

## **Sebaran bahan pencemaran dalam sistem air tanah di tapak sisa domestik Gemencheh, Negeri Sembilan**

**MOHD TADZA ABDUL RAHMAN<sup>1</sup>, DAUD MOHAMAD<sup>1</sup>, ABDUL RAHIM SAMSUDIN<sup>2</sup>  
DAN TAN TEONG HING<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT)  
Kem. Sains, Teknologi & Alam Sekitar  
Bangi, 43000 Kajang, Selangor D.E.

<sup>2</sup>Jabatan Geologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor D.E.

**Abstrak:** Tapak pelupusan sisa domestik di Gemencheh, Negeri Sembilan adalah merupakan kawasan lembah merangkumi kawasan seluas 15 ekar terletak pada garis lintang 102°21'-102°28' dan garis bujur 2°32'-2°36' lebih kurang 150 km ke selatan dari Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT). Semenjak ianya mula beroperasi pada tahun 1981, lebih kurang sebanyak 39,780 ton metrik (lebih kurang 2,340 ton metrik setahun) dan setinggi 1-2 meter sisa domestik telah dilupuskan di tapak tersebut. Tapak pelupusan ini terbahagi kepada dua bahagian iaitu arah ke timur laut merupakan timbunan lama manakala arah ke barat daya merupakan timbunan baru. Kaedah pelupusan sisa domestik adalah di atas permukaan tanah dengan menggunakan sistem terbuka. Tapak pelupusan sisa domestik di Gemencheh ini merupakan kawasan granitoid yang dilitupi oleh tanah baki terhasil dari luluhawa granitoid. Pada umumnya kandungan tanah baki adalah terdiri dari lapisan lodak berpasir atau lempung berpasir dan lapisan pasir berlodak. Aliran air tanah di tapak pelupusan dipengaruhi oleh kawasan imbuhan yang datangnya dari arah barat laut, barat daya dan tenggara. Memandangkan bahawa bahan dari sisa domestik berpotensi menjadi punca pencemaran kepada sistem air tanah, pengesanan terhadap pengangkutan bahan pencemaran ini telah dilakukan dengan menggunakan kaedah nuklear, kaedah geofizik dan kaedah hidrokimia. Kaedah-kaedah ini dapat memberikan gambaran mengenai halaju, arah dan penyebaran bahan pencemaran dalam sistem air tanah. Hasil dari kajian didapati bahawa halaju di zon sisa domestik adalah diantara 0.2-8.0 meter/hari. Halaju yang turun naik dan tidak seragam ini bergantung kepada sama ada medium adalah lapisan lempung berpasir, lapisan lodak berpasir atau pasir berlodak. Selain daripada itu, halaju juga bergantung kepada imbuhan. Arah dari pengangkutan bahan pencemaran pada mulanya mengikut arah aliran serantau iaitu ke timur tetapi akhirnya aliran bahan pencemaran mengarah ke timur laut mengikut arah aliran air permukaan. Dari penentuan penyebaran klorida, sulfat, nitrat dan keberkonduksian elektrik didapati bahawa pengangkutan bahan pencemaran bergerak setempat dan terhad kepada kawasan timbunan sisa domestik sahaja.

### **LATAR BELAKANG**

Pertumbuhan penduduk dan ekonomi serta pembangunan perindustrian yang pesat, sekitaran air tanah telah dicemari dengan pertambahan bahan-bahan kimia yang melarut. Di Amerika Syarikat sekurang-kurangnya terdapat 17 juta kemudahan pelupusan sisa yang menempatkan lebih dari 6.5 bilion meter padu sisa pepejal dan cecair telah dilupuskan ke alam sekitar setiap tahun. Pelupusan yang berterusan yang berlangsung dalam jangka masa yang lama akan menyebabkan kualiti sebahagian besar simpanan air bersih di permukaan bawah tanah akan menurun (Freeze and Cherry, 1979). Mengikut laporan dari UNESCO, di negara-negara Indo-China dan Asia Tenggara termasuk Malaysia akan

mengalami masalah sumber air tanah yang meruncing dimasa-masa akan datang. Masalah yang akan dialami ini antara lain disebabkan oleh berlakunya penorobosan air laut di kawasan-kawasan pantai di negara-negara tersebut, luahan efluen dari industri dan pelupusan sisa domestik pepejal yang tidak dirawat boleh menyebabkan berlakunya pencemaran kepada air tanah (UNESCO, 1996).

Di Malaysia amalan pengurusan sisa domestik pepejal yang biasa dilaksanakan adalah dengan kaedah pelupusan di atas permukaan tanah dengan menggunakan sistem terbuka. Kaedah ini didapati lebih lentur, lebih ekonomi dan lebih mudah. Sisa-sisa domestik ini kadangkala dibakar, ditanam atau dilambakkkan ke dalam lombong dan kolam terbiar apabila keluasan tapak pelupusan tidak dapat

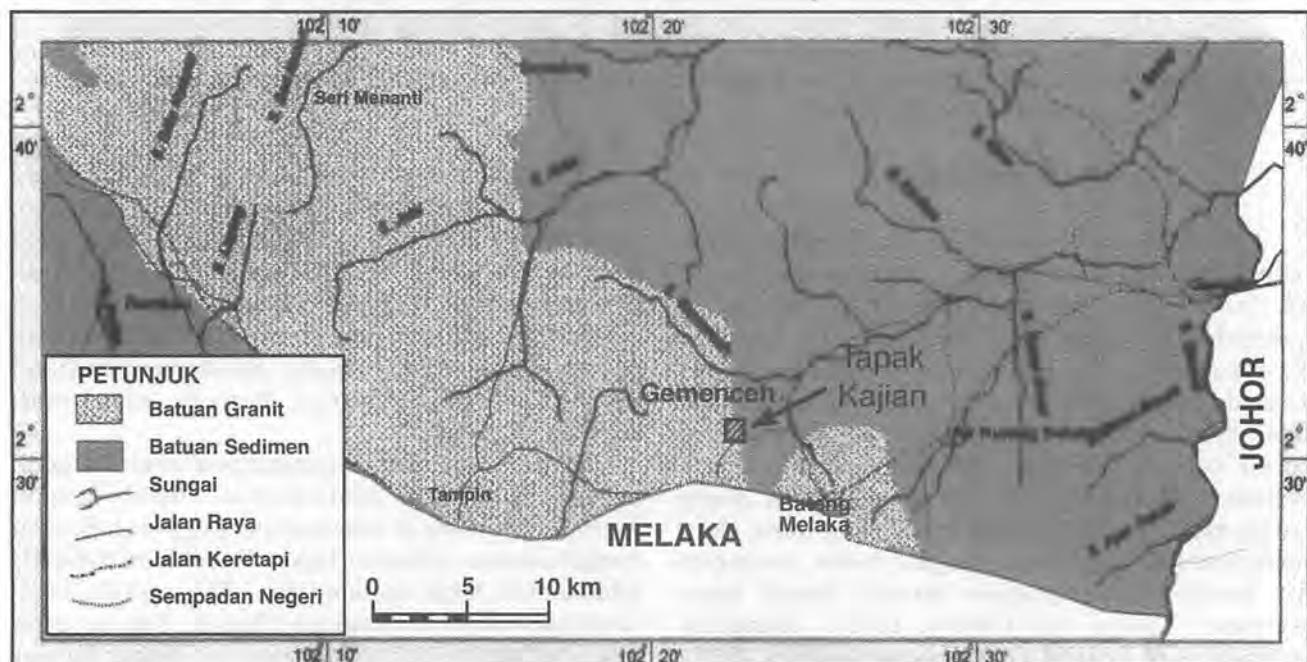
menampung kuantitinya yang melampaui had. Amalan yang sedemikian dijangka memberi kesan kepada sistem air tanah. Di kawasan-kawasan beriklim lembab tropika, air hujan memainkan peranan utama untuk berlakunya penyusupan air luluh larut dari timbunan sisa domestik ke sumber air tanah. Masalah pencemaran air tanah dari timbunan sisa domestik adalah lebih tinggi di rantau yang mempunyai hujan tahunan yang tinggi dengan aras air tanah yang cetek (Todd, 1980). Memandangkan bahawa pencemaran air tanah akibat dari timbunan sisa domestik telah menjadi isu global, sekitaran tahun 1970an penyelidikan ke atas air tanah telah beranjak dari masalah meneroka dan membangunkan sumber air tanah sebagai sumber air minum kepada masalah yang berkaitan dengan kewujudan dan sebaran bahan pencemaran dalam sistem air tanah. Kajian yang dilakukan ke atas timbunan sisa domestik menunjukkan zon air luluh larut yang mencemari air tanah boleh tersebar sehingga beberapa ratus meter (Golwer *et al.*, 1980; Fritz *et al.*, 1976; Kjeldsen *et al.*, 1995). Dalam beberapa hal, pencemaran yang disebabkan oleh air luluh larut boleh memberi kesan yang serius ke atas akuifer yang digunakan sebagai sumber bekalan air tanah (Jacobson and Lau, 1994).

