

ANALISIS KORELASI LOGAM-LOGAM BERAT DALAM TANAH PERTANIAN FRAKSI LITOGEN DAN TAK LITOGEN DI SEPANG DAN PETALING TIN, SELANGOR

¹Ahmad Mahir Razali, ¹Hue Yun Jy, ²Khairah Jusoh, ²Cheah Siew Lin,

²Maimon Abdullah dan ³Aminah Abdullah

¹Pusat Pengajian Sains Matematik

²Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam

³Pusat Pengajian Sains Kimia dan Teknologi Makanan

Fakulti Sains dan Teknologi

Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

Abstrak: Penentuan kandungan logam berat dalam tanah telah dijalankan di kawasan Sepang dan Petaling Tin. Logam berat yang dikaji adalah Pb, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn dan Zn. Sampel tanah untuk kajian ini diekstrak dengan menggunakan kaedah pengekstrak berjujukan merangkumi pengekstrakan logam-logam berat dalam fraksi litogen dan fraksi tak litogen. Analisis korelasi telah dilakukan untuk mengetahui perkaitan antara logam-logam berat dalam tanah fraksi litogen dan tanah fraksi tak litogen. Hasil analisis menunjukkan kebanyakan logam berat adalah berkorelasi signifikan antara satu sama lain. Logam Cd dan Cu mempunyai korelasi signifikan dalam kedua-dua jenis tanah fraksi litogen dan tak litogen di kedua-dua kawasan kajian. Cr dan Fe pula berkorelasi signifikan dalam tanah fraksi litogen sahaja di kedua-dua kawasan kajian. Sementara Pb dan Mn pula mempunyai korelasi signifikan dalam tanah fraksi tak litogen sahaja di kedua-dua kawasan kajian. Analisis korelasi antara logam berat dalam tanah dengan faktor pH tanah, peratus saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math> dan peratus karbon organik turut dilakukan. Di kawasan Sepang, logam berat dalam kedua-dua fraksi tanah didapati tidak berkorelasi signifikan dengan pH tanah dan peratus karbon organik. Faktor peratus saiz butiran tanah berkorelasi signifikan dengan Mn dan Zn dalam tanah litogen. Di Petaling Tin pula, logam berat dari kedua-dua fraksi tanah tidak menunjukkan korelasi signifikan dengan pH tanah. Pb dan Fe dalam tanah tak litogen berkorelasi signifikan dengan peratus saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math>. Apabila data kedua-dua kawasan kajian digabungkan, didapati saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math> tidak mempengaruhi kehadiran logam-logam berat dalam kedua-dua fraksi tanah. Pb, Cr dan Mn dari tanah litogen berkorelasi signifikan dengan pH tanah. Manakala Mn dari tanah tak litogen berkorelasi signifikan dengan peratus karbon organik pula.

Kata kunci: Analisis korelasi, logam berat, tanah fraksi litogen, tanah fraksi tak litogen, pH, saiz butiran tanah, karbon organik.

PENGENALAN

Kegiatan pertanian telah memainkan peranan yang penting sebagai satu penyumbang utama kepada pendapatan kasar negara di Malaysia. Namun demikian, kegiatan pertanian sering dibelenggu oleh masalah pencemaran seperti pencemaran udara, air dan tanah akibat proses semula jadi dan aktiviti manusia seperti aktiviti pembangunan [4, 5]. Pencemaran tanah oleh logam berat seperti kuprum (Cu), kadmium (Cd), kromium (Cr), zink (Zn), plumbum (Pb), mangan (Mn) dan ferum (Fe) secara berlebihan akan menyebabkan logam berat akan diserap dan diangkut ke dalam rantai makanan melalui tumbuhan dan akhirnya membawa kesan sampingan kepada manusia dan haiwan [7, 8]. Tujuan kajian ini dijalankan adalah untuk melihat sama ada terdapat perkaitan atau korelasi antara kandungan logam-logam berat dalam tanah pertanian fraksi litogen dan tanah pertanian fraksi tak litogen di Sepang dan Petaling Tin, Selangor.

