkan penghargaan kepada kedua ibu bapa saya yang banyak memberi dorongan dan bantuan dalam bentuk kewangan sehingga saya menyelesaikan kajian ini dengan sempurna.

Yang benar,



SYLVIA FONG YU ZHEN

HS2005-6086



ABSTRAK

Kajian pemencilan, pencirian, dan penskrinan pendegrad fenol yang berpotensi daripada sumber enapcemar minyak tulen dijalankan dengan menggunakan dua teknik iaitu teknik penyebaran terus dan teknik pengkayaan. Daripada teknik penyebaran terus, sebanyak 16 strain dapat dipencilkan manakala 22 strain dapat dipencilkan melalui teknik pengkayaan. Media Ramsay dan Nutrien telah digunakan untuk pertumbuhan strain pada suhu 30°C selama 24 jam. Selepas mengklasifikasikan strain terpilih berdasarkan ciri-ciri koloninya, terdapat lima strain terpilih sahaja yang diberi kod RMOSP-D8, RMOSP-E30, NAOSP-E9, NAOSP-E11 dan NAOSP-E24. Kelima-lima strain ini kemudiannya dijalankan ujian biokimia untuk tindak balas aktiviti enzim iaitu katalase, motiliti, H₂S, pewarnaan spora, pewarnaan Gram dan morfologi sel. Selepas ujian biokimia dijalankan, pencirian untuk kelima-lima strain terpilih ini dijalankan iaitu warna, konfigurasi, margin dan ketinggian. Analisis penskrinan dijalankan dan didapati bahawa kelima-lima strain terpilih ini berupaya tumbuh atas agar Ramsay dan agar Nutrien serta dalam kaldu Ramsay dan kaldu Nutrien yang mengandungi kepekatan 2.5mM, 3.0mM, 3.5mM dan 4.0mM fenol. Antara kelima-lima strain terpilih ini, strain NAOSP-E24 mempunyai pertumbuhan yang paling tinggi. Dua strain terpilih iaitu NAOSP-E11 dan NAOSP-E24 telah dipilih untuk mengukur kadar pertumbuhan strain selama 23 jam dengan menggunakan spektrofotometer UV pada keamatan optikal 600nm. Didapati kadar pertumbuhan NAOSP-E24 adalah lebih tinggi daripada NAOSP-E11. Ciri-ciri bagi strain NAOSP-E24 adalah berwarna kuning, berkonfigurasi kedut, bermargin berbulu, umbonat, berkatalase positif, motiliti negatif, H₂S negatif, pewarnaan spora negatif, Gram negatif dan berbentuk rod.



ISOLATION, CHARACTERIZATION AND SCREENING OF POTENTIAL BACTERIA DEGRADERS FOR PHENOL FROM PURE OIL SLUDGE

ABSTRACT

The study of isolation, characterization and screening of potential bacteria degraders from pure oil sludge have been done using two techniques which were direct technique and enrichment technique. From direct technique, there were 16 isolated strains while 22 strains isolated from enrichment technique. The Ramsay and Nutrient media were used to conduct the analysis for the growth of strain at temperature of 30°C for 24 hours. After these strains classify according to its colony characteristic, there were only five strains isolated from the analysis which were coded as RMOSP-D8, RMOSP-E30, NAOSP-E9, NAOSP-E11 and NAOSP-E24. After that, biochemical test for enzyme activity such as catalase, motility, H₂S, spore stain, Gram staining and cell morphology have done. The characteristic analysis such as color, configuration, margin and elevation for selected strain were observed. Screening test was done and found that all the five selected strains were able to grow on the Ramsay and Nutrient agar and in the Ramsay and Nutrient broth which contain concentration of phenol 2.5mM, 3.0mM, 3.5mM and 4.0mM. Between these five selected strains, strain NAOSP-E24 has the highest growth. Two strains NAOSP-E11 and NAOSP-E24 were chosen for 23 hours growth curve using UV spectrophotometer at optical density 600nm. The growth curve of strain NAOSP-E24 was highest than NAOSP-E11. The characteristic of strain NAOSP-E24 were yellow, wrinkled configuration, wooly margin, umbonate, positive catalase, negative motility, negative H₂S, negative spore stain, negative Gram staining and in rod shape.



