

## **DOKUMENTASI PERTUMBUHAN MENARA TANIH** (Documentation the Growth of Soil Pillars)

*Mokhtar Jaafar, Noorakma Mohd Sabar, Sharifah Mastura Syed Abdullah*

### **ABSTRAK**

Satu kajian telah dijalankan untuk mendokumentasi pertumbuhan menara tanah di sebuah plot eksperimen UKM dari November hingga Desember 2007. Eksperimen ini dilakukan selama 14 hari dengan 47 menara tanah kekal wujud dari mula sehingga tamat tempoh eksperimen. Hasil kajian menunjukkan hubungan yang signifikan berdasarkan korelasi Spearman bagi parameter jumlah hujan terhadap pertumbuhan menara tanah berbanding dengan parameter intensiti hujan. Bahan sedimen menara tanah pula terdiri daripada jenis berpasir-liat manakala topi menara tanah mempunyai nisbah tapak yang luas dan ini mempengaruhi saiz menara tanah. Kajian ini berjaya menunjukkan kejadian hakisan mikro melalui pembentukan dan pertumbuhan menara tanah.

**Kata kunci:** *Menara tanah, Hakisan tanah, Hakisan mikro, Intensiti hujan, Indeks Zingg*

---

### **ABSTRACT**

A study had been conducted in documenting a growth of soil pillars at the UKM experimental plot. The experiment was conducted for 14 days and 47 soil pillars remain from the beginning of the monitoring process through the end of the experimental period. The result show a significant relationship, based on Spearman correlation, between rainfall volume parameter with a growth of soil pillars, in contrasted with rainfall intensity parameter. The type of sediment of soil pillars is sandy-clay whilst the hat of soil pillars are having greater base ratio and this effect the size of the soil pillars. This study successfully shows the existing of micro erosion through the development and growth of soil pillars.

**Keywords:** *Soil Pillar, Soil Erosion, Micro Erosion, Rainfall Intensity, Zingg Index*

---

### **PENGENALAN**

Hakisan tanah merupakan salah satu daripada masalah persekitaran yang dihadapi oleh kebanyakan negara di dunia, dan tidak terkecuali Malaysia. Pelbagai teknik telah dikenalpasti untuk mengukur dan mengaggar kadar hakisan tanah bagi membantu usaha mengurangkan impak hakisan tanah terhadap persekitaran. Banyak kajian telah dilakukan untuk mendokumentasi kadar hakisan tanah dan pelbagai model dikemukakan untuk mengaggar kadar hakisan tanah. Setiap pendekatan dan model yang digunakan untuk mengaggar kadar hakisan tanah disesuaikan dengan persekitaran setempat. Salah satu model yang sering digunakan oleh kebanyakan pengkaji adalah model USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan untuk mengaggar kadar kehilangan tanah daripada tanah pertanian.

Walaupun banyak kajian telah dilakukan di seluruh dunia untuk mengaggar kadar hakisan tanah, namun kajian mengenai indikator awal hakisan tanah didapati masih kurang diterokai. Bouma dan Imeson (2000) menyenaraikan beberapa indikator awal hakisan tanah berdasarkan kajian beliau di Alicante, Sepanyol seperti berikut: peningkatan secara tiba-tiba jumlah air larian permukaan, kewujudan menara tanah, keporosan mikro dan kewujudan

timbunan mineral liat yang banyak. Vigiak *et al.* (2005) pula melaporkan bahawa perubahan warna tanah, pokok-pokok pakis yang tumbang, pertumbuhan perlahan tanaman bijirin, pemendapan di bahagian kaki cerun, kewujudan menara tanah, batuan terdedah di permukaan tanah dan warna batuan berubah kepada keputihan adalah antara indikator awal proses hakisan mikro di Lembangan Kwalei, Tanzania. Seterusnya, Okoba *et al.* (2006) melaporkan bahawa pendedahan akar pada permukaan bumi, kewujudan menara tanah, batuan yang pecah dan tanah berwarna kemerahan adalah antara indikator awal hakisan tanah di Lembangan Gikuuri, Kenya. Berdasarkan ketiga-tiga kajian tersebut adalah jelas bahawa menara tanah adalah antara indikator awal hakisan mikro yang dapat dikenalpasti.

