

Kesesuaian Tanah Baki bagi Biodegradasi Sianida

Mohd Raihan Taha, Nik Norsyahariati Nik Daud
dan Wan Norita Merican

ABSTRAK

Satu kajian untuk menganalisis kesesuaian tanah baki sebagai medium untuk proses biodegradasi bahan pencemar sianida dibentangkan dalam kertas kerja ini. Tanah-tanah baki yang dikaji adalah dari kawasan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) di Bangi (tanah baki granit) dan dari Hospital Universiti Kebangsaan Malaysia (HUKM) di Cheras, Kuala Lumpur (tanah baki sedimen). Sampel tanah yang telah dimasukkan dengan bahan pencemar sianida dirawat dengan kaedah biorawat secara lumpur cair atau enapcemar. Sampel juga dicampur dengan larutan bernutrien dan dimasukkan dengan bakteria yang telah dibiakkan terlebih dahulu dalam tanah baki yang mengandungi pencemar sianida. Sampel tanah baki dari kedua-dua kawasan diuji dalam dua keadaan iaitu keadaan nutrien biasa dan keadaan nutrien bermangkin (glukosa). Masa uji kaji yang diambil untuk proses biodegradasi bahan pencemar ialah selama 78 jam. Keputusan menunjukkan bahawa kepekatan bahan pencemar di dalam kedua-dua tanah baki mengalami penurunan manakala biojisim bakteria mengalami peningkatan. Keputusan semua uji kaji menunjukkan tanah baki HUKM mempunyai ciri-ciri yang lebih sesuai bagi menjalankan proses biodegradasi terhadap bahan pencemar sianida berbanding tanah baki UKM. Ini kerana tanah baki HUKM mempunyai ciri kimia tanah yang baik seperti kandungan karbon organik dan bahan organik yang tinggi, nilai pH tanah berasid bagi mempercepatkan proses biodegradasi.

Kata kunci: Tanah baki, kejuruteraan geosekitaran, pencemaran tanah, biodegradasi, sianida.

ABSTRACT

A study to assess the suitability of residual soil as a medium for biodegradation processes for cyanide is presented in this paper. The residual soils we obtained from Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) in Bangi (granite residual soil), and Hospital Universiti Kebangsaan Malaysia (HUKM) in Cheras (sedimentary residual soil). The cyanide contaminated soils were bio-treated using the slurry phase or leachate method. Samples were also mixed with a nutrient solution and inoculated with bacteria that has been breaded in the cyanide contaminated soil. These samples were tested in two environments, i.e. normal nutrient and catalytic (glucose) nutrient. The time allowed for the biodegradation processes was 78 hours. Results showed that HUKM residual soil have a better characteristics for biodegradation processes compared to UKM residual soil. This is due to greater organic carbon, organic content and acidity of the HUKM residual soil that enhances biodegradation processes.

Keywords: Residual soil, geoenvironmental engineering, contaminated soil, biodegradation, cyanide.

PENGENALAN

Pembersihan tanah melalui kaedah biologi memerlukan gandingan yang baik antara sains dan kejuruteraan. Di dalam kaedah ini, mikroorganisma seperti bakteria atau kulat sedia ada diperlukan untuk membiodegradasi bahan pencemar. Beberapa perkara perlu diambil kira dalam menjayakan sistem pembersihan ini. Faktor-faktor penting adalah seperti ikatan di antara bahan pencemar, keperluan oksigen (yang mana jika oksigen tidak mencukupi maka proses anaerobik akan berlaku dan ini akan mengurangkan kadar tindakbalas biodegradasi), kandungan nutrien yang diperlukan dalam pertumbuhan bakteria tersebut, suhu, pH tanah, kelembapan tanah, keadaan redoks, kepekatan bahan pencemar tersebut dan kehadiran organisme pemangsa dalam tanah. Julat optimal bagi keadaan sekitaran sesuatu species mikroorganisma adalah berlainan di antara satu sama lain (Devinny & Chang 2000).

Perkataan ‘biodegradasi’ selalu digunakan untuk menghuraikan kepelbagaiannya proses bermikrob yang berlaku di dalam ekosistem semulajadi seperti pemineralan, penyahtoksiikan, ko-metabolisme atau pengaktifan (Alexander 1980). Mikroorganisma wujud daripada tenaga yang diperolehi oleh tindakbalas dan ini akan meningkatkan biojisim sepanjang proses.

Kebolehan mikroorganisma untuk mereput atau menukar bahan toksik telah digunakan untuk merawat pencemaran alam sekitar akibat bahan organik berbahaya. Bakteria tanah semulajadi hadir dalam bentuk dorman atau pertumbuhan-perlahan, tetapi apabila dirangsang oleh set yang spesifik pada keadaan sekitaran, ia akan berganda dengan cepat dan akan menyesuaikan diri dengan keadaan baru (Buckingham 1981).

Sesetengah bahan merbahaya boleh diuraikan dalam keadaan aerobik dan sesetengahnya dalam keadaan anaerobik. Dalam keadaan aerobik, karbon dioksida dan air akan terhasil manakala dalam keadaan anaerobik gas-gas seperti metana dan hidrogen sulfida akan terhasil. Degradasi anaerobik sering menggunakan sulfat dan nitrat bagi meneruskan proses biodegradasi (Chawla et al. 2000). Teknik biodegradasi adalah serba boleh dan digunakan dalam tahap perawatan berbeza. Jika penghasilan organisme secara biasa tidak berkesan untuk pengurangan bahan pencemar, tanah boleh disuntik dengan mikrob yang telah diasingkan bagi bahan pencemar yang tertentu (Buckingham 1981).