SENARAI KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN		ii
PENGESAHAN		iii
PENGHARGAAN		iv
ABSTRAK		v
ABSTRACT		vi
SENARAI KANDUNGAN		vii
SENARAI JADUAL		xi
SENARAI RAJAH		xii
SENARAI FOTO		xiv
SENARAI SIMBOL		xv
SENARAI SINGKATAN		xvi
BAB 1	PENDAHULUAN	1
1.1	Pengenalan	1
1.2	Objektif	3
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	4
2.1	Bakteria	4
2.2	Fenol	5
	2.2.1 Identiti, Ciri-Ciri Fizikal Dan Kimia Fenol	6
	a. Identiti Fenol	6
	b. Ciri-Ciri Fizikal Dan Kimia Fenol	6
2.3	Sumber Fenol	7



2.3.1	Semulajadi	8
2.3.2	Antropogenik	8
2.4	Kajian Lepas Biodegradasi Fenol	8
2.5	Pembebasan Fenol Ke Dalam Alam Sekitar	10
2.5.1	Air	10
2.5.2	Tanah	11
2.5.3	Udara	12
2.6	Kesan Negatif Fenol	12
2.6.1	Kesan Terhadap Manusia	12
2.6.2	Kesan Terhadap Organisma Dalam Persekitaran	13
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	14
3.1	Kawasan Kajian	14
3.2	Prosedur Kajian	15
3.3	Penyediaan Media	16
3.3.1	Media Ramsay (RM)	16
a.	Agar Ramsay	16
b.	Kaldu Ramsay	17
3.3.2	Media Nutrien	17
a.	Agar Nutrien	17
b.	Kaldu Nutrien	18
3.4	Pemencilan Mikroorganisma	18
3.4.1	Teknik Penyebaran Terus	18



	3.4.2 Teknik Pengkayaan	19
3.5	Pemeliharaan Kultur Bakteria	20
	3.5.1 Simpanan Jangkamasa Panjang	21
	3.5.2 Simpanan Jangkamasa Pendek	21
3.6	Pencirian Mikroorganisma	22
	3.6.1 Morfologi Koloni	22
	3.6.2 Morfologi Sel	22
	a. Pewarnaan Gram	22
	b. Pewarnaan Spora	23
	c. Motiliti	24
	3.6.3 Pertumbuhan Pada Suhu 37°C Dan 40°C	24
3.7	Ujian Terhadap Strain	25
	3.7.1 Katalase	25
3.8	Pengskrinan Untuk Mikroorganisma Pendegrad Fenol	25
	3.8.1 Penyediaan Stok Fenol	25
	3.8.2 Pertumbuhan Atas Media Ramsay Dan Nutrien Yang Mengandungi Kepekatan 2.5mM, 3.0mM, 3.5mM dan 4.0mM Fenol	26
	a. Agar Ramsay	26
	b. Kaldu Ramsay	26
	c. Agar Nutrien	27
	d. Kaldu Nutrien	28
3.9	Kadar Pertumbuhan Strain Dengan Keamatan Optikal	29



(OD) 600nm

BAB 4	KEPUTUSAN	30
4.1	Bilangan Populasi	30
4.2	Pemencilan Strain Daripada Sumber Enapcemar Minyak Tulen	31
4.3	Ciri-Ciri Morfologi dan Fisiologi Strain Terpilih	33
4.4	Pertumbuhan Strain Terpilih Pada Suhu 37°C Dan 40°C	43
4.5	Penskrinan Pendegrad Fenol	44
4.6	Keluk Pertumbuhan Strain Terpilih	47
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Cadangan	51
	RUJUKAN	52
	LAMPIRAN	61



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Spesies mikroorganisma yang boleh mendegrad fenol	9
3.1	Komposisi Media Ramsay (RM)	17
4.1	Morfologi koloni untuk strain terpilih yang tumbuh atas agar NA dan RM pada suhu 30°C selepas 24jam pengeraman yang diperoleh dari sumber enapcemar minyak tulen	36
4.2	Ujian biokimia untuk katalase, motiliti, H ₂ S, pewarnaan spora, pewarnaan Gram dan morfologi sel	37
4.3	Tindak balas pertumbuhan strain terpilih pada suhu 37°C dan 40°C	40
4.4	Perbandingan pertumbuhan pada strain terpilih atas agar NA dan RM yang mengandungi kepekatan fenol 2.5mM, 3.0mM, 3.5mM dan 4.0mM pada suhu 30°C	41