Objektif kajian ini adalah untuk menentukan sebaran bahan pencemaran dalam sistem air tanah yang telah dilakukan ke atas tapak pelupusan sisa domestik di Gemencheh, Negeri Sembilan. Dalam kajian ini paduan dari tiga kaedah telah digunakan

iaitu kaedah nuklear, kaedah geofizik dan kaedah hidrokimia. Dalam kaedah nuklear penentuan dilakukan keatas halaju dan arah bahan pencemaran, kaedah geofizik dengan mengukur keberkonduksian elektrik untuk menentukan sebaran bahan pencemaran dan kaedah hidrokimia sebagai kaedah sokongan bagi menentukan spesis bahan pencemaran dan sebarannya dalam sistem air tanah.

## FISIOGRAFI, GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI

Tapak pelupusan sisa domestik di Gemencheh, Negeri Sembilan terletak pada garis lintang  $102^{\circ}21'$ - $102^{\circ}28'$  dan garis bujur  $2^{\circ}32'$ - $2^{\circ}36'$  lebih kurang 150 km ke selatan dari Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT) (Rajah 1). Kawasan kajian ini adalah merupakan kawasan yang kedua keringnya di Negeri Sembilan dengan purata taburan hujan tahunan tidak melebihi 200 mm. Ini adalah berdasarkan kepada catatan tolok hujan yang distesyenkan di kawasan tersebut. Kedudukannya di pinggir Hutan Simpan Tebong menyebabkan d bahagian utara dan barat dari tapak ini diliputi oleh hutan dara. Topografi tapak adalah merupakan kawasan lembah dengan aras elevasi dari julat 98 m diatas aras laut bagi kawasan yang paling tinggi kepada 85 m mengarah ke timur dan tenggara bagi kawasan yang paling rendah. Tapak ini merangkumi kawasan seluas 15 ekar yang terunjur dari timur laut hingga ke arah barat daya.



Rajah 1. Kedudukan dan geologi tapak kajian.

Kawasan tapak kajian ini pada asalnya adalah merupakan kawasan granitoid. Kawasan ini telah mengalami proses luluhawa dan menghasilkan tanah baki yang meliputi keseluruhan tapak kajian. Pada umumnya tanah baki terdiri dari lapisan lodak berpasir atau lempung berpasir dan lapisan pasir berlodak. Lapisan pasir berlodak merupakan akuifer di kawasan tersebut dan ianya cetek dan bersifat separa terkekang. Sebatang anak sungai mengalir dari arah barat daya menuju ke timur laut melalui lombong yang berada dipinggir tapak kajian.

Terdapat tiga sumber imbuhan air tanah iaitu yang datangnya dari arah kawasan barat laut, barat daya dan tenggara. Maklumat yang diperolehi dari lubang-lubang gerudi di kawasan kajian didapati bahawa kontor air tanah membayangi kontor topografi kawasan. Secara amnya, arah aliran air tanah dengan kecerunan hidraulik 3%–5% mengikut arah aliran rantau iaitu mengarah ke timur. Walaubagaimanapun, kawasan imbuhan, anak sungai dan lombong berhampiran boleh mempengaruhi arah aliran air tanah di kawasan tapak kajian.

## **SEJARAH TAPAK KAJIAN**

Kawasan tapak kajian adalah merupakan kawasan hutan simpan milik Jabatan Hutan Negeri Sembilan. Tapak seluas 15 ekar telah dipohon oleh Majlis Daerah Tampin bagi tujuan pelupusan sisa domestik. Semenjak ianya mula beroperasi di bawah bidang kuasa Majlis Daerah Tampin pada tahun 1981, sebanyak 39,780 tan metrik (purata 2,340 tan metrik setahun) dan setinggi 1-2 meter sisa domestik telah ditimbunkan di tapak tersebut. Sisa-sia domestik dilupuskan di atas permukaan tanah dengan menggunakan sistem terbuka. Sisa-sisa domestik ini kadangkala dibakar, ditanam atau dilambakkkan ke dalam lombong. Dari cerapan visual didapati sisa-sisa domestik yang dilupus di kawasan tapak adalah terdiri dari plastik, kertas, kaca, bahan logam, sisa-sisa makanan, bahan-bahan getah, bahan-bahan kayu, sisa-sisa dari halaman kebun, bahan-bahan binaan dan bahan-bahan tekstil.

## KEDUDUKAN LUBANG-LUBANG CERAPAN

Sebanyak 12 buah lubang gerudi telah dibina di tapak kajian sebagai lubang-lubang cerapan (Rajah 2). Lubang gerudi SP1 terletak di hilir dari tapak kajian dan jauh dari timbunan sisa domestik. Kedudukan lubang gerudi SP2 dan lubang gerudi SP3 sebaris dengan lubang gerudi SP1. Terdapat

anak sungai berhampiran dengan ketiga-tiga lubang ini yang mengalir mengarah ke timur laut. Lubang gerudi SP4 merupakan kawasan yang terendah dan terletak di hujung timbunan sisa domestik lama. Lubang gerudi SP5 terletak di timbunan sisa domestik lama manakala lubang-lubang gerudi SP9, SP10 dan SP11 pula terletak di timbunan sisa domestik baru. Lubang gerudi SP6 dan lubang gerudi SP7 dibina dipinggir lombong dan lubang-lubang rujukan pula dipilih di kawasan yang tiada dipengaruhi oleh sebarang aktiviti sisa domestik iaitu lubang-lubang gerudi SP8 dan SP12.

# METODOLOGI PEMONITORAN HALAJU DAN ARAH AIR TANAH DENGAN KAEDAH NUKLEAR

### **Pemilihan penyurih radioakatif**

Penyurih radioaktif yang digunakan dalam sistem air tanah adalah mempunyai beberapa kriteria antara lain adalah tidak boleh dibezakan secara fizis dengan air tanah, tidak boleh bertindak balas secara kimia dengan air tanah dan akuifer iaitu dalam bentuk anionik, tidak mengganggu corak aliran air tanah, keaktifan tentu yang tinggi, mudah melarut dalam air dan tidak memberi kesan massa biasanya dalam lingkungan lebih kecil dari ppb.

#### **Pemonitoran halaju air tanah**

Pengukuran halaju dengan alat Rheometer (Rajah 3) telah dibuat keatas 12 lubang gerudi yang terdapat di tapak kajian pada ke dalaman 5 meter dan 11 meter dari aras tanah. Dalam kajian ini penyuruh radioaktif  $^{99m}\text{Tc}$  ( $t_{1/2} = 6$  jam) dalam bentuk anionik perteknetat telah digunakan kerana ia mempunyai kriteria yang sesuai dan sangat mudah dikesan secara *in-situ*.

## **Teori ringkas**

Dalam kajian ini, teknik lubang tunggal digunakan untuk menentukan halaju (halaju Darcy atau luahan tentu) dan arah bahan pencemaran dalam sistem air tanah. Teknik ini melibatkan penyuntikan penyuruh radioaktif ke dalam lubang gerudi dan dari lubang yang sama diukur susutan kepekatananya mengikut masa. Hasilnya adalah merupakan fungsi dari aliran air tanah dalam lubang gerudi tersebut.

$Q$  adalah kadar alir aliran air tanah dari lubang gerudi,  $V$  adalah isipadu air yang telah dilabel dengan penyuruh radioaktif,  $C$ , adalah kepekatan

air yang telah dilabel dengan penyuruh radioaktif pada masa  $t = 0$  dan  $C$  adalah kepekatan air yang telah dilabel dengan penyuruh radioaktif pada masa  $t$ .

