

Impak pencemaran air tanah daripada pengurusan sisa bandaran dengan menggunakan sistem kambus tanah sanitari (*sanitary landfill*)

MOHD TADZA ABDUL RAHMAN¹, DAUD MOHAMAD¹, ROSLANZAIRI MOSTAPA¹,
KAMARUDIN SAMUDING¹, MOHD RIFAIE MURTADZA¹, ABDUL RAHIM SAMSUDIN²,
ISMAIL ABUSTAN³ DAN ISMAIL C. MOHAMAD⁴

¹Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT), 43000 Bangi, Selangor

²Program Geologi, Universti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

³Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam, Universiti Sains Malaysia, 14300 Nibong Tebal, Penang

⁴Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia, 70100 Seremban, Negri Sembilan

Abstrak: Kertas kerja ini menerangkan tentang sistem pengurusan sisa bandaran dengan menggunakan sistem kambus tanah sanitari dan metodologi yang melibatkan kaedah isotop dan pendekatan geofizik, hidrogeokimia dan biologi sebagai bukti sokongan kepada kewujudan pencemaran dalam sistem air tanah.

Abstract: This paper describes the municipal waste management using sanitary landfill system and methodology that involved the isotope methods as well as hydrogeochemical, geophysical and biological approaches as supporting evidences of pollution occurrence in the water system.

PENDAHULUAN

Terdapat 230 buah tapak pelupusan sisa bandaran di Semenanjung Malaysia dengan purata 1.8 tapak pelupusan bagi setiap majlis bandaran untuk menampung sisa pepejal bandaran (MSW) pukal yang dihasilkan (KPKT, 1990). Penduduk Malaysia pada keseluruhannya menghasilkan lebih kurang 6 juta tan MSW setahun atau lebih kurang 15,000 tan setiap hari. Daripada 15,000 tan, 12,000 tan adalah sisa domestik dan selebihnya adalah sisa komersial. Penduduk bandar yang merupakan hampir 50% daripada jumlah 20 juta keseluruhan penduduk Semenanjung menghasilkan lebih kurang 3 juta tan sisa domestik setiap tahun. Purata sisa domestik bagi setiap penghasilan adalah 1.00 kg/hari dan kadar penghasilan ini berubah antara 0.27 kg/hari di kawasan luar bandar sehingga setinggi 1.2 kg/hari di sebahagian kawasan pusat bandar (Agamuthu, 1999). Lazimnya, sisa bandaran ini diuruskan dengan melonggokannya di permukaan tanah terbuka secara tidak teratur di kawasan yang telah ditetapkan. Sistem ini adalah merupakan amalan biasa bagi pengurusan sisa bandaran di Malaysia (Mohd Tadza *et al.*, 1999). Walau bagaimanapun, terdapat juga sebahagian kecil daripada Majlis Berkuasa Tempatan di Malaysia yang menguruskan sisa bandaran dengan menggunakan sistem separa terbuka dan sistem kambus tanah sanitari (*sanitary landfill*).

Larut lesap terbentuk terutamanya daripada air hujan yang menyusup masuk melalui sisa bandaran. Biasanya, larut lesap yang mengandungi bahan pencemaran organik dan tak organik akan bermigrasi dalam zon air tanah (MacFarlane *et al.*, 1983). Kajian yang dilakukan keatas tapak pelupusan sisa bandaran yang didirikan di atas tapak

pasir dan kelikir yang tak terkonsolidat oleh Golwer *et al.* (1975), Palmquist & Sendlein (1975), dan Kimmel & Braids (1975) menunjukkan bahawa zon larut lesap yang mencemarkan air tanah boleh tersebar beberapa ratus meter. Dalam keadaan tertentu pencemaran larut lesap boleh menyebabkan kerosakan yang serius keatas akuifer yang digunakan sebagai bekalan air minum atau bagi tujuan-tujuan lain sepertimana kajian yang dilakukan oleh Apgar & Satherthwaite (1975) dan Mohd Tadza *et al.* (1999).

