

**KEADEH OLAHAN FIZIKAL MENGGUNAKAN MEDIA ZEOLIT DAN
KARBON TERAKTIF DALAM MENYINGKIRKAN AMMINIA DAN LOGAM
BERAT (FERUM DAN ZINK) DARI LARUT LESAPAN SEMIAEROBIK
TAPAK**

By

Faisal Bin Rasaik

Thesis submitted to

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

To fulfill the requirement of graduation

BACHELOR DEGREE IN CIVIL ENGINEERING

ABSTRAK

Penyelidikan ini bertujuan untuk memperkenalkan dan menguji suatu kaedah fizikal kimia yang efektif dan berpotensi diaplikasikan secara komersial untuk penyingkiran unsur logam berat dan ammonia. Sampel yang digunakan adalah larut lesapan yang diambil daripada kolam semi aerobik di Tapak Pelupusan Pulau Burung. Masa penggoncangan, penganapan, kelajuan penggetar perminit (rpm) dan campuran media yang optimum ditentukan dahulu melalui ujian kelompok. Ujian penjerapan isoterma serta ujian kinetik penjerapan juga dilakukan dalam penyelidikan ini. Keputusan mendapati bahawa masa penggoncangan dan penganapan yang optimum adalah 2 jam, kelajuan penggetar yang optimum adalah 350 pusingan perminit manakala campuran media yang optimum adalah 30ml zeolit dan 10ml karbon teraktif. Kajian yang dijalankan ini berjaya membuktikan kemampuan gabungan dua media iaitu zeolit dan karbon teraktif dengan penyingkiran 94.1% untuk logam ferum, 95.6% untuk logam zink dan 69% untuk ammonia pada nisbah isipadu media yang optimum. Nilai isoterma penjerapan Freundlich, $1/n$ dan K_f untuk ferum ialah 0.6238 dan 0.2098. Untuk zink, nilai $1/n$ dan K_f ialah 0.7008 and 0.1228 manakala nilai $1/n$ dan K_f untuk ammonia adalah 1.2641 dan 0.0455. Ujian penjerapan kinetik menunjukkan bahawa penjerapan yang berlaku adalah menurut kinetik tertib kedua di mana nilai R^2 untuk ammonia, ferum dan zink adalah masing-masing 0.9520, 0.9957 dan 0.9956 iaitu nilai yang paling menghampiri nilai 1. Persamaan peraturan kinetik kedua untuk ammonia, ferum dan zink adalah $\frac{t}{q_t} = 0.0041 + 0.3236t$, $\frac{t}{q_t} = 0.0084 + 0.2594t$ dan

$$\frac{t}{q_t} = 0.0012 + 0.0439t.$$

Hasil kajian membuktikan potensi gabungan di antara karbon teraktif dan zeolit untuk digunakan dalam menyingkirkan logam berat dan ammonia dari larut lesapan. Teknologi ini juga berpotensi untuk dikomersialkan untuk jenis air sisa yang lain.

ABSTRACT

The main objective of this research is to study and to develop an effective physico-chemical treatment system for removing heavy metals and ammonia from semi aerobic landfill leachate in Pulau Burung which is potential to be commercialize. The main process is to remove heavy metals and ammoniacal nitrogen by using two kind of media, i.e., activated carbon and zeolite. Batch studies were conducted to determine the shaking and settling times, shaking speed and the optimum mixture of zeolite and limestone. Adsorption isotherm and the associated kinetics order were also determined. Results showed that the optimum shaking and settling times were 2 hours, respectively. The optimum shaking speed was 350 rpm and the optimum mixture between zeolite and activated carbon was 30 mL of zeolite and 10 mL of activated carbon. The results proved that the mixed media can removed 94.1 % of iron, 95.6 % of zink and 69 % of ammoniacal nitrogen. Freundlich's isotherm study gave the $1/n$ and K_f values for iron as 0.6238 and 0.2098 respectively, 0.7008 and 0.1228, respectively for zinc and 1.2641 and 0.0455 respectively for ammonia. Adsorption kinetics experiment showed that it followed the pseudo second order chemical adsorption with R^2 values for ammonia, iron and zinc were 0.9520, 0.9957 and 0.9956, respectively. The second order kinetic equation for ammonia, iron and zinc as $\frac{t}{q_t} = 0.0041 + 0.3236t$, $\frac{t}{q_t} = 0.0084 + 0.2594t$ and $\frac{t}{q_t} = 0.0012 + 0.0439t$.

