

4000008660



PEMENCILAN DAN PENCIRIAN BAKTERIA YANG DOMINAN DI KAWASAN
PELUPUSAN LOGAM DI INANAM DAN PENENTUAN KEUPAYAAN
BIODEGRADASI TERHADAP HEPTANA

NURAIHAN BINTI AWANG KECHIL

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

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM SAINS SEKITARAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PERPUSTAKAAN UMS MAC 2006



1400008660



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PUMS99:1

lam tesis ini adalah hasil

a tiap – tiap satunya telah

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PEMENCILAN DAN PENCIRIAN BAKTERIA YANG DOMINAN DI KAWASAN
BUKUKAN LOGAM DI INANAM DAN PEMENTUAN KEUPAYATAN ~~BIODEGRADASI~~ ^{BIODEGRADASI}
TERHADAP HEPTANA SARJANA MUDA SAINS TEKNOLOGI

NAMA: NURAIHAN BIINTI AWANG KECHIL SESI PENGAJIAN: 2003/2006
 (HURUF BESAR)

(NURAIHAN BIINTI AWANG KECHIL)

003 – 3166)

Perpustakaan membenarkan tesis (LPSM/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 sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institutsi 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: NO 663 PARIT MATAPIK
4200 PARIT DUNIAK
PERAK

CIK KAMELIA BUDIN
 Nama Penyelia

Tarikh: 26-04-06

Tarikh: 26.04-06

PERKARA: 26-04-06

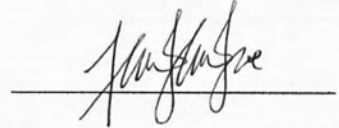
NOTA: - *Potong yang tidak berkenaan.
 **Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
 @Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya dengan ini mengaku bahawa karya yang terkandung di dalam tesis ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali bagi nukilan dan ringkasan yang mana tiap – tiap satunya telah saya jelaskan sumber – sumbernya.

Mac 2006



(NURAIHAN BINTI AWANG KECHIL)

(HS 2003 – 3166)



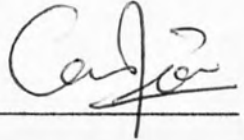
PENGAKUAN PEMERIKSA

DIPERAKUKAN OLEH

TANDATANGAN

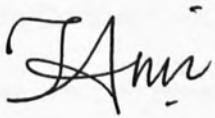
1. PENYELIA

(Cik Kamsia Budin)



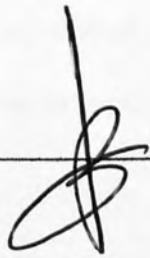
2. PEMERIKSA 1

(Cik Farrah Anis Fazliatul Adnan)



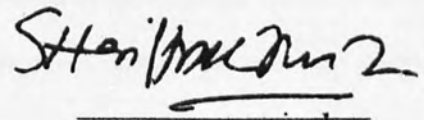
3. PEMERIKSA 2

(Dr. Piakong Md. Tuah)



4. DEKAN

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





PENGHARGAAN

Bersyukur saya ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah dan kurniaNya dapat juga saya menyiapkan projek tahun akhir ini seperti mana yang telah ditetapkan oleh pihak Universiti Malaysia Sabah.

Pertama sekali, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada Cik Kamsia Budin selaku penyelia projek yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar sepanjang projek ini dijalankan. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada Dr Vun Leong Wan dan Dr Piakong Mohd Tuah yang juga turut bersama –sama membantu dalam projek ini.

Ucapan terima kasih juga kepada semua pembantu – pembantu makmal yang telah memberikan kerjasama dan tunjuk ajar semasa menyiapkan kerja makmal untuk projek ini. Antaranya ialah Puan Dayang, Puan Fatimah, Encik Muhin serta semua kakitangan yang terlibat secara tidak langsung dalam projek ini.

Berbanyak terima kasih juga kepada rakan – rakan seperjuangan yang telah banyak memberi kata – kata semangat dan pertolongan semasa menyiapkan projek ini. Akhir sekali ucapan terima kasih kepada kedua ibubapa dan ahli keluarga yang juga telah banyak memberi dorongan kepada saya selama ini. Sekian, terima kasih.



ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk melakukan pemencilan dan pencirian koloni bakteria yang terdapat di dalam tanah di kawasan pelupusan logam di Inanam, Sabah. Bagi tujuan pemencilan koloni bakteria, media yang telah dipilih adalah nutrien agar. Sebanyak enam koloni yang paling dominan yang dapat tumbuh di atas agar telah dipilih berdasarkan keluasan koloni paling tinggi di dalam agar. Manakala pencirian koloni bagi kesemua enam koloni tersebut adalah berdasarkan ciri –ciri morfologi dan pewarnaan gram. Pengkulturan koloni di atas media yang mengandungi heptana pada kepekatan 94 % (v/v) menunjukkan bahawa koloni dapat tumbuh dan bertindakbalas positif terhadap heptana. Ini menunjukkan koloni tersebut berkeupayaan mendegradasi heptana.



**ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF BACTERIA FROM METAL
CONTAMINATED SOILS IN INANAM, SABAH AND THE STUDY OF THEIR
CAPABILITY TO DEGRADE HEPTANE**

ABSTRACT

This study was carried out to isolate and characterize the dominant bacteria in metal contaminated soil in Inanam, Sabah. Nutrient agar was used for bacterial isolations. Six dominant colonies were chosen which have the most ability to grow on nutrient agar. Besides that partial characterize were identified such as morphology characteristic and gram staining. Action of six dominant isolates were capable of degrading heptane was revealed by a screening test. The isolates have the ability to grow in 94 % (v/v) heptane solution which means positive reaction and showed a capability as a heptane degrader.



KANDUNGAN

Muka Surat

HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
PENGAKUAN PEMERIKSA	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTOGRAF	xi
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 PENGENALAN	1
1.2 OBJEKTIF KAJIAN	4
1.3 SKOP KAJIAN	4
1.4 KEPENTINGAN KAJIAN	5
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	6
2.1 BAKTERIA DALAM TANAH	6
2.2 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN BAKTERIA	8
2.2.1 Sumber Tenaga dan Kandungan Nutrien	8
2.2.2 Suhu	10
2.2.3 pH	11
2.2.4 Kelembapan Tanah	12
2.3 BIODEGRADASI HIDROKARBON	13
2.3.1 Biodegradasi Sebatian Hidrokarbon oleh Bakteria	13



2.3.2	Faktor yang mempengaruhi Biodegradasi	16
2.3.3	Aplikasi Remediasi	20
BAB 3	METODOLOGI	22
3.1	PENYEDIAAN MEDIA	22
3.2	PERSAMPELAN	23
3.3	ANALISIS FAKTOR FIZIKAL DAN KIMIA TANAH	25
3.3.1	Penentuan pH	25
3.3.2	Penentuan kelembapan tanah	25
3.4	PENCAIRAN BERSIRI SAMPEL	26
3.5	PEMERHATIAN PERTUMBUHAN KOLONI	26
3.6	PEMENCILAN KOLONI	27
3.7	PEWARNAAN GRAM	28
3.8	PENGKULTURAN KOLONI DI ATAS NUTRIEN AGAR YANG MENGANDUNGI HEPTANA	28
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	29
4.1	CIRI – CIRI FIZIKAL DAN KIMIA TANAH	29
4.2	ANALISIS PENCIRIAN KOLONI DOMINAN DALAM SAMPEL TANAH	32
4.3	PENGKULTURAN KOLONI DI ATAS NUTRIEN AGAR YANG MENGANDUNGI HEPTANA	37
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	39
5.1	KESIMPULAN	39
5.2	CADANGAN	41

RUJUKAN

LAMPIRAN



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Peratusan populasi bakteria mengikut genus	7
2.2	Kumpulan mikrob dalam tanah dan sumber tenaga primer	10
2.3	Kumpulan bakteria dan suhu minimum, optimum dan maksimum	11
2.4	Mikroorganisma yang dapat mengdegradasikan komponen alkana	15
4.1	Ciri – ciri fizikal dan kimia tanah	29
4.2	Analisis pencirian koloni yang dominan dalam sampel tanah	32

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
3.1	Analisis – analisis yang dijalankan mengikut turutan.	24



SENARAI FOTOGRAF

No. Fotograf		Halaman
4.1	Ciri – ciri morfologi bagi koloni NA2 yang tumbuh di dalam nutrien agar	34
4.2	Ciri – ciri morfologi bagi koloni NA3 yang tumbuh di dalam nutrien agar	34
4.3	Isolat NA2 yang berbentuk rod dan Gram – negatif (Pembesaran x 100)	35
4.4	Isolat NA3 yang berbentuk kokus dan Gram – negatif (Pembesaran x 100)	36
4.5	Isolat NA4 yang berbentuk rod dan Gram – negatif (Pembesaran x 100)	36
4.6	Isolat yang tumbuh di atas agar yang mengandungi heptana.	37

