

Sifat Kimia Tanah Serta Keupayaan Penjerapan Logam Berat Oleh Tanah Di Sekitar Negeri Selangor

Suzana Ismail, Wan Zuhairi Wan Yaacob & Abdul Rahim Samsudin

Program Geologi, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam,
Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 UKM, Bangi, Selangor D.E.

Abstrak: Kajian sifat kimia tanah serta keupayaan penjerapan logam berat plumbum (Pb), kuprum (Cu) dan nikel (Ni) oleh tanah baki granit dari Broga (BRGr), tanah metasedimen terluluhawa dari Air Hitam (AHMs), tanah endapan sungai dari Ampar Tenang (ATRa) dan tanah metasedimen dari Kalumpang (KLMs) dilakukan dengan menggunakan kaedah Batch Equilibrium Test (BET). Sifat kimia tanah ditentukan dengan ujian nilai pH, kandungan bahan karbonat, kandungan bahan organik dan keupayaan pertukaran kation (CEC). Tanah KLMs mempunyai nilai pH yang paling tinggi yang berjulat dari 5.45-5.79, manakala pH terendah pada tanah ATRa yang berjulat 3.96-4.08. Tanah BRGr mempunyai kandungan bahan karbonat (0-0.2%), organik (0-0.1%) serta nilai CEC (1.37-1.89meq/100g) yang terendah manakala yang tertinggi adalah tanah ATRa dengan kandungan karbonat (7.25-8.20%), organik (12.04-13.05%) dan CEC (6.68-8.48meq/100g). Bagi ujian penjerapan, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kadar penjerapan logam berat oleh tanah seperti faktor perubahan kepekatan, perubahan masa, perubahan kedalaman, perubahan nilai pH, dan kesan penambahan kandungan komponen tanah iaitu bahan berkapur, bahan organik dan bahan amorfus. Keupayaan penjerapan Pb oleh tanah; ATRa > KLMs > BRGr > AHMs, penjerapan Cu oleh tanah; ATRa > BRGr > AHMs > KLMs dan penjerapan Ni oleh tanah; ATRa > AHMs > BRGr > KLMs. Keselektifan logam berat untuk penjerapan oleh keempat-empat jenis tanah: Pb > Cu > Ni.

Abstract: Chemical tests and the sorption capability of granitic soil from Broga (BRGr), weathered metasediment from Air Hitam (AHMs), river alluvium from Ampar Tenang (ATRa) and metasediment soil from Kalumpang (KLMs) against various heavy metals, i.e. lead (Pb), copper (Cu) and nickel (Ni) were undertaken using the *Batch Equilibrium Test* (BET). The chemical tests determined were pH value, carbonate content, organic content and cation exchange capacity (CEC). The KLMs soil has highest pH (5.45-5.79) and while lowest pH is shown by ATRa soil (3.96-4.08). The percentages of carbonate content in BRGr soil are 0-0.2%, organic (0-0.1%) and CEC (1.37-1.89meq/100g) are the lowest among the soils. The highest values are ATRa soil with carbonate contents (7.25-8.20%), organic (12.04-13.05%) and CEC (6.68-8.48meq/100g). For the sorption tests, there are different factors that control the sorption process, such as concentration of heavy metals, time of agitation, sampling depth, pH of the system, and an addition of various soil active components (i.e. lime, organic matter and amorphous material). The adsorption capability on Pb by soils; ATRa > KLMs > BRGr > AHMs, adsorption capability on Cu by soils; ATRa > BRGr > AHMs > KLMs and adsorption capability on Ni by soils; ATRa > AHMs > BRGr > KLMs. The selective heavy metals on adsorption capability by all four types of soil; Pb > Cu > Ni.

PENGENALAN

Tanah mempunyai keupayaan untuk menyerap logam berat bergantung kepada komposisi tanah dan beberapa faktor yang mempengaruhi proses penjerapan seperti masa sentuhan tanah terhadap logam berat, nilai kepekatan awal logam berat, pH medium percampuran tanah dengan logam berat dan lain-lain lagi. Tanah yang mempunyai pH yang tinggi, kandungan bahan organik, bahan amorfus, mineral lempung dan bahan karbonat (berkapur) yang tinggi mempunyai keupayaan untuk menyerap logam berat yang lebih baik (Buchter et al. 1989; Wan Zuhairi, 2003). Jerapan tanah terhadap logam berat banyak dipengaruhi oleh sifat fizikal-kimia tanah, kepekatan logam berat dalam larutan, pH, kedalaman persampelan dan kandungan komposisi komponen aktif tanah seperti bahan karbonat, bahan organik, dan bahan amorf oksida/hidroksida.