The study proved the potential usage of a mixed media (activated carbon and zeolit) in removing heavy metals and ammonia in landfill leachate. This technology is also potential to be commercialize for other wastewaters.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur ke hadrat Ilahi kerana kajian ini dapat disiapkan mengikut masa yang telah ditetapkan. Banyak tenaga dan masa telah dikorbankan untuk menjalankan ujikaji dan laporan ini. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga ingin dirakamkan kepada semua pihak yang telah memberikan kerjasama secara langsung mahupun tidak langsung dalam menjayakan kajian ini.

Pertama sekali ribuan terima kasih diucapkan kepada Penyelia saya, Prof. Madya Dr. Hamidi Abdul Aziz diatas segala tunjuk ajar, pertolongan dan komen beliau berkaitan kajian ini. Seterusnya setinggi penghargaan kepada Puan Nurul Akma selaku juruteknik Makmal Alam Sekitar Pusat Kejuruteraan Awam atas segala tunjuk ajar sepanjang saya menggunakan makmal. Tidak lupa juga kepada Encik Mohd. Shahril Mohd Zahari selaku pembantu penyelia yang banyak memberikan tunjuk ajar dan komen berkaitan kajian ini serta membantu menyediakan alat untuk menguji logam berat dan ammonia.

Kepada rakan-rakan yang sama-sama menggunakan makmal terutamanya Rohalina, terima kasih kerana sentiasa dapat bertolak-ansur dan bekerjasama dalam menjayakan kajian.

Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada semua pihak.

KANDUNGAN

M/SURAT

Abstrak	i
Abstract	ii
Penghargaan	iii
BAB 1 : PENGENALAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	3
1.3 Skop Kajian	4
BAB 2 : KAJIAN PERSURATAN	
2.1 Sisa Pepejal	5
2.2 Komposisi Sisa Pepejal	6
2.3 Kepentingan Pengurusan Sisa Pepejal	7
2.4 Pengurusan Sisa Pepejal Di Malaysia	8
2.5 Larut Lesapan	12
2.6 Faktor-Faktor Mempengaruhi Kualiti Larut Lesapan	16
2.7 Faktor-Faktor Mempengaruhi Kuantiti Larut Lesapan	17
2.8 Pencemaran Air Disebabkan Logam Berat Dan Ammonia	21
2.9 Kajian Penyingkiran Logam Berat	23
2.10 Kajian Penyingkiran Ammonia	26
2.11 Media Yang Digunakan	27
2.12 Penjerapan Dan Isoterma Penjerapan	30

BAB 3 : UJIKAJI MAKMAL	
3.1	Objektif 35
3.2	Bahan Dan Radas 35
3.3	Ujikaji 36
3.4	Prinsip 40
BAB 4 : KEPUTUSAN DAN UJIKAJI MAKMAL	
4.1	Pengenalan 41
4.2	Keputusan 41
4.3	Perbincangan 59
BAB 5 : KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	Kesimpulan 62
5.2	Cadangan Untuk Kajian Lanjutan 63
RUJUKAN	64
LAMPIRAN	i-xx

BAB 1

1.1 PENGENALAN

Dalam hakikat sebenar, masalah alam sekitar telah lama wujud sejak sejarah tamadun manusia bermula. Bezanya antara sekarang dan dahulu ialah dari segi keluasan dan tahap kerosakan alam sekitar. Sejak zaman revolusi industri di Eropah lagi, manusia telah terdedah kepada bahan-bahan kimia serta habuk-habuk seni di dalam makanan, minuman serta udara yang dihidu. Hanya selepas pertengahan abad ini, setelah kerosakan alam sekitar berlaku dengan lebih berleluasa barulah manusia menjadi lebih sedar akan satu punca baru yang boleh mendatangkan bencana kepada tamadun manusia itu sendiri iaitu pencemaran alam sekitar. Tetapi apabila dikatakan dengan masalah pembuangan sampah, ia kurang dipedulikan dan diambil perhatian serius. Banyak faktor yang menyebabkan masalah ini berlaku, umumnya ialah sikap negatif manusia itu sendiri terhadap pembuangan sampah dan kelemahan perancangan jangka panjang dari pihak-pihak majlis perbandaran untuk mengatasi masalah ini.

Pembangunan, pempandaran, kecanggihan teknologi, kemajuan ekonomi, peningkatan jumlah penduduk dan kenaikan taraf hidup masyarakat merupakan antara faktor yang menyumbang kepada peningkatan jumlah sampah yang dibuang setiap hari. Pelupusan sisa pepejal dari pembuangan sampah merupakan suatu masalah besar yang dihadapi oleh negara kita. Fenomena pencemaran air, udara serta gangguan terhadap proses ekologi semakin menjadi-jadi pada masa kini akibat ketidakcekapan dalam sistem pelupusan sampah.

