

PENGANGGARAN KADAR HAKISAN TANIH JANGKA PENDEK DAN JANGKA PANJANG MENGGUNAKAN TEKNIK RADIONUKLID

(Estimates of Rates of Short- And Longer-Term Soil Erosion Using Radionuclide Techniques)

Mokhtar Jaafar

ABSTRAK

Teknik radionuklid 7Be telah digunakan untuk menganggarkan kadar hakisan tanah jangka pendek manakala 137Cs pula untuk jangka panjang, di Ladang Dalwood, Devon, England. Persampelan tanah secara transek dilakukan pada awal musim hujan (November 2004) bagi pengukuran hakisan tanah jangka panjang, manakala persampelan tanah bagi pengukuran jangka pendek pula adalah pada Januari 2005. Hasilnya menunjukkan kadar bersih hakisan tanah jangka panjang adalah $3.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$ manakala bagi jangka pendek pula adalah 24.2 t ha^{-1} . Ini membuktikan berlaku pemindahan sedimen daripada ladang jagung tersebut ke sistem saluran berdekatan. Nisbah penghasilan sedimen pula menunjukkan peratusan sebanyak 77% bagi tempoh jangka pendek dan 33% bagi tempoh jangka panjang. Secara bandingan, kadar hakisan daripada sesuatu kejadian hujan semasa adalah tinggi dan lebih banyak sedimen diangkat keluar daripada ladang tersebut manakala kadar hakisan bagi tempoh lebih kurang 30 tahun adalah sederhana dan proses pemendapan sedimen berlaku di sepanjang cerun. Kajian ini membuktikan amalan membiarkan permukaan tanah di ladang jagung tanpa pendekatan mesra alam telah meningkatkan kadar hakisan dan penghasilan sedimen di dalam sistem saluran berdekatan.

Kata kunci: *Hakisan Tanah Jangka Pendek, Hakisan Tanah Jangka Panjang, Teknik Radionuklid, 7Be , 137Cs*

ABSTRACT

Radionuclide technique of 7Be was used to estimate rates of short-term soil erosion whilst 137Cs is the case for longer-term, at the Dalwood Farm, Devon, England. The soil sampling using transect approach was conducted in early winter (November 2004), whilst soil sampling for short-term soil erosion was conducted in January 2005. The results show that the net rate of soil erosion for longer-term was $3.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ whilst 24.2 t ha^{-1} was the case for short-term soil erosion. This proven that sediment has been transferred from the maize field towards nearby river system. The short-term sediment delivery ratio was 77% and 33% was the case for the longer-term. In contrast, the erosion rate associated with present rainfall event is higher and more sediment had being mobilized from the field whilst the rate of soil erosion for the 30 years periods is moderate, and deposition process also occurred along the slope. This study also proven that environmentally unfriendly practice of the soil surface could increase the soil erosion rate and sediment yield at the nearby river system.

Keywords: *Short-Term Soil Erosion, Longer-Term Soil Erosion, Radionuclide Technique, 7Be , 137Cs*

PENGENALAN

Penanaman jagung sebagai makanan ternakan semakin berkembang di England. Penanaman jagung menjadi sumber pendapatan penting bagi kebanyakan petani di England kerana harga pasarnya yang tinggi. Harga pasaran yang tinggi ini berkait dengan permintaan yang juga tinggi bagi hasil jagung untuk dijadikan makanan ternakan. Data yang diperolehi daripada pihak

DEFRA (*Department of Environment, Food and Rural Affairs*) menunjukkan keluasan tanaman jagung bagi tujuan penghasilan makanan ternakan meningkat daripada 20,800 ha pada tahun 1980 kepada 33,300 ha pada tahun 1990, dan terus meningkat sebanyak 222.8% pada tahun 2004 kepada 107,494 ha.

Keluasan tanaman jagung yang terus meningkat ini turut selari dengan kemunculan masalah persekitaran yang terhasil daripada perkembangan tersebut. Amalan tidak mesra alam pihak peladang dan kontraktor penuai hasil menyebabkan ladang jagung terbiar tanpa sebarang sungkupan sepanjang musim hujan dari November hingga Februari. Akibatnya, hakisan tanah berlaku dengan giat dan menyumbang kepada hasil sedimen di dalam sistem saluran berhampiran sehingga merendahkan tahap kualiti air.