BAHAN DAN KAEDAH

Persampelan telah dilakukan di kawasan Agrotek, Sepang dan Petaling Tin, Selangor. Sebanyak 12 sampel tanah telah diambil secara rawak dari setiap kawasan yang berlainan di lokasi kajian. Kaedah makmal yang digunakan bagi pengekstrakan dan analisis logam berat dalam tanah adalah modifikasi kaedah pengekstrakan berjujukan oleh Badri [2], dan diterangkan dengan terperinci oleh Cheah [1]. Logam-logam berat yang dikaji ialah Pb, Cd, Cu, Cr, Fe, Mg dan Zn. Seterusnya ujian statistik

digunakan terhadap data bagi melihat sama ada terdapat korelasi yang signifikan di antara logam-logam berat dalam tanah fraksi litogen dan tak litogen di kedua-dua kawasan kajian tersebut. Ujian statistik juga digunakan untuk melihat sama ada faktor-faktor pH tanah, peratus saiz butiran <63µm tanah dan peratus karbon organik dalam tanah mempengaruhi kehadiran logam-logam berat tersebut.

Analisis korelasi merupakan kaedah untuk menentukan hubungan yang mungkin di antara dua pembolehubah. Pekali korelasi dikira untuk memperoleh ukuran bagi darjah hubungan antara pasangan pembolehubah bagi suatu set data. Misalkan data X_i dan Y_i yang $i = 1, 2, 3, \dots, n$ dengan n adalah bilangan sampel yang diambil. Diandaikan bahawa kedua-dua pasangan set data X_i dan Y_i merupakan sampel rawak daripada populasi bertaburan normal. Pekali korelasi antara dua sampel rawak dengan saiz sampel n diberikan seperti berikut :

$$r_{XY} = \frac{\text{kov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \text{var}(Y)}}$$

dengan $\text{kov}(X, Y) = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \right]$

$$\text{var}(X) = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]$$

dan $\text{var}(Y) = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right]$

Secara umumnya, pekali korelasi boleh ditulis semula sebagai

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

dengan $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ dan $\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$

Pekali korelasi sampel yang diperolehi mempunyai julat $-1 \leq r_{XY} \leq 1$ dengan nilai batas atas +1 menunjukkan kedua-dua sampel data mempunyai hubungan yang sempurna dan berkadar secara langsung. Sebaliknya, nilai batas bawah -1 menunjukkan kedua-dua sampel data mempunyai hubungan yang sempurna juga tetapi berkadar secara songsang. Jika kedua-dua sampel data adalah saling tak bersandar dan rawak, pekali korelasi akan bernilai sifar.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Pasangan logam-logam berat yang mempunyai hubungan signifikan di kedua-dua jenis tanah fraksi litogen dan tak litogen telah dikenalpasti dan dibandingkan. Hasil perbandingan telah diringkaskan dalam Jadual 1 dan Jadual 2. Di kawasan Sepang (Jadual 1) didapati pasangan Mn-Cr, Mn-Zn, Mn-Cu, Cd-Cu dan Cr-Zn adalah berkorelasi signifikan di dalam kedua-dua jenis fraksi tanah pertanian dengan nilai r_{XY} masing-masing ialah 0.967, 0.872, 0.663, 0.785 dan 0.865 pada tanah fraksi litogen. Di tanah fraksi tak litogen pula, pasangan logam yang berkorelasi ini masing-masing menunjukkan nilai 0.881 (Mn-Cr), 0.829 (Mn-Zn), 0.590 (Mn-Cu), 0.837 (Cd-Cu) dan 0.963 (Cr-Zn).

Jadual 1: Nilai korelasi pasangan logam-logam berat yang signifikan dalam tanah pertanian fraksi litogen dan tak litogen di kawasan Sepang

Pasangan logam-logam berat yang berkorelasi signifikan	Tanah fraksi litogen	Tanah fraksi tak litogen
Mn-Cr	0.967	0.881
Mn-Zn	0.872	0.829
Mn-Cu	0.663	0.590
Cd-Cu	0.785	0.837
Cr-Zn	0.865	0.963
Pb-Cd	0.777	
Cr-Fe	0.670	
Mn-Fe	0.657	
Zn-Fe	0.641	
Pb-Mn		0.979
Pb-Cr		0.866
Pb-Zn		0.766
Cu-Zn		0.691

Di kawasan Petaling Tin (Jadual 2) pula, didapati pasangan Mn-Fe, Cu-Zn, Cd-Cu, Pb-Zn dan Cd-Zn adalah berkorelasi signifikan di kedua-dua jenis tanah fraksi litogen dan tak litogen. Nilai korelasi yang diberikan masing-masing ialah 0.800, 0.735, 0.803, 0.743, 0.630 di kawasan tanah fraksi litogen, manakala di tanah fraksi tak litogen, pekali korelasi masing-masing menunjukkan 0.905 (Mn-Fe), 0.934 (Cu-Zn), 0.982 (Cd-Cu), 0.676 (Pb-Zn) dan 0.939 (Cd-Zn). Pasangan Cd-Cu merupakan satu-satunya pasangan logam yang berkorelasi signifikan di kedua-dua kawasan kajian iaitu di Sepang dan Petaling Tin bagi kedua-dua jenis fraksi tanah. Walau bagaimanapun nilai korelasi bagi kawasan Petaling Tin ini adalah negatif yang menunjukkan hubungan yang songsang antara Cd dengan Cu, manakala di kawasan Sepang, nilai korelasi ini adalah positif.