Sisa buangan mesti diurus dengan mengumpul, memungut, memungkah, merawat dan seterusnya melupuskannya sedemikian rupa bagi mengelak daripada sebarang gangguan penyakit dan pencemaran alam sekitar (Tchobanoglous *et. al.*, 1977). Sampah sarap sentiasa bertambah setiap hari dan pengurusan yang cekap diperlukan untuk kesejahteraan masyarakat. Tapak pelupusan adalah cara utama untuk melupuskan sampah dan dibina dengan kemudahan sempurna supaya ia dapat beroperasi tanpa menjejaskan alam sekitar dan tidak membahayakan masyarakat. Terdapat beberapa tindakbalas yang berlaku di tapak seperti tindakbalas biologi, kimia dan fizikal. Salah satu komponen yang terhasil di tapak adalah larut lesapan yang mengandungi pelbagai bahan pencemar seperti logam berat, ammonia, COD, BOD, warna dan bahan organik yang lain. Larut lesapan boleh mencemarkan air bumi dan air permukaan, oleh itu ia perlulah dirawat dengan sempurna sebelum dilepaskan ke persekitaran. Larut lesapan boleh dirawat dengan pelbagai kaedah tetapi kaedah yang paling efektif adalah kaedah olahan fizikal. Penyingkiran ammonia dengan kaedah kimia telah dilaporkan oleh Li *et. al.*, 1999. Rawatan larut lesapan menggunakan kaedah osmosis berbalik telah dilaporkan oleh Palma *et. al.*, 2002. tetapi untuk logam berat tiada kajian yang lebih mendalam dilakukan dan tidak didokumentasi dengan sempurna dan lengkap terutamanya di Malaysia. Penyingkiran ferum boleh dilakukan dengan pengudaraan, pelembutan, pengklorinan, pengozonan dan penurasan. (Aziz *et. al.*, 1997). Kaedah pengudaraan adalah kaedah yang paling biasa digunakan. Untuk kaedah penurasan, media yang biasa digunakan adalah karbon teraktif dan tanah liat. Penggunaan batu kapur untuk penyingkiran logam dari larut lesapan dan air sisa industri didapati efektif (Aziz *et. al.*, 1997). Kajian ini menumpukan kepada larut lesapan yang terhasil daripada Tapak Pelupusan Pulau Burung, Pulau Pinang yang menggunakan sistem semi-aerobik yang

dikumpulkan melalui paip pengumpul yang terus ke kolam takungan dan diselia oleh syarikat Idaman Bersih Sdn. Bhd. Pada 2005, setiap hari tapak ini menerima 1500 tan sampah. Kajian ini juga menumpukan kepada penyingkiran logam berat dan ammonia daripada kolam semi-aerobik menggunakan kaedah olahan fizikal dengan media zeolit dan karbon teraktif.

Berdasarkan kajian yang telah dijalankan sebelum ini, didapati aplikasi kaedah olahan fizikal dengan menggunakan bahan murah seperti arang mampu mencapai piawai yang dikehendaki, contohnya seperti yang digunakan di Ampang Jajar (Aziz *et. al.*, 2004). Kaedah olahan fizikal lebih sesuai digunakan dalam rawatan larut lesapan kerana kos yang murah serta dapat mencapai piawai yang dikehendaki berbanding dengan kaedah olahan biologi dan kimia kerana ia tidak ekonomi (Aziz *et. al.*, 2004).

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Kajian ini adalah bertujuan untuk merawat larut lesapan semi-aerobik di Tapak Pelupusan Pulau Burung melalui kaedah olahan fizikal menggunakan campuran media berbeza, iaitu zeolit dan karbon teraktif bagi menyingkirkan ammonia dan logam berat seperti zink dan ferum. Dalam kajian ini, ujikaji makmal dilakukan untuk mengenalpasti perkara-perkara seperti berikut

- masa penggoncangan yang optimum
- masa penganapan yang optimum
- kelajuan (RPM) yang optimum

- campuran optimum media berbeza (zeolit dan karbon teraktif) dalam menyingkirkan ammonia, zink dan ferum
- menentukan isoterma iaitu kadar penjerapan ammonia, ferum dan zink yang diletakkan pada turus
- menentukan mekanisme penjerapan dari segi nilai penjerapan yang berlaku jika ada.

1.3 SKOP KAJIAN

Projek ini dilakukan dengan menumpukan kepada 2 jenis logam berat iaitu zink dan ferum serta ammonia. Penyingkiran logam berat dilakukan dengan menggunakan alat spektrofotometer penyerapan atom (atomic absorption spectrophotometer, AAS) dan ammonia menggunakan alat Hach's DR2010. Kajian ini menggunakan 2 media berbeza iaitu zeolit dan karbon teraktif.