Secara lebih terperinci, penanaman jagung di England kebiasaannya bermula pada musim bunga (April/Mei) dan penuaian hasil dilakukan pada musim gugur (Oktober). Kejadian hakisan tanah yang dikaitkan dengan penanaman jagung sebenarnya telah bermula seawal tanah dibajak untuk penaburan benih sehingga ke peringkat penuaian hasil. Walau bagaimanapun, kejadian hakisan tanah menjadi serius di kawasan penanaman jagung selepas penuaian hasil. Ini kerana kebanyakan peladang tidak mengamalkan tanaman tutup bumi selepas penuaian, sedangkan kehadiran hujan sepanjang musim sejuk kerap terjadi. Keadaan begini (permukaan cerun tanpa tanaman tutup bumi dan kekerapan kejadian hujan) menggalakkan kejadian hakisan tanah, dan seterusnya mencemarkan sungai dengan kehadiran sedimen yang diangkut dan dipindahkan oleh air larian ke sistem sungai.

Sehubungan itu, satu kajian telah dijalankan bagi menganggar kadar hakisan tanah di sebuah ladang jagung yang tidak mengamalkan kaedah sungkupan dan tanaman tutup bumi. Teknik radionuklid ^{7}Be digunakan bagi menganggar kadar hakisan tanah jangka pendek dan ^{137}Cs pula adalah untuk menganggar kadar hakisan tanah jangka panjang. Kelebihan teknik radionuklid ini telah banyak dibincangkan serta dibuktikan keberkesanannya dalam kajian hakisan tanah dan sedimentasi (Walling dan Quine, 1991; Walling *et al.*, 1999; Zapata, 2003).

KAWASAN KAJIAN

Ladang jagung Dalwood yang terletak di Devon, England telah dipilih sebagai kawasan kajian (Rajah 1). Keluasan ladang ini hanya 3.84 ha dengan kedudukannya yang beraltitud antara 170-200 m dari atas nilai purata aras laut serta berkecerunan antara 2.0-4.6°. Tanah di ladang ini adalah dari jenis Bearsted 2 yang bersifat liat-berpasir dengan kandungan pasir sekitar 60%.



Rajah 1: Kawasan kajian-Ladang Dalwood

Ladang ini telah digunakan untuk penanaman jagung selama tujuh tahun berturut-turut tanpa sebarang tanaman selingan. Sebelum ladang ini ditanam dengan jagung sepenuhnya, ladang ini juga pernah digunakan untuk penanaman rumput ternak dan gandum. Kaedah pembajakan dan penuaian hasil adalah menggunakan jentera pembajak dan penuaian traktor bersaiz besar. Menjadi amalan peladang ini tidak mengamalkan sebarang tanaman tutup bumi atau kaedah-kaedah lain untuk melindungi permukaan tanah daripada impak air hujan. Ladang jagung ini juga dibiarkan tanpa sebarang aktiviti pertanian sehingga tiba musim penanaman berikutnya. Sejarah amalan pertanian di ladang ini menjadikannya sesuai sebagai kajian kes untuk menganggar kadar hakisan tanah jangka pendek dan jangka panjang.

METODOLOGI

Persampelan tanah bagi mengukur kandungan ^7Be dan ^{137}Cs telah dijalankan pada musim sejuk dari November 2004 hingga Januari 2005. Persampelan tanah dilakukan secara transek dengan dua transek dijajarkan secara selari dengan anggaran jarak 10m. Sampel tanah diambil bermula dari bahagian atas cerun sehingga ke kaki cerun dengan kepanjangan cerun antara 235-255m bagi kedua-dua transek. Sampel tanah bagi mengukur kandungan ^7Be diambil menggunakan tiub plastik berdiameter 15cm yang ditekan ke dalam tanah sedalam 3cm. Manakala tiub logam berdiameter 69cm dan digerakkan dengan kuasa petrol menggunakan *percussion hammer* serta ditekan ke dalam tanah sedalam 30-60cm. Keseluruhannya, 25 sampel tanah dikumpul daripada kedua-dua transek, masing-masing 14 sampel tanah pada transek 1 dan 11 bagi transek 2.

Sebagai tambahan, sembilan sampel tanah daripada tanah pertanian berhampiran yang dilitupi sepenuhnya dengan rumput turut diambil. Ini bagi mendapatkan nilai purata aktiviti kedua-dua radionuklid tersebut pada suatu kedudukan yang diandaikan tidak mengalami masalah hakisan tanah dan akan dijadikan rujukan dalam perbandingan nilai tapak inventori dengan tapak rujukan.