Stocking dan Murnaghan (2001) berpendapat menara tanah adalah indikator yang sangat penting dalam menentukan upaya tindakan air mengalir dan ketahanan tanah terhadap proses hakisan tanah. Menurut mereka, menara tanah merujuk kepada kolum tanah di atas permukaan tanah yang tidak terhakis oleh tindakan agen hakisan (impak air hujan dan air larian). Bahagian atas menara tanah pula dilindungi oleh 'topi' yang terdiri daripada bahan tahan lasak, sama ada kerikil, batu mahupun bahan organik (Lal & Elliot, 1994; Stocking & Murnaghan, 2001; Okoba & Sterk, 2006). Topi menara tanah bertindak sebagai pelindung bahagian tanah dibawahnya daripada impak titisan hujan. Ketinggian menara tanah bergantung kepada keberkesanan proses hakisan yang berlaku. Ketinggian menara tanah juga menggambarkan kuantiti tanah permukaan yang telah mengalami basuhan air larian dan bahan terhakis yang telah diangkut dan dipindahkan ke tempat lain. Ketinggian menara tanah boleh digunakan dalam menganggarkan kedalaman lapisan tanah yang telah terhakis. Ini bermakna, lebih tinggi menara tanah yang terbentuk maka lebih serius proses hakisan tanah yang berlaku.

Walaupun menara tanah merupakan salah satu daripada indikator awal kejadian hakisan mikro namun penulis mendapati sangat kurang kajian dilakukan terhadap pembentukan dan pertumbuhan menara tanah, sama ada di Malaysia mahupun di luar negara. Beberapa kajian yang ditemui oleh penulis kebanyakannya membicarakan kewujudan menara tanah secara sepintas lalu sahaja. Antaranya adalah kajian mengenai kesan perubahan guna tanah terhadap hakisan tanah (Ortega-Larrocea & Cotler, 2006), indikator hakisan tanah (Okoba & Sterk, 2006) dan teknik kawalan hakisan tanah (Pérez, 2007). Di Malaysia, penulis menemui tiga kajian yang menyentuh mengenai pembentukan dan pertumbuhan menara tanah dan tanah, iaitu kajian oleh Tiew Geok Bee (1987), Puvana (1992) dan Sharifah Mastura (Tiada thn.).

Ortega-Larrocea & Cotler (2006) melaporkan pertumbuhan menara tanah yang boleh mencapai sehingga 3cm di atas permukaan tanah terdedah selepas pembakaran padang ragut. Kajian oleh Okoba & Sterk (2006) pula menunjukkan hubungan yang tidak signifikan dan korelasi negatif antara ketinggian menara tanah dengan gradien cerun ( $r = -0.08$ ) serta jenis tanah ( $r = -0.12$ ). Walau bagaimanapun, mereka juga melaporkan bahawa ketinggian menara tanah menunjukkan hubungan yang positif dengan kadar kehilangan tanah ( $r = 0.23$ ) tetapi kesignifikannya sangat rendah. Pérez (2007) pula melaporkan pembentukan menara tanah antara 2.7-12.1cm dengan nilai purata 7.75cm di atas permukaan tanah yang kasar, poros dan kurang bahan organik tetapi mempunyai kadar infiltrasi yang tinggi.

Kajian oleh Tiew Geok Bee (1987) membuktikan keupayaan hujan dan faktor erodibiliti tanah terhadap pembentukan menara tanah dalam persekitaran iklim dan topografi di Malaysia.

Kajian beliau menunjukkan pertumbuhan menara tanah berlaku dengan cepat bagi beberapa siri kejadian hujan (lima kejadian hujan yang pertama) tetapi menjadi konstan bagi kejadian hujan berikutnya. Secara purata, pertumbuhan menara tanah yang dilaporkan oleh beliau adalah pada kadar 0.1cm bagi setiap kejadian hujan. Dapatan ini seterusnya mempengaruhi fungsi jumlah hujan dan intensiti hujan terhadap pertumbuhan menara tanah di mana tidak wujud hubungan yang signifikan bagi kedua-dua pembolehubah tersebut terhadap pertumbuhan menara tanah. Perincian mendapati jumlah hujan yang sedikit, iaitu antara 2.4-32.3mm dengan nilai purata hujan sebanyak 10.7mm serta intensiti hujan yang sederhana, iaitu antara 0.014-0.269mm/minit<sup>-1</sup> pada nilai purata: 0.11mm/minit<sup>-1</sup> mungkin telah mempengaruhi dapatan ini. Bagi topi menara tanah pula, beliau mendapati batuan kuazit mendominasi topi menara tanah manakala sedimen menara tanah didominasi oleh jenis tanah berpasir.

Berbeza pula dapatan kajian oleh Puvana (1992) bagi persekitaran fizikal yang hampir sama. Beliau mendapati terlalu sedikit menara tanah yang terbentuk selepas sesuatu kejadian hujan, walaupun di bawah pengaruh jumlah hujan yang banyak dan intensiti hujan yang tinggi. Salah satu penyebab kepada dapatan beliau adalah berkait dengan keadaan cerun yang curam. Topografi sebegini serta intensiti hujan yang tinggi menggalakkan pembentukan galir dan galur berbanding pembentukan menara tanah.