Nilai pH asal larut lesapan digunakan sepanjang ujikaji tanpa melibatkan sebarang pembetulan pH. Sampel yang digunakan adalah larut lesapan semi aerobik yang diambil dari Tapak Pelupusan Pulau Burung. Ujian isoterma penjerapan hanya menggunakan prinsip Freundlich sahaja. Mekanisma penjerapan yang dikaji adalah peraturan kinetik pertama, peraturan kinetik kedua dan peraturan kinetik ketiga serta hanya melibatkan kajian kelompok.

BAB 2

KAJIAN PERSURATAN

2.1 SISA PEPEJAL

Sisa pepejal dikenali sebagai sampah sarap dapat didefinisi sebagai sebarang bahan pejal, yakni tidak bersifat seperti cecair dan dibuang oleh masyarakat kerana tidak berguna lagi. Pengurusan sisa pepejal yang tidak teratur dan berkesan akan menyebabkan fenomena ekologi seperti pencemaran air dan udara. (Tchobanoglous, *et. al.*, 1993). Ini kerana sampah dan bahan buangan yang lain adalah masalah seharian yang pasti akan bertambah hari demi hari.

Terdapat 7 kategori sisa pepejal menurut sumbernya seperti sisa pepejal domestik/perumahan, sisa pepejal dari bangunan komersial dan institusi, sisa pepejal dari tapak pembinaan dan pemusnahan/perobohan bangunan lama, sisa pepejal Majlis Perbandaran, sisa industri, sisa pertanian dan sisa khas. Terdapat beberapa jenis sisa yang boleh dikumpulkan untuk dikitar semula seperti kaca, gelas, botol, kertas, plastik dan bahan logam. (McBean, *et. al.*, 1995). Buat masa sekarang, tapak pelupusan sampah adalah cara utama melupuskan sampah.

2.2 KOMPOSISI SISA PEPEJAL

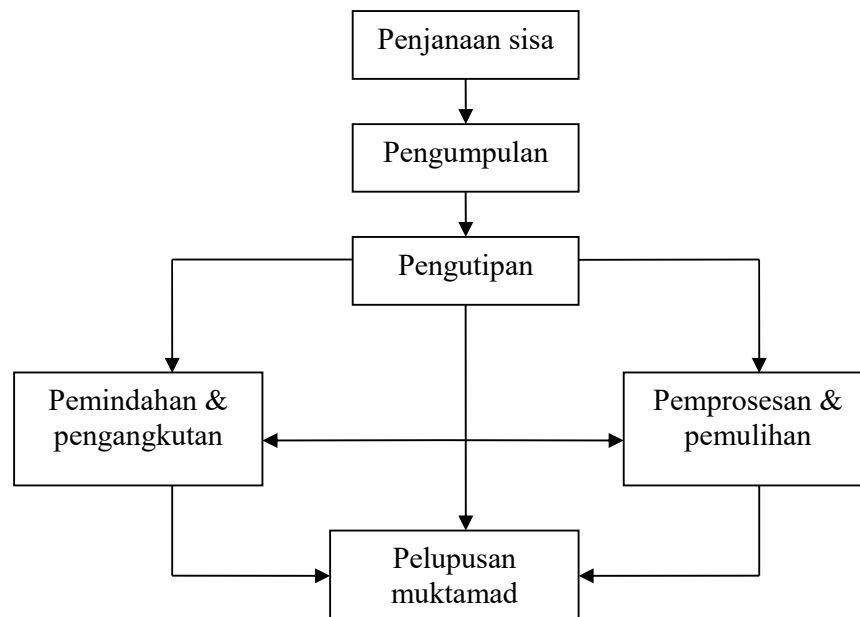
Komposisi adalah sebutan yang digunakan untuk menerangkan setiap komponen yang hadir di dalam sisa pepejal dan taburannya secara relatif adalah berdasarkan peratus berat. Maklumat mengenai komposisi sisa pepejal adalah penting untuk menentukan jenis peralatannya, sistem dan program pengurusan serta perancangan yang diperlukan untuk menanganinya. Pelbagai kajian telah dilakukan terhadap komposisi sisa pepejal bandar dan didapati komposisinya sentiasa berubah-ubah menurut sumber dan musim. Selain itu, komposisi sisa pepejal adalah berbeza di setiap negara bergantung daripada segi pendapatan, adat resam, kemajuan teknologi, iklim, kekerapan pengumpulan sisa, tahap perindustrian dan perbandaran serta penggunaan pengisar sisa dirumah. Taburan tipikal komponen di dalam sisa majlis perbandaran dari kawasan perumahan adalah berbeza di antara penduduk berpendapatan tinggi dan penduduk berpendapatan rendah (Tchobanoglous *et. al.*, 1993). Sejarah telah membuktikan bahawa ciri-ciri sisa pepejal adalah tidak tetap. Ia sentiasa berubah dari semasa ke semasa dan perubahan ini akan sentiasa berlaku serta menyebabkan kualiti larut lesapan sisa pepejal perbandaran sentiasa berubah dalam julat yang besar.