Semua sampel tanah daripada tapak inventori dan tapak rujukan dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C dan dinyahaggregatkan serta diayak untuk mendapatkan kumin tanah bersaiz kurang 2mm. Sebanyak 500g sampel tanah bersaiz kurang 2mm tersebut dipenuhkan ke dalam bikar marinelli dan dimasukkan ke dalam mesin pengesan spektrometri gamma HPGe bagi tempoh sekurang-kurangnya lapan jam untuk mengukur aktiviti ⁷Be dan ¹³⁷Cs. Puncak kuasa yang digunakan untuk mengukur kedua-dua jenis radionuklid tersebut adalah, masing-masing 475 keV bagi ⁷Be dan 660 keV bagi ¹³⁷Cs.

Bagi menganggar kadar hakisan tanah jangka pendek, model taburan profil digunakan manakala model keseimbangan jisim III digunakan untuk menganggar kadar hakisan tanah jangka panjang. Model taburan profil adalah suatu model teoritikal yang dapat menukar bacaan aktiviti ⁷Be yang diperolehi daripada mesin pengesan spektrometri gamma HPGe kepada nilai anggaran taburan semula tanah akibat kejadian hakisan dan pempadapan dalam tempoh lebih kurang 53 hari. Model keseimbangan jisim III pula sesuai digunakan untuk menganggar taburan semula tanah bagi tempoh lebih kurang 30 tahun dan hanya digunakan bagi cerun yang membenarkan air larian menuruni cerun dengan halangan yang paling minimum. Kelebihan dan kegunaan kedua-dua model ini diperincikan oleh Zapata *et al.* (2002).

Anggaran kadar hakisan tanah jangka pendek menggunakan teknik ⁷Be dikira menggunakan rumus berikut:

$$Y = [10 / (t - 1963)] \ln [1 - (X / 100)] h_0 \quad (1)$$

dengan Y adalah purata tahunan kehilangan tanah, t adalah tahun persampelan tanah dilakukan, dan X adalah peratus pengurangan jumlah guguran ⁷Be di tapak inventori. Nilai h_0 yang digunakan adalah berdasarkan nilai yang digunapakai oleh Blake *et al.* (1999) iaitu 5.4 kg m⁻². Nilai ini mewakili nilai tenang yang dikenali sebagai *relaxation mass depth*.

Manakala anggaran kadar hakisan tanah jangka panjang menggunakan teknik ¹³⁷Cs dikira menggunakan rumus berikut:

$$dA(t)/dt = I(t) - [\lambda + R/d] A(t) \quad (2)$$

dengan $A(t)$ adalah nilai kumulatif ¹³⁷Cs di tapak inventori, t adalah masa sejak permulaan guguran ¹³⁷Cs, R adalah kadar hakisan, d adalah nilai kumulatif kedalaman jisim yang mewakili purata kedalaman pembajakan tanah, λ adalah nilai konstan pereputan ¹³⁷Cs, dan $I(t)$ adalah fluks pempadapan tahunan ¹³⁷Cs pada masa t .

HASIL DAN PERBINCANGAN

(i) Anggaran kadar hakisan tanah jangka pendek

Pengukuran aktiviti ⁷Be di tapak inventori didapati 30.7% lebih rendah daripada aktiviti ⁷Be di tapak rujukan inventori (321.4 Bq m⁻²). Jumlah hakisan tanah bagi transek A pula adalah 501.4 t ha⁻¹, dan 295.3 t ha⁻¹ adalah bagi transek B. Manakala jumlah bersih kehilangan tanah bagi transek A adalah 385.3 t ha⁻¹, dan 231.0 t ha⁻¹ adalah bagi transek B. Kadar hakisan tanah bagi

kedua-dua transek adalah antara *ca.* 1-147 t ha⁻¹. Secara keseluruhannya pula, anggaran kadar kasar hakisan tanah bagi ladang jagung Dalwood adalah 31.3 t ha⁻¹, manakala anggaran kadar bersih hakisan adalah 24.2 t ha⁻¹, dengan nisbah penghasilan sedimen sebanyak 77%.