Jadual 2: Nilai korelasi pasangan logam-logam berat yang signifikan dalam tanah pertanian fraksi litogen dan tak litogen di kawasan Petaling Tin

Pasangan Logam-logam berat yang berkorelasi signifikan	Tanah fraksi litogen	Tanah fraksi tak litogen
Mn-Fe	0.800	-0.905
Cu-Zn	0.735	0.934
Cd-Cu	-0.803	-0.982
Pb-Zn	-0.743	0.675
Cd-Zn	-0.630	-0.939
Mn-Zn	0.894	
Cu-Fe	0.893	
Mn-Cu	0.890	
Cr-Fe	0.886	
Cr-Mn	0.863	
Cu-Cr	0.786	
Cr-Zn	0.655	
Cd-Cr	-0.916	
Cd-Fe	-0.823	
Cd-Mn	-0.797	
Pb-Mn		0.797
Pb-Cu		0.709
Pb-Fe		-0.932
Pb-Cd		-0.642

Set data kandungan logam berat bagi kawasan Sepang dan Petaling Tin telah digabungkan dan di analisis semula. Hasil analisis dipaparkan dalam Jadual 3. Nilai korelasi bagi pasangan logam-logam berat yang signifikan sahaja dimasukkan dalam Jadual 3.

Jadual 3: Nilai korelasi pasangan logam-logam berat yang signifikan dalam tanah pertanian fraksi litogen dan tak litogen apabila data kedua-dua kawasan digabungkan

Pasangan Logam-logam berat yang berkorelasi signifikan	Fraksi tanah	
	Litogen	Tak litogen
Mn-Cr	0.913	0.622
Mn-Zn	0.872	0.657
Mn-Fe	0.754	-0.627
Cr-Zn	0.732	0.706
Cu-Zn	0.585	0.489
Cd-Cu	0.539	0.427
Cr-Fe	0.785	
Mn-Cu	0.733	
Cu-Cr	-0.646	
Pb-Cd	0.565	
Zn-Fe	0.519	
Cu-Fe	0.485	
Pb-Cu		0.429

Jadual 3 ini menunjukkan bahawa pasangan logam berat Cd-Cu mempunyai hubungan yang signifikan di kedua-dua jenis fraksi tanah. Nilai korelasi adalah positif di tanah litogen (0.539) dan begitu juga di tanah tak litogen (0.427).

Kehadiran logam-logam berat dalam tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti pH tanah, peratus saiz butiran tanah <63µm dan peratus karbon organik dalam tanah. Oleh itu, maka satu analisis korelasi antara logam-logam berat dalam tanah fraksi litogen dan tak litogen dengan pH tanah, peratus saiz butiran tanah <63µm dan peratus karbon organik dalam tanah di kawasan Sepang dan kawasan Petaling Tin telah dilakukan. Hasil analisis telah diringkaskan dalam Jadual 4 dan Jadual 5. Di kawasan Sepang (Jadual 4), didapati pH tanah dan peratus karbon organik dalam tanah tidak mempunyai korelasi yang signifikan dengan logam-logam berat dalam tanah dalam kedua-dua jenis fraksi. Untuk faktor peratus saiz butiran tanah <63µm, didapati faktor ini mempunyai korelasi yang signifikan dengan logam Mn dan Zn dalam tanah fraksi litogen sahaja dengan nilai korelasi masing-masing 0.970 dan 0.985.