Mikroorganisma juga boleh dibiakkan dalam media pertumbuhan yang mengandungi bahan pencemar terpilih. Ia akan membentuk ciri-ciri yang bersesuaian untuk mengurangkan bahan tersebut. Koloni-koloni bakteria yang dibiakkan di dalam makmal boleh dipisahkan atau dipindahkan kepada medium yang baru bagi membentuk kultur tulen selain konsortia campuran digunakan di dalam proses biodegradasi. Konsortia campuran lebih mudah dibiakkan dan lebih berkesan di dalam proses biodegradasi (Sayler et al. 1990). Konsortia bakteria ini kemudiannya akan dibiakkan menjadi padat dengan penambahan bahan pencemar atau sumber tenaga bakteria ke dalam medium (Ellis et al. 1990). Otte et al. (1994) menunjukkan bahawa proses biodegradasi bagi pentachlorophenol di dalam sampel kawalan adalah sifar manakala apabila diletakkan cecair yang padat dengan bakteria, 50% pentachlorophenol tersebut berjaya didegradasikan dalam masa hanya 36 jam. Madsen dan Kristensen (1997) melaporkan bahawa sel mikroorganisma

yang kurang daripada 10^6 per gram tanah tidak membawa apa-apa kesan terhadap degradasi hidrokarbon aromatik polisiklik.

Sianida merupakan salah satu bahan kimia utama yang digunakan dalam industri pemprosesan mineral dan plat. Selepas pemprosesan tamat, sianida yang telah digunakan dikategorikan sebagai produk sampingan dan sisa. Ia selalunya akan disimpan dalam tong dan sedia dilupuskan. Pelupusan sisa sianida tak terkawal memberi kesan yang teruk pada pencemaran tanah. Sianida amat berbahaya kerana ia mempunyai tahap ketoksikkan amat rendah dan tak berbau (Schieler & Pauze 1976). Sianida tak organik seperti sianida sodium (NaCN), sianida potassium/ kalium (KCN) dan sianida kalsium ($\text{Ca}(\text{CN})_2$) menghasilkan HCN apabila bertindakbalas dengan asid. Sumber utama sianida industri ialah petrokimia, pemprosesan mineral, penyalutan logam, fotografik dan industri pembuatan besi dan arang. Komposisi kimia bagi sianida ialah CN. Biodegradasi sianida sangat mudah: ia akan pecah kepada karbon dan nitrogen. Contohnya, kalium sianida akan musnah atau menjadi bahan kimia yang tidak berbahaya mengikut persamaan di bawah:-

Proses biodegradasi peringkat pertama



Mikroorganisma yang berada di dalam tanah akan cuba menjalankan proses penguraian di mana seperti persamaan di bawah:

Proses biodegradasi peringkat kedua



Mikroorganisma akan menukar ion sianida kepada bahan yang lebih stabil iaitu karbon dan nitrogen yang mana akan digunasemula oleh mikroorganisma untuk keperluan tenaga dan juga pembiakan (Cleva 1995).

Kaedah biorawatan yang digunakan didalam kajian ini ialah biorawatan fasa-berlumpur. Bahan tercemar akan digali dari tapak dan dimasukkan ke dalam reaktor. Keadaan berlumpur cair ini dibentuk dengan menambah air ke dalam tanah tercemar. Keperluan air bergantung kepada tahap pencemaran yang dialami, selalunya kepekatan pencemar yang tinggi memerlukan pencairan yang tinggi. Kemudian, campuran akan dikacau bagi membenarkan sentuhan antara mikroorganisma dan bahan pencemar. Proses biodegradasi ditingkatkan dengan menambah bahan nutrien dan mengawal suhu serta pH bagi memberi keadaan persekitaran pertumbuhan mikrob yang sesuai (Eweis et al. 1998).

Disebabkan sianida dikategorikan sebagai salah satu pencemar utama dalam Akta Kualiti Sekitaran Malaysia (DOE 1974), adalah amat penting untuk mengetahui keadaan sianida dalam sekitaran. Permukaan geologi Semenanjung Malaysia pula didominasi oleh tanah baki (granit dan metasedimen) yang menyebabkan kajian penting ini kerana kelakuan interaksi tanah baki secara relatifnya tidak banyak diketahui berbanding tanah-tanah lain di dunia. Aspek-aspek ciri asas geoteknik serta jerapan tanah baki dan penggunaannya sebagai bahan pelapik kambusan telah diberikan oleh Taha et al. (1997), Taha dan Debnath (1999), Taha et al. (2000), dan Taha et al. (2002).

BAHAN DAN KAEADAH

Semua uji kaji ciri kimia tanah yang dilakukan dalam kajian ini merujuk kepada langkah-langkah yang tercatat di dalam BS 1377 (1990). Ujikaji yang dibuat ialah ujian kandungan bahan organik, ujian pH dan ujian jumlah karbon organik. Uji kaji bagi penyediaan dan penilaian tanah tercemar dirujuk mengikut prosedur Vipulanandan et al. (1992). Kaedah yang digunakan telah dijalankan ke atas bahan pencemar phenol di dalam air dan tanah tercemar yang dinilai dalam satu reaktor terkumpul. Kaedah ini digunakan bagi membiodegradasi bahan pencemar kalium sianida kerana ia mempunyai kesesuaian daripada segi medium garamnya dan aturcara yang ringkas.