Seterusnya, Sharifah Mastura (Tiada thn.) melaporkan bahawa secara majoritinya, menara tanah boleh mencapai ketinggian sehingga 20cm dalam persekitaran hujan yang sederhana. Pertumbuhan menara tanah adalah perlahan bagi kejadian hujan pada peringkat awal kerana hakisan permukaan lebih dominan berbanding hakisan percikan. Namun begitu, selepas beberapa kejadian hujan pertumbuhan menara tanah meningkat selaras dengan pemisahan kumin-kumin tanah oleh kejadian hujan pada peringkat awal. Pada suatu peringkat, pertumbuhan menara tanah menjadi konstan apabila lapisan tanah padu berada pada bahagian permukaan tanah.

Berdasarkan ulasan di atas, beberapa perkara dapat disimpulkan. Jumlah hujan dan intensiti hujan bukan penentu mutlak terhadap pembentukan dan pertumbuhan menara tanah, sebaliknya erodibiliti tanah dan gradien cerun lebih dominan. Pertumbuhan menara tanah mencapai tahap konstan setelah beberapa siri kejadian hujan, dan ini berkait dengan erodibiliti tanah yang tinggi bagi menara tanah yang tinggal terhakis. Selain itu, walaupun menara tanah boleh menjadi indikator awal terhadap proses hakisan tanah akibat daripada proses hakisan percikan dan hakisan permukaan tetapi ketinggian menara tanah masih kurang signifikan sebagai indikator kepada kehilangan tanah secara keseluruhan. Ini mungkin berkait dengan saiz menara tanah yang kecil berbanding kehilangan tanah yang disebabkan oleh proses hakisan galir dan galur. Memandangkan sangat kurang dokumen tentang pertumbuhan menara tanah di Malaysia, satu kajian telah dilakukan bagi mendokumentasi ciri-ciri menara tanah dan pertumbuhan menara tanah. Ciri-ciri menara tanah yang akan dikaji melibatkan pengukuran kadar pertumbuhan menara tanah, saiz menara tanah (ketinggian dan diameter tapak), bahan menara tanah dan kaitan antara kejadian hujan dan pertumbuhan menara tanah.

## **KAWASAN KAJIAN**

Kajian dilakukan di atas plot eksperimen bertempat di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), dengan kedudukan geografi pada 2° 55' 67"U dan 100° 46' 74"T. Tapak plot eksperimen ini berada lebih kurang 220m daripada nilai purata atas aras laut dan merupakan kawasan terdedah.

Namun begitu, kawasan sekitarnya dilitupi oleh semak-samun dengan kepadatan tumbuhan yang rendah. Secara geologi, kawasan ini berasal daripada batuan metasedimen gersik arenit dan metasedimen gersik argilit. Batuan jenis ini merupakan batuan yang telah mengalami proses metamorfisme dan berubah menjadi kuarza, filit dan syis (Abdul Rahim & Tjia, 1983). Menurut Kardinal (1976), batuan metasedimen di persekitaran Bangi dan UKM merupakan batuan yang telah mengalami proses tektonik, mudah menghasilkan retakan, terluluhawa dan terhakis, manakala proses pemendapan pula masih lagi berlaku. Tanah di kawasan plot eksperimen pula adalah jenis Munchong Seremban, iaitu sejenis tanah yang bertekstur loam liat berpasir serta berkelodak yang mengandungi banyak bahan organik dengan agregat tanah yang rendah.

Pola hujan semasa bagi kawasan persekitaran plot eksperimen menunjukkan intensiti hujan paling tinggi bagi kawasan ini berlaku ketika bulan November. Data cerapan di Stesen Kajiiklim UKM dari tahun 2000 hingga 2007 memberikan nilai purata hujan bagi bulan November sebanyak 349.3 mm manakala purata hujan tahunan bagi tempoh masa yang sama pula adalah 2,327.36 mm.

## **METODOLOGI**

Bagi menjayakan kajian ini, plot eksperimen bersaiz 1 m<sup>2</sup> telah dibina di tanah yang menunjukkan bukti telah berlaku hakisan tanah, iaitu melalui kewujudan menara-menara tanah yang bersaiz kecil. Bagi memudahkan pengukuran pertumbuhan menara tanah, plot eksperimen dipecahkan kepada empat bahagian dan setiap bahagian bersaiz 0.5 m<sup>2</sup>. Walau bagaimanapun, perbincangan yang dikemukakan dalam artikel ini tidak didasarkan mengikut bahagian tersebut sebaliknya didasarkan pada plot eksperimen secara keseluruhannya. Pemecahan ini bagi memudahkan pengukuran pertumbuhan menara tanah sahaja memandangkan saiz plot eksperimen yang kecil.

Diandaikan juga wujud kesekataan daripada segi ciri-ciri fizikal tapak eksperimen seperti ketahanan tanah dan penerimaan hujan yang sama. Semua menara tanah yang telah sedia ada terbentuk dalam lingkungan plot eksperimen ditandakan dengan cat putih dan diberikan nombor sampel pada bahagian topinya. Penandaan begini bagi memudahkan proses mengenal pasti menara tanah asal dan menara tanah yang baru tumbuh.