Pembinaan lubang gerudi menyebabkan berlakunya erotan kepada corak aliran air tanah asal. Oleh itu, hubungan luahan tentu  $V_w$  melalui lubang gerudi yang bergaris pusat  $2r_1$  dengan halaju Darcy  $V_f$  melalui akuifer adalah,

$$V_w = \alpha V_f \quad \dots \dots \dots (2)$$

$\alpha$  adalah faktor erotan

Kadar alir air tanah  $Q$  melalui keratan rentas akuifer adalah,

$$Q = V_f F \quad \dots \dots \dots (3)$$

$F$  adalah luas keratan rentas akuifer

Dari persamaan (1), (2) dan (3);

$$V_f = \frac{\pi r_1}{2\alpha t} \ln \frac{C_o}{C} \quad \dots \dots \dots (4)$$

#### Pemonitoran arah air tanah

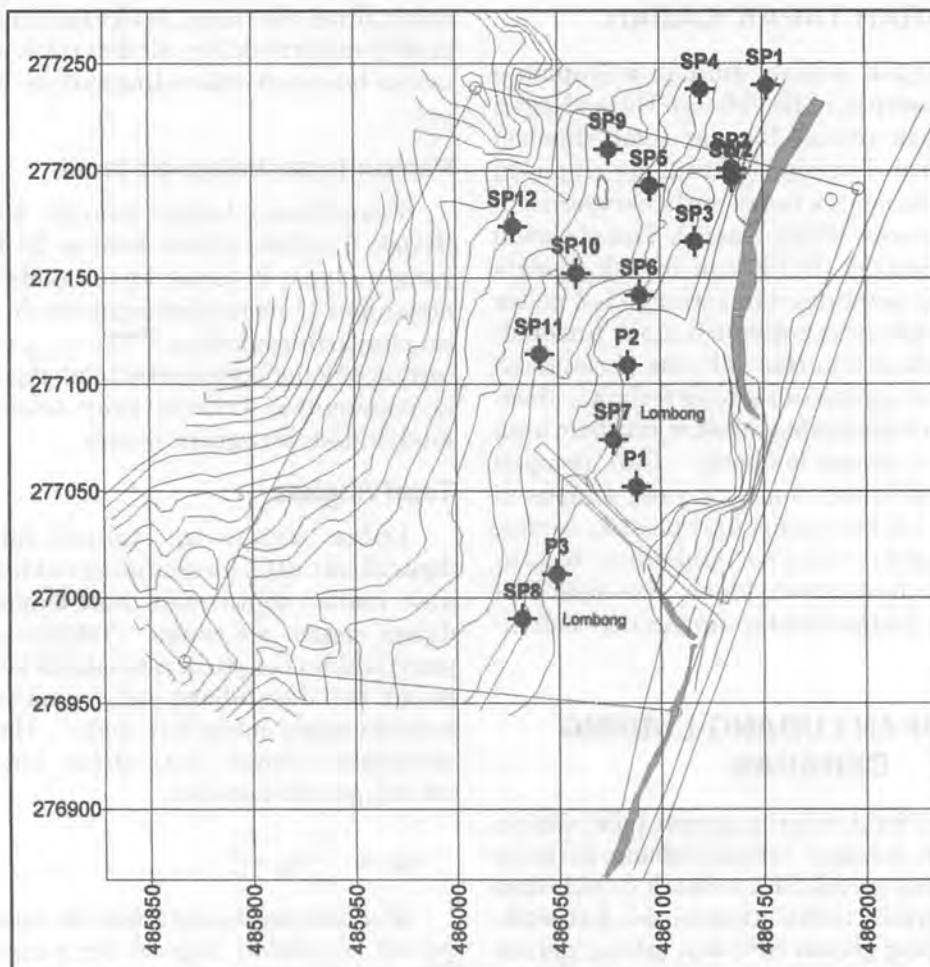
Penyuruh radioaktif yang sama dengan keaktifan 500 Bq/ml disuntik ke dalam lubang

gerudi. Semasa penyuntikan, alat pengukur arah diputar  $360^\circ$  secara berterusan supaya penyuruh bergerak seragam kesemua arah. Alat pengukur (Rajah 4) arah dibiarkan stabil selama 30 minit selepas penyuntikan dilakukan. Arah pergerakan penyuruh diukur dengan alat pengesan gama pada putaran  $90^\circ$  setiap 15 minit. Dari paduan kadar bilang melawan masa bagi setiap arah dapat ditentukan arah pergerakan bahan pencemaran sebenar.

### PEMONITORAN AIR TANAH DENGAN KAEDAH GEOFIZIK DAN KAEDAH HIDROKIMIA

#### Pemonitoran klorida, keberkonduksian elektrik, sulfat, dan nitrat

Pemonitoran klorida, keberkonduksian elektrik, sulfat, dan nitrat telah dilaksanakan setiap awal bulan bermula dari bulan Julai 1998. Sampel-sampel air tanah, air lombong dan air sungai telah



Rajah 2. Kedudukan lubang gerudi.

dikutip di kesemua 26 lokasi. Keberkonduksian elektrik diukur secara *in-situ* di lapangan dengan menggunakan kuar keberkonduksian elektrik (Model 33 YSI). Manakala bagi penentuan klorida, sulfat dan nitrat pula, sampel-sampel yang telah dikutip diasidkan terlebih dahulu (Rand *et al.*, 1975) sebelum dibawa ke makmal untuk dianalisa. Khas untuk sampel air tanah, pengukuran keberkonduksian elektrik, klorida, sulfat dan nitrat dilakukan selepas air dari dalam lubang gerudi dipam keluar sekurang-kurangnya tiga isipadu penuh.

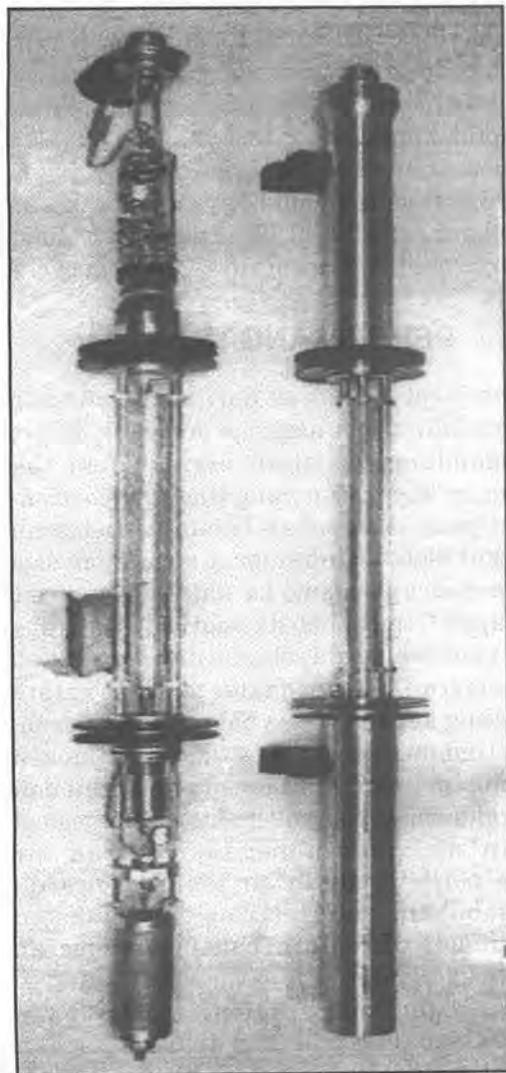
## KEPUTUSAN KAJIAN

### Halaju dan arah aliran air tanah

Halaju air tanah yang mengalir di bawah timbunan sisa domestik adalah turun naik dan tidak seragam iaitu di dalam julat antara minimum

0.2 meter/hari dan maksimum 8.0 meter/hari (Jadual 1). Dari nilai halaju ini dapat dirumuskan bahawa ketertelapan di tapak kajian juga mempunyai nilai turun naik yang sangat besar iaitu antara  $3.0 \times 10^{-3}$  meter/saat dan  $7.7 \times 10^{-5}$  meter/saat. Nilai ketertelapan ini menunjukkan bahawa medium di tapak kajian adalah terdiri dari sedikit kerikir, pasir, pasir sangat halus, pasir berlodak dan campuran antara pasir, lodak serta lempung. Medium seumpama ini adalah merupakan akuifer yang kurang baik (Freeze and Cherry, 1979; Todd, 1980). Nilai ini adalah bersesuaian dengan litologi tanah yang diperolehi dari data-data ujian yang dilakukan keatas lubang-lubang cerapan di tapak kajian (Rajah 5).

Selain daripada faktor medium, halaju air tanah juga dipengaruhi oleh aliran air lombong dan aliran anak sungai yang mengaruh kecerunan hidraulik. Kawasan-kawasan yang berhampiran dengan lombong dan anak sungai iaitu SP1, SP2, SP3,



Rajah 3. Alat Rheometer.



Rajah 4. Menunjukkan alat pengukur arah aliran air tanah.