MEDIUM BERNUTRIEN

Medium pertumbuhan telah disediakan daripada bahan berikut: kalium fosfat (K_2HPO_4) – 1 g, magnesium sulfat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) – 0.2 g, natrium klorida ($NaCl$) – 0.1 g, kalsium klorida ($CaCl_2$) – 0.1 g, ferum klorida ($FeCl_3$) – 0.02 g, ammonium sulfat [$(NH_4)_2SO_4$] – 1 g dan kalium sianida (KCN) – 0.455 g serta 1000 mL air suling. Glukosa sebanyak 1 g ditambah ke dalam 1 L larutan medium bernutrien dan setiap sampel tanah baki yang ditentukan diuji dengan menggunakan larutan medium tersebut. Penggunaan glukosa sebagai bahan pemangkin merujuk kepada kaedah dalam biorawat tanah tercemar sianida. Nilai pH bagi semua air yang digunakan di dalam kajian dipastikan berada dalam had 6.5 hingga 7.5. Ini penting kerana biasanya air suling di makmal biasanya mempunyai pH diantara 4 hingga 8 dan ini akan mempengaruhi keputusan ujikaji.

BIOJISIM

Biojisim bakteria dalam kajian ini diukur menggunakan kaedah gravimetrik (Vipulanandan et al. 1992). Kaedah ini dilakukan dengan menapis sampel sebanyak 25 mL melalui kertas turas membran 0.45 μm (*Cellulse nitrate membrane filter – Whatman*). Kertas turas kemudiannya akan dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 6 jam sebelum ditimbang pada ketepatan 0.1 mg. Berat kering bakteria diperolehi daripada perbezaan antara berat kering kertas turas dengan berat piawai. Berat piawai ialah berat kertas turas yang dituras dengan larutan bernutrien baru. Kertas turas ini juga dikeringkan pada suhu 100°C selama 6 jam sebelum ditimbang. Sebanyak 10 sampel dilakukan dan berat piawai ialah purata berat kertas turas.

KEPEKATAN SIANIDA

Kepekatan sianida diukur berdasarkan kaedah EPA 8027 (1992) menggunakan spektrofotometer jenis HACH (model DR/2000). Sebelum itu sampel larutan diempar bagi mendapatkan ekstrak tanah selama 25 minit pada kelajuan 3000 rpm (Vipulanandan et al. 1992).

PENYEDIAAN TANAH TERCEMAR

Tanah yang digunakan di dalam ujikaji ini terdiri daripada dua sampel yang diambil daripada dua tempat berasingan iaitu di UKM, Bangi dan di HUKM, Cheras. Tanah baki ini dikeringkan terlebih dahulu dengan cara meny-

lerakkannya di atas dulang dan dibiarkan kering pada suhu bilik/makmal. Tanah diayak dan hanya yang lulus ayak 2 mm diambil untuk dianalisis sebanyak 1 kg. Sampel tanah yang dikaji diambil dan dicampurkan dengan bahan pencemar sianida sebanyak 1 g bagi mendapatkan tanah tercemar. Tanah ini kemudian dimasukkan ke dalam bekas dan dibiarkan selama dua hari bagi membenarkan penyerapan bahan pencemar di dalam tanah.

Seterusnya sebanyak 20 g tanah dimasukkan ke dalam kelalang untuk dieramkan selama 24 jam bersama larutan bernutrien sebanyak 400 mL pada suhu 30°C. Sebanyak 20 mL larutan yang berisi mikroorganisma yang telah dicairkan daripada kelalang tanah baki yang dieram terlebih dahulu dimasukkan ke dalam campuran. Sebelum dieram, sampel tanah dengan larutan bernutrien dikocak dengan penggetar selama 25 minit pada 200 rpm bagi memberikan campuran yang sekata dan kandungan oksigen yang mencukupi.

KEPUTUSAN

Jadual 1 menunjukkan beberapa nilai ciri-ciri geoteknik dan kimia tanah yang penting untuk dijadikan asas dalam kajian ini. Jadual ini menunjukkan bahawa nilai pH bagi kedua-dua tanah baki berada pada tahap berasid. Tanah berasid adalah biasa di kawasan yang lembab seperti Malaysia dan mengandungi banyak Al, Fe dan Mn yang terlarut (Gobbett dan Hutchison 1973 dan Tan 1993). Keadaan berasid ini juga boleh memberikan gambaran bahawa terdapat banyak ion H⁺ pada permukaan tanah dan ini memudahkan penjerapan anion, contohnya CN⁻, ke atasnya. Keputusan kandungan organik menunjukkan tanah baki HUKM (formasi granit) mempunyai nilai yang lebih tinggi berbanding tanah baki UKM (formasi metasedimen). Kandungan organik juga boleh mempengaruhi kadar resapan bahan pencemar keatas permukaan tanah (Brady 1998). Fakta ini boleh memberikan makna bahawa tanah baki HUKM mempunyai potensi penjerapan bahan pencemar yang lebih tinggi berbanding tanah baki UKM. Jumlah karbon organik di dalam tanah baki HUKM didapati lebih tinggi berbanding tanah baki UKM. Secara umumnya diketahui bahawa unsur karbon penting di dalam pertumbuhan mikroorganisma. Oleh itu daripada analisis asas kandungan tanah, tanah baki HUKM berkemungkinan berpotensi menyediakan sumber karbon lebih banyak berbanding tanah baki UKM.