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Struktur kimia fenol	6
3.1 Eksperimen pemencilan, pencirian dan pengskrinan pendegrad fenol daripada enapcemar minyak tulen	14
4.1 Bilangan populasi NA dan RM yang dipencilkan melalui teknik penyebaran terus dan teknik pengkayaan	30
4.2 Bilangan strain NA dan RM yang dipencilkan melalui teknik penyebaran terus dan teknik pengkayaan	31
4.3 Bilangan strain terpilih NA dan RM yang dipencilkan	32
4.4 Pertumbuhan strain RMOSP-D8 atas agar RM pada 30°C selama 24 jam	33
4.5 Pertumbuhan strain RMOSP-E30 atas agar RM pada 30°C selama 24 jam	34
4.6 Pertumbuhan strain NAOSP-E9 atas agar NA pada 30°C selama 24 jam	34
4.7 Pertumbuhan strain NAOSP-E11 atas agar NA pada 30°C selama 24 jam	35



4.8	Pertumbuhan strain NAOSP-E24 atas agar NA pada 30°C selama 24 jam	35
4.9	Gram positif strain RMOSP- D8 pada pembesaran x1000 di bawah mikroskop cahaya	38
4.10	Gram negatif strain RMOSP- E30 pada pembesaran x1000 di bawah mikroskop cahaya	38
4.11	Gram negatif strain RMOSP- E9 pada pembesaran x1000 di bawah mikroskop cahaya	39
4.12	Gram negatif strain RMOSP- E11 pada pembesaran x1000 di bawah mikroskop cahaya	39
4.13	Gram negatif strain RMOSP- E24 pada pembesaran x1000 di bawah mikroskop cahaya	40
4.14	Pertumbuhan strain terpilih dalam kaldu NA dan RM yang mengandung fenol berkepekatan 2.5mM, 3.0mM, 3.5mM dan 4.0mM pada suhu 30°C selama 24 jam	42
4.15	Keluk pertumbuhan strain NAOSP-E11 dan NAOSP-E24 dalam kaldu NA pada suhu 30°C dengan keamatan optikal (OD) 600nm selama 23 jam	43



SENARAI FOTO

No. Foto		Muka Surat
3.1	Gambar menunjukkan lokasi persampelan di Labuan Crude Oil Terminal, LCOT	15



SENARAI SIMBOL

%	Peratus
g	Gram
μl	Mikroliter
ml	Mililiter
L	Liter
°C	Darjah Celsius
M	Kemolaran
mM	Milimolar
nm	nanometer
rpm	<i>rotate per minutes</i>



SENARAI SINGKATAN

RM	Ramsay
NA	Agar Nutrien
UV	Ultraviolet
RMOSP- D	<u>Ramsay Oil Sludge Pure- Direct</u>
RMOSP- E	<u>Ramsay Oil Sludge Pure- Enrichment</u>
NAOSP- E	<u>Nutrien Agar Oil Sludge Pure- Enrichment</u>
NH_4NO_3	Ammonium nitrat
KH_2PO_4	Potassium dihydrogen phosphate
K_2HPO_4	di-potassium hydrogen orthophosphate
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Magnesium sulphate
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Kalsium klorida dehydrate
KCl	Potassium chloride



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Mikroorganisma boleh didapati dimana sahaja di muka bumi. Di persekitaran kita, aktiviti mikroorganisma sentiasa berlaku tanpa kita sedari. Mikroorganisma termasuklah bakteria, fungi (yis dan kulat), protozoa dan mikroskopik alga. Ia juga termasuk virus, iaitu organisma yang tidak berselular (Tortora *et al.*, 2007).

Terdapat banyak mikroorganisma yang boleh membahayakan manusia dan terdapat juga mikroorganisma yang boleh memberi manfaat kepada kita, misalnya mengekalkan keseimbangan dalam organisma hidup dengan kimia dalam persekitaran kita. Mikroorganisma marin dan akuatik membentuk asas rantai makanan dalam laut, sungai dan tasik. Mikrob tanah pula membantu dalam menguraikan sisa dan gas nitrogen dari udara kepada kompaun organik, dan demikian juga kitar semula unsur kimia di dalam tanah, air dan udara.



Pencemaran persekitaran sentiasa berlaku dan pencemaran ini boleh terdapat dalam pelbagai bentuk. Pencemaran ini termasuklah pencemaran air, udara, tanah, dan bunyi. Semua pencemaran ini akan menyumbang kepada masalah kesihatan dan kualiti hidup yang rendah. Terdapat pelbagai toksik kompaun yang berbeza telah mencemari tanah, tasik, sungai dan laut (Alexander, 1981). Dan salah satu toksik ini adalah fenol.