**Jadual 1.** Data halaju dan ketertelapan air tanah.

KEPUTUSAN		
A. Halaju pada musim kemarau		
Lubang Gerudi	Halaju (m/hari)	Ketelapan (m/saat)
Kawasan Hulu		
SP08	5.7	$2.2 \times 10^{-3}$
Kawasan Sisa Timbunan		
SP02	7.5	$2.9 \times 10^{-3}$
SP03	8.5	$3.3 \times 10^{-3}$
SP04	0.2	$7.7 \times 10^{-5}$
SP05	0.5	$1.9 \times 10^{-4}$
SP06	2.1	$8.1 \times 10^{-4}$
SP07	6.5	$2.5 \times 10^{-3}$
SP09	1.7	$6.6 \times 10^{-4}$
SP10	0.3	$1.2 \times 10^{-4}$
SP11	0.6	$2.3 \times 10^{-4}$
SP12	0.7	$2.7 \times 10^{-4}$
Kawasan Hilir		
SP01	2.4	$1.0 \times 10^{-3}$

SP6, SP7 dan SP8, halaju air tanah adalah lebih tinggi jika dibandingkan dengan halaju air tanah di kawasan-kawasan yang jauh dari lombong dan anak sungai. Walaupun pada umumnya aliran air tanah serantau mengarah ke timur tetapi pada keseluruhannya aliran air tanah di tapak kajian akhirnya mengarah ke timur laut mengikut arah aliran air permukaan. Arah aliran air tanah juga dipengaruhi oleh keadaan hidrogeologi setempat iaitu anak sungai dan lombong. Keadaan ini lebih menonjol di lubang gerudi SP7 dimana akibat pengaruh dari aliran air lombong arahnya sentiasa berubah-ubah mengikut musim (Rajah 6a, Rajah 6b).

#### Taburan klorida, keberkonduksian elektrik, sulfat, dan nitrat

Hasil dari analisa klorida didapati bahawa nilai kepekatan klorida yang paling tinggi pada keseluruhannya wujud di lubang-lubang gerudi SP4, SP9, SP10 dan SP11. Julat kepekatan klorida mengikut bulan di lubang-lubang gerudi tersebut adalah diantara 101–578 ppm. Kepekatan klorida di lubang-lubang lain adalah rendah kecuali di lubang gerudi SP7. Lubang gerudi SP7 ada ketikanya menunjukkan nilai klorida yang tinggi iaitu pada bulan Julai (100 ppm) dan Ogos (294 ppm) dan ada ketikanya tidak menunjukkan

sebarang kepekatan langsung.

Manakala hasil dari pengukuran keberkonduksian elektrik dan jika dibandingkan dengan kepekatan klorida, corak sebaran kedua-duanya saling menyokong antara satu sama lain. Julat keberkonduksian elektrik mengikut bulan di lubang gerudi-lubang gerudi SP4, SP9, SP10 dan SP11 adalah diantara 292–2640  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Berbanding dengan klorida, sulfat amat jarang digunakan dalam kajian sebaran bahan pencemaran di tapak pelupusan sisa domestik kerana kepekatan sulfat yang wujud dalam air luluh larut biasanya sangat rendah. Selain daripada itu, sulfat yang wujud dalam air tanah juga akan mengalami proses penurunan biokimia yang berubah menjadi gas  $\text{H}_2\text{S}$  atau  $\text{HS}^-$  (Mazor, 1991). Ini juga menyebabkan kepekatan sulfat dalam air tanah menjadi rendah. Dalam kajian di Gemencheh, kepekatan sulfat juga tidak tersebar secara meluas dan hanya tertumpuk di lubang gerudi SP4. Julat kepekatan mengikut bulan adalah tetap di antara 554–686 ppm. Ini menunjukkan bahawa proses penurunan biokimia ke atas sulfat tidak berlaku di lubang gerudi SP4.

Nitrat merupakan spesis yang sangat mudah melarut dan bergerak bebas di dalam air. Walau bagaimanapun, kepekatan nitrat yang tinggi tidak tersebar secara meluas di tapak Gemencheh. Kepekatan nitrat yang tinggi hanya dapat dikesan di lubang-lubang gerudi SP9, SP10 dan SP11. Julat kepekatannya adalah diantara 64–226 ppm.

#### PERBINCANGAN

Air luluh larut terbentuk dari air hujan yang menyusup melalui timbunan sisa domestik dan ia boleh mengandungi sebatian organik dan tak organik dengan kepekatan yang tinggi. Sebatian-sebatian ini yang merupakan bahan pencemaran akan diangkut oleh air luluh larut dari tapak sisa domestik menyusup masuk ke dalam sistem air tanah. Di tapak Gemencheh didapati ada beberapa faktor yang mempengaruhi sebaran dan pergerakan bahan pencemaran. Faktor-faktor tersebut antara lain bergantung kepada spesis bahan pencemaran, kedudukan timbunan sisa domestik, faktor musim sama ada musim hujan atau musim kemarau dan hidrogeologi kawasan kajian. Faktor hidrogeologi antara lain melibatkan perilaku aliran air permukaan, perilaku aliran air tanah, pengaruh kawasan imbuhan, ketertelapan dan tindakan bersaling kimia-fizik antara bahan pencemaran dengan matriks akuifer.

Kaedah geofizik iaitu penentuan keberkonduksian elektrik merupakan kaedah tapisan awal yang penting dalam mengenalpasti sebaran dan pergerakan bahan pencemaran hasil

dari angkutan air luluh larut ini. Nilai keberkonduksian elektrik yang diukur adalah berkait rapat dengan nilai kelarutan ion-ion dalam air (Appelo and Postma, 1996). Semakin tinggi nilai keberkonduksian elektrik yang dikesan maka semakin tinggi kepekatan ion-ion yang mlarut dalam air. Ini bermakna taburan keberkonduksian elektrik dapat memberikan gambaran menyeluruh secara umum mengenai sebaran dan pergerakan bahan pencemaran dalam sistem air tanah. Dari data-data keberkonduksian elektrik menunjukkan bahawa sebaran bahan pencemaran mempunyai pola yang berulang.

Sebaran bahan pencemaran bermula dari kawasan lubang SP7 (Rajah 7) dan akibat dari pengaruh lombong berhampiran, bahan pencemaran akan bergerak menuju ke bahagian tengah kawasan timbunan sisa domestik SP11 (Rajah 8) dan terus bergerak mengarah ke timur laut di kawasan lubang gerudi SP10, SP9 dan akhirnya tertumpuk di kawasan berhampiran dengan lubang SP4 (Rajah 9). Rajah 9 iaitu sebaran bahan pencemaran pada bulan Oktober mempunyai corak yang sama dengan Rajah 10 iaitu sebaran bahan pencemaran pada bulan Julai. Ini menunjukkan bahawa bahan pencemaran akan