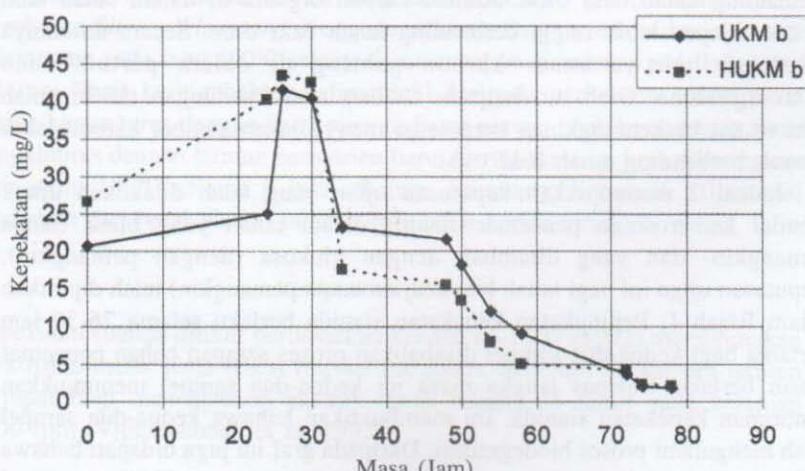
Jadual 2 menunjukkan keputusan ujian yang telah dilakukan untuk menilai kemerosotan pencemar sianida dalam tanah yang biasa (tanpa pemangkin) dan yang ditambah dengan glukosa (dengan pemangkin). Keputusan ujian ini bagi tanah biasa (ujian tanpa pemangkin) telah diplotkan dalam Rajah 1. Peningkatan kepekatan sianida berlaku selama 26-30 jam pertama bagi kedua-dua sampel disebabkan proses serapan bahan pencemar masih berlaku. Selepas jangka masa ini kedua-dua sampel menunjukkan penurunan kepekatan sianida. Ini membuktikan bahawa kedua-dua sampel telah mengalami proses biodegradasi. Daripada graf ini juga didapati bahawa kadar penurunan kepekatan pencemar bagi ujian yang melibatkan sampel tanah HUKM biasa adalah lebih tinggi berbanding sampel UKM biasa. Kandungan organik yang tinggi mempengaruhi kadar penyerapan kepekatan pencemar di dalam sampel tanah HUKM (Taha & Debnath 1999).

JADUAL 1. Ciri geoteknik dan kimia tanah

Ciri	Tanah Baki UKM	Tanah Baki HUKM
Graviti tentu, G_s	2.60	2.63
Had cecair (%)	36	68
Had plastik (%)	17	35
Indeks plastik (%)	19	33
Pengkelasian	CH (lempung tak organik dengan keplastikan rendah)	SC (pasir berlempung)
pH	4.95 (berasid)	4.62 (berasid)
Kandungan Organik (%)	0.35	1.41
Jumlah Karbon Organik	0.09	0.63

JADUAL 2. Nilai kepekatan pencemar (mg/L) sampel.

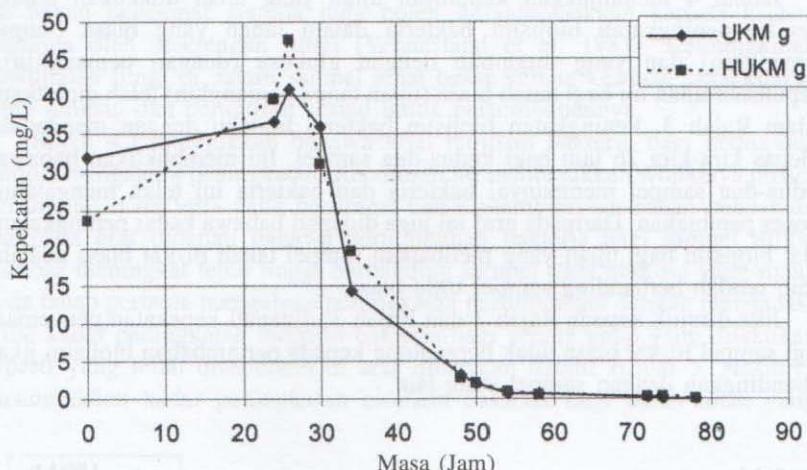
Masa (jam)	UKM (biasa)	UKM (glukosa)	HUKM (biasa)	HUKM (glukosa)
0 (mula)	21	32	26.5	23.5
24	25.2	36.8	40.4	39.6
26	41.5	41	43.5	47.5
30	40.5	36	42.5	31
34	23.25	14.5	17.5	19.5
48	21.5	3.3	15.5	2.8
50	18.25	2.1	13.5	1.95
54	12.5	0.73	8.0	0.85
58	9.0	0.575	5.0	0.56
72	3.6	0.21	4.2	0.25
74	2.05	0.09	2.3	0.19
78	1.75	0.054	1.95	0.095



RAJAH 1. Kepakatan sianida dalam tanah UKM biasa (UKMb) dan HUKM biasa (HUKMb)

Rajah 2 pula menunjukkan keputusan ujian bagi tanah yang ditambah glukosa (bahan pemangkin) dan didapati juga akhirnya kedua-dua sampel mengalami kadar penurunan kepekatan sianida. Ini menunjukkan bahawa kedua-dua sampel telah mengalami proses biodegradasi. Seperti ujian bagi tanah tanpa pemangkin peningkatan kepekatan sianida dalam uji kaji ini pada 26 jam pertama adalah disebabkan proses serapan sianida masih berlaku. Daripada rajah ini juga didapati bahawa kadar penurunan sampel HUKM berglukosa adalah lebih tinggi berbanding sampel UKM glukosa.