Kompaun fenol adalah jujuk biasa yang banyak terdapat dalam air kumbahan industri. Kompaun ini sangat toksik melalui pemakanan, sentuhan dan pernafasan, mahupun pada kepekatan yang rendah. Simptom-simptom yang berkaitan dengan penyedutan fenol termasuklah anorexia, kekurangan berat, sakit kepala, gayat, pengeluaran air liur dan air kencing berwarna gelap.

Fenol adalah kompaun yang semulajadi dan hasil buatan kompaun aromatik. Kompaun semulajadi fenol ini boleh terdapat dimana sahaja dalam persekitaran kita. Kajian terhadap ketoksikan fenol kepada sedimen bakteria dalam kawasan pencemaran fenol telah menunjukkan bakteria boleh mengadaptasi kepada persekitaran kepekatan fenol tetapi apabila kepekatan fenol meningkat, ia akan mengurangkan biodegradasi fenol secara keseluruhannya (Dean-Ross, 1989; Rahimi, 1995).

Oleh sebab itu, penggunaan mikroorganisma dalam usaha membersihkan kawasan persekitaran yang tercemar dengan fenol adalah salah satu cara yang mudah, efektif dan melibatkan kos yang murah (Singleton, 1994) apabila dibandingkan dengan kaedah kimia dan fizikal yang mana ia kurang berkesan serta melibatkan kos yang tinggi.



Mikroorganisma yang berlainan jenis dipercayai menggunakan fenol sebagai sumber karbon dan tenaga.

Proses biodegradasi telah menjadi pilihan dan tumpuan orang ramai dalam menguraikan fenol di persekitaran. Ini kerana ia mudah dijalankan di samping dapat mengurangkan pencemaran lain seperti pencemaran udara, air dan tanah. Proses biodegradasi ini adalah secara berterusan sepanjang waktu. Biodegradasi kompaun fenol oleh bakteria telah dikaji dan terdapat banyak bakteria penguraian fenol telah dipencilkan (Monteiro *et al.*, 2000; Begona Prieta *et al.*, 2002; El-Sayed *et al.*, 2003).

1.2 Objektif Kajian

Tujuan kajian ini adalah untuk menyelidik kebolehan mikroorganisma untuk mengurai fenol dengan objektif spesifik seperti berikut:

1. Menentukan bilangan populasi bakteria dalam enapcemar minyak tulen melalui teknik penyebaran terus dan teknik pengkayaan.
2. Pemencilan, pencirian dan penskrinan bakteria bagi pendegrad fenol daripada sumber enapcemar minyak tulen.



BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Bakteria

Bakteria majoriti termasuk dalam kumpulan prokaryotik yang sangat luas. Apabila prokaryotik ini dikelaskan sebagai bakteria ia sebenarnya lebih berhubung kait dengan eukaryotik dan termasuk dalam domain Archaea. Kebanyakan bakteria mempunyai rupa bentuk yang berbeza. Bakteria ini boleh terdiri daripada bentuk bulat, basillus iaitu berbentuk rod (biasanya terdiri daripada satu rod sahaja atau boleh membentuk satu rantai yang panjang) dan bentuk spiral (Campbell, 2005).

Pertumbuhan bakteria bergantung kepada suhu persekitaran. Bakteria ini boleh terbahagi kepada empat kumpulan besar iaitu *psychrophiles*, *mesophiles*, *thermophiles* dan *extreme thermophiles* atau *hyperthermophiles*. Kumpulan *psychrophiles* adalah organisma yang berkeupayaan hidup pada suhu 0°C. Manakala organisma dengan suhu yang optimum hampir dengan 37°C adalah dikenali sebagai *mesophiles*. Kumpulan



thermophiles adalah organisma yang terdapat pada kawasan panas dan dapat hidup pada optimum antara 45°C hingga 70°C. Terdapat juga organisma yang suka pada kawasan yang sangat ekstrem dan organisma ini berkeupayaan hidup pada suhu optimum iaitu 80°C dan boleh mencapai sehingga suhu maksimum iaitu 115°C (Todar, 2007).

2.2 Fenol

Fenol adalah kompoun organik yang banyak digunakan sebagai pelarut dan banyak terdapat dalam air kumbahan industri. Fenol ini dibebaskan ke dalam persekitaran daripada bahan pembuangan industri (Keith, 1976; Jungclaus *et al.*, 1978; Parkhurst *et al.*, 1979; Pfeffer, 1979) dan tumpahan (Delfino & Dube, 1976).