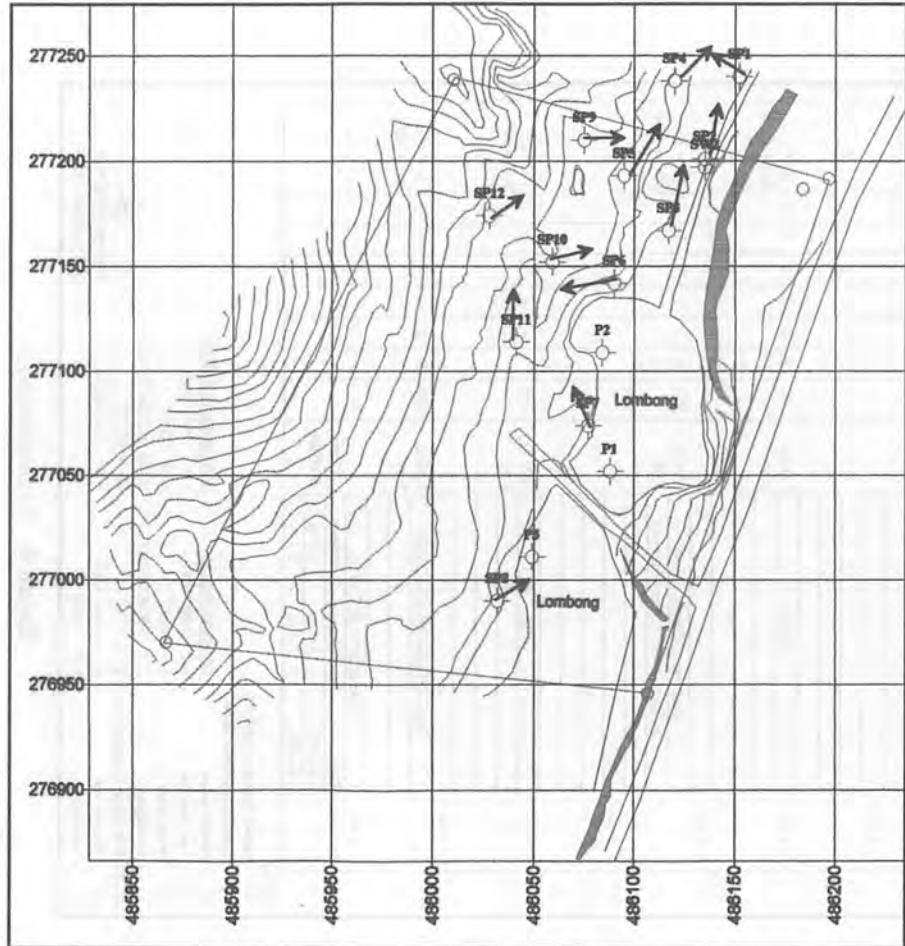
C PHI ENGINEERING SERVICES SDN.BHD.									
2C. Kedai Masjid Al-Fa'izin, Jalan 16, Desa Jaya, 52100, Kepong, Selangor Darul Ehsan.									
DEEP BORING LOG									
PROJEK:	Cadangan Pembinaan 12 Buah Piezometer Bagi Penentuan Arah Aliran Air Tanah, Gemencheh, Negeri Sembilan.								
Borehole No :	SP/4	Reduced Level :	91 . 22 m	Penvelia:		Zaid Sidek			
Sheet No :	1 of 1	Type of Drill :	YWE 1	Date Started :	12/6/98				
DEPTH (meter)	DESCRIPTION OF SOIL CONSISTENCY, COLOUR RELATIVE DENSITY, GRAIN SIZE, TEXTURE ETC.			SAMPLE					
				DEPTH (meter)	No.	SPT	REMARKS		
0.00						75 mm	75 mm	75 mm	75 mm
1.00	Medium stiff light yellow silty CLAY with traces of gravels			1.50 to 1.95	D1	1 1	1 1	1 1	2 2
2.00									
3.00	- Ditto -			3.00 to 3.45	D2	1 1	2 2	2 2	3 3
4.00	Medium stiff light yellow silty SAND with traces of gravels			4.50 to 4.95	D3	1 1	2 2	1 1	2 2
5.00									
6.00	- Ditto -			6.00 to 6.45	D4	2 2	2 2	2 2	3 3
7.00									
8.00	Very stiff grey gravelly SAND			7.50 to 7.95	D5	2 2	3 3	4 4	5 5
	End of SP 4 @ 7.50 m								
	Date	D/Boring	W/level		Times				
	13/6/98	8.0 m	2.5 m		9.00 am				
	14/6/98	8.0 m	2.4 m		-				

NOTES:

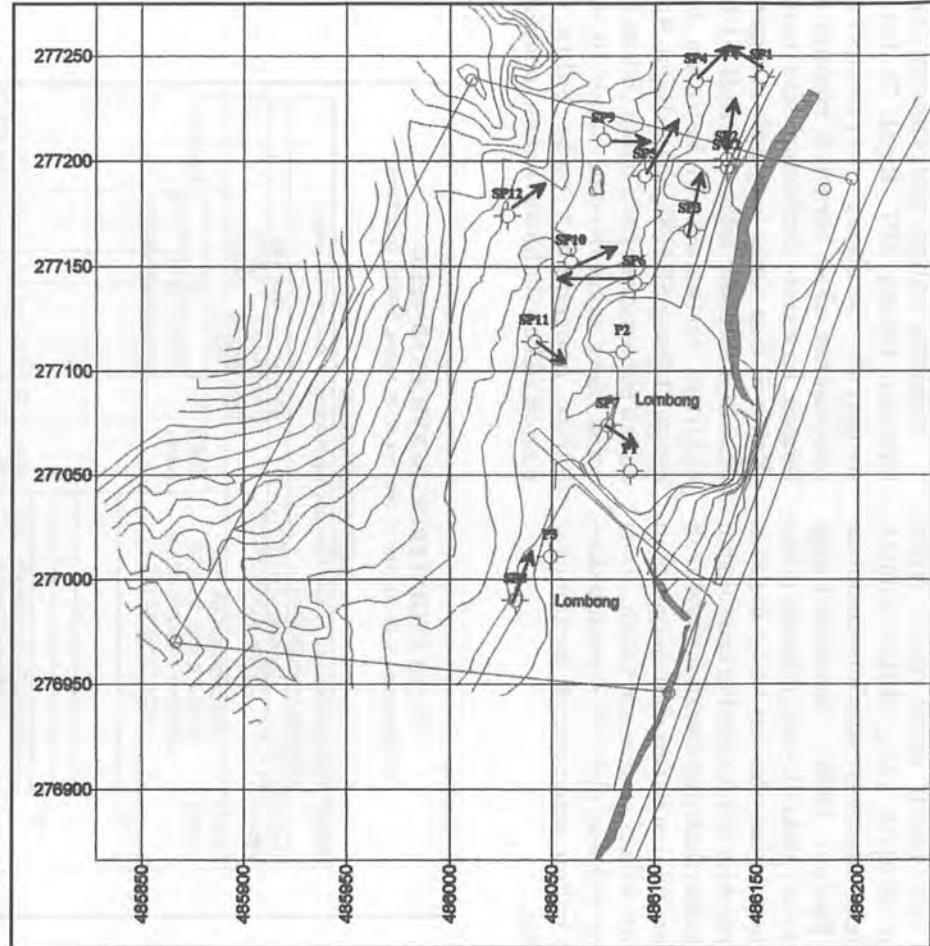
N = Standard Penetration Test (SPT)	
UD = 50mm dia. undisturbed sample	
D = Disturbed sample	COHESIVE SOIL (N)
VS = Vane Shear Test	0 - 2 VERY SOFT
W = Water sample	2 - 4 SOFT
C = Core sample	4 - 8 MEDIUM STIFF
RQD = Rock Quality Designation (%)	10 - 30 MEDIUM DENSE
R/r = Recovery ratio	8 - 15 STIFF
R/r = Recovery ratio	> 30 - HARD
	NON COHESIVE SOIL (N)
	0 - 4 VERY LOOSE
	4 - 10 LOOSE
	10 - 30 MEDIUM DENSE
	30 - 50 DENSE
	> 50 - VERY DENSE

Pegawai Pengawas  
(Penyiasatan Tapak)

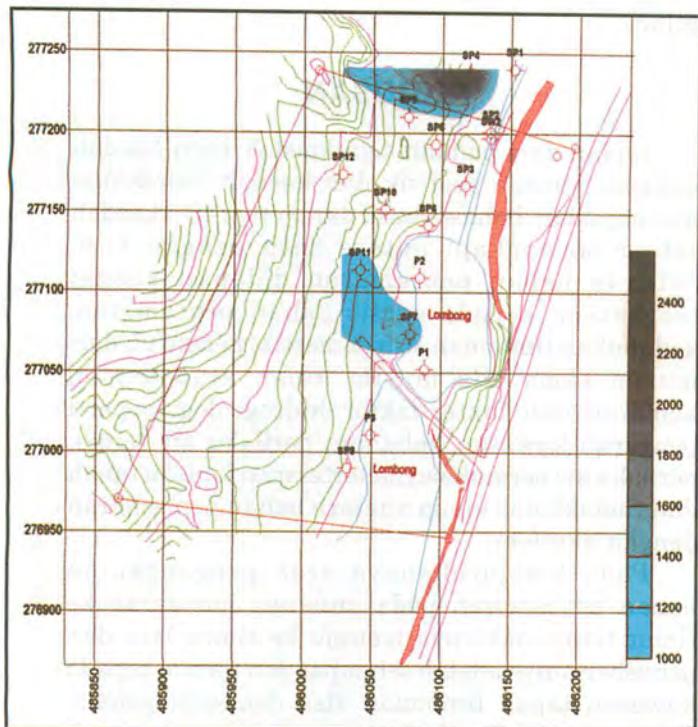
Rajah 5. Litologitanah.