2.3 KEPENTINGAN PENGURUSAN SISA PEPEJAL

Pengurusan sisa pepejal adalah penting kerana bahan sisa tidak boleh dibuang begitu sahaja ke udara atau dilepaskan ke dalam sistem air, seperti longkang, parit, sungai, tasik atau pun laut. Kesan pembuangan sedemikian akan menyebabkan longkang tersumbat, banjir kilat atau sampah yang dibuang ke dalam tasik dan laut akan memperlihatkan tasik dan laut yang kotor dan tidak dapat lagi dijadikan tempat rekreasi serta menjejaskan ekosistem. Sisa pepejal yang dibuang sebagai sampah-sarap akan menyebabkan bau busuk apabila ia terkumpul lama tanpa dipungut. Selain mencacatkan pemandangan, bau busuk akibat sampah-sarap akan menyebabkan ketidakselesaan dan risiko perebakan penyakit adalah tinggi. Proses penguraian biologi akan berlaku dengan cepat akibat suhu yang tinggi, terutamanya seperti iklim di negara kita Malaysia. Sampah-sarap yang terbiar akan mengundang lalat, lipas, tikus, burung dan binatang liar seperti anjing dan kucing. Justeru, adalah penting untuk menguruskan sampah sarap dengan baik bagi mengelakkan implikasi seperti yang disebutkan di atas. Sisa pepejal sentiasa terjana berterusan selagi manusia hidup. Pengurusan sisa pepejal yang lebih cekap dan berkesan menjadi kritikal akibat masalah kekurangan tenaga kerja serta masalah tanah yang terhad untuk dijadikan tapak pelupusan sisa pepejal. Justeru itu, amat penting bagi manusia menguruskan sisa pepejal dengan baik supaya semua implikasi di atas tidak terjadi selain tidak menimbulkan gangguan terhadap persekitaran kehidupan manusia (Fadil Othman *et. al.*, 1996).

2.4 PENGURUSAN SISA PEPEJAL DI MALAYSIA

Di Malaysia, sisa pepejal yang dibuang dari sumber-sumber seperti perumahan dan sebagainya akan dikutip oleh kenderaan khas yang disediakan oleh Majlis Perbandaran Tempatan di setiap negeri dan dibawa ke tapak pembuangan sampah untuk dilupuskan. Antara aktiviti-aktiviti yang terlibat sebelum proses pelupusan sisa tersebut dilakukan ialah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.0.



Rajah 1.0 : Perkaitan antara beberapa elemen utama dalam pengurusan sisa pepejal.

Sampah-sarap yang dibawa ke tapak pembuangan sampah akan dilupuskan dengan menggunakan kaedah kambus tanah. Mengikut glosari alam sekitar (1995), kambus tanah merupakan kaedah pelupusan sisa pepejal yang dimampatkan serta dikambus dengan tanah untuk mengurangkan bau, menghalang kebakaran dan wabak penyakit. Di tapak ini terjadinya proses-proses fizikal, biologi dan kimia yang menghasilkan larut lesapan. (Vesilind, *et. al.*, 2002). Di Amerika Syarikat dinamai kambus tanah sanitari manakala di United Kingdom pula dinamai kambus tanah terkawal. Di tapak ini, sisa pepejal akan diratakan keseluruh permukaan tanah, menjadi 1 lapisan nipis yang ditutup dengan 1 lapisan bahan lengai setebal lebih kurang 15cm diakhir operasi pada hari yang sama. Apabila ketinggian maksimum tercapai, kambus tanah tadi akan ditutup lagi dengan tanah setebal 0.5m atau lebih dan kawasan ini akan ditutup. Jangka hayat sesuatu tapak kambus tanah biasanya mencapai bertahun-tahun selepas penutupannya, kerana sisa pepejal yang dilupuskan ditapak mengambil masa yang lama untuk menjadi stabil. Oleh itu, penjagaannya dan penyelenggaraannya adalah berterusan walaupun tapak tersebut telah mencapai kapasiti maksimumnya. (Tchobanoglous, *et. al.*, 1993). Terdapat beberapa katogeri tapak pelupusan yang ada, iaitu :

Tahap 1:

- * Kemudahan: Jalan masuk dan kawalan, pembuangan terkawal.
- * Operasi: Aktiviti merata, memadat dan menimbuskan sampah secara mingguan.