KETERANGAN MENGENAI TAPAK

Tapak kambus tanah sanitari Pulau Burung (5°24'N, 100°24'E) terletak di Seberang Prai yang dipisahkan oleh terusan sempit dengan Pulau Pinang. Tapak ini didirikan dalam kawasan Hutan Simpan Byram yang dipisahkan oleh barisan ladang kelapa sawit yang meliputi keluasan tapak lebih kurang 23.7 ha (Rajah 1). Topografi kawasan ini adalah merupakan kawasan paya yang rata terutamanya di muara Sungai Tengah dengan elevasi setempat dalam julat diantara 1.002 m daripada paras laut bagi kawasan yang tinggi kepada 0.662 m bagi kawasan yang rendah. Tapak kambus tanah sanitari Pulau Burung direkabentuk untuk menampung isipadu sisa bandaran sebanyak lebih kurang 0.85 juta m³ dengan amoun pelupusan lebih kurang 350 ton per hari. Sisa bandaran yang dilupuskan sebahagiannya datang daripada Butterworth, Bukit Mertajam, Nibong Tebal, kawasan sekitarnya dan juga daripada pulau Pulau Pinang sendiri. Sisa bandaran daripada pulau Pulau Pinang diangkat dengan tongkang melalui laut mengarah ke selatan dan menyusur masuk ke terusan sempit dan di punggah ke dalam lori dan terus dibawa ke tapak pelupusan.

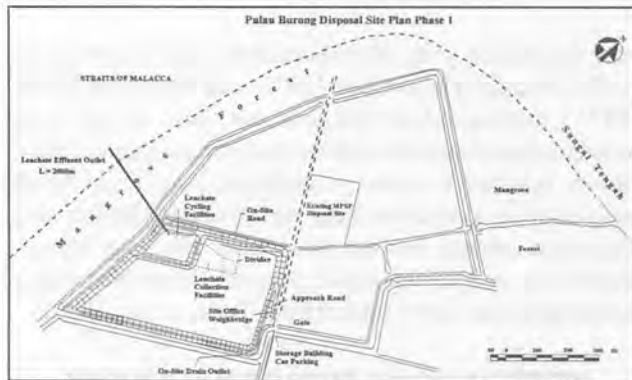
Secara geologi, tapak kambus tanah sanitari Pulau Burung boleh dibahagikan kepada dua bahagian iaitu berhampiran dengan garisan pantai, kawasannya terdiri daripada lodak berlempung setebal 4 meter diikuti oleh lempung berpasir halus berserta pecahan cengkerang dengan kedalaman 9 meter daripada aras tanah. Di bawah lapisan ini pula terdiri daripada lapisan lempung berlodak lembut dengan pasir halus dimana ada sebahagian daripada lapisan ini yang kedalamannya sehingga 20 meter. Manakala bahagian yang jauh daripada garisan pantai iaitu bahagian di daratan, kawasannya terdiri daripada lempung berlodak lembut dengan kedalaman 10.5 metres daripada aras tanah. Ini diikuti pula oleh lapisan lempung berlodak dengan sedikit pasir halus (Rajah 2).

sampah di atas tanah yang meliputi perancangan penggunaan prinsip “*sound engineering*”, teknik-teknik pembinaan dan sistem pengudaraan. Dalam kaedah ini, tapak di Pulau Burung dibina secara struktur tertutup iaitu kawasan pelupusan sampah dibina dalam bentuk kolam renang yang dipanggil sel sedalam lebih kurang 5 meter. Keseluruhan tapak ini didirikan lebih kurang 6 meter daripada aras permukaan tanah dan dilengkapi dengan zon tampan serta kemudahan pengawalan sampah, kemudahan pembebasan gas, kemudahan pengumpulan larut lesap, kemudahan kitaran larut lesap, kemudahan pengawalan serapan larut lesap dan kemudahan rawatan larut lesap.

Sampah yang dilupus dimampatkan menjadi padu dan ditutup dengan selapisan tanah setiap hari. Larut lesap yang terhasil di dasar tapak disalurkan ke kolam tadahan sementara melalui paip pengumpulan dan seterusnya masuk ke dalam kolam rawatan untuk dilakukan pengudaraan. Larut lesap yang telah didedahkan kepada udara akan disalur ke kemudahan kitaran larut lesap untuk dikitar semula. Proses ini akan berulang beberapa kali tanpa meluahkan larut lesap ke alam sekitar. Konsep separa aerob ini telah diperkenalkan oleh Jepun dan memberi kesan yang lebih cekap berbanding sistem kambus tanah sanitari tak aerob (*anaerobic*) dalam mengurangkan kandungan BOD dan COD dalam larut lesap. Keadaan ini dapat mengawal keadaan alam sekitar dengan lebih sempurna.