(ii) Anggaran kadar hakisan tanah jangka panjang

Bagi hakisan tanah jangka panjang pula, aktiviti ¹³⁷Cs di dalam sampel-sampel tanah di tapak inventori adalah 12.8% lebih rendah daripada aktiviti ¹³⁷Cs di tapak rujukan inventori (2400.2 Bq m⁻²). Jumlah hakisan tercatat sebanyak 125.3 t ha⁻¹ thn⁻¹ bagi transek A, dan 42.9 t ha⁻¹ thn⁻¹ bagi transek B. Jumlah bersih kehilangan tanah adalah, masing-masing 91.5 t ha⁻¹ thn⁻¹ bagi transek A dan 18.8 t ha⁻¹ thn⁻¹ bagi transek B. Kadar hakisan tanah bagi kedua-dua transek pula adalah antara *ca.* 1-29 t ha⁻¹ thn⁻¹. Bagi tempoh lebih kurang 30 tahun, kadar kasar dan kadar bersih hakisan tanah di ladang jagung Dalwood adalah, masing-masing, 10.4 t ha⁻¹ thn⁻¹ dan 3.4 t ha⁻¹ thn⁻¹. Ini memberikan nisbah penghasilan sedimen sebanyak 33%.

Pola anggaran hakisan dan pempadapan tanah di kedua-dua transek jelas menunjukkan bahawa cerun ladang jagung Dalwood mengalami proses hakisan tanah yang tinggi, bermula daripada puncak cerun lagi. Proses pempadapan tanah yang kebiasannya berlaku di bahagian kaki cerun kelihatan tidak berlaku di ladang ini. Berdasarkan pemerhatian di lapangan, ini mungkin berkait dengan keadaan di bahagian kaki cerun yang curam dan membenarkan air larian terus bertindak menghakis bahagian tersebut.

(iii) Bandingan hakisan tanah jangka pendek dan jangka panjang

Perbandingan perlu dilakukan dalam membezakan makna nilai-nilai anggaran kadar hakisan tanah yang diperolehi daripada kedua-dua teknik radionuklid tersebut. Ini kerana teknik radionuklid ⁷Be hanya memberi nilai anggaran kadar hakisan tanah jangka pendek yang sangat bergantung kepada pola hujan semasa sahaja. Tindakbalas radionuklid ⁷Be di dalam tanah pula hanya efektif untuk tempoh selama lebih kurang 53 hari, menjadikan proses taburan semula tanah daripada suatu kejadian hujan dengan kejadian hujan yang berikutnya memungkinkan berlakunya ralat terutama jika kedua-dua kejadian hujan berlaku dalam tempoh yang sangat hampir. Bagi teknik ¹³⁷Cs pula, pertimbangan harus diberikan kepada jarak masa persampelan tanah dilakukan dengan masa kewujudan radionuklid ¹³⁷Cs pada tahun 1960-an sebagai bahan guguran dan kekal di dalam tanah selama tempoh tersebut.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, nilai anggaran kasar dan bersih hakisan tanah yang diperolehi daripada pengukuran teknik ⁷Be dan ¹³⁷Cs bagi ladang jagung Dalwood adalah sangat berguna dalam memahami taburan semula tanah bagi kedua-dua tempoh masa. Nilai anggaran kasar dan bersih hakisan tanah jangka pendek yang diperolehi, walau bagaimanapun hanya mewakili impak hakisan hujan sehari sebelum persampelan tanah dilakukan manakala nilai anggaran kasar dan bersih hakisan tanah jangka panjang pula mengambilkira kehilangan tanah semenjak ladang Dalwood tersebut digunakan untuk tanaman jagung, iaitu bermula pada tahun 1998. Oleh itu, nilai anggaran yang diperolehi dalam kajian ini harus dinilai berdasarkan kadar peningkatan nilai anggaran yang paling minimum sahaja.

Sehubungan itu, sekiranya nilai-nilai anggaran hakisan tanah tersebut dibandingkan, dapatlah dinyatakan di sini bahawa penanaman jagung yang tidak mesra alam di Ladang

Dalwood telah menghasilkan nilai purata kasar hakisan tanah dalam gandaan 3 (31.3 t ha^{-1} dan $10.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$). Nilai ini menjelaskan bahawa kejadian hujan yang berlaku sebelum persampelan tanah dilakukan telah meningkatkan proses hakisan tanah pada kadar yang tinggi. Manakala nilai purata bersih hakisan tanah pula berlaku dalam gandaan 7.1 dan memberi gambaran bahawa selama lebih kurang tujuh tahun selepas tanaman jagung dipraktikkan di ladang tersebut, kadar hakisan tanah adalah sebanyak $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$. Berdasarkan hasil daripada kedua-dua nilai bandingan tersebut, didapati nisbah hasil sedimen bagi ladang jagung Dalwood berlaku dalam gandaan 2.3 kali. Ini bermakna kehilangan tanah di ladang jagung ini masih dapat diimbangi dengan pemendapan tanah, walaupun pada kadar yang rendah.