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celsius
%	Peratus
g	Gram
ml	Mililiter
cm	Sentimeter
μL	Makroliter
NA	Nutrien Agar



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Secara amnya pelbagai pihak seperti pihak kerajaan, pemaju dalam bidang industri dan orang awam telah menyedari dan mengetahui tentang betapa pentingnya keperluan untuk mengurangkan sisa pencemaran dan kadar ketoksikannya dari persekitaran melalui penggunaan alternatif yang lebih selamat, efektif dan ekonomik.

Terdapat beberapa proses perawatan terhadap tanah dan air bawah tanah yang tercemar yang tidak berkesan dan menelan belanja yang terlalu mahal. Sebagai contoh kaedah tradisional yang mengaplikasikan kaedah pembuangan bahan tercemar dan merbahaya secara terbuka. Kaedah ini menyebabkan wujudnya kawasan yang merbahaya kerana kandungan ketoksikan tanah yang tinggi.



Keburukan kaedah pembuangan bahan tercemar dan beracun secara terbuka adalah tidak mengaplikasikan perawatan yang selamat dan berkesan terhadap bahan tercemar tersebut dan seterusnya menyumbang kepada pertambahan bahan buangan merbahaya yang tidak terkawal (Neely *et al.*, 1981).

Penggunaan kawasan pelupusan khas untuk bahan buangan adalah salah satu alternatif yang paling ringkas dan efektif untuk menyelia sisa – sisa pelupusan logam buat masa ini. Ini adalah kerana kos penyeliaannya adalah rendah. Dalam prosedur ini, sisa – sisa buangan logam akan diuraikan oleh komponen – komponen di dalam tanah itu sendiri khususnya komponen mikrobiologi. Sisa buangan di kawasan pelupusan logam akan dikumpulkan setiap hari di kawasan yang telah disediakan. Di antara sisa buangan yang biasanya terdapat di kawasan pelupusan logam adalah minyak dan gris serta lebihan atau tumpahan logam seperti timah, besi, arsenik, mangan, kromium, titanium, vanadium, aluminium, nikel dan kadmium.

Walaupun bagaimanapun, terdapat beberapa keburukan penggunaan kaedah ini yang mana salah satu contohnya adalah kekurangan lokasi yang sesuai telah menghadkan aktiviti ini dijalankan secara efektif terutamanya di kawasan bandar. Tambahan pula kadar pembuangan yang tinggi di kawasan bandar tidak dapat menampung kadar pelupusan logam itu sendiri. Aktiviti penguraian bahan organik di kawasan pelupusan sampah adalah perlahan iaitu mengambil masa kira-kira 30 hingga 50 tahun. Dalam jangka masa tersebut, kawasan pelupusan sampah semakin terhad (Robert, 1998).



Kompilasi terhadap masalah ini adalah menyebabkan kawasan yang telah dijadikan tempat pelupusan logam tidak dapat dibangunkan semula. Ini kerana kawasan ini tidak sesuai untuk dijadikan kawasan pertanian dan kebanyakan daripada tempat ini telah dibangunkan sebagai tempat rekreasi.

Salah satu alternatif atau jalan penyelesaian kepada masalah ini adalah dengan menggunakan aplikasi biodegradasi yang mana melibatkan penggunaan mikroorganisma untuk menguraikan bahan organik yang tercemar di persekitaran. Kajian telah membuktikan bahawa mikroorganisma telah dikenalpasti mempunyai kebolehan untuk mendegradasi bahan organik secara meluas (Lee dan Ward, 1985).

Biodegradasi secara umumnya didefinisikan sebagai proses penguraian bahan organik di alam semulajadi melalui aktiviti mikroorganisma seperti bakteria, actinomycetes dan fungi (Sims dan Bass, 1984). Manakala Tortora *et al.*, (2004) menyifatkan degradasi sebagai satu proses di mana kebolehan sesuatu bakteria untuk menguraikan bahan organik khususnya dalam sisa kumbahan atau bahan buangan.