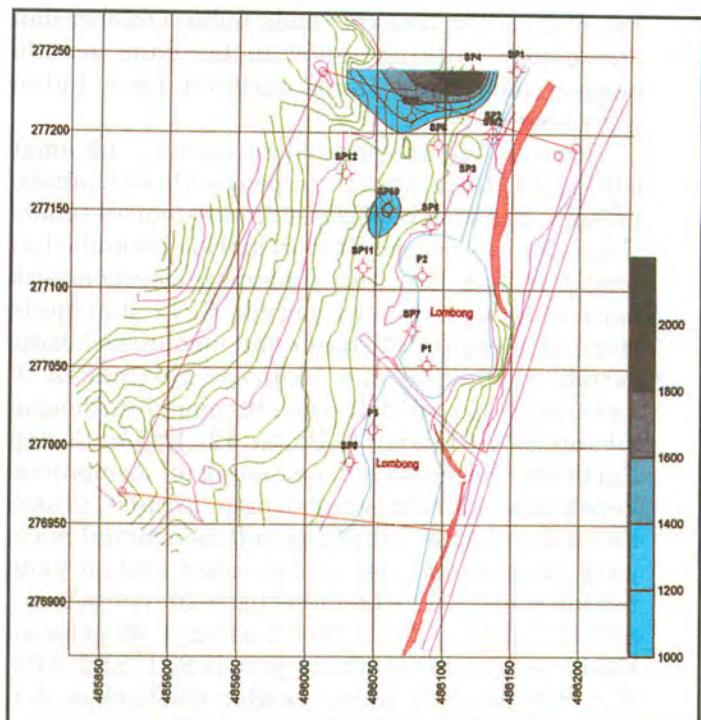
Rajah 6a. Arah air tanah di kawasan kajian pada bulan Julai 1998.



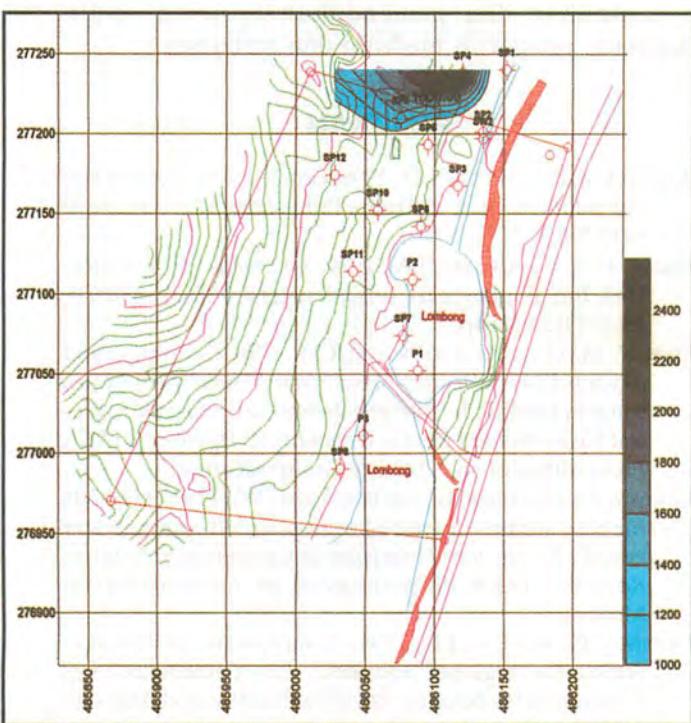
Rajah 6b. Arah air tanah di kawasan kajian pada bulan Ogos 1998.



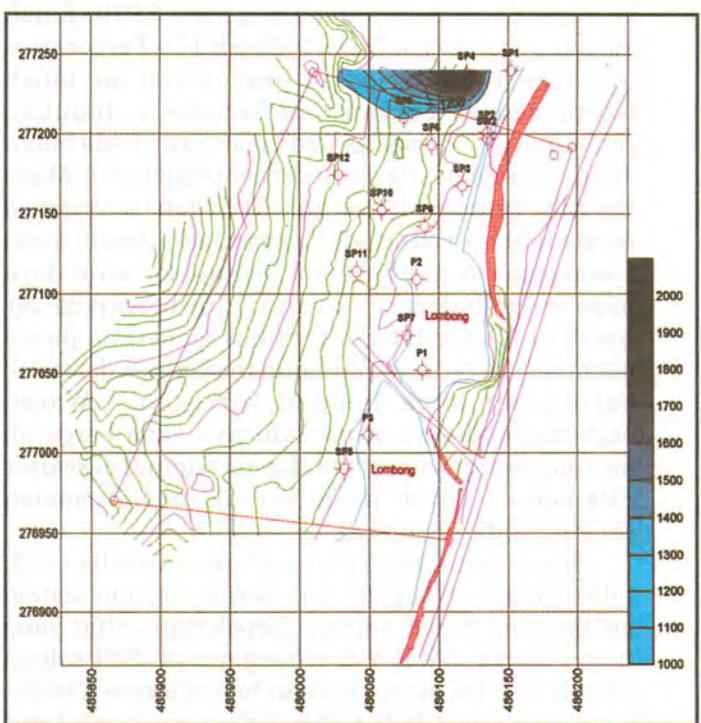
Rajah 7. Taburan keberkonduksian Ogos 1998.



Rajah 8. Taburan keberkonduksian September 1998.



Rajah 9. Taburan keberkonduksian Oktober 1998.



Rajah 10. Taburan keberkonduksian July 1998.

tersebar di kawasan timbunan sisa domestik mengikut satu kitaran lengkap iaitu bermula pada bulan Ogos dan berakhir pada bulan Oktober dan dijangkakan kitaran ini akan berulang semula dengan pola yang sama bermula pada bulan November.

Klorida adalah merupakan spesis yang amat sedikit atau tiada langsung dipengaruhi oleh proses-proses kimia atau biokimia dalam sistem air tanah. Dalam kajian ini, penyebaran klorida bermula dari tengah-tengah kawasan timbunan sisa domestik baru iaitu dari lubang gerudi SP11 dan mula bergerak mengarah ke timur laut menuju ke lubang gerudi SP10, SP9 dan akhirnya tertumpuk di kawasan yang terendah sekali berhampiran dengan lubang SP4 (Rajah 11, Rajah 12, Rajah 13 dan Rajah 14). Kesemua lubang-lubang ini mempunyai kepekatan klorida yang tinggi kerana proses kumbahan keatas lubang gerudi mengambil masa yang lama akibat dari halaju atau luahan yang rendah iaitu SP11 (0.6 m/hari), SP10 (0.3 m/hari), SP9 (1.7 m/hari) dan SP4 (0.2 m/hari). Kepekatan klorida bagi lubang-lubang gerudi SP1, SP2, SP3, SP5, SP6 dan SP7 adalah rendah disebabkan oleh halaju atau luahannya yang tinggi secara perbandingannya dan juga pengaruh dari air permukaan iaitu air lombong dan anak sungai.

Manakala dari keputusan analisa nitrat didapati pencemaran kepekatan nitrat yang tinggi bermula dari arah timur laut di lubang gerudi SP9 (Rajah 15) dan beransur-ansur bergerak menuju ke barat daya melalui lubang gerudi SP10 (Rajah 16) dan lubang gerudi SP11 (Rajah 17). Pergerakan nitrat ini tidak mengikut arah aliran air tanah tetapi sangat bergantung kepada kedudukan timbunan sisa domestik pada masa itu. Pada bulan Julai, sisa domestik baru ditimbunkan oleh Majis Daerah Tampin di sekitar SP9 dan seterusnya memenuhi ruang atas permukaan tanah yang kosong dari arah timur laut menuju ke barat daya pada bulan-bulan berikutnya. Ini bermakna air tanah di lubang-lubang tersebut menerima punca nitrat secara terus dari timbunan sisa-sisa domestik baru yang kaya dengan nitrogen. Walau bagaimanapun nitrat ini akhirnya akan bergerak menuju ke arah timur laut dan terkumpul di sekitar SP4 kerana nitrat dalam bentuk anionik adalah sangat mudah bergerak.

Spesis sulfat hasil dari timbunan sisa domestik tidak memberi impak yang serius kepada sistem air tanah di tapak kajian. Kepekatan sulfat yang tinggi hanya dikesan di lubang gerudi SP4 sahaja (Rajah 18). Ini menunjukkan bahawa spesis sulfat hanya sedikit sekali terhasil dari air luluh larut sisa domestik. Lubang gerudi SP4 berhampiran dengan kuari dan kemungkinan besar kawasan di

sekitaran SP4 bersentuhan dengan batuan igneus yang mengandungi gipsum yang kaya dengan sulfat.