Fenol digunakan secara meluas dalam banyak industri dan merupakan pencemaran utama yang hadir dalam beberapa jenis air kumbahan industri, contohnya dari kilang penapisan batu arang, industri resin, cat, bahan pencelup, petrokimia, tekstil, pulpadan kilang kertas (Kumaran & Paruchuri, 1997). Fenol ini dihasilkan dalam kuantiti yang banyak untuk kegunaan sebagai bahan pelarut, dan bahan permulaan untuk sintesis kimia (Budavani, 1996).

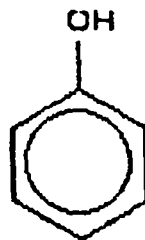
Fenol yang terdapat dalam air dan tanah boleh diuraikan oleh tindakbalas abiotik dan juga aktiviti mikroorganisma, dan penting untuk berubah menjadi karbon dioksida dan metana. Nisbah biodegradasi kepada keseluruhan penguraian fenol ditentukan oleh

banyak faktor, seperti kepekatan, kesesuaian iklim, suhu, dan kehadiran kompon yang lain.

2.2.1 Identiti, Ciri-Ciri Fizikal Dan Kimia Fenol

a. Identiti Fenol

Fenol juga dikenali sebagai asid karbolik (Gardner *et al.*, 1978). Ia merupakan molekul aromatik yang mengandungi kumpulan hidrosil (-OH) dan terikat kepada struktur cincin benzena (Rajah 2.1). Formula kimia untuk fenol ialah C_6H_5OH . Fenol mempunyai jisim molar 94.11gm/mol (Lide, 1993).



Rajah 2.1 Struktur kimia fenol

b. Ciri-Ciri Fizikal Dan Kimia Fenol

Fenol mempunyai takat lebur $43^{\circ}C$ dan melebur apabila bersentuh dengan air. Manakala takat didihnya pula ialah $182^{\circ}C$. Fenol juga digambarkan membentuk kristal putih

kepada kristal tanpa warna (Budavari *et al.*, 1989) dan berubah kepada pepejal merah jambu atau cecair tebal (NIOSH, 1985; HSDB, 1998).

Fenol merupakan satu toksik. Ia mempunyai bau yang tajam dan membentuk pepejal putih berhablur. Fenol ini boleh meruap pada suhu bilik. Keterlarutan fenol dalam air adalah sangat tinggi dan terhad pada suhu bilik. Ia melarut dalam kebanyakan pelarut organik seperti hidrokarbon aromatik, alkohol, ketones, eter dan asid (Kirk & Othmer, 1980; Lide, 1993.). Fenol ini juga mempunyai keupayaan untuk membentuk ikatan hidrogen dengan air.

2.3 Sumber Fenol

Fenol dalam persekitaran merupakan kompaun yang semulajadi dan kompaun buatan aromatik. Kompaun fenol juga masuk ke dalam persekitaran sebagai perantaraan semasa biodegradasi polimer semulajadi yang mengandungi cincin aromatik, seperti lignin dan tannin, dan daripada asid amino aromatik. Tambahan pula, fenol juga boleh masuk ke dalam persekitaran sebagai perantaraan semasa biodegradasi kompaun xenobiotik (van Schie & Young, 1998).



RUJUKAN

- Adav, S.S., Chen, M.-Y., Lee, D.-J., and Ren, N.-Q. 2007. Degradation of phenol by *Acinetobacter* strain isolated from aerobic granules. *Chemosphere* **67**: 1566–1572.
- Aleksieva, Z., Ivanova, D., Godjevargova, T., Atanasov, B. 2002. Degradation of some phenol derivatives by *Trichosporon cutaneum* R 57. *Process Biochemistry* **37**: 1215-1219.
- Alemzadeh, I., Vossoughi, F., Houshmandi, M. 2002. Phenol biodegradation by rotating biological contactor. *Biochemical Engineering Journal* **11**: 19–23.
- Alexander, M. 1981. Biodegradation of chemicals of environmental concern. *Science* **211**: 132-138.
- Ali, S., Fernandez-Lafuente, R., Cowan, D.A. 1998. Meta-pathway degradation of phenolics by thermophilics *Bacilli*. *Enzyme and Microbial Technology* **23**: 462–468.
- Anselmo AM, Mateus M, Cabral JMS, Novais JM. 1985. Degradation of phenol by immobilized cells of *Fusarium flocciferum*. *Journal of Biotechnology* **7**: 889–94.
- Bak, F., and F. Widdel. 1986. Anaerobic degradation of phenol and phenol derivatives by *Desulfobacterium phenolicum* sp. nov. *Microbiology* **146**: 177–180.
- Bandhyopadhyay, K., Das, D., Bhattacharyya, P., Maiti, B.R. 2001. Reaction engineering studies on biodegradation of phenol by *Pseudomonas putida* MTCC 1194 immobilized on calcium alginate. *Biochemical Engineering Journal* **8**: 179–186.
- Barker, E.L., Peter, E.B., Petrecia, H.F., and Grant, S.K. 1978. Phenol poisoning due to contaminated drinking water. *Environmental Health* **33**: 89-94.