Terdapat dua jenis biodegradasi mikrob di persekitaran iaitu degradasi aerobik dan degradasi anaerobik. Degradasi hidrokarbon adalah tergolong dalam biodegradasi kedua-dua aerobik dan anaerobik. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses degradasi ialah oksigen terlarut, pH, suhu, bahan toksik, proses oksidasi dan penurunan, kandungan nutrien seperti nitrogen dan fosforus serta bilangan dan jenis organisma yang hadir di



persekitaran. Mikroorganisma yang sering digunakan untuk proses biodegrasi adalah bakteria.

Di antara genera bakteria yang sering ditemui dalam tanah termasuklah *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* dan *Xanthomonas* (Ronald, 1993).

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Tujuan menjalankan kajian ini adalah seperti berikut :

1. Untuk memencilkan dan mencirikan koloni dominan bakteria di kawasan pelupusan logam di Inanam, Sabah.
2. Menentukan keupayaan dan kebolehan bakteria yang telah dikenalpasti daripada objektif 1 bagi mendegradasi heptana.

1.3 SKOP KAJIAN

Skop kajian yang dijalankan termasuklah memencilkan dan mencirikan bakteria yang terdapat pada tanah di kawasan tapak pelupusan logam di Inanam, Sabah. Bakteria yang



telah dikenalpasti seterusnya ditentukan kebolehannya untuk mendegradasi sebatian alkana berantai lurus iaitu heptana sahaja.

1.4 KEPENTINGAN KAJIAN

Berdasarkan kajian ini, kita dapat mengenalpasti populasi dominan bakteria yang menghuni kawasan pelupusan logam. Selain itu, kebolehan bakteria yang telah dikenalpasti untuk mendegradasikan alkana berantai lurus iaitu heptana dapat dikenalpasti.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 POPULASI BAKTERIA DALAM TANAH

Tanah adalah habitat umum bagi mikroorganisma. Jumlah mikroorganisma dalam habitat tanah adalah lebih tinggi berbanding mikroorganisma yang ditemui di habitat air laut atau habitat marin. Kira – kira 10^6 bakteria per gram ditemui di habitat tanah. Mikroorganisma tersebut adalah terdiri daripada virus, bakteria, fungi, alga dan protozoa. Kepadatan komponen organik adalah tinggi dalam tanah. Ini menyebabkan pertumbuhan yang tinggi mikroorganisma di dalamnya (Ronald dan Richard, 1993).

Di antara genera bakteria yang sering ditemui dalam tanah termasuklah *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* dan *Xanthomonas* (Ronald dan Richard, 1993). Peratus genera bakteria yang ditemui di dalam tanah ditunjukkan di dalam Jadual 2.1.



Jadual 2.1 Peratusan populasi bakteria mengikut genus yang ditemui di dalam tanah
(Robert, 1998).

Genus	Peratusan (%)
<i>Arthrobacter</i>	5 – 60
<i>Bacillus</i>	7 – 67
<i>Pseudomonas</i>	3 – 15
<i>Agrobacterium</i>	1 – 20
<i>Alcaligenes</i>	1 – 20
<i>Flavobacterium</i>	1 – 20
<i>Corynebacterium</i>	2 – 12
<i>Micrococcus</i>	2 – 10
<i>Staphylococcus</i>	Kurang daripada 5
<i>Xanthomonas</i>	Kurang daripada 5
<i>Mycobacterium</i>	Kurang daripada 5

2.2 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN BAKTERIA

Pengenalpastian mengenai faktor–faktor yang mempengaruhi komuniti bakteria di dalam tanah adalah salah satu cara yang tepat untuk mengetahui punca atau sebab yang relevan dalam mengkaji dan memahami kaedah kawalan terhadap proses dalam tanah.

Terdapat beberapa faktor utama yang perlu dititikberatkan dalam mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteria iaitu sumber tenaga dan kandungan nutrien, suhu, pH dan kelembapan tanah.

2.2.1 Sumber tenaga dan kandungan nutrient

Pertumbuhan mikrob memerlukan sumber tenaga, cas elektron, logam tersurih dan beberapa sumber makro–nutrien tambahan. Walaupun bahan–bahan ini sememangnya secara umum terdapat di dalam tanah, namun terdapat faktor seperti kepekatan bahan yang lebih menggalakan pertumbuhan mikrob dan juga menjadi faktor penghad terhadap aktiviti pertumbuhan mikrob tersebut (Robert, 1998).