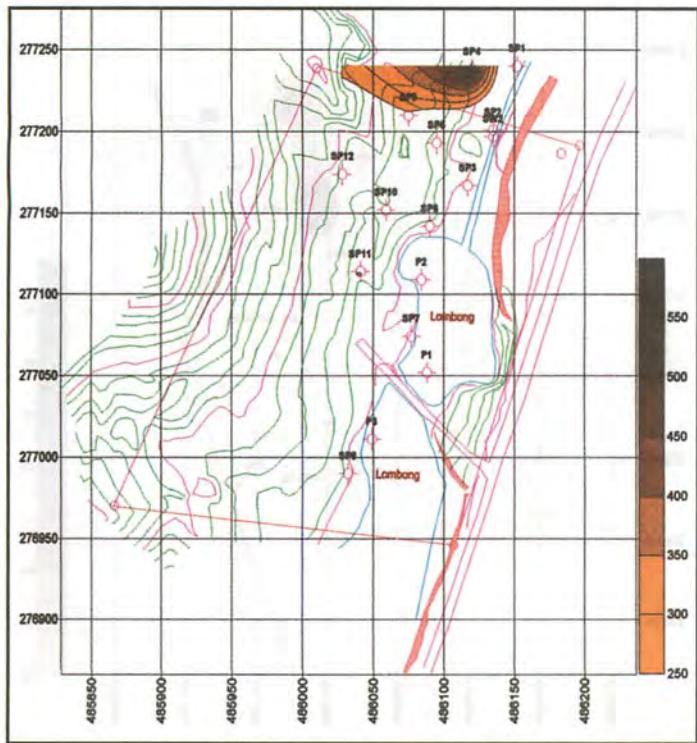
## RUMUSAN

Kajian dari paduan tiga kaedah iaitu kaedah nuklear, kaedah geofizik dan kaedah hidrokimia menunjukkan bahawa hasil dari ketiga-tiga kaedah saling melengkap antara satu dengan lain. Sebaran bahan pencemaran didapati sangat bergantung kepada spesis bahan pencemaran, kedudukan timbunan sisa domestik, pengaruh dari musim sama ada musim hujan atau musim kemarau dan faktor-faktor hidrogeologi seperti pengaruh kawasan imbuhan, perilaku air tanah, perilaku air permukaan, ketertelapan lapisan tanah dan tindakbalas kimia anatara bahan pencemaran dengan akuifer.

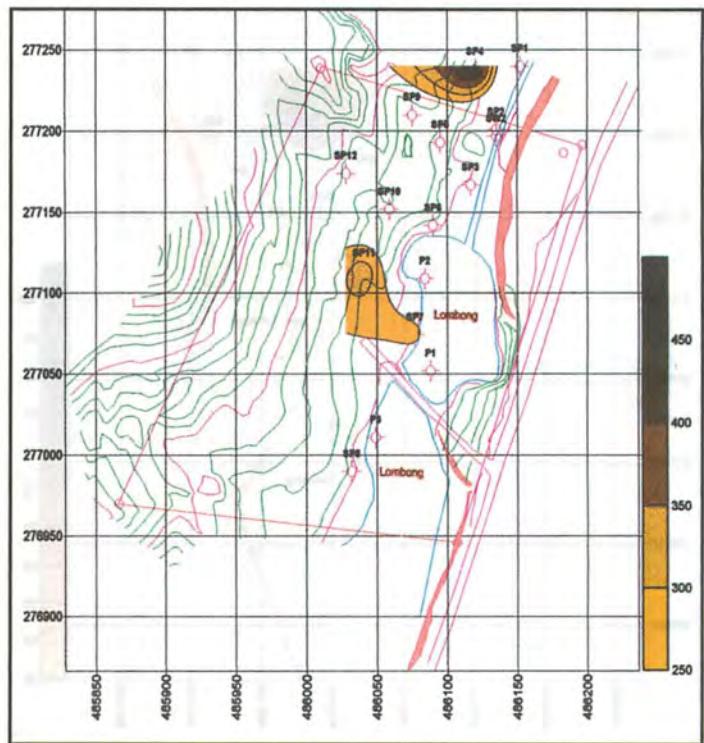
Pada keseluruhannya arah pengangkutan bahan pencemaran pada mulanya mengarah ke timur tetapi akhirnya menuju ke timur laut dan penyebarannya adalah setempat dan terhad kepada kawasan tapak timbunan sisa domestik sahaja. Kawasan di hilir dari timbunan sisa domestik didapati sedikit sekali tercemar. Ini menunjukkan bahawa semasa bahan pencemaran bergerak di dalam sistem air tanah, berlakunya pengecilan tahap pencemaran akibat dari proses penulinan sendiri yang melibatkan proses-proses pencairan, jerapan, pengoksidan, penurunan, penukar ion, pemendakan dan pemendakan beriring selain daripada pengaruh medium dan imbuhan.

## RUJUKAN

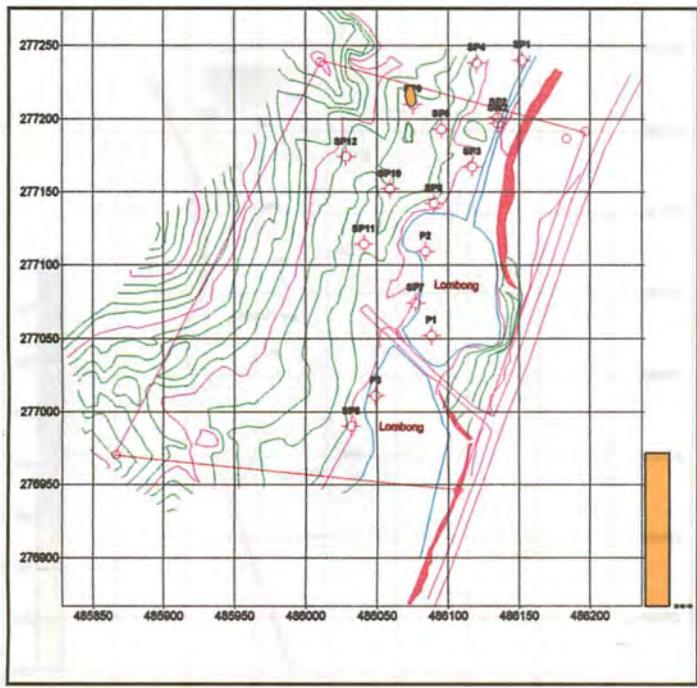
- APPELO, C.A.J. AND POSTMA, D., 1996. *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A. Balkema Publishers, USA. ISBN 90 5410 105 9.
- FREEZE, R.A. AND CHERRY, J.A., 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632. ISBN 0-13-365312-9, 384p.
- Fritz, P., MATTHESS, G. AND BROWN, R.M., 1976. Deuterium and oxygen-18 as indicators of leachwater movement from a sanitary landfill. In: *Interpretation of Environmental Isotope and Hydrochemical Data in Groundwater Hydrology*. IAEA Proceedings of an Advisory Group Meeting.
- GOLWER, A., MATTHESS, G. AND SCHNEIDER, W., 1980. Methods for case studies of waste-borne polluted groundwater zones. In: *Nuclear Techniques in Groundwater Pollution Research*. IAEA Proceedings of an Advisory Group Meeting.
- JACOBSON, G. AND LAU, J.E., 1994. Groundwater pollution in Australian regional aquifers. In: *Contamination of Groundwaters*. Science Reviews Northwood ISBN 0-905927-44-3.
- KJELDSEN, P., BJERG, P.L. AND WINTHROP, P., 1995. Assesment of the spatial variability in Leachate migration from an old



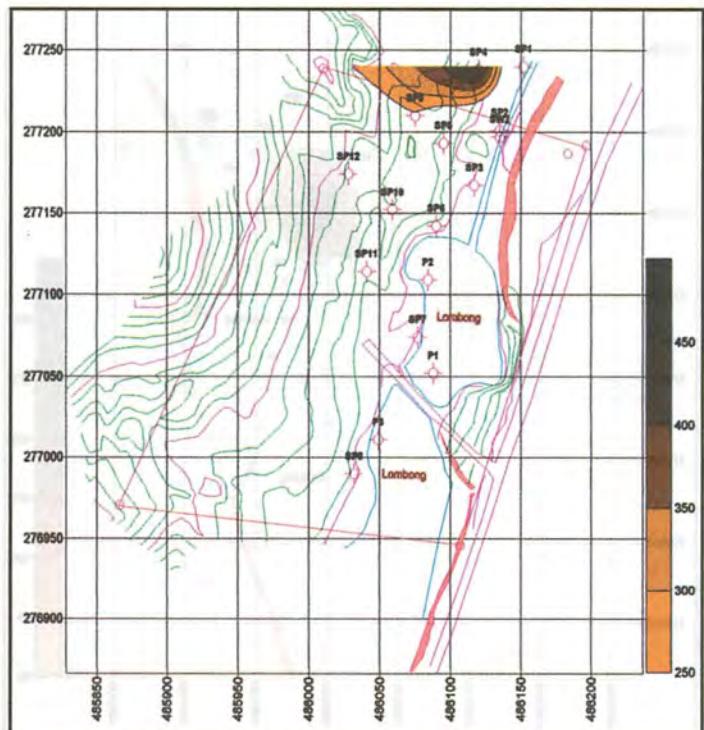
Rajah 11. Taburan kepekatan klorida Julai 1998.