- Becker, M.W., Collins, S.A., Metge, D.W., Harvey, R.W., and Shapiro, A.M. 2004. Effect of cell physicochemical characteristics and motility on bacterial transport in groundwater. *Contaminat Hydrology* **69**: 195-213.
- Begona Prieto, M., Aurelio Hidalgo, J.L., Serra, M.J.L. 2002. Degradation of phenol by *Rhodococcus erythropolis* UPV-1 immobilized on Biolites in a packed-bed reactor. *Journal of Biotechnology* **97**: 1–11.
- Beveridge, T.J., Graham, A.A. 1991. Surface layers of bacteria. *Microbiololy* **55**:684–705.
- Brown, V.M., Jordan, D.H.M, and Tiller, B.A. 1967. The effect of temperature on the acute toxicity of phenol to rainbow trout in hard water. *Water Research* **1**:587-97.
- Budavari, S. 1996. *The Merck Index. An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. Whitehouse Station, N.J. Merk.
- Budavari, S., O' Neil, M.J., Smith, A. and Heckelmen, P.E. 1989. *The Merck Index.*, New Jersey, Merk & Co., Inc., p 1150.
- Campbell, N.A. and Reece, J.B. 2005. *Biology*. Pearson. 7th Edition, United States.
- Chung, T.P., Tseng, H.Y., Juang, R.S. 2003. Mass transfer effect and intermediate detection for phenol degradation in immobilized *Pseudomonas putida* systems. *Process Biochemistry* **38**: 1497–1507.
- Colborn, T., Saal, F.S., Soto, A.M., 1993. Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives* **101**: 378–384.
- Dean-Ross, D., and M. Rahimi. 1995. Toxicity of phenolic compounds to sediment bacteria. *Bulletin Environment Contaminat Toxicology* **55**:245–250.



- Delaney, J.L. and Hughes, T.W. 1979. *Source assessment: Manufacture of acetone and phenol from cumene*. Prepared by Monsanto Research Corp., Dayton, OH. EPA-600/2-79-019D. NTIS PB80-150592, 500.
- Delfino J.J. and Dube, D.J. 1976. Persistent contamination of ground water by phenol. *Environment Science Health* 11: 345-355.
- El-Sayed, W.S., Ibrahim, M.K., Abu-Shady, M., El-Beih, F., Ohura, N., Saiki, H., Ando, A., 2003. Isolation and identification of a novel strain of the genus *Ochrobactrum* with phenol-degrading activity. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 96: 310-312.
- Gardner, W., Cooke, E.I. and Cooke, R.W.I. 1978. *Handbook of chemical synonyms and trade names*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gledhill, W.E. and Casida, L.E. 1969. Predominant Catalase-negative Soil Bacteria III. *Agromyces*, gen. n., Microorganisms Intermediary to Actinomyces and Nocardia. *Applied Microbiology* 18: 340-349.
- Goerlitz, D.F., Troutman, D.E., Gody, .E.M. 1985. Migration of wood-processing chemical in contaminated ground water in a sand aquifer at Pensacola, Florida. *Environment Science Technology* 19: 955-961.
- Heesche-Wagner, K., Schwarz, T., Kaufmann, M., 1999. Phenol degradation by an enterobacterium: a *Klebsiella* strain carries a TOL-like plasmid and a gene encoding phenol hydroxylase. *Journal Microbiology* 45: 16-171.
- Hill, G.A., Milne, B.J. and Nawrocki, P.A. 1996. Cometabolic degradation of 4-chlorophenol by *Alcaligenes eutrophus*. *Applied Microbiology* 46: 163-168.