Keperluan sumber tenaga yang paling diperlukan untuk pertumbuhan sel adalah kepelbagaian makro–nutrien. Sebagai contoh adalah sumber karbon, nitrogen, fosforus dan sulfur. Bahan–bahan ini adalah keperluan major untuk pembinaan dinding sel. Keperluan

terhadap logam tersurih dalam tanah adalah contohnya natrium, zat besi dan magnesium. Manakala kebanyakan sel hidup memerlukan sumber kalsium dan zink (Tate, 2000).

Kepelbagaian nutrien adalah diperlukan oleh mikroorganisma ringkas untuk proses biosintesisnya. Organisma yang mempunyai pola makanan yang ringkas memerlukan hanya sebilangan kecil sebatian ringkas sebagai punca unsur-unsur yang dikehendaki untuk tindak balas biosintesis (Brock *et al.*, 1989).

Sebagai contoh, banyak mikroorganisma dapat tumbuh pada punca tenaga dan karbon tunggal beserta dengan sebilangan kecil garam tidak organik. Ini adalah untuk menyediakan nitrogen, fosforus, sulfur dan unsur utama lain yang diperlukan. Organisma-organisma lain pula yang mana pola pemakanannya jenis kompleks banyak memerlukan sebatian monomer yang mana sangat penting untuk biosntesis polimer. Nutrien daripada yang diperlukan oleh mikroorganisma jenis ini adalah dalam jumlah yang sedikit iaitu disebut sebagai faktor pertumbuhan (Brock *et al.*, 1989). Jadual 2.2 menerangkan tentang kumpulan mikrob dalam tanah dan sumber tenaga primer.



Jadual 2.2 Kumpulan mikrob dalam tanah dan sumber tenaga primer (Brock *et al.*, 1989).

Mikrob	Sumber tenaga	Sumber karbon	Contoh
Aerobik	Karbon	Karbon	<i>Arthrobacter</i> sp., <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Bacillus</i> sp.
Anaerobik	Karbon	Karbon	<i>Clostridium</i> sp.
Fermentor	Karbon	Karbon atau Karbon dioksida	Bakteria asid laktik
Chemi-autotrofik	Kimia tak organik	Karbon dioksida	<i>Nitrifiers thiobacillus</i>
Foto-autotrofik	Hidrogen dan cahaya	Karbon dioksida	Alga, bakteria fotosintetik

2.2.2 Suhu

Secara umumnya, bakteria boleh tumbuh pada suhu kira-kira 0 °C hingga 70 °C. Terdapat tiga kumpulan yang mengelaskan faktor suhu terhadap pertumbuhan mikrob iaitu *Psychrophiles*, *Mesophiles* dan *Thermophiles*. *Psychrophiles* dapat tumbuh secara optimal pada suhu kurang daripada 20 °C. Manakala *Mesophiles* pula tumbuh di antara suhu 15 °C hingga 45 °C dan *Thermophiles* adalah aktif pada suhu yang lebih tinggi daripada 45 °C (Tate, 2000).

Manakala menurut Robert (1998), suhu minimum bagi *Psychrophilic* adalah 0 °C. *Mesophilic* pula boleh bertambah pada suhu minimum 5 °C hingga 25 °C dan maksimum pada 30 °C hingga 50 °C. Suhu minimum bagi pertumbuhan *Thermophilic* adalah 25 °C hingga 45 °C dan suhu maksimum di antara 60 °C hingga 90 °C. Jadual 2.3 di bawah menerangkan kumpulan bakteria dan suhu bagi pertumbuhan minimum, optimum dan maksimum.

Jadual 2.3 Kumpulan bakteria dan suhu minimum, optimum dan maksimum (Ronald dan Richard, 1993).

Bakteria	Suhu minimum (°C)	Suhu optimum (°C)	Suhu Maksimum (°C)
<i>Psychrophilic</i>	0	15	30
<i>Mesophilic</i>	5 hingga 25	18 hingga 45	30 hingga 50
<i>Thermophilic</i>	25 hingga 45	55	60 hingga 90

Suhu rendah iaitu kurang daripada 0 °C lazimnya digunakan untuk mengawal pertumbuhan bakteria. Ini adalah kerana suhu tersebut adalah cenderung untuk melambatkan semua tindak balas kimia dan biokimia yang diperlukan bagi pertumbuhan bakteria (Ho, 2000).