Keputusan akhir menunjukkan peranan pemangkin amat berkesan. Didapati kepekatan bahan pencemar di dalam sampel tanah bermangkin mengalami penurunan kepekatan sehingga menghampiri sifar berbanding sampel tanah biasa. Nilai kadar penurunan kepekatan sianida bagi semua ujian yang dilakukan seperti yang telah disebutkan di atas diberikan dalam Jadual 3. Hasilnya menunjukkan kadar penurunan sianida bagi tanah-tanah yang bermangkin adalah lebih tinggi daripada tanah tanpa pemangkin. Peranan pemangkin terbukti berkesan dalam proses membiorosot bahan pencemar sianida.



RAJAH 2. Kepekatan sianida dalam tanah pencemar UKM glukosa (UKMg) dan HUKM glukosa (HUKMg)

JADUAL 3. Kadar Penurunan kepekatan bahan pencemar

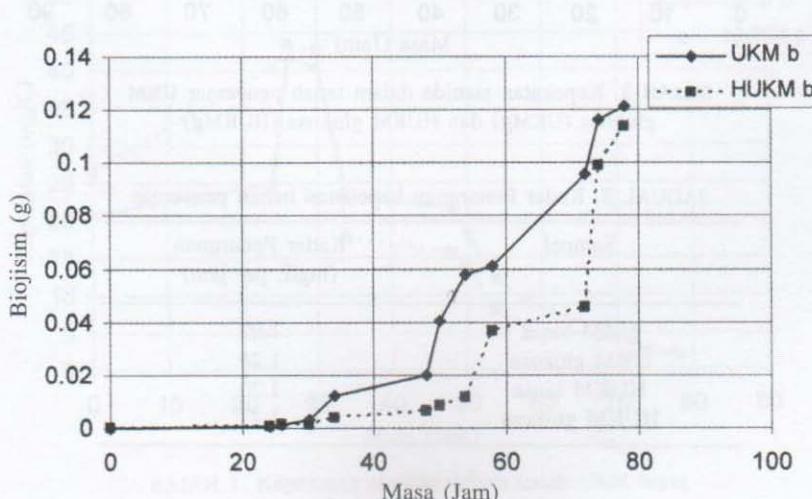
Sampel	Kadar Penurunan (mg/L per jam)
UKM biasa	1.02
UKM glukosa	1.26
HUKM biasa	1.20
HUKM glukosa	1.47

JADUAL 4. Nilai Biojisim (g)

Masa (jam)	UKM (biasa)	UKM (glukosa)	HUKM (biasa)	HUKM (glukosa)
0 (mula)	0.0002	0.0002	0.0002	0.00004
24	0.0008	0.0007	0.0007	0.0010
26	0.0014	0.0013	0.0009	0.0052
30	0.0034	0.0152	0.0010	0.0102
34	0.0122	0.0273	0.0039	0.0613
48	0.0201	0.0561	0.0063	0.0725
50	0.0402	0.0618	0.0084	0.0790
54	0.0576	0.0798	0.0117	0.0893
58	0.0607	0.1064	0.0363	0.0923
72	0.0955	0.1072	0.0456	0.1081
74	0.1163	0.1097	0.0987	0.1628
78	0.1211	0.1880	0.1137	0.2012

Jadual 4 menunjukkan keputusan ujian yang telah dilakukan untuk menilai peningkatan biojisim bakteria dalam tanah yang biasa (tanpa pemangkin) dan yang ditambah dengan glukosa (dengan pemangkin). Keputusan ujian ini bagi tanah biasa (ujian tanpa pemangkin) telah diplotkan dalam Rajah 3. Peningkatan biojisim bakteria berlaku dengan mendadak selepas kira-kira 26 jam bagi kedua-dua sampel. Ini membuktikan bahawa kedua-dua sampel mempunyai bakteria dan bakteria ini telah mengalami proses pembiakan. Daripada graf ini juga didapati bahawa kadar peningkatan nilai biojisim bagi ujian yang melibatkan sampel tanah HUKM biasa adalah lebih rendah berbanding sampel UKM biasa.

Jika dirujuk kepada Rajah 1 dan Rajah 3, didapati kepekatan pencemar bagi sampel HUKM biasa tidak bergantung kepada pertambahan biojisim jika dibandingkan dengan sampel yang lain.

