

PENGGUNAAN RADIONUKLID DALAM INVESTIGASI HAKISAN TANIH JANGKA PENDEK DAN JANGKA PANJANG

Mokhtar Jaafar
Program Geografi
Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor

Abstrak

Kertas kerja ini membicarakan dapatan daripada investigasi hakisan tanah jangka pendek dan jangka panjang, menggunakan radionuklid sebagai penyurih. Investigasi hakisan tanah jangka pendek dilakukan dengan menggunakan teknik ^7Be , manakala teknik ^{137}Cs digunakan bagi investigasi hakisan tanah jangka panjang. Investigasi tersebut dilakukan di ladang jagung Dalwood, Devon, England. Persampelan tanah bagi investigasi hakisan tanah jangka panjang dilakukan pada akhir musim gugur, manakala investigasi hakisan tanah jangka pendek dilakukan pada awal musim sejuk. Kajian mendapati proses hakisan dan pemendapan bagi kedua-dua tempoh berkenaan dapat dikesan di sepanjang transek. Walau bagaimanapun, kadar kehilangan tanah lebih dominan bagi hakisan tanah jangka pendek dengan nisbah pengeluaran sedimen adalah 77%, berbanding hanya 33% bagi hakisan tanah jangka panjang. Ini menunjukkan berlaku mobiliti dan pengangkutan sedimen dari ladang jagung ini ke jaringan sungai yang berdekatan.

Pengenalan

Penanaman jagung sebagai makanan ternakan semakin mendapat perhatian pelbagai pihak di England. Di pihak petani, penanaman jagung menjadi sumber pendapatan penting, selain penanaman gandum dan kentang, kerana harga pasaran yang tinggi. Ini berkait dengan permintaan yang tinggi bagi hasil jagung untuk dijadikan makanan ternakan. Walau bagaimanapun, di pihak kerajaan, penanaman jagung menimbulkan banyak masalah alam sekitar, terutama masalah hakisan tanah dan pencemaran sungai yang berpunca daripada penanaman jagung.

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 boleh mencemarkan sungai sekiranya sedimen diangkut dan dipindahkan ke jaringan sungai oleh air larian permukaan.

Dalam investigasi hakisan tanah, kaedah konvensional seperti plot eksperimen sering digunakan. Namun begitu, kini guguran (*fallout*) radionuklid menawarkan pilihan dalam investigasi hakisan tanah. Kelebihan teknik radionuklid dalam investigasi hakisan tanah berbanding dengan kaedah konvensional telah banyak diperkatakan, antaranya oleh Zapata et al. (2002) dan Walling (2002). Antara lain, radionuklid sebagai penyurih dalam investigasi hakisan tanah memudahkan pengukuran jangkaan hakisan dengan hanya sekali lawatan sahaja ke lapangan, dan menawarkan data jangkaan hakisan-pemendapan bagi setiap titik persampelan yang boleh digunakan untuk mendapatkan maklumat pola keruangan dan kadar hakisan.

Teknik radionuklid menawarkan data bagi kedua-dua proses hakisan dan pemendapan bagi kawasan yang sama, lalu menyediakan pula maklumat kehilangan tanah bersih. Oleh itu, investigasi hakisan tanah jangka pendek dan jangka panjang dalam kajian ini telah memanfaatkan teknik radionuklid, ^7Be bagi hakisan tanah jangka pendek, dan ^{137}Cs bagi hakisan tanah jangka panjang.

Kawasan kajian: Ladang Dalwood

Ladang jagung Dalwood yang menjadi kes kajian dalam investigasi hakisan tanah jangka pendek dan jangka panjang hanya berkeluasan 3.84 ha. Kedudukannya beraltitud antara 170-200 m di atas aras laut, dan berkecerunan antara 2-4.6°. Tanah di ladang ini adalah dari jenis Bearsted 2 bersifat liat-berpasir, dengan kandungan pasir sekitar 60%.

Ladang ini telah digunakan untuk penanaman jagung selama tujuh tahun berturut-turut tanpa sebarang selingan tanaman. Sebelum itu, 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 dibiarkan tanpa sebarang aktiviti pertanian sehingga tiba musim penanaman berikutnya. Sejarah amalan pertanian di ladang ini menjadikannya sesuai dikaji dalam konteks hakisan jangka pendek dan jangka panjang.

Latar belakang radionuklid ^7Be dan ^{137}Cs

Radionuklid ^7Be terhasil daripada letupan-letupan bom di ruang atmosfera oleh kosmik-ray. Jangka hayat radionuklid ini adalah selama 53.4 hari (Olsen et al, 1985; Bonniwell et al., 1999), menjadikannya sesuai sebagai alat penyurih dalam kajian hakisan tanah jangka pendek. Radionuklid ^{137}Cs pula terhasil daripada letupan dan ujian-ujian bom nuklear yang bermula sekitar 1950-an dan 1960-an, di samping tambahan daripada letupan loji nuklear Chernobyl pada 1986. Taburan radionuklid ^{137}Cs di ruang atmosfera adalah lebih menyeluruh di seluruh dunia berbanding dengan