Dapatan ini jika dibandingkan dengan Walling *et al.* (1999) adalah lebih rendah di mana mereka melaporkan anggaran kasar dan bersih hakisan tanah dalam gandaan 5. Daripada segi nisbah hasil sedimen pula, nilai yang diperolehi daripada kajian ini juga boleh dianggap rendah di mana jika dibandingkan dengan Blake *et al.* (1999) dalam kajian beliau di sebuah ladang jagung bersaiz 6.7 ha yang menghasilkan nilai sebanyak 80%.

Namun begitu, perlu juga diingatkan bahawa dengan saiz ladang yang kecil, jumlah kehilangan tanah yang berlaku di ladang jagung Dalwood ini memerlukan perhatian yang sewajarnya kerana jika amalan tidak mesra alam masih dipraktikkan, kemungkinan kadar kehilangan tanah akan terus meningkat. Jika keadaan ini berterusan, ladang ini mungkin menjadi kurang subur akibat kehilangan nutrien melalui proses hakisan tanah yang berterusan pada setiap kali kejadian hujan.

KESIMPULAN

Kajian yang telah dilakukan untuk menganggar kadar hakisan tanah jangka pendek dan jangka panjang menggunakan teknik radionuklid di ladang jagung Dalwood membuktikan bahawa amalan tidak mesra alam telah meningkatkan kadar hakisan tanah serta kehilangan tanah yang memudaratkan. Anggaran kadar kehilangan tanah yang agak tinggi bagi kedua-dua tempoh masa jangka pendek dan jangka panjang membuktikan bahawa sesuatu kejadian hujan mampu menjadi agen geomorfologi yang sangat berkesan di permukaan tanah yang tidak mempunyai tutupan bumi. Keadaan cerun yang panjang dan curam menggalakkan lagi keberkesanan proses hakisan tanah di ladang jagung Dalwood. Amalan mesra alam yang dicadangkan dalam *The Code of Good Agricultural Practice* mungkin dapat membantu para peladang jagung di England dalam mengamalkan pengurusan ladang secara lebih mesra alam manakala *Agri-Environment Scheme* boleh menjadi faktor penggalak kepada para peladang untuk mematuhi praktik mesra alam kerana skim tersebut memberi imbuhan dalam bentuk kewangan yang menguntungkan pihak pengurusan ladang yang mengamalkan pendekatan mesra alam dan teknologi hijau.

RUJUKAN

- Blake, W.H., Walling, D.E. & He, Q. (1999). Fallout beryllium-7 as a tracer in soil erosion investigations. *Applied Radiation and Isotopes*. 51: 599-605.
- Mokhtar Jaafar. (2007). Penggunaan radionuklid ^{137}Cs dalam kajian hakisan tanah jangka panjang. *e-BANGI*, 2(2): 17.

- Walling, D.E. & Quine, T.A. (1991). The use of caesium-137 measurements to investigate soil erosion on arable fields in the UK: Potential applications and limitations. *Journal of Soil Science*. 42: 147-165.
- Walling, D.E., He, Q., & Blake, W.H. (1999). Use of ^7Be and ^{137}Cs measurements to document short- and medium-term rates of water-induced soil erosion on agricultural land. *Water Resources Research*. 35: 3865-3874.
- Walling, D.E. (2002). Recent advances in the use of environmental radionuclides in soil erosion investigations. Dlm. *Nuclear techniques in integrated plant nutrient, water and soil management. IAEA-CSP-11P*. Vienna: IAEA. 279-301.
- Zapata, F., Garcia-Agudo, E., Ritchie, J.C. & Appleby, P.G. (2002). *Handbook for the assessment of soil erosion and sedimentation using environmental radionuclides*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Zapata, F. (2003). The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: Recent advances and future developments. *Soil & Tillage Research*. 69: 3-13.

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