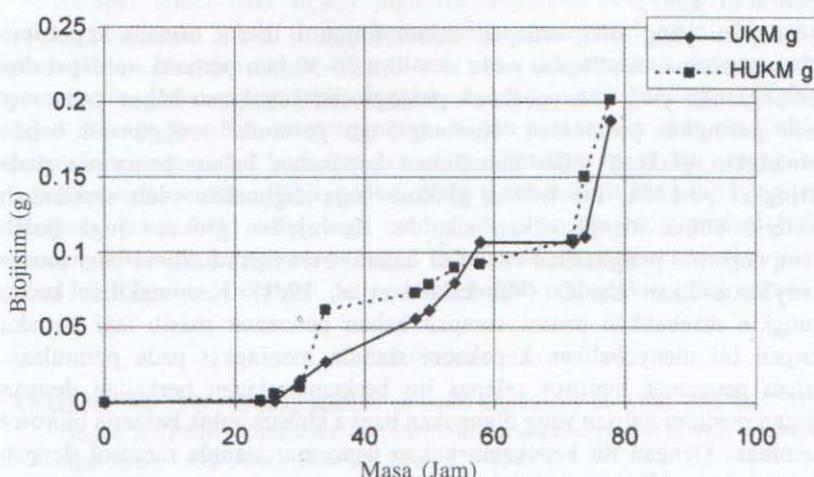


RAJAH 3. Graf biojisim bakteria UKM biasa (UKMb) dan HUKM biasa (HUKMb).

Berdasarkan Rajah 3 didapati nilai biojisim bakteria bagi kedua-dua sampel mengalami peningkatan. Keputusan ini menunjukkan wujudnya proses pertumbuhan bakteria yang berfungsi untuk membiorosot bahan pencemar. Daripada graf ini juga didapati bahawa pertumbuhan bakteria bagi sampel UKM biasa adalah meningkat berbanding sampel HUKM biasa yang mana pada tahap pertama mengalami pertumbuhan secara perlana dan selepas itu pertumbuhannya meningkat dengan mendadak. Bilangan bakteria di dalam sampel tanah baki HUKM biasa tidak memberikan kesan utama. Pada 50 jam pertama diandaikan bakteria di dalam kedua-dua sampel mula menyesuaikan diri dengan keadaan sekitaran menyebabkan peningkatan mendadak nilai biojisim.

Larutan pencemar sianida menyerap ke dalam tanah baki yang mengandungi kandungan bahan organik yang tinggi dengan lebih mudah dan cepat berbanding di dalam tanah baki yang mengandungi bahan organik yang rendah (Taha & Debnath 1999). Kadar penyerapan yang lebih tinggi mempercepatkan lagi proses biodegradasi bahan pencemar secara kimia iaitu tindakbalas antara bahan-bahan sedia ada di dalam sampel tanah baki disamping wujudnya proses biodegradasi secara mikrobiologi. Disamping itu bahan pencemar sianida juga boleh dinyahtokskikan kepada karbon dioksida oleh sesetengah fungi (Vennesland et al. 1981). Kemungkinan kewujudan fungi di dalam sampel amat besar kerana keadaan persekitaran yang lembap dan bernutrien sesuai untuk pertumbuhannya.

Rajah 4 menunjukkan bahawa nilai biojisim bakteria bagi kedua-dua sampel mengalami peningkatan. Keputusan ini menunjukkan wujudnya proses pertumbuhan bakteria yang berfungsi untuk membiorosot bahan pencemar. Daripada graf didapati bahawa pertumbuhan bakteria bagi sampel HUKM glukosa meningkat lebih tinggi berbanding sampel UKM glukosa yang mana pada tahap pertama mengalami peningkatan pertumbuhan dengan mendadak. Nilai kadar peningkatan biojisim bakteria bagi semua ujian yang dilakukan seperti yang telah disebutkan di atas diberikan dalam Jadual 5. Hasilnya menunjukkan kadar peningkatan biojisim bakteria bagi tanah-tanah yang



RAJAH 4. Graf biojisim bakteria UKM glukosa dan HUKM glukosa.

JADUAL 5. Kadar peningkatan biojisim.

Sampel	Kadar Peningkatan (g per jam)
UKM biasa	0.002
UKM glukosa	0.003
HUKM biasa	0.001
HUKM glukosa	0.003

bermangkin adalah lebih tinggi daripada tanah tanpa pemangkin. Peranan pemangkin juga terbukti berkesan dalam proses meningkatkan nilai biojisim bakteria.

PERBINCANGAN

Daripada Rajah 1 dan 2 didapati sampel tanah baki HUKM yang disediakan dalam keadaan encapcemar buburan (*slurry*) berpotensi untuk digunakan sebagai media biodegradasi bahan pencemar sianida. Analisis graf menunjukkan kepekatan bahan pencemar dalam sampel tanah baki HUKM menurun dengan lebih cepat berbanding sampel tanah baki UKM. Jadual 2 menunjukkan nilai kepekatan bahan pencemar sianida di dalam tanah baki HUKM amat tinggi pada kedua-dua keadaan mungkin disebabkan perkaitan kandungan organik yang tinggi jika dibandingkan dengan tanah baki UKM. Kandungan organik dan lempung tanah akan mempengaruhi kejayaan dalam proses biodegradasi (Vogel 1996). Rajah 3 dan 4 pula menunjukkan peningkatan biojisim bakteria dalam kedua-dua sampel yang menunjukkan kewujudan bakteria di dalam sampel. Didapati jumlah biojisim dalam sampel HUKM dan UKM yang ditambah larutan bernutrien bermangkin lebih tinggi berbanding sampel HUKM dan UKM bernutrien biasa. Selain daripada lempung tanah dan kandungan organik karbon, kehadiran nutrient serta kewujudan bahan pencemar turut mempengaruhi kadar pembiakan sesuatu kultur (van Veen et al. 1997).