BAHAN DAN KAEDAH

Sejumlah empat sampel dikaji dalam penyelidikan ini iaitu tanah baki granit dari Broga (BRGr), tanah

metasedimen terluluhawa dari Air Hitam (AHMs), tanah endapan sungai dari Ampar Tenang (ATRa) dan tanah metasedimen dari Kalumpang (KLMs) menggunakan ujian penjerapan berkelompok (BET) serta ujian kimia tanah iaitu ujian nilai pH, kandungan bahan karbonat, kandungan bahan organik dan keupayaan pertukaran kation (CEC).

Ujian Perimbangan Berkelompok atau '*Batch Equilibrium Test*' (BET) merupakan satu ujian yang dilakukan terhadap sampel tanah, di mana ia bertujuan untuk menentukan kadar jerapan tanah terhadap logam-logam berat seperti kuprum, nikel, dan plumbum. Banyak kajian yang telah dijalankan menggunakan kaedah ini terhadap pelbagai sampel tanah di seluruh dunia bagi pelbagai tujuan.

Kaedah BET ini dilakukan berdasarkan kaedah Griffin et al. (1978) dan EPA (1992) iaitu dengan menggunakan sampel tanah dan larutan yang mengandungi unsur pencemar yang tertentu. Dalam kajian ini, sampel tanah yang diuji keupayaannya untuk menyerap unsur pencemar iaitu logam berat Cu, Pb, dan Ni dengan kepekatan 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 dan 500mg/l. Bagi menguji kepekatan logam Cu yang terjerap di dalam tanah tersebut, maka garam $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ digunakan untuk menghasilkan larutan yang mengandungi

ion Cu^{2+} . Begitu juga bagi jenis-jenis logam berat yang lain, masing-masing akan menggunakan garam yang sesuai dengan logam yang akan dianalisis. Larutan logam berat tersebut dicampurkan dengan tanah dengan nisbah 10:1. Analisis larutan dilakukan dengan menggunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS) bagi mendapatkan kepekatan unsur Cu yang tinggal di dalam larutan (C_f). Jumlah logam berat yang dipindahkan daripada larutan kepada butiran tanah (q) dikira berdasarkan kepada formula :

$$q = \frac{(C_o - C_f) V}{M} \quad (1)$$

Di mana ;

q : jumlah unsur pencemar yang dipindahkan daripada larutan mg/g.

C_o : kepekatan unsur pencemar dalam larutan sebelum ditambahkan dengan sampel tanah (mg/l).

C_f : kepekatan dalam keseimbangan; yang tertinggal dalam larutan selepas ujian (mg/l).

V : isipadu yang digunakan (40ml).

M : jisim tanah yang digunakan (4g).

HASIL DAN PERBINCANGAN

Sifat Kimia Tanah

Data ujian sifat kimia tanah ke atas empat jenis tanah berbeza ditunjukkan dalam Jadual 1. sebanyak 12 sampel telah dikaji yang terdiri tiga sampel yang mewakili setiap kawasan.

Jadual 1 menunjukkan parameter kimia tanah yang telah dikaji ke atas sampel tanah. Dari segi nilai pH tanah, tanah KLMs mempunyai nilai pH tertinggi berbanding tanah-tanah yang lain, di mana pH tanah KLMs ber julat di antara 5.45-5.79, manakala pH terendah adalah bagi tanah ATRa iaitu dengan nilai yang ber julat di antara 3.96-4.08. Kandungan bahan organik di dalam tanah ATRa menunjukkan peratusan tertinggi iaitu dalam julat 12.04-13.05% manakala kandungan terendah adalah di dalam tanah BRGr iaitu ber julat di antara 0-0.1%. Kandungan bahan karbonat yang paling tinggi adalah di dalam tanah ATRa yang ber julat 7.25-8.2% dan yang terendah adalah di dalam tanah BRGr dengan julat di antara 0-0.2%. Tanah yang mempunyai nilai CEC dan kehadiran mineral lempung montmorilonit yang tinggi mempunyai nilai jerapan yang tinggi. Tanah ATRa mempunyai nilai CEC yang tinggi dan yang terendah adalah tanah BRGr berbanding tanah-tanah yang lain.