- Hino, S., Watanabe, K., Takahashi, N. 1998. Phenol hydroxylase cloned from *Ralstonia eutropha* strain E2 exhibits novel kinetic properties. *Microbiology* **144**: 1765–1772.
- HSDB. 1998. *Hazardous Substances Data Bank*. National Library of Medicine, National Toxicology Information Program, Bethesda, M.D.
- Jawets, E., Melnick, J.L., Adelberg, E.A., 1987. Cell structure. Review of Medical Microbiology. Appelton & Lange, Los Altos, CA, 1–29.
- Jones KH, Trudgill PW, Hopper DJ. 1985. Evidence of two pathways for the metabolism of phenol by *Aspergillus fumigatus*. *Microbiology* **163**:176–81.
- Jungclaus, G.A., Lopez-Avila, V., Hites, R.A. 1978. Organic compounds in an industrial wastewater: A case study of their environmental impact. *Environment Science Technology* **12**: 88-96.
- Katayama-Hirayama, K., Tobita, S. and Hirayama, K. 1994. Biodegradation of phenol and monochlorophenols by yeast *Rodotorula glutinis*. *Water Science Technology* **30**: 59-66.
- Kavitha, V., Palanivelu, K. 2004. The role of ferrous ion in fenton and photofenton processes for the degradation of phenol. *Chemosphere* **55**: 1235–1243.
- Keith, L.H. 1976. Identification of organic compounds in unbleached treated Kraft paper mill wastewaters. *Environment Science Technology* **10**: 555-564.
- Kibret, M., Somitsch, W., Robra, K.H. 2000. Characterization of a phenol degrading mixed population by enzyme assay. *Water Research* **4(4)**: 1127–1134.



- Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 1980. *Encyclopedia of chemical toxicology*, 3rd edition. New York, John Wiley and Sons. 17: 373-379.
- Kobayashia, F., Daidai, M., Suzukic, N., and Nakamura, Y. 2007. Degradation of phenol in seawater using a novel microorganism isolated from the intestine of *Aplysia kurodai*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 59: 252–254.
- Koutny, M., Ruzicka, J., and Chlachula, J. 2003. Screening for phenol-degrading bacteria in the pristine soils of south Siberia. *Applied Soil Ecology* 23: 79-83.
- Kowalska, M., Bodzek, M., Bohdziewicz, J. 1998. Biodegradation of phenols and cyanides using membranes with immobilized microorganisms. *Process Biochemistry* 33: 189–197.
- Kumaran, P., Paruchuri, Y.L., 1997. Kinetics of phenol biotransformation. *Water Research* 31: 11–22.
- Larmar, R.T., Laren, M.J. and Kirk, T.K. 1990. Sensitivity to and degradation of pentachlorophenol by *Phanerochaete* spp. *Applied and Environmental Microbiology* 56: 3519-26.
- Lide, D.R. 1993. *CRC handbook of chemistry and physics*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Malachowsky, K.J., Phelps, T.J., Teboli, A.B., Minnikin, D.E., White, D.C. 1994. Aerobic mineralization of trichloroethylene, vinyl chloride, and aromatic compounds by *Rhodococcus* species. *Applied and Environmental Microbiology* 60: 542–548.
- Manahan, S.E. 1994. *Environmental chemistry*. Boca Raton. FL: CRC Press.



- Minakami, K. 1982. Guidebook for treatment of sewage, industrial liquid waste, and sludge. In: Iwai, S. (Ed.), *Kankyo Gijyutsu Kenkyukai*. Osaka, 269–279.
- Monteiro, A.M.G., Boaventura, A.R., Rodrigues, A.E. 2000. Phenol biodegradation by *Pseudomonas putida* DSM 548 in a batch reactor. *Biochemical Engineering Journal* 6: 45–49
- Mörsen, A. and Rehm, H.J. 1987. Degradation of phenol by mixed culture of *Pseudomonas putida* and *Cryptocococcus elinovii* adsorbed on activated carbon. *Applied Microbiology Biotechnology* 26: 283-8.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1985. *NIOSH pocket guide to chemical hazards*. Cincinnati, Ohio, National Institute for Occupational Safety and Health.
- Parkhurst, B.R., Bradshaw, A.S., Forte, J.L. 1979. An evaluation of the acute toxicity to aquatic biota of a coal conversion effluent and its major components. *Bulletin Environment Contaminat Toxicology* 23: 349-356.
- Perez, R.R., Benito, G.G., and Miranda, M.P. 1997. Chlorophenol degradation by *Phanerochaete chrysosporium*. *Bioresearch Technology* 60: 207-13.
- Pfeffer, F.M. 1979. *The 1977 screening survey for measurement of organic priority pollutants in petroleum refinery wastewaters*. ASTM Spec. Tech.
- Piakong, M.T. 2006. Performance of Phenol Degradation by *C. Tropicalis* RETL-Cr1 using Batch and Fed Batch Fermentation Techniques. p.h.D Thesis, UTM, Skudai.
- Reinhold-Hurek, B., T. Hurek, M. Gillis, B. Hoste, M. Vancanneyt, K. Kersters, and J. De Ley. 1993. *Azoarcus* gen. nov., nitrogen-fixing proteobacteria associated with roots of Kallar grass (*Leptochloa fusca* (L.) Kunth), and description of two species,