Seperti yang telah didapati dalam Rajah 1 dan 2 dimana kepekatan bahan pencemar meningkat pada kira-kira 26-30 jam pertama, terdapat dua kemungkinan yang menyebabkan peningkatan kepekatan bahan pencemar pada peringkat permulaan. Kemungkinan pertama, penggunaan bahan pemangkin glukosa telah menaikkan kepekatan bahan pencemar pada peringkat pertama. Ini kerana glukosa juga digunakan oleh sesetengah bakteria untuk menghasilkan sianida. Kewujudan glukosa juga boleh mempengaruhi penghasilan enzim di dalam sesetengah bakteria bagi proses menyahtokskan sianida (Vennesland et al. 1981). Kemungkinan kedua mungkin disebabkan proses serapan bahan pencemar masih lagi berlaku dengan ini menyebabkan kepekatan sianida meningkat pada permulaan. Bahan pencemar merosot selepas itu berkemungkinan berkaitan dengan larutan medium nutrien yang digunakan hanya khusus untuk bakteria biorosot membiak. Dengan itu kepekatan bahan pencemar sianida merosot dengan bertambahnya bilangan bakteria biorosot.

Masa bagi ujikaji iaitu selama 78 jam diambil kerana objektif utama ialah untuk melihat kadar biodegradasi bahan pencemar sianida bukannya melihat berapa lama masa yang diperlukan untuk membiorosot keseluruhan bahan pencemar sianida di dalam sampel. Larutan medium yang digunakan bagi kedua-dua sampel biasa dan bermangkin adalah bernutrien. Molekul bahan pencemar sianida mungkin terserap pada permukaan mineral tanah yang mempunyai liang terlalu kecil sehingga mikroorganisma tidak dapat menembusi liang tersebut. Ini akan menyebabkan tidak berlakunya proses biodegradasi. Madsen dan Kristensen (1997) mendapati bahawa proses biodegradasi bahan pencemar yang terdapat terlalu lama di dalam tanah terhalang kerana kompoun tersebut akan tersebar ke dalam liang kecil dan mengambil masa yang lama untuk pencemar tersebut tersebar keluar.

Sampel larutan diempat bagi mendapatkan ekstrak tanah selama 25 minit pada kelajuan 3000 rpm. Masa dan kelajuan emparan didapati daripada kaedah yang telah dijalankan. Lagipun ia dilakukan untuk mendapatkan kesan dan larutan pencemar yang sepenuhnya daripada sampel. Sampel tanah yang diambil bagi tujuan ujikaji ialah tanah yang melepas ayak 2 mm merujuk kepada ujikaji terdahulu yang telah dijalankan bagi bahan pencemar lain. Ini bagi membantu proses penyerapan bahan pencemar semasa peringkat pencampuran.

KESIMPULAN

Kesesuaian sampel tanah baki UKM dan HUKM diuji dan didapati keduanya adalah media yang baik untuk menjalani proses biodegradasi bagi bahan pencemar sianida. Ini kerana berdasarkan ujikaji yang telah dijalankan didapati berlakunya penurunan kepekatan bahan pencemar dan peningkatan biojisim di dalam kedua-dua sampel tanah baki yang dikaji. Kesesuaian ini juga bergantung kepada ciri-ciri kimia yang didapati pada sampel tanah. Didapati tanah baki HUKM mempunyai ciri-ciri kimia yang lebih sesuai daripada segi kandungan bahan organik, pH dan jumlah karbon organik berbanding tanah baki UKM.

Sampel tanah baki HUKM juga menunjukkan penurunan kepekatan bahan pencemar lebih tinggi berbanding tanah baki UKM. Manakala peningkatan biojisim tanah baki HUKM yang ditambahkan dengan bahan pemangkin, glukosa juga lebih tinggi berbanding tanah baki UKM. Oleh itu dapat disimpulkan bahawa penggunaan bahan pemangkin akan menjadikan proses biorosotan lebih berkesan dan ini menjimatkan masa dan pengurusan.

Keputusan semua ujikaji menunjukkan tanah baki HUKM lebih berpotensi daripada tanah baki UKM bagi menjalankan proses biodegradasi bahan pencemar sianida kerana mempunyai ciri-ciri tanah yang sesuai dan proses akan lebih berkesan dengan penggunaan bahan pemangkin yang sesuai.

RUJUKAN

- Alexander, M. 1980. Biodegradation of toxic chemicals in water and soil, dalam Haque, R. (Peny.), *Dynamics, exposure and hazard assessment of toxic chemicals*. Ann Arbor: Ann Arbor Science, hlm. 124-132.
- Brady, N. C. & Weil, R. R. 1999. *The nature and properties of soils*, ed. ke-12. Englewood Cliff: Prentice Hall.