Jadual 4: Korelasi logam-logam berat dalam tanah fraksi litogen dan tak litogen dengan pH tanah, peratus saiz butiran <63µm dan peratus karbon organik di kawasan Sepang

Jenis Tanah	Logam Berat	pH Tanah	% saiz butiran tanah < 63µm	% karbon organik
Litogen	Pb	-0.874	-0.193	-0.310
	Cd	-0.425	0.450	-0.410
	Cu	0.130	0.831	-0.064
	Cr	0.861	0.928	0.097
	Fe	0.863	0.770	-0.123
	Mn	0.786	0.970*	0.067
	Zn	0.724	0.985*	-0.041
Tak litogen	Pb	-0.663	-0.460	0.401
	Cd	-0.794	-0.041	-0.705
	Cu	-0.821	-0.067	-0.638
	Cr	-0.470	0.023	0.341
	Fe	0.226	0.891	-0.437
	Mn	-0.783	0.436	0.203
	Zn	-0.545	0.128	0.081

*pekali korelasi adalah signifikan pada aras keertian 0.05 (p<0.05)

Di kawasan Petaling Tin (Jadual 5) pula, didapati faktor peratus karbon organik dalam tanah langsung tidak mempunyai hubungan korelasi dengan mana-mana logam berat. Faktor pH dan peratus saiz butiran tanah sahaja yang berkorelasi dengan logam berat tertentu. Umpamanya, faktor pH tanah didapati berkorelasi signifikan dengan Cu, Cr, Fe dan Mn daripada tanah fraksi litogen. Bagi tanah fraksi tak litogen, tiada satu pun logam berat yang berkorelasi signifikan dengan pH tanah, tetapi Pb dan Fe daripada tanah fraksi tak litogen mempunyai hubungan korelasi yang signifikan dengan peratus saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math> dengan nilai korelasi masing-masing 0.998 dan -0.973.

Peratus saiz butiran <math><63\mu\text{m}</math> dan nilai pH yang lebih berasid merupakan ciri penting untuk mengesahkan kehadiran logam-logam berat seperti ini. Keadaan pH antara 35 menggalakkan logam-logam seperti Zn, Cu, Cd, Mn dan Fe untuk larut ke dalam tanah. Logam-logam ini juga mudah membentuk ikatan kuat dengan butiran tanah yang bersaiz <math><63\mu\text{m}</math> (Shamsuddin; 1990 [6])

Jadual 5: Korelasi logam-logam berat dalam tanah fraksi litogen dan tak litogen dengan pH tanah, peratus saiz butiran <math><63\mu\text{m}</math> dan peratus karbon organik di kawasan Petaling Tin

Jenis Tanah	Logam Berat	pH Tanah	% saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math>	% karbon organik
Litogen	Pb	-0.243	0.777	-0.343
	Cd	-0.946	-0.171	-0.709
	Cu	0.978*	-0.274	0.944
	Cr	0.963*	0.175	0.750
	Fe	0.966*	0.090	0.861
	Mn	0.958*	-0.206	0.844
	Zn	0.736	-0.432	0.659
Tak litogen	Pb	-0.104	0.998*	-0.437
	Cd	0.283	-0.590	0.268
	Cu	-0.251	0.657	-0.275
	Cr	-0.712	-0.458	-0.334
	Fe	0.037	-0.973*	0.442
	Mn	-0.188	0.838	-0.600
	Zn	-0.551	0.616	-0.554

*pekali korelasi adalah signifikan pada aras keertian 0.05 ($p < 0.05$)

Satu analisis korelasi yang sama turut dilakukan dengan menggabungkan data daripada kedua-dua kawasan. Hasil analisis telah diringkaskan dalam Jadual 6. Tanpa pertimbangan kawasan kajian, didapati terdapat perbezaan berlaku dalam nilai korelasi, di mana peratus saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math> tidak lagi mempunyai hubungan korelasi dengan logam-logam berat. Logam berat seperti Pb, Cr dan Mn dalam tanah fraksi litogen mempunyai hubungan korelasi yang signifikan dengan pH tanah dengan nilai masing-masing -0.709, 0.783 dan 0.723, manakala Mn daripada tanah fraksi tak litogen pula mempunyai hubungan korelasi yang signifikan dengan peratus karbon organik dalam tanah dengan nilai korelasi yang negatif iaitu -0.742. Begitu juga bagi peratus karbon organik berbanding Cu (-0.821), Cd (-0.794) dan Mn (-0.783) masing-masing menunjukkan korelasi negatif yang tinggi (Jadual 4) dalam tanah fraksi tak litogen dari kawasan Sepang. Ini menunjukkan bahawa sumber logam-logam yang antropogenik kurang ditumpukkan dalam tanah yang kaya dengan bahan organik. Sebaliknya pula, di kawasan hutan malar hijau yang tidak terganggu, Breymeyer, et al. (1996) [3] melaporkan bahawa kandungan logam berat dalam lapisan organik-mineral tanah adalah berkorelasi positif signifikan dengan kadar pereputan serasah daun, terutamanya bagi Cu (0.901), Zn (0.901), Ni (0.834) dan Fe (0.850). Lazimnya, bahan organik seperti asid humik dan asid fulvik berupaya untuk membentuk ikatan kuat dengan logam-logam seperti Fe, Mn, Zn dan Cu di dalam tanah (Kabata-Pendias & Pendias 2001[5]).