Jadual 1: Data ujian kimia tanah yang dikaji.

Property	pH	% Organik	% Karbonat	CEC (meq/100g)
AHMs	5.05-5.15	1.07-1.2	1.5-2.2	5.28-6.92
ATRa	3.96-4.08	12.04-13.05	7.25-8.20	6.68-8.48
BRGr	4.11-4.9	0-0.1	0-0.2	1.37-1.89
KLMs	5.45-5.79	1.12-1.25	2.0-2.1	4.59-5.08

CEC = Keupayaan pertukaran kation

AHMs = Air Hitam (metasedimen terluluhawa)

ATRa = Ampar Tenang (endapan sungai)

BRGr = Broga (tanah baki granit)

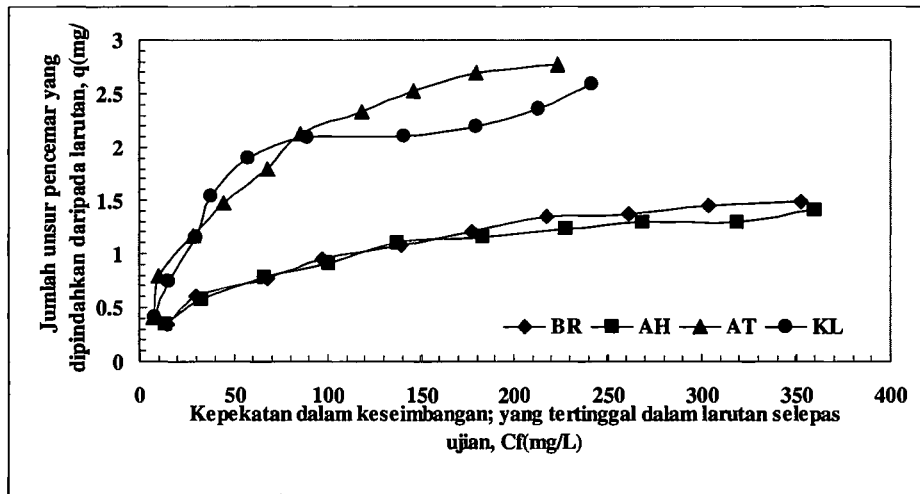
KLMs = Kalumpang (metasedimen)

Ujian Perimbangan Berkelompok (BET)

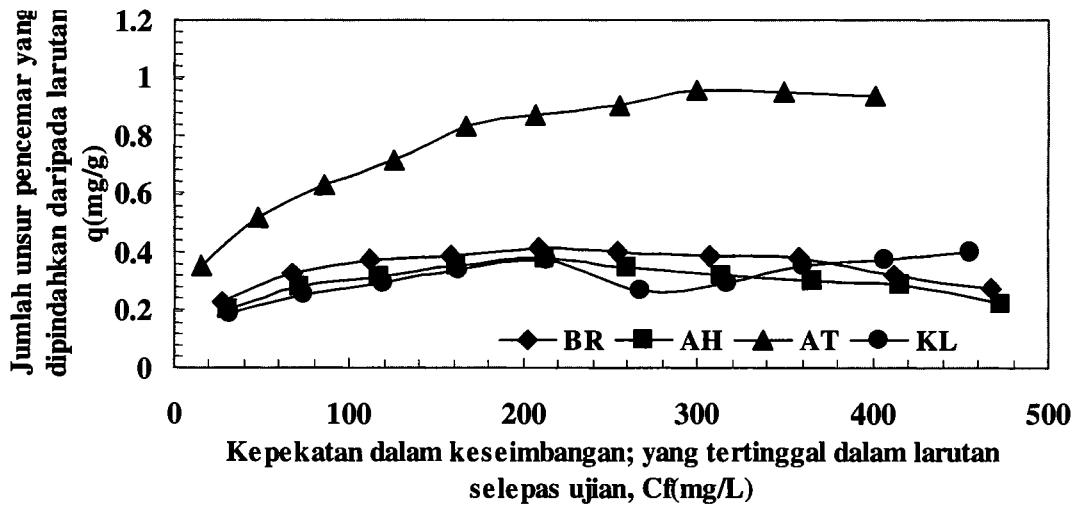
Melalui ujian BET, didapati kepekatan awal logam nikel (Ni), plumbum (Pb) dan kuprum (Cu) di dalam larutan (C_o) berkurang setelah digoncang selama 24 jam. Keadaan ini disebabkan oleh sebahagian daripada larutan logam ini telah dijerap oleh sampel tanah. Kepekatan Ni, Pb dan Cu yang masih tinggal di dalam larutan (C_f) dikatakan berada di dalam keadaan keseimbangan. Kepekatan Ni, Pb dan Cu yang dijerap oleh tanah (q) boleh dikira dengan menggunakan Formula (1). Graf q melawan C_f boleh diplot dan graf ini dipanggil isoterma penyerapan (adsorption isotherm).