2.2.3 pH

Kebanyakan mikroba secara umumnya boleh tumbuh pada nilai pH 1 hingga pH 11. Walaupun mikroba biasanya tumbuh pada nilai pH neutral, namun terdapat beberapa organisma yang mempunyai nilai pH yang berbeza pada pola pertumbuhannya terutama pada fasa pertumbuhan

RUJUKAN

- Atlas, R. M., 1994. Microbial hydrocarbon degradation-bioremediation of oil spills. *Journal Chem. Tech Biotechnol* **52**, 149-156.
- Brock, T. D., Brock, K. M. dan Ward, D. M., 1989. *Asas Mikrobiologi dan Penggunaannya*. Edisi ke-3. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Derek, R. L. dan Jon R. L., 2000. Microbes with a mettle for bioremediation. *Nature Biotechnology* **18**, 600-601.
- Dibble, J. T. dan Bartha, R., 1979. Reaching Aspect of Oil, Sludge Boidegradation in Soil. *Soil Science* **127**, 365-370.
- Ho, B. L., 2000. *Bacteriology With Emphasis On Phytopathogenic Bacteria*. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu.
- Hou, C. T., 1982. Microbial transformation of important industrial hydrocarbon. In *CRV Microbial Transformation of Bioactive Compounds*. Vol 1. Rosazza, J.P., Ed. CRV Press, Boca Raton, FL. Pp. 81-107.
- JRB Associates Inc., 1982. Handbook for Remedial Action at Waste Disposal Sites. EPA – 625/6-82-006. USA.
- JRB Associates Inc., 1984. Summary Report : Remedial Response at Hazardous Sites. Prepared for Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, OH. PB 85-124899.
- Lapinkas, J., 1989. Soil Biotreatment : Bacterial Degradation of Hydrocarbon Contaminatin in Soil and Groundwater. *Chemestry Industry*. Dec. pp. 784-189.



- Lee, M. D. dan Ward, C. H., 1985. Environmental and biological methods for restoration of contaminated aquifers. *Environment Toxicol Chem* **4**, 743-750.
- Neely, N. S., Walsh, J. S., Gillespie, D. P. dan Schauf F. J., 1981. *Remedial Action at Uncontrolled waste Site in Land Disposal Harzadous waste*. OH. Pp. 312-319.
- Parr, J. F., Sikora, L. J., dan Burge, W. D., 1983. *Factors affecting the degradation and inactivation of waste constituents in soils*. Park Ridge, New Jersey.
- Peberdy, A., 1980. *Hard and Soft Acids and Bases*. John Wiley & Sons, New York.
- Robert, E. R., 1998. *Remediation of Petroleum Contaminated Soils, Biological, Physical, And Chemical Processes*. Lewis Publishers, London.
- Ronald, M. A. dan Richard, B., 1993. *Microbial Ecology Fundamental And Applications*. Third Edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, California.
- Saadoun, I., 2004. Recovery of *Pseudomonas* spp. from choronically fuel oil-polluted soil in Jordan and the study of their capability to degrade short chain alkanes. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* **20**, 43-46.
- Sims, R. dan Bass, J., 1984. *Review of In Place Treatment Techniques for Contaminated Surgace Soils*. Volume 1 : Techical Evaluation. EPA Report No. EPA-540/2-84-003a.
- Stronguilo, M. L., Vaquero, M. T., Comellas, L. dan Broto-Puig, F., 1994. The fate of petroleum aliphatic hydrocarbons in sewage sludge-amended soils. *Chemosphere* **29**, 273-281.
- Tate, L. R., 2000. *Soil Microbiology*. Second Edition. John Wiley & Sons,Inc., New York.



- Thibault, G. T. dan Elliot, N. W., 1979. *Acceleration The Biological Clean – Up of Hazardous Materials Spills In Proc Oil and Haz. Mater. Spills: Prevention control clean up recovery disposal*, Dec. 3. 5. Sponsored by Ha. Mater. Control Res. Insts and Info. Transfer. Inc. 115-120.
- Tiedje, J. M., 1993. *Bioremediation from an ecologi perspective in – situ bioremediation*. Washington, D. C.
- Tortora, G. J., Funke, B. R. dan Case, C. L., 2004. *Microbiology An Introduction*. 8th . Pearson Education, Inc., San Francisco.
- Young, L. Y. dan Cerniglia, C. E., 1995. *Microbial Transformation and Degradation of Toxic Organic Chemical*. John Wiley and Sons, Inc., USA.
- Zajic, J. E., 1964. Biochemical reactions in hydrocarbon metabolism. *Dev. Ind. Microbial* 6 (2), 16-27.