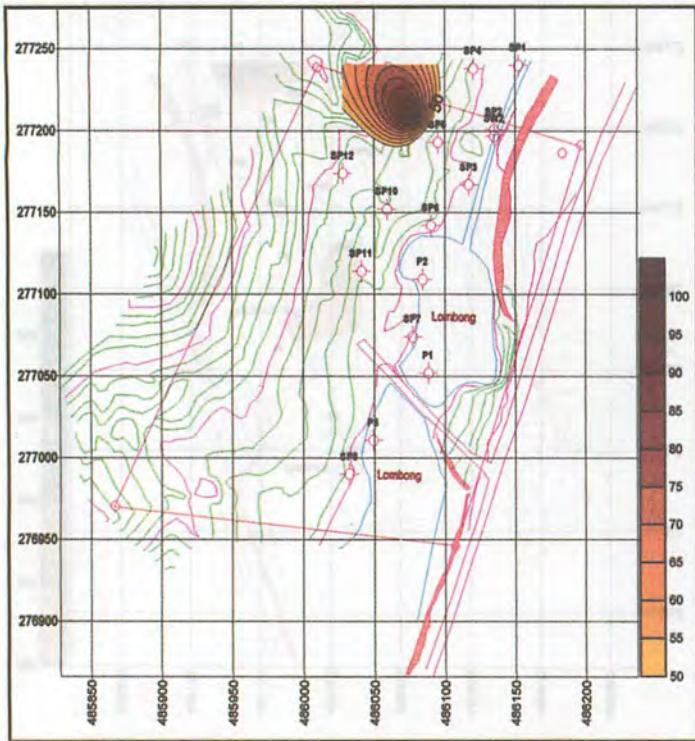
Rajah 12. Taburan kepekatan klorida Ogos 1998.



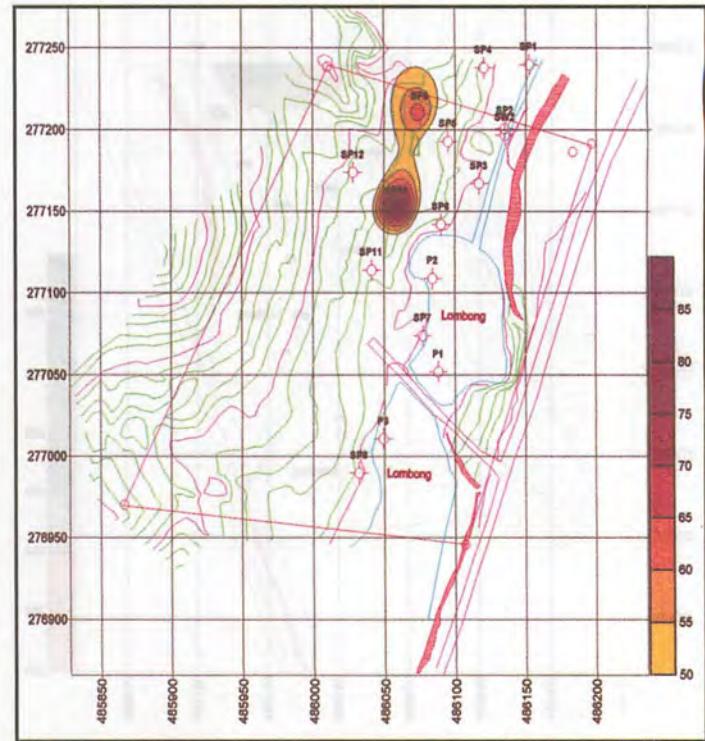
Rajah 13. Taburan kepekatan klorida September 1998.



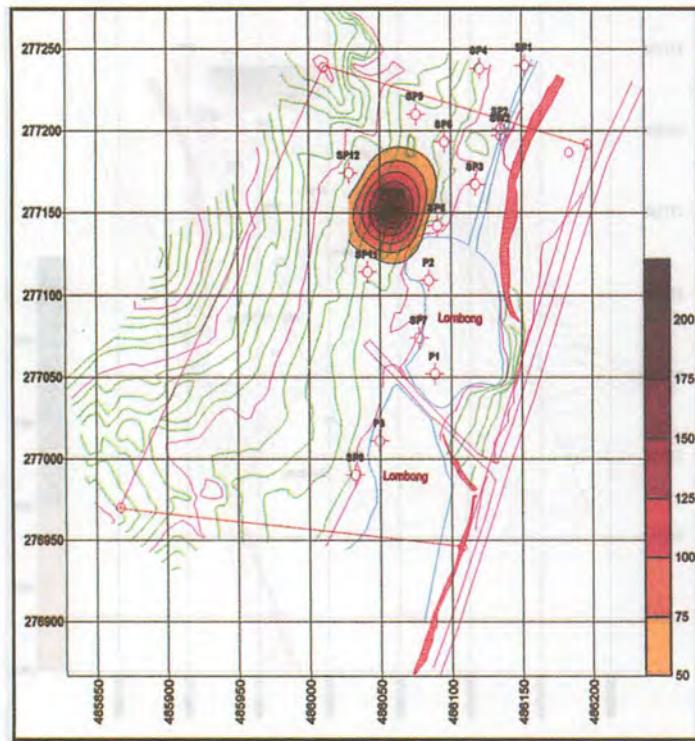
Rajah 14. Taburan kepekatan klorida Oktober 1998.



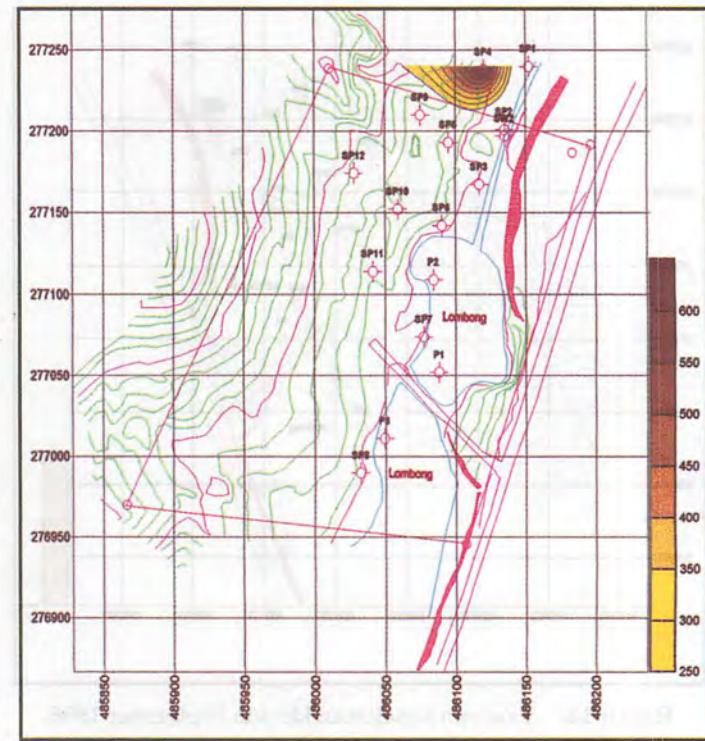
Rajah 15. Taburan kepekatan nitrat Julai 1998.



Rajah 16. Taburan kepekatan nitrat Ogos 1998.



Rajah 17. Taburan kepekatan nitrat September 1998.



Rajah 18. Taburan kepekatan sulfat di kawasan kajian.

- landfill site. In: Rugge, K., Pedersen, J.K., Skov, B., Foverskov, A. and Christensen, T.H. (Eds.), IAHS Publ. no. 225.

LAPORAN UNESCO, 1996. Improving management and protection of groundwater resources in Indonesia, Malaysia, Thailand and Vietnam.

MACFARLANE, D.S. AND CHERRY, J.A., 1983. Migration of contaminants in groundwater at a landfill. In: Gillham, R.W. and Sudicky E.A. (Eds.), *Journal of Hydrology*. 63(1) 2).

MAZOR, E., 1991. Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology Open University Press. ISBN 0-335-15212-0.

RAND, M.C., GREENBERG, A.E. AND TARAS, M.J., 1975. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 14th Edition. American Public Health Association Washington, DC 200036.

TODD, D.K., 1980. Groundwater Hydrology 2nd edition John Wiley & Sons Inc., New York. ISBN 0-471-08641-X.

*Manuscript received 2 August 1999*