Ketinggian dan diameter menara tanah diukur secara manual menggunakan benang dan pembaris. Pengukuran ketinggian menara tanah hanya melibatkan ukuran pada bahagian tertinggi menara sahaja manakala pengukuran diameter diukur pada bahagian tapak menara tanah. Proses pemerhatian dan pengukuran pertumbuhan menara tanah di plot eksperimen bermula pada 19 November 2007 dan tamat pada 14 Disember 2007. Tempoh selama hampir sebulan ini diandaikan cukup untuk menjelaskan pola pertumbuhan menara tanah bagi kes bersaiz kecil.

Analisis bahan-bahan yang membentuk menara tanah memerlukan setiap menara tanah dipotong dan dikeringkan di makmal. Sehubungan itu, semua menara tanah yang kekal wujud dalam plot eksperimen sehingga tarikh akhir eksperimen dilakukan dipotong di bahagian tapaknya dan bersama dengan topi menara tanah, dikedapudarkan di dalam beg plastik. Analisis bahan melibatkan tiga perkara. Pertama adalah mengukur berat sedimen menara tanah dan berat topi atau batuan menara tanah. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan menara tanah menampung bahan pelindung atau topi menara tanah. Sekiranya bahan topi menara tanah berat

dan menara tanih pula ringan, bolehlah diandaikan bahawa menara tanih akan runtuh dan sedikit sebanyak menyumbang kepada sedimen yang diangkut oleh air larian. Pengukuran berat memerlukan sampel menara tanih yang telah kering dasingkan daripada topi menara tanih. Ukuran berat kedua-dua bahan ini dinyatakan dalam unit gram (gm).

Kedua, menentukan saiz partikel dan tekstur sedimen menara tanih. Bagi tujuan ini setiap sampel sedimen menara tanih diayak mengikut aturan saiz berikut: 2000  $\mu\text{m}$  (pasir kasar), 250  $\mu\text{m}$  (pasir sederhana kasar) dan 63  $\mu\text{m}$  (pasir halus). Skala Wentworth digunakan sebagai panduan untuk menentukan kategori partikel sedimen menara tanih. Penentuan tekstur tanih pula hanya dilakukan secara manual, iaitu melalui kaedah merasa dengan jari. Ini memerlukan sedikit air dicampur bersama dengan sampel sedimen menara tanih. Lekitan sedimen pada jari akan menentukan tekstur tanih, iaitu sama ada jenis liat, pasir mahupun kelodak. Sebab utama penentuan tekstur tidak dapat dilakukan secara ujian pipet adalah kerana kuantiti sedimen menara tanih yang sangat sedikit dan tidak mencukupi untuk ujian pipet.

Ketiga, mengenal pasti struktur topi menara tanih. Bagi tujuan ini, hanya skree melebihi ukuran 2mm sahaja digunakan. Klasifikasi struktur batuan yang merupakan topi menara tanih dilakukan berdasarkan Indeks Zingg. Indeks Zingg merupakan panduan mengukur bentuk bahan berlandaskan bentuk tiga dimensi. Indeks Zingg mengambil kira kepanjangan bahan yang dikira daripada paksi batuan daripada segi kepanjangan horizontal (*a*), kepanjangan vertikal (*b*) dan kepanjangan tapak (*c*). Kategori struktur batuan berdasarkan indeks ini boleh didapati di dalam Briggs (1977).

## **HASIL DAN PERBINCANGAN**

### **(i) Pertumbuhan menara tanih**

Pemerhatian lapangan pada awal November 2007 mendapati sekitaran tapak eksperimen dipenuhi dengan menara tanih bersaiz kecil. Letakan kuadrat secara rambang di atas tapak tersebut dilakukan bagi menentukan plot eksperimen dan hasilnya adalah terdapat 47 menara tanih di dalam plot eksperimen tersebut. Sebagai peringatan awal, semua menara tanih dalam plot eksperimen ini bertahan sehingga ke akhir tempoh eksperimen. Pelaporan dalam artikel ini, daripada segi saiz menara tanih, hanya mengambil kira pertumbuhan tanih bagi tiga kejadian sahaja. Pertama, pelaporan pertumbuhan menara tanih sedia ada akibat kejadian hujan sebelum cerapan pertama pada 19 November 2007. Kedua, pelaporan pertumbuhan menara tanih peringkat pertengahan, iaitu kejadian hujan pada 7 Disember 2007. Sebelum kejadian hujan pada tarikh ini, telah berlaku sebanyak enam kejadian hujan dan ini harus diambil kira dalam mentafsir pertumbuhan menara tanih. Ketiga, pelaporan pertumbuhan menara tanih peringkat akhir, iaitu kejadian hujan pada 14 Disember 2007. Ini bermakna hujan telah turun berturut-turut selama tujuh hari selepas kejadian hujan peringkat pertengahan dan mungkin telah mempengaruhi pola pertumbuhan menara tanih di dalam plot eksperimen. Namun begitu, dalam memahami proses pertumbuhan menara tanih, semua kejadian hujan ( $N=14$ ) yang bermula selepas pencerapan pertama sehingga selesai tempoh eksperimen, iaitu pada 14 Disember 2007, akan diambilkira.