SISTEM PENGURUSAN SISA BANDARAN

Pengurusan sisa bandaran yang dilaksanakan di Pulau Burung adalah menggunakan sistem kambus tanah sanitari yang berdasarkan konsep separa aerob (*semi aerobic*). Dalam hal ini, sistem ini melibatkan kaedah kejuruteraan

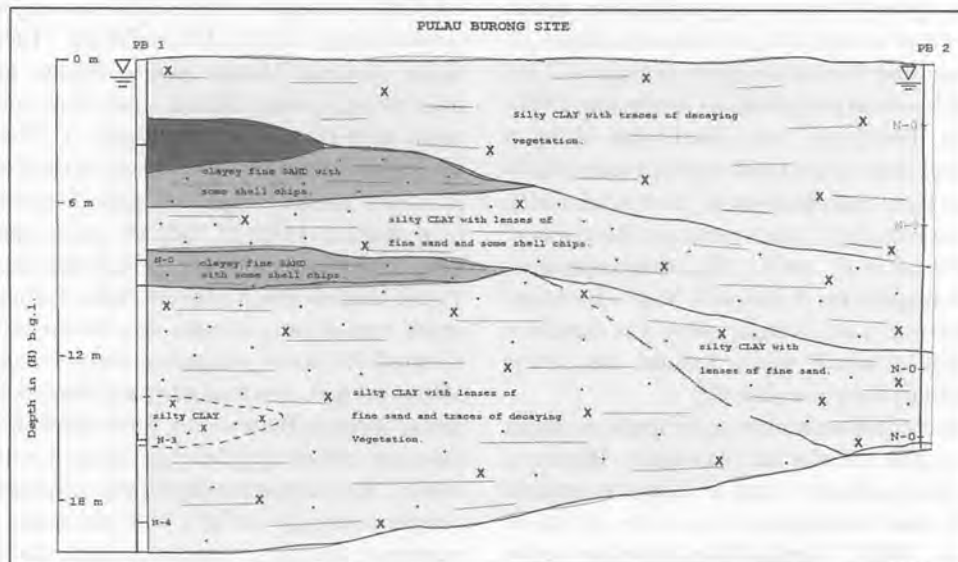


Rajah 1. Tapak kambus tanah sanitari Pulau Burung di Seberang Prai, Pulau Pinang.

METODOLOGI

Dalam penyelidikan ini kaedah isotop digabungkan dengan kaedah konvensional untuk mengenalpasti punca pencemaran dan menilai perubahan dinamik pencemaran dalam air permukaan dan air tanah. Kaedah konvensional yang terlibat adalah kaedah geofizik, kaedah hidrogeokimia dan kaedah biologi.

Dalam kaedah isotop dua pendekatan digunakan iaitu



Rajah 2. Keratan rentas profil tanah di kawasan kajian.

pendekatan isotop stabil alam sekitar dan isotop radioaktif. Kaedah isotop dapat menyelesaikan masalah seperti mengenalpasti asal usul air tanah, penentuan umur, halaju dan arah aliran, hubungan antara air permukaan dan air tanah, ketertelapan dan kaitan diantara akuifer yang berlainan.

Begitu juga dalam kaedah geofizik digunakan dua pendekatan iaitu pendekatan elektrik dan pendekatan elektromagnet. Pendekatan elektrik melibatkan kaedah pengimejan keberintangan geoelektrik untuk mengesan kedalaman penyusupan dan kawasan tercemar manakala pendekatan elektromagnet pula melibatkan kaedah elektromagnet transien sebagai sokongan dan bantuan kepada pendekatan elektrik untuk mengesan sebaran bahan pencemaran dalam sistem air tanah yang meliputi keseluruhan kawasan tapak kajian.

Manakala kaedah hidrogeokimia pula menggunakan data yang berupa nilai kepekatan elektrik, kepekatan spesies ion pencemaran, kepekatan spesies ion utama dan gas-gas yang dihasilkan. Nilai kepekatan elektrik ditentukan untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh mengenai sebaran spesies ion pencemaran dalam sistem air tanah. Manakala kepekatan spesies ion pencemaran yang terdiri spesies ion pencemaran kation dan spesies ion pencemaran anion ditentukan untuk menilai dan melihat secara khusus perbezaan keupayaan migrasi antara kation dan anion serta sebarannya dalam sistem air tanah. Selain daripada itu, gas-gas yang dihasilkan oleh sistem kabus tanah sanitari juga ditentukan untuk menilai tahap pencemaran udara di kawasan tapak dan sekitarnya.