Jumlah Pb yang dijerap meningkat terhadap pertambahan kepekatan keseimbangan Pb dalam larutan (Rajah 1). Tanah ATRa menyerap lebih banyak Pb berbanding tanah lain. Jumlah tertinggi Pb yang dijerap oleh tanah ATRa adalah 2.829mg/g (i.e. sebanyak 56.48% daripada kepekatan awal $Pb_o = 500.9\text{mg/l}$). Tanah ATRa menyerap sebanyak 85.05% Pb pada kepekatan awal $Pb_o = 48.9\text{mg/l}$, ini jelas menunjukkan bahawa pada kepekatan awal yang rendah, tanah ATRa masih mempunyai banyak ruang atau tapak perlekatan yang kosong untuk Pb. Pada kepekatan awal tertinggi, tapak ini telah pun diisi oleh sebahagian Pb yang menyebabkan hanya separuh sahaja daripada jumlah Pb dapat dijerap. Dapatlah dikatakan bahawa penyerapan sangat aktif akan berlaku pada kepekatan Pb yang rendah. Jumlah Pb yang dijerap adalah tinggi pada kepekatan awal yang tinggi, walaupun peratus penyerapannya adalah rendah. Keadaan ini berlaku disebabkan oleh tapak perlekatan Pb telah mengalami penepuan dengan Pb dan banyak yang masih bebas di dalam larutan. Keupayaan penyerapan Pb oleh tanah yang berbeza ini boleh disusun mengikut urutan berikut; ATRa > KLMs > BRGr > AHMs.

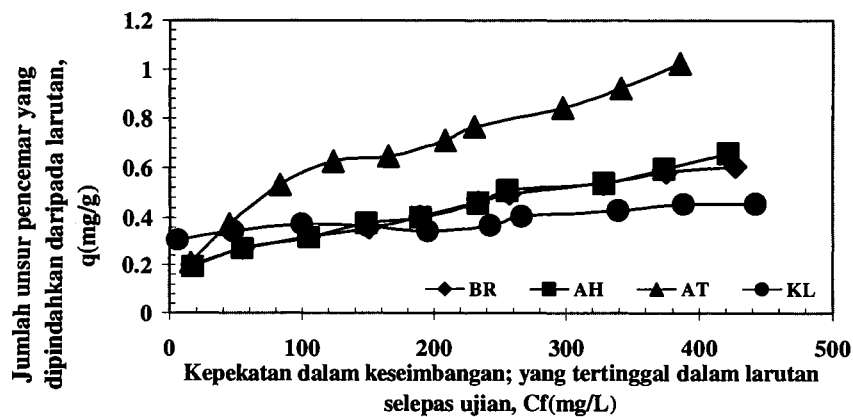
Lengkung penyerapan kation Cu menunjukkan bentuk atau trend yang sama di mana jumlah Cu yang dijerap adalah bertambah dengan peningkatan kepekatan larutan dalam keseimbangan (Rajah 2). Penyerapan tertinggi ditunjukkan oleh tanah ATRa dengan nilai jerapan 0.935mg/g pada kepekatan awal 495.3mg/L dengan nilai peratus sebanyak 18.88% manakala yang terendah oleh tanah KLMs iaitu 0.3518mg/g pada kepekatan awal yang sama. Keupayaan penyerapan Cu oleh tanah boleh disusun seperti berikut; ATRa > BRGr > AHMs > KLMs.