Berdasarkan Jadual 1, secara purata, pertumbuhan menara tanih daripada segi ketinggian boleh mencapai sehingga *ca.* 3.3cm dan *ca.* 8.8cm daripada segi diameter. Perbezaan yang sangat ketara antara nilai minimum dan maksimum bagi kedua-dua aspek ketinggian dan

diameter tapak menara tanah menunjukkan wujud kepelbagaian saiz menara tanah di dalam plot eksperimen. Ini juga merupakan petunjuk awal bahawa pola hujan dan air larian yang tidak sekata mungkin telah mempengaruhi kepelbagaian saiz pertumbuhan menara tanah tersebut. Berdasarkan peratus perbezaan pertumbuhan menara tanah bagi kedua-dua parameter, iaitu ketinggian dan diameter, adalah jelas bahawa pertumbuhan menara tanah menjadi semakin perlahan selepas kejadian hujan pada peringkat pertengahan. Ini menyokong pernyataan Sharifah Mastura (Tiada thn.) yang turut melaporkan situasi pola pertumbuhan menara tanah yang sama dalam kajian beliau.

Jadual 1: Ketinggian dan diameter menara tanah

Peringkat	Parameter menara tanah (cm)	Minimu m	Maksimu m	Purata	% perbezaan ketinggian	% perbezaan diameter
Awal (19 Nov. 2007)	Ketinggian	0.2	3.3	1.39	76.3	11.2
	Diameter	3.9	13.4	7.29		
Pertengahan (07 Dis. 2007)	Ketinggian	1.2	4.4	2.45	33.5	8.1
	Diameter	4.8	14.3	8.11		
Akhir (14 Dis. 2007)	Ketinggian	1.9	5.2	3.27		
	Diameter	6.3	15.2	8.77		

## (ii) Bahan menara tanah

### (a) Saiz partikel dan berat menara tanah

Berdasarkan ukuran saiz partikel sedimen pada skala Wentworth, 65.5% (N=47) bahan sedimen menara tanah yang terbentuk di dalam plot eksperimen terdiri daripada bahan pasir, dan selebihnya terdiri daripada bahan kelodak dan liat. Tekstur tanah pula tergolong dalam kategori kelodak dan liat yang mengandungi pasir. Walau bagaimanapun, keputusan ujian tekstur ini masih boleh dipertikaikan kerana sebagaimana yang telah dinyatakan sebelum ini bahawa ujian tekstur hanya berdasarkan kepada rasa lekit pada jari.

Secara keseluruhannya, dapat dinyatakan bahawa sedimen bahan menara tanah yang diperolehi daripada plot eksperimen terdiri daripada sedimen liat dan pasir yang terhasil daripada proses luluhawa metasedimen argilit. Sifat tanah sebegini mampu memegang jumlah air yang banyak di dalam liang-liang udara tanah dan mampu juga menghilangkan air dengan cepat melalui proses sejatan menyebabkan tanah sebegini kurang stabil. Ini menjadi petunjuk awal bahawa tahap erodibiliti tanah di sekitar plot eksperimen adalah rendah dan memudahkan hakisan tanah berlaku.

Selain daripada itu, berat menara tanah juga boleh mempengaruhi keupayaan menara tanah untuk memikul topi menara tanah. Jadual 2 menunjukkan berat topi menara tanah, dan jelas majoriti topi menara tanah hanyalah sekitar 1.0-10.0g sahaja. Ini bermakna, topi menara tanah yang terdiri daripada batuan kecil kuarza adalah ringan dan memungkinan menara tanah menampung beban (topi) tersebut. Sekiranya topi menara tanah lebih berat daripada menara tanah, kemungkinan menara tanah akan mudah runtuh. Hasil analisis berat sedimen menara tanah ditunjukkan dalam Jadual 3 dan didapati 78.7% sedimen menara tanah mempunyai berat

melebihi 5g (N=37). Ini satu lagi petunjuk awal terhadap tahap erodibiliti tanah di mana hampir 80% menara tanah di dalam plot eksperimen kemungkinan mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap tindakan air larian permukaan.