Tahap 2:

- * Kemudahan: Semua di Tahap 1, saluran ventilasi gas, perimeter berm.
- * Operasi: Aktiviti merata, memadat sampah secara harian, aktiviti menimbus sampah secara mingguan, kawalan air resapan dan gas.

Tahap 3:

- * Kemudahan: Semua di Tahap 2, takungan air resapan, operasi mengikut ketetapan Penilaian Kesan Alam Sekitar (EIA).
- * Operasi: Aktiviti merata, memadat dan menimbus sampah secara harian, kawalan dan rawatan air resapan, kawalan gas, operasi yang mematuhi sebahagian daripada keperluan Akta Kualiti Alam Sekitar.

Tahap 4:

- * Kemudahan: Kemudahan yang mematuhi sepenuhnya keperluan tapak pengurusan sanitari.
- * Operasi: Aktiviti merata, memadat dan menimbus sampah secara harian, kawalan dan rawatan air resapan, kawalan gas dan memenuhi sepenuhnya syarat dan keperluan Akta Alam Sekitar.

Di Malaysia, kebanyakan tapak adalah dari Tahap 1 dan Tahap 2. Tahap 3 pula terdapat di beberapa tempat saja seperti di Pulau Burong, Ampang Jajar, Puchong, Kuantan dan Alor Setar. Kebanyakannya tidak berfungsi dengan baik. Tahap 1 dan tahap 2 melibatkan pencemaran air dan tahap 3 pula menyebabkan limpahan. Bagaimanapun, di Malaysia tidak terdapat Tahap 4. Di Ampang Jajar, ia menggunakan arang sebagai media dan mencapai standard. Kaedah olahan fizikal merupakan kaedah yang boleh menjimatkan kos kerana ia menggunakan media yang murah iaitu batu kapur dicampurkan dengan zeolit atau karbon teraktif. Manakala bagi olahan biologi dan kimia pula tidak ekonomik. Sehingga kini masih belum terdapat teknologi yang spesifik untuk menguruskan sistem pelupusan sampah secara cekap dan efektif. Setiap tan sampah memerlukan belanja kira-kira RM 30,000 (Abu Bakar, 1978). Pada tahun 1986 di Kuala Lumpur sahaja, sebanyak RM 42 juta telah dibelanjakan untuk mengurus sampah sarap (Fadil Othman, 1996). Selain menelan belanja yang mahal, sistem pelupusan sampah yang ada kini gagal mencapai piawai yang dikehendaki. Tapak Pelupusan Pulau Burong dibina secara semi-aerobik, iaitu kategori pelupusan tahap II dengan membentuk satu sistem '*Controlled Tipping*' pada tahun 1991 dan dinaiktaraf kepada kaedah pelupusan tahap III pada tahun 2001. Di Tapak Pelupusan Pulau Burong terdapat larut lesapan daripada sistem semi-aerobik yang mengandungi jumlah organik yang kurang berbanding dengan tapak pelupusan anaerobik dalam istilah COD dan BOD (Aziz *et. al.*, 2001). Pada tahun 2005, tapak pelupusan ini menerima sebanyak 1500 tan sisa pepejal setiap hari. Larut lesapan dari sisa pepejal dikumpul melalui paip pengumpul yang disalurkan ke dalam kolam tadahan.

2.5 LARUT LESAPAN

2.5.1 CIRI-CIRI LARUT LESAPAN

Tchobanoglous, *et. al.*, (1993) mendefinisikan larut lesapan sebagai cecair yang meresap masuk melalui sisa pepejal. Menurut glosari alam sekitar (1995) pula, larut lesapan merupakan air yang mengalir keluar melepasi sisa pepejal ditapak pelupusan sisa pepejal. Larut lesapan merupakan cecair tercemar yang mengandungi berbagai jenis bahan organik dan tidak organik serta pepejal terlarut dan koloid serta berpotensi mencemarkan air permukaan dan bawah tanah. Larut lesapan adalah cecair yang memasuki tapak kabus tanah melalui sumber luaran seperti saluran permukaan, air hujan, air bawah tanah dan air yang meresap melalui sisa pepejal. Kualiti larutan lesapan ini berbeza bergantung kepada komposisi sisa, geologi, kandungan kelembapan, jangka hayat tapak kabus, hujan, suhu ambient, penutup akhir, kedalaman, dan pepadatan sisa ditapak kabus. (Chen, *et. al.*,1995). Contoh parameter fizikal, kimia dan biologi yang digunakan untuk ciri-ciri larut lesapan adalah seperti Jadual 1 dan ciri-ciri larut lesapan di tapak pelupusan Pulau Burung, Nibong Tebal di Jadual 2.