Rajah 1: Lengkung penjerapan Pb oleh semua jenis tanah



Rajah 2: Lengkung penjerapan Cu oleh semua jenis tanah



Rajah 3: Lengkung penjerapan Ni oleh semua jenis tanah

Jumlah Ni yang dijerap didapati bertambah terhadap kepekatan pada awalnya terhadap pertambahan kepekatan awal bagi kesemua tanah yang diuji (Rajah 3). Tanah ATRa menyerap Ni dengan kadar tertinggi iaitu sebanyak 1.04mg/g pada kepekatan awal Nio = 487.9mg/l, manakala tanah KLMs mampu menyerap Ni dengan kadar yang paling rendah iaitu sebanyak 0.489mg/g pada kepekatan awal yang sama. Keupayaan penyerapan Ni oleh tanah boleh disusun seperti berikut; ATRa>AHMs>BRGr>KLMs.

Dalam sistem unsur tunggal, penyerapan logam berat Pb, Cu dan Ni adalah berbeza, di mana ia sangat bergantung kepada keselektifan logam berat tersebut terhadap penyerapan oleh tanah. Pb mempunyai keselektifan tertinggi, ini bermakna Pb lebih mudah untuk dijerap berbanding logam berat yang lain. Keselektifan logam berat untuk penyerapan oleh keempat-empat jenis tanah adalah seperti berikut; Pb> Cu> Ni. Keselektifan logam ini sangat berkait rapat dengan jejari ion, di mana ion Pb mempunyai jejari ion yang lebih besar berbanding dengan jejari ion Cu dan Ni. Ni mempunyai jejari ion yang terkecil iaitu 69 pikometer.

KESIMPULAN

Kajian yang telah dijalankan ini telah membuktikan yang terdapat banyak faktor yang mempengaruhi kadar penyerapan logam berat oleh tanah. Kepekatan larutan adalah berkadar langsung dengan penyerapan logam berat oleh tanah. Kepekatan larutan adalah berkadar langsung dengan penyerapan logam berat oleh tanah. Kepekatan larutan pada keseimbangan yang tinggi akan memberi nilai jerapan yang rendah. Keupayaan penyerapan Pb oleh tanah; ATRa> KLMs> BRGr> AHMs, penyerapan Cu oleh tanah; ATRa> BRGr> AHMs> KLMs dan penyerapan Ni oleh tanah; ATRa> AHMs> BRGr> KLMs. Keselektifan logam berat untuk penyerapan oleh keempat-empat jenis tanah:

Pb> Cu> Ni. Keselektifan logam berat untuk penyerapan oleh keempat-empat jenis tanah: Pb> Cu> Ni.

PENGHARGAAN

Terima kasih di atas bantuan teknikal dari En Yaakob Othman dari Makmal Geokimia, Program Geologi, UKM. Penyelidikan ini ditaja oleh MOSTI (IRPA 08-02-0008 EA178).

RUJUKAN

- Buchter, B., Davidoff, B., Amacher, M.C., Hinz, C., Iskandar, I.K., Selim, H.M. 1989. Correlation of Freundlich Kd and n retention parameters with soils and elements. *Soil Science*. 148(5):370-379.
- Daniel, D.E. 1993. Clay liners. Dlm. Daniel, D.E. *Geotechnical Practice for Waste Disposal*. Great Britain: Chapman & Hall.
- EPA, 1992. Batch-Type Procedures for Estimating Soil Adsorption of Chemicals, EPA/530/SW-87/006-F. Washington, D.C. : Environmental Protection Agency.
- Griffin, R.A., Shimp, J.D., Steete, J.D., Rudi, R.R., White, W.A. & Hughes, G.M. 1978. An attenuation of pollution in municipal landfill leachate by passage through clay. *Environment Science and Technology* 10: 1262-1268.
- Wan Zuhairi, W.Y. 2003. Sorption capacity on lead, copper, and zinc by clay soils from South Wales, UK. *Environmental Geology*. 45:236-242.

Manuscript received 31 March 2005