- BS 1337. 1990. *Method of tests for soil for civil engineering purposes*. London: British Standards Institution.
- Buckingham, B. 1981. *Studies in biodegradation*. Washington DC: Assoc. Amer. Railroads. Res. And Test Dept..
- Chawla, R. C., Liou, R., Johnson, Jr., J. H. & Tharakan, J.P. 2000. Biodegradation of PCBs in aqueous and soil systems. In Wise, D.L., Trantolo, D.J., Cichon, E.J., Inyang, H.I., & Stotmeister, U. (Peny.), *Bioremediation of contaminated soils*, hlm. 237-261. New York: Marcel Dekker.
- Cleva, S. 1995. Let them eat cyanide. *Geotimes*. News Notes. Washington DC: U.S. Bureau of Mines, hlm. 14-18.
- Devinny, J .S. & Chang, S. H. 2000. Bioaugmentation for soil bioremediation. In Wise, D.L., Trantolo, D.J., Cichon, E.J., Inyang, H.I., and Stotmeister, U. (Peny.), *Bioremediation of contaminated soils*, hlm. 465-484. New York: Marcel Dekker Inc.
- DOE 1974. *Environmental quality act of Malaysia*. Kuala Lumpur: Dept. of Environment Malaysia.
- Ellis, B., Balba, M. T. & Theile, P. 1990. Bioremediation of oil contaminated land., *Environ. Technol.* 11: 443-455.
- Eweis, J. B., Ergas, S. J., Chang, D. P. Y. & Schroeder, E.D. 1998. *Bioremediation Principles*. New York: McGraw-Hill.
- Gobbert, D. J. & Hutchison, C. S. 1973. *Geology of the Malay Peninsula*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Madsen, T. & Kristensen, P. 1997. Effects of bacterial inoculation and nonionic surfactants on degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. *Environ Toxicol. Chem.* 16(4): 631-637.
- Otte, M. P., Gagnon, J., Comeau, Y., Matte, N., Greer, C. W. & Samson, R. 1994. Activation of an indigenous microbial consortium for bioaugmentation of pentachlorophenol/creosote contaminated soils. *Appl. Microbial. Biotechol.* 40: 926-932.
- Sayler, G. S., Hooper, S. W., Layton, A. C. & King, J. M. H. 1990. Catabolic plasmids of environmental and ecological significance. *Microb. Ecol.* 19:1-20.
- Schieler, L. & Pauze, D. 1976. *Hazardous materials*. New York: Van Nostrand Reinhold Co..
- Taha, M. R., Sarac, D., Chik, Z., & Nayan, K. A. M. 1997. Geotechnical and geoenvironmental aspects of residual soils. *GEOTROPIKA '97*: 331-341.
- Taha, M. R. & Debnath, D. K. 1999. Interaction of cyanide with residual soil and kaolinite in batch adsorption tests. *J. Inst. Engineers Malaysia* 60(3): 49-57.
- Taha, M. R., Hossain, M. K. & Mofiz, S.A. 2000. Drained and undrained behaviour of saturated granite residual soil, *J. Inst. Engineers Malaysia* 61(3): 47-58.
- Taha, M. R., Desa, H. & Kabir, H. 2002. The use of granite residual soil as material for compacted clay liner. World Engineering Congress (WEC 2002), hlm. 264-268, July 2002, Kuching, Malaysia.
- Tan, K. H. 1993. *Principles of Soil Chemistry*. New York: Marcel Dekker Inc..
- Vennesland, B., Conn E. E., Knowles, C. J., Westley, J. & Wissing, F. 1981. *Cyanide in Biology*. London : Academic Press Inc.
- van Veen, J. A., van Overbeek, L. S. dan van Elsas, J. D. 1997. Fate and activity of microorganisms introduced into soil. *Microbia.l Mol. Biol. Rev.* 61(2):121-135.

- Vipulanandan, C., Krishnan, S., Wang, S. dan Carter, E. E. 1992. Biodegradation of phenol with activated and acclimated sludges. Proceedings, HAZTEC International, hlm. 4c-22 – 4c-37, USA, .
- Vogel, T. M. 1996. Bioaugmentation as a soil bioremediation approach. *Biotechnol.* 7:311-316.

Mohd Raihan Taha

Wan Norita Merican

Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur

Universiti Kebangsaan Malaysia

43600 UKM Bangi, Selangor D.E

Malaysia

Nik Norsyahariati Nik Daud

Jabatan Kejuruteraan Awam

Universiti Putra Malaysia

43400 UPM Serdang, Selangor D.E

Malaysia

Biodegradation of phenol by *Leuconostoc* sp. isolated from activated sludge medium was studied. This study involved the investigation of the effect of different media on the growth and phenol degradation of *Leuconostoc* sp. The growth of *Leuconostoc* sp. in medium containing phenol was measured by turbidity method. The phenol concentration used was 100 mg/l. The phenol degradation was measured by colorimetric method. The results showed that the growth and the phenol degradation were different in phenol in the different media. When the phenol was completely degraded in the solid medium, the turbidity value was recorded as 100%. The turbidity value when the phenol was completely degraded in the liquid medium was recorded as 100.02%.

Kata Kunci: *Leuconostoc* sp., penurunan fenol, *Leuconostoc* sp., pengaruh media pada pertumbuhan dan degradasi fenol.

Biodegradation of phenol by *Leuconostoc* sp. isolated from activated sludge medium was studied. In this study, the influence of different media on phenol degradation was observed on both weight and colorimetric methods. *Leuconostoc* sp. isolated from activated sludge medium was used to study the influence of different media on phenol degradation. The media used were medium containing phenol, medium containing phenol and yeast extract, medium containing yeast extract and glucose, medium containing yeast extract and sucrose, medium containing yeast extract and sucrose and yeast extract, medium containing yeast extract and sucrose and yeast extract and yeast extract. During the experiment, the turbidity of culture medium was measured by turbidity method. The phenol concentration used was 100 mg/l. The phenol degradation was measured by colorimetric method. The results showed that the growth and the phenol degradation were different in phenol in the different media. When the phenol was completely degraded in the solid medium, the turbidity value was recorded as 100%. The turbidity value when the phenol was completely degraded in the liquid medium was recorded as 100.02%.