Azoarcus indigenus and *Azoarcus communis* sp. nov. *International Journal System Bacteriol* **43**:574–584.

Santos, V.L. and Linardi, V.R. 2004. Biodegradation of phenol by a filamentous fungi isolated from industrial effluents—identification and degradation potential. *Process Biochemistry* **39**: 1001–1006.

Scow, K., Goyer, M. Payne, E. 1981. *Exposure and risk assessment for phenol* (revised). Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards, Washington, D.C., NTIS PB85-221695, 114-116.

Seetharam, G.B. and Saville, B.A. 2003. Degradation of phenol using tyrosinase immobilized on siliceous supports. *Water Research* **37**: 436-440.

Serra, B., Zhang, J., Morales, M.D., Prada, A.G.-V.d., Reviejo, A.J., and Pingarron, J.M. 2008. A rapid method for detection of catalase-positive and catalase-negative bacteria based on monitoring of hydrogen peroxide evolution at a composite peroxidase biosensor. *Talanta*.

Shields, M.S., Montgomery, S.O., Cuskey, S.M., Chapman, P.J., Pritchard, P.H. 1991. Mutants of *Pseudomonas cepacia* G4 defective in catabolism of aromatic compounds and trichloroethylene. *Applied and Environmental Microbiology* **57**: 1935– 1941.

Soto, A.N., Sonnenschein, C.S., Chung, K.L., Fernandez, M.F., Olea, N., Serrano, F.O. 1995. The E-SCREEN assay as a tool to identify estrogens: an update on estrogenic environmental pollutants. *Environmental Health Perspectives* **103**: 113–122.



- Sung, R.H., Soydoa, V., Hiroaki, O. 2000. Biodegradation by mixed microorganism of granular activated carbon loaded with a mixture of phenols. *Biotechnology* **22**: 1093–1096.
- Todar, K. 2007. *Nutrition and Growth of Bacteria*. Department of Bacteriology. University of Wisconsin-Madison, USA.
- Tortora, G.J., Funke, B.R., and Case, C.L. 2007. *Microbiology: An Introduction*. Pearson, 9th Edition. Unites States.
- Tschech, A., and G. Fuchs. 1987. Anaerobic degradation of phenol by pure cultures of newly isolated denitrifying pseudomonads. *Microbiology* **148**: 213–217.
- Valenzuela, J., Bumann, U., Cespedes, R., Padila, I. and Gonzalez, B. 1997. Degradation of chlorophenols by *Alcaligenes eutrophus* JMP134 (Pjp4) in bleached kraft mill effluent. *Applied and Environmental Microbiology* **63**: 227-232.
- van Schie, P.M. and Young, L.Y. 1998. Isolation and characterization of phenol-degrading denitrifying bacteria. *Applied Environment Microbiology* **64**(7): 2432-2438.
- Watanabe, K., Teramoto, M., Futamata, H., and Harayama, S. 1998. Molecular Detection, Isolation and Physiological Characterization of Functionally Dominant Phenol-Degrading Bacteria in Activated Sludge. *Applied and Environmental Microbiology* **64**: 4396–4402.
- WHO, Phenol, Environmental Health Criteria-EHC 161, World Health Organization, Geneva, 1994.
- Xing, B., McGill, W.B. and Dudas, M.J. 1994. Sorption of phenol by selected polymers: Isotherms, energetics, and polarity. *Environment Science Technology* **28**: 466–473.



Yazdankhah, S.P., Sørum, H., Larsen, H.J.S., and Gogstad, G. 2001. Use of magnetic beads for Gram staining of bacteria in aqueous suspension. *Journal of Microbiological Methods* 47: 369-371.