Akhir sekali kaedah biologi adalah untuk menilai tahap kualiti air berdasarkan kepada organisma patogen daripada alam sekitar yang toksid dimana organisma patogen yang tinggi boleh menyebabkan penyakit tifoid dan cirit birit.

HIPOTESIS

Impak pengurusan sisa bandaran dengan menggunakan sistem kabus tanah sanitari ke atas sistem sumber air tanah dipercayai adalah minimum jika dibandingkan dengan sistem pelupusan secara terbuka dan tidak teratur di atas permukaan tanah. Di negara beriklim lembab seperti Malaysia dengan jumlah curahan hujan tahunan yang tinggi, proses pereputan ke atas sisa bandaran sangat mudah berlaku dan penyusupan air hujan melalui timbunan sisa bandaran tidak dapat dielakkan yang mana memudahkan terbentuknya larut lesap. Walaupun larut lesap mudah terbentuk tetapi dengan adanya kemudahan pengumpulan larut lesap, kemudahan kitaran larut lesap, kemudahan pengawalan serapan larut lesap dan kemudahan rawatan larut lesap, larut lesap yang mengandungi bahan kimia berbahaya terlarut (bahan pencemaran organik dan bukan organik) tidak akan terus bermigrasi menuju ke paras zon air tanah dan mencemarkan sistem air tanah.

KESIMPULAN

1. Kajian yang dilakukan ini akan menghasilkan saranan seperti berikut:
2. Kaedah isotop menjadi lebih berkesan apabila digabungkan dengan kaedah konvensional untuk mengenalpasti punca pencemaran dan menilai perubahan dinamik pencemaran dalam air permukaan dan air tanah (ketentuan dan perilaku bahan pencemaran dan pengangkutan pencemaran dalam sistem akua/media poros).
3. Pembangunan daripada gabungan kaedah isotop dan kaedah konvensional ini dapat digunapakai dalam kajian yang melibatkan tapak pelupusan sisa bandaran atau sisa toksid di seluruh negara yang ada hubungannya dengan pencemaran sistem air tanah.
4. Majlis Berkuasa Tempatan dicadangkan merangka rancangan untuk melaksanakan sistem pelupusan sisa bandaran berdasarkan kepada sistem kabus tanah sanitari yang dijangka memberikan impak yang minimum ke atas sumber air.

RUJUKAN

- AGAMUTHU, P., 1999. Characteristics of municipal solid waste and leachate from selected landfills in Malaysia. *Malaysian Journal of Science*, 18, 99-103.
- APGAR, M.A. AND SATHERTHWAITE, JR., W.B., 1975. Groundwater contamination associated from Llangollen landfill. New Castle Co., Delaware, USEPA.
- FULLER, W.H., 1978. *Investigation of landfill leachate by soils*. USEPA.
- GOLWER, A., MATTHESS, G. AND SCHNEIDER, W., 1975. Effects of waste deposits on groundwater quality. *Proc. of the Moscow Symposium, Groundwater pollution, IAHS-AISH, Publ. No. 103*, 159-166.
- KIMMEL, G.E. AND BRAIDS, O.C., 1975. Leachate plumes in a highly permeable aquifer. *Groundwater*, 12, 388-392.
- KPKT (MINISTRY OF HOUSING DAN LOCAL GOVERNMENT), 1990. *Technical Guideline on Sanitary Landfill: Design and Operation*.
- LU, J.C.S., EICHENBERGER, B. AND STEARNS, R.G., 1985. Leachate from municipal landfills. *Pollution Technology Review 199*. Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey.
- MACFARLANE, D.S., CHERRY, J.A., GILLHAM, R.W. AND SUDICKY, E.A., 1983. Migration of contaminants in groundwater at a landfill: A case study, 1. Groundwater flow and plume delineation. *Journal of Hydrology*, 63, 1-29.
- MOHD TADZA ABDUL RAHMAN, DAUD MOHAMAD, ABDUL RAHIM SAMSUDIN DAN TAN TEONG HING, 1999. Migration of pollutants in groundwater at a domestic landfill in Malaysia. A case study: Pollutants distribution and groundwater quality. *Computer Aided Workshop on Groundwater Contamination*. 18-26, November.
- PALMQUIST, R. AND SENDLEIN, L.V.A., 1975. The configuration of contamination enclaves from refuse disposal sites on floodplains. *Groundwater*, 13, 167-181.