Jadual 2: Berat topi menara tanah

Berat (g)	Bil. topi menara tanah	Peratusan (%)
< 10.0	30	63.8
10.1 – 20.0	13	27.7
20.1 – 30.0	2	4.3
30.1 – 40.0	1	2.1
40.1 – 50.0	1	2.1
<b>JUMLAH</b>	<b>47</b>	<b>100</b>

Jadual 3: Berat sedimen menara tanah

Berat sedimen menara tanah (g)	Bil. menara tanah	%
< 5	10	21.3
5-10	22	46.8
10.1-15	13	27.7
15.1-20	1	2.1
> 20	1	2.1

(b) Topi menara tanah

Jadual 4 menunjukkan ringkasan laporan penentuan bentuk topi menara tanah berdasarkan Indeks Zingg. Didapati dimensi 'a' mencatatkan nilai purata terpanjang, iaitu 2.68cm berbanding dimensi 'b' (1.7cm) dan dimensi 'c' (1.08cm). Berdasarkan kiraan nisbah ketiga-tiga dimensi tersebut didapati hampir 50% daripada topi menara tanah dapat diklasifikasikan mempunyai bentuk cakera, sebagaimana ditunjukkan dalam Rajah 1. Nilai 0.67cm merupakan titik pemisah dalam penentuan bentuk bahan berdasarkan Indeks Zingg. Ini bermakna, tapak topi menara tanah, secara puratanya, lebih luas dan mampu membentuk puncak menara tanah yang lebar.

Jadual 4: Ringkasan analisis bentuk topi menara tanah (N=47)

Nilai ukuran (cm)	Dimensi 'a'	Dimensi 'b'	Dimensi 'c'	Nisbah 'b'/'a'	Nisbah 'c'/'b'
Purata	2.68	1.7	1.08	0.66	0.62
Minimum	1.5	0.9	0.6	0.39	0.39
Maksimum	5.8	2.8	2.1	0.95	1.0

0.67cm	Cakera	Sfera
	48.9%	4.3%
0.67cm	Bilah	Lonjong
	25.5%	21.3%

Rajah 1: Peratusan bentuk topi menara berdasarkan nisbah panjang, tinggi dan lebar topi menara tanah mengikut Indeks Zingg

### **(iii) Kaitan pertumbuhan menara tanah dan pola hujan**

Peranan hujan, daripada segi jumlah dan intensitinya, memang telah diakui sangat berkesan dalam mempengaruhi kadar hakisan tanah. Bermula dengan titisan air hujan dan diikuti dengan pengumpulan air hujan di atas permukaan tanah sehingga menjadi air larian, proses hakisan tanah akan berlaku. Proses hakisan terawal, iaitu hakisan percikan dan proses hakisan peringkat kedua, iaitu hakisan permukaan, merupakan dua proses terpenting dalam memahami pembentukan dan pertumbuhan menara tanah.

Pola pertumbuhan menara tanah sepanjang tempoh eksperimen ditunjukkan dalam Jadual 5. Amat jelas bahawa pertumbuhan menara tanah kebanyakannya hanya meningkat antara 0.1-0.2cm sahaja. Ini seolah-olah menafikan impak hujan ke atas pertumbuhan menara tanah. Terkecuali bagi kejadian hujan pada 6 Disember 2007, pertumbuhan menara tanah majoritinya bertambah sebanyak 0.2cm dan terdapat empat menara tanah yang mencatatkan pertumbuhan sehingga 0.4cm pada kejadian hujan tersebut. Dapatan ini amat berkait dengan jumlah hujan yang diterima sepanjang tempoh eksperimen dijalankan di mana jumlah hujan yang diterima adalah yang tertinggi (54.8cm) dengan intensiti sebanyak  $3 \text{ mm j}^{-1}$ .

Kedua-dua parameter hujan tersebut (jumlah hujan dan intensiti hujan), menunjukkan pola yang tidak seragam dalam mempengaruhi kadar pertumbuhan menara tanah. Secara statistik, peranan jumlah hujan dan intensiti hujan terhadap kadar pertumbuhan menara tanah adalah kurang signifikan. Nilai  $r$  (korelasi Pearson) yang diperolehi bagi parameter jumlah hujan adalah -0.53 manakala nilai  $r$  bagi intensiti hujan pula adalah -0.42. Hubungan korelasi secara songsang ini juga bermakna peningkatan/penurunan dalam salah satu parameter hujan tersebut akan menyebabkan penurunan/peningkatan dalam kadar pertumbuhan menara tanah. Ini bermakna, apabila jumlah dan intensiti hujan meningkat maka kadar pertumbuhan menara tanah menjadi perlahan kerana proses hakisan percikan dan hakisan permukaan mungkin tidak sempat bertindak akibat kewujudan air larian permukaan yang banyak dan cenderung kepada pembentukan galir-galur berbanding pembentukan menara tanah. Sebaliknya, jumlah dan intensiti hujan yang rendah akan lebih menggalakkan proses hakisan percikan dan kurang pengumpulan air larian permukaan menyebabkan permukaan tanah dapat dileraikan oleh titisan hujan dan pergerakan perlahan air larian permukaan sehingga memungkinkan pembentukan menara tanah.

Walau bagaimanapun, situasi hubungan antara jumlah hujan dan intensiti hujan sebagaimana yang diterangkan dalam perenggan di atas hanya mengambilkira jumlah menara tanah yang mencapai pertumbuhan menara tanah tertinggi sahaja. Sekiranya ujian korelasi Spearman digunakan, di mana semua kadar pertumbuhan menara tanah (dari 0 hingga 0.4) bagi 14 kes hujan dan 47 menara tanah dalam tapak eksperimen diambilkira, status perhubungan antara pertumbuhan menara tanah dengan parameter hujan adalah berbeza seperti yang telah dijelaskan dalam perenggan sebelum ini.

Sebagaimana ditunjukkan dalam Jadual 6, adalah jelas bahawa jumlah hujan sangat signifikan dalam mempengaruhi pertumbuhan menara tanah di plot eksperimen di mana sekurang-kurangnya 70% kejadian hujan dan kadar pertumbuhan menara tanah mencatatkan nilai  $r_s$  melebihi 0.8. Walau bagaimanapun, kekuatan hubungan antara intensiti hujan dengan kadar pertumbuhan menara tanah kurang signifikan dengan hanya 17% sahaja menara tanah yang

mencatat nilai  $r_s$  sekitar 0.81-0.9. Ini lagi sekali membuktikan bahawa intensiti hujan kurang berkesan mempengaruhi pertumbuhan menara tanih.

Jadual 5: Jumlah hujan, intensiti hujan dan bilangan menara tanih mengikut kadar pertumbuhan menara tanih sepanjang tempoh eksperimen

Tarikh hujan	Jumlah hujan (mm)	Intensiti hujan ( $\text{mm j}^{-1}$ )	Kadar pertumbuhan menara tanih (cm) (N=47)				
			0	0.1	0.2	0.3	0.4
19.11.07 <sup>+</sup>	2.4	0.0875	-	-	-	-	-
20.11.07	2.3	0.1083	-	42	5	-	-
21.11.07	7.1	0.333	1	29	16	1	-
28.11.07	17.3	1.9666	1	6	33	7	-
29.11.07	2.0	2.125	2	41	4	-	-
05.12.07	12.1	0.7208	1	30	13	3	-
06.12.07	54.8	3.0	1	-	29	13	4
07.12.07	5.05	0.1541	3	43	1	-	-
08.12.07	2.3	0.0625	3	43	1	-	-
09.12.07	4.0	0.2666	4	39	4	-	-
10.12.07	25.0	1.033	-	6	39	1	1
11.12.07	12.5	4.166	1	34	11	1	-
12.12.07*	4.5	0.0833	1	42	4	-	-
12.12.07**	4.8	0.05	6	36	5	-	-
14.12.07	4.5	0.6916	7	34	5	1	-

Nota: <sup>+</sup> Pertumbuhan menara tanih disetkan sifar

\* Hujan turun pada awal pagi

\*\* Hujan turun pada sebelah petang

Jadual 6: Hubungan ( $r_s$ ) antara jumlah hujan dan intensiti hujan dengan kadar pertumbuhan menara tanih

$r_r$ ( $\alpha - 0.01$ )	Bilangan menara tanih dan jumlah hujan		Bilangan menara tanih dan intensiti hujan	
0.1 - 0.6	1	2.1%	3	6.4%
0.61 - 0.7	3	6.4%	5	10.6%
0.71 - 0.8	10	21.2%	31	66.0%
0.81 - 0.9	20	42.6%	8	17.0%
0.91 - 1.0	13	27.7%	-	-

Dapatan kajian ini agak berbeza dengan dapatan Tiew Geok Bee (1987). Beliau melaporkan wujud hubungan yang signifikan antara jumlah hujan dan intensiti hujan dengan pertumbuhan menara tanih sedangkan hasil kajian ini menunjukkan hanya jumlah hujan sahaja yang mempunyai hubungan signifikan dengan pertumbuhan menara tanih. Selama tempoh eksperimen, tiada menara tanih baru yang terbentuk. Sebagaimana laporan Puvana (1992), keadaan ini mungkin dapat dikaitkan dengan keadaan topografi sekitaran plot eksperimen yang agak curam sehingga air larian mampu membentuk galir. Dapatan kajian ini juga menyokong

dapatan Sharifah Mastura (Tiada thn.) yang melaporkan bahawa pertumbuhan menara tanah menjadi konstan apabila jumlah hujan dan intensiti hujan meningkat.

Dalam menghubungkan kadar pertumbuhan menara tanah dengan intensiti hujan, artikel ini hanya menggunakan unit  $\text{mm j}^{-1}$ . Penggunaan unit ini dalam menjelaskan keberkesanan tindakan hakisan percikan dan permukaan ke atas pembentukan menara tanah mungkin ada kelemahan. Ini kerana perkiraan tempoh masa intensiti selama satu jam mengabaikan tindakan air hujan dan air larian permukaan pada minit-minit terawal kehadiran hujan sedangkan kedua-dua agen tindakan tersebut kebiasaannya hanya efektif pada 15 minit yang pertama ( $E_5$ ) dalam mempengaruhi pembentukan dan pertumbuhan menara tanah. Oleh itu, analisis lanjutan boleh dilakukan dengan mengambilkira unit  $\text{mm mt}^{-1}$ .

Walau bagaimanapun, hasil kajian ini jelas membuktikan bahawa, melalui pemerhatian di lapangan, kehadiran hujan telah membentuk menara tanah di atas permukaan tanah berpasir-liat. Pola pertumbuhan menara tanah yang perlahan mungkin berkait dengan tahap erodibiliti tanah yang kuat sehingga titisan air hujan dan pergerakan air larian kurang berkesan menghakis permukaan tanah. Bagi kajian lanjutan juga, dicadangkan ciri-ciri fizikal tanah dikaji secara lebih mendalam bagi mendapat input tambahan terhadap keupayaan tanah daripada dihakis oleh agen hakisan tanah.

## **KESIMPULAN**

Artikel ini merupakan sebuah dokumentasi mengenai pertumbuhan menara tanah di sebuah plot eksperimen UKM. Eksperimen tersebut dijalankan bagi tempoh yang singkat sahaja, iaitu selama 14 hari, pada musim hujan dari November hingga Desember 2007. Hasil utama kajian menunjukkan jumlah hujan adalah signifikan dalam mempengaruhi kadar pertumbuhan menara tanah, berdasarkan korelasi Spearman, berbanding dengan intensiti hujan. Saiz menara tanah juga sangat dipengaruhi oleh bentuk bahan topi menara manakala saiz partikel sedimen yang tergolong dalam jenis berpasir-liat cenderung mempengaruhi pembentukan dan pertumbuhan menara tanah tetapi pada kadar yang perlahan sahaja. Hasil kajian ini sangat berguna sebagai bukti kejadian hakisan mikro dengan meninggalkan menara-menara tanah di atas permukaan tanah terdedah dan kewujudan menara-menara tanah serta pertumbuhannya harus diberi perhatian kerana ia menjadi petunjuk awal terhadap kemungkinan kehilangan tanah dalam kuantiti yang lebih besar dan boleh menyumbang kepada sedimen terampai di sistem saliran yang berhampiran.

## **RUJUKAN**

- Abdul Rahim Shamsudin & Tjia, H.D. (1983). *Struktur geologi di permukaan dan di bawah tanah kampus Universiti Kebangsaan Malaysia*. Bangi: Sains Tanah Malaysia.
- Bouma, N.A. & Imeson, A.C. (2000). Investigation of relationships between measured field indicators and erosion processes on badlands surfaces at Petrer, Spain. *Catena*. 40(2): 147-171.
- Briggs, D. (1977). *Sources and methods in geography: sediments*. London: Butterworth & Co (Publishers) Ltd.

- Kardinal Kusnaeny. (1976). Batuan metasedimen di kampus Bangi dan sekitarnya: Cangaan dan habluran semula. *Sains Malaysiana*. 5(2): 129-143.
- Okoba, B.O. & Sterk, G. (2006). Quantification of visual soil erosion indicators in Gikuuri catchment in the central highlands of Kenya. *Geoderma*. 134(1-2): 34-47.
- Ortega-Larrocea, M.P. & Cotler, H. (2006). Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico. *Catena*. 65: 107-117.
- Pérez, F.L. (2007). Biogeomorphological influence of the Hawaiian silversword (*Argyroxiphium sandwicense* DC.) on soil erosion in Haleakala (Maui, Hawai'i). *Catena*. 71: 41-55.
- Puvana a/p Periasamy. 1992. Pembentukan galir/galur dan menara tanah di kawasan baru dibuka untuk pembangunan. UKM-Bangi, Jabatan Geografi. (Latihan Ilmiah tidak diterbitkan).
- Sharifah Mastura, S.A. (Tiada thn.). Characteristics of earth pillars: A study on micro erosion features at UKM Bangi Malaysia. Dlm. Hairi Abdullah & Zulkifly Mustapha (Pnyt.). *Tropical urban ecosystems studies*. 7: 99-106.
- Stocking, M.A. & Murnaghan, N. (2001). *Handbook for the field assessment of land degradation*. London: Earthscan Publications.
- Tiew Geok Bee. (1987). Pembentukan menara tanah hasil daripada percikan hujan: Satu kajian eskperimen di kampus UKM, Bangi. Latihan Ilmiah, Jabatan Geografi, Universiti Kebangsaan Malaysia. (Tidak diterbitkan).

**Mokhtar bin Jaafar**

Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran  
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan  
E-mail: mokhtar@eoc.ukm.my

**Noorakma Mohd Sabar**

Pelajar Tahun Akhir (Sesi 2007/2008)  
Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran  
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan

**Sharifah Mastura Syed Abdullah**

Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran  
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan  
E-mail: sharifah@eoc.ukm.my