Jadual 1: Tipikal data komposisi larut lesapan

parameter	Nilai, mg/L		
	Tapak baru (kurang dari 2 tahun)		Tapak matang (lebih dari 10 tahun)
	Purata	Tipikal	
BOD ₅	2000-30 000	10 000	100-200
TOC	1500-20 000	6000	80-160
COD	3000-60 000	18 000	100-500
Pepejal Terampai	200-2000	500	100-400
Nitrogen Organik	10-800	200	80-120
Ammonia nitrogen	10-800	200	20-40
Nitrat	5-40	25	5-10
Fosforus	5-100	30	5-10
Alkali sebagai CaCO ₃	1000-10 000	3000	200-1000
pH*	4.5-7.5	6	6.6-7.5
Keliatan sebagai CaCO ₃	300-10 000	3500	200-500
Kalsium	200-3000	1000	100-400
Magnesium	50-1500	250	50-200
Kalium	200-1000	300	50-400
Natrium	200-2500	500	100-200
Klorida	200-3000	500	100-400
Sulfat	50-1000	300	20-50
Ferum	50-1200	60	20-200

*kecuali pH yang tiada unit

Sumber: Tchobanoglous, *et. al.*, 1993

**Jadual 2 : Kualiti larut lesapan di Tapak Pelupusan Sampah Pulau Burung,
Nibong Tebal dari Ogos ke November 2003.**

Parameter (mg/L)	Ogos		September		Oktober	November	
	6/8/03	19/8/03	3/9/03	17/9/03	23/10/03	15/11/03	20/11/03
BOD	548	176	603	419	201	203	149
COD	879	2118	2393	2134	979	2146	1795
TSS	88	68	184	90	108	96	172
pH	8.07	8.3	8.2	8.05	7.81	7.68	8.31
Ammonia Nitrogen	1070.8	1332	2233	1214.4	1325.1	1104.3	809.8
Aluminium	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
Arsenik	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Boron	3.5	3.6	3.2	3.5	1.4	3.5	3
Kadmium	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Kromium ⁺³	0.09	0.1	0.12	0.12	0.09	0.1	0.08
Kromium ⁺⁶	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Sianida	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Copper	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
Ferum	2.8	4	4.6	3.1	5.9	5.1	7.2
Plumbum	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.02	0.1	0.2
Mangan	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.7	0.9
Merkuri	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nikel	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Zink	0.6	0.5	0.8	0.5	1.8	0.8	2
Phenol	0.13	0.17	1.13	6.8	0.05	0.32	0.22
Klorin	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl
Sulfida	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl	Cl
Minyak dan Gris	15	26	13	10	17	18	10

**kecuali pH yang tiada unit*

Sumber: Idaman Bersih Sdn. Bhd. (2003)

2.5.2 PENGHASILAN

Larut lesapan terhasil daripada proses penyerapan air yang melalui sisa pepejal sampah sarap dan proses mampatan akibat berat sisa tersebut. Air hujan yang menyerap masuk ke kawasan tapak pelupusan sampah akan bertindakbalas dengan sisa pepejal lalu menghasilkan bahan kimia yang terlarut dalam larut lesapan. Selain itu, terdapat kajian yang menyatakan bahawa terdapat aktiviti mikroorganisma di dalam sisa pepejal yang membentuk larut lesapan (Caffrey & Ham *et. al.*, 1974). Di kebanyakan tapak pelupusan sampah, terdapat gas metana, karbon dioksida ammonia dan hidrogen sulfida yang terbentuk akibat penguraian sisa melalui tindakbalas aerobik. Gas-gas tersebut kemudiannya melarut ke dalam tanah apabila bertindakbalas dengan air atau bahan terlarut lain. Ini akan membentuk satu isipadu kecil cecair tercemar akibat tindakbalas biologi dan kimia.