Jadual 6: Korelasi logam-logam berat dalam tanah fraksi litogen dan tak litogen dengan pH tanah, peratus saiz butiran <math><63\mu\text{m}</math> dan peratus karbon organik bagi kedua-dua kawasan digabungkan.

Jenis Tanah	Logam Berat	pH Tanah	% saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math>	% karbon organik
Litogen	Pb	-0.709*	0.081	-0.562
	Cd	-0.422	0.373	-0.206
	Cu	0.257	0.607	0.030
	Cr	0.783*	0.672	0.172
	Fe	0.589	0.369	0.100
	Mn	0.723*	0.516	0.229
	Zn	0.632	0.320	0.284
Tak litogen	Pb	-0.169	0.006	0.263
	Cd	-0.378	-0.200	-0.018
	Cu	-0.633	0.055	-0.236
	Cr	-0.563	0.041	-0.436
	Fe	0.282	0.349	0.366
	Mn	0.441	0.178	-0.742*
	Zn	-0.531	0.328	-0.636

*pekali korelasi adalah signifikan pada aras keertian 0.05 ($p < 0.05$)

KESIMPULAN

Kesimpulannya, hasil analisis korelasi ini menunjukkan bahawa kehadiran logam-logam berat dalam tanah pertanian yang bersifat litogen dan tak litogen adalah berkait di antara satu sama lain. Logam Cd dan Cu menunjukkan hubungan yang signifikan dalam semua keadaan tanah di kedua-dua kawasan kajian. Kehadiran logam berat Cr mempengaruhi kehadiran Fe dalam tanah fraksi litogen. Kepekatan Pb pula mempengaruhi aras Mn dalam tanah fraksi tak litogen. Faktor pH tanah turut mempengaruhi kehadiran logam-logam berat dalam tanah fraksi litogen. Peratus saiz butiran tanah <math><63\mu\text{m}</math> tidak menunjukkan hubungan signifikan apabila kawasan kajian diabaikan sebagai suatu pembolehubah. Namun, apabila dibandingkan kawasan kajian didapati faktor ini mempunyai korelasi signifikan dengan Mn dan Zn di tanah fraksi litogen di Sepang, manakala di Petaling Tin, faktor ini menunjukkan hubungan korelasi signifikan dengan Pb dan Fe untuk tanah fraksi tak litogen. Faktor peratus karbon organik juga tidak menunjukkan sebarang hubungan signifikan dengan logam-logam berat apabila dibandingkan kawasan kajian. Walau bagaimanapun, kandungan bahan organik dalam tanah menunjukkan hubungan korelasi dengan logam Mn dalam tanah bagi fraksi tak litogen (iaitu sumber antropogenik) apabila kawasan kajian tidak diambil kira.

PENGHARGAAN

Kajian ini telah dibiayai oleh Projek UKM ST/8/2001.

RUJUKAN

1. Lin, C.S. 2002. Kajian Pengambilan Logam-logam Berat oleh Sayur Berubi dari Kawasan Pertanian di Selangor. Tesis Ijazah Sarjana Muda Sains dengan Kepujian. Univresiti Kebangsaan Malaysia.

2. Badri, A.M. 1984. Identification of heavy metal toxicity levels in soilid wastee by chemical speciation. *Conser & Recycling*. 7: 2-4: 257-269
3. Breymeyer, A., Degorski, M. & Reed, D. 1996. Transect Studies on Pine Litter Organic Matter: Decomposition and Chemical Properties of Upper Soil Layers. Proc. of Int. Symp. on Air Pollution and Climate Change Effects on Forest Ecosystems, Feb. 5-9, 1996, Riverside, California.
4. Edward, J.P. 1997. *Soil Science and Management*. New York: Delmar Publisher
5. Kabata-Pendias, A & Pendias. 2001. *Trace elements in Soil and Plants*. Ed.ke-3. Boca Raton: CRC Press.
6. Shamsuddin, J. 1990. *Sifat dan Pengurusan Tanah di Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
7. Srivastava, P.C. & Gupta. 1996. *Trace Elements In Crop Production*. New Delhi: Science Publisher, Inc.
8. Zhang, M., Alva, A.K., Li, Y.C. & Calvert, D.V. 1997. Chemical associati on of Cu, Zn, Mn and Pb in selected sandy citrus soils. *Soil Science* 162(3): 1-3