2.5.3 KOMPOSISI LARUT LESAPAN

Larut lesapan mengandungi bahan pencemar yang boleh dikategorikan kepada 4 bahagian iaitu bahan organik terlarut, bahan bukan organik, logam berat dan sebatian organik xenobiotic (Kjeldsen, *et. al.*, 2002). Kajian awal menunjukkan kosentrasi larut lesapan yang tinggi dalam semua komponen dalam fasa awalan asid sehingga akhir. Di dalam fasa metanogenik panjang larut lesapan lebih stabil dengan kosentrasi yang rendah dan nisbah BOD/COD yang rendah. Umumnya, kosentrasi logam berat juga adalah rendah. Sebaliknya kosentrasi ammonia tidak berkurang dan sentiasa menjadi bahan pencemar jangka panjang didalam larut lesapan. Adalah penting untuk merawat larut lesapan sama ada melalui kaedah fizikal, kimia atau biologi (Stegmann *et. al.*, 1983).

2.6 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KUALITI LARUT LESAPAN

Kualiti larut lesapan di tapak pelupusan sampah menggambarkan tahap pencemaran air permukaan dan air bumi yang berlaku serta mempunyai kaitan rapat dengan komposisi yang terkandung di dalam sisa pepejal yang dilupuskan. Antara faktor yang mempengaruhi kualiti larut lesapan adalah seperti berikut :

2.6.1 MASA

Kualiti larut lesapan berubah dengan masa. Secara amnya, kualiti keseluruhan yang terjana pada tahun pertama adalah lebih lemah berbanding dengan larut lesapan yang terjana pada tahun kelima. Kualiti larut lesapan mencapai satu nilai optimum selepas beberapa tahun dan kemudiannya menurun secara perlahan-lahan. (Ham & Anderson *et. al.*, 1974; Pohland 1975).

2.6.2 SUHU

Suhu persekitaran tapak banyak mempengaruhi kualiti larut lesapan yang terjana. Ini adalah kerana parameter suhu mempengaruhi pertumbuhan bakteria dan tindakbalas yang merupakan elemen yang menentukan kualiti larut lesapan.

2.6.3 KELEMBAPAN

Proses larutlesap bahan kimia di dalam sisa pelupusan amat bergantung kepada air kerana air memainkan peranan yang penting dalam mengeluarkan unsur kimia dari sisa pepejal. Maka kualiti larut lesapan berbeza di antara sisa yang dilupuskan dalam keadaan lembab dengan sisa yang dilupuskan dalam keadaan kering.

2.6.4 OKSIGEN

Kehadiran oksigen amat mempengaruhi sisa pepejal yang boleh biorosot. Penguraian aerobik akan menghasilkan bahan kimia yang berbeza daripada penguraian oleh tindakbalas anaerobik. Keadaan anaerobik akan berlaku apabila sisa yang dilupuskan kerap ditutup dengan tanah atau sisa-sisa baru. Sifat larut lesapan yang dihasilkan dalam keadaan penguraian anaerobik akan menjadi lebih rendah berbanding dengan yang dihasilkan melalui penguraian aerobik. Ini berlaku kerana kebanyakan daripada hasil anaerobik adalah dalam bentuk gas, iaitu karbon dioksida, metana dan hidrogen sulfida.

2.7 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KUANTITI LARUT LESAPAN.

Secara umumnya, kuantiti larut lesapan yang dihasilkan bergantung kepada cuaca, jenis sisa pepejal dan juga jenis operasi yang dilakukan di tapak pelupusan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuantiti larut resapan ialah seperti berikut :

2.7.1 HUJAN

Cuaca di tapak banyak mempengaruhi kadar penghasilan larut lesapan. Jika faktor-faktor yang lain adalah malar, maka tapak yang berada di kawasan yang mempunyai hujanan yang tinggi akan menghasilkan kuantiti larut lesapan yang lebih banyak.

2.7.2 BAHAN PENUTUP AKHIR

Jenis tanah di tapak memberi kesan terhadap jumlah air yang akan menelus ke dalam tanah dan melepasi dasar tanah di tapak. Dengan bertambahnya sifat kebolehtelapan tanah penutup, bertambahlah juga kadar penghasilan larut lesapan.

2.7.3 PENUTUP TUMBUHAN

Penutup tumbuhan terakhir memainkan peranan penting dalam kawalan penghasilan larut lesapan. Fungsi utamanya adalah untuk menghadkan penyusupan dengan memintas hujanan secara langsung, dan dengan itu meningkatkan penyejatan dari permukaan. Ia juga merendahkan penelusan melalui bahan penutup dengan menyerap lembapan tanah dan membalikkannya ke atmosfera secara transpirasi. Suatu tapak yang tidak mempunyai penutup tumbuhan yang sempurna akan mengalami hakisan yang menyebabkan pembentukan gegeluk melalui tanah bertutup. Ini akan membenarkan hujanan mengalir terus ke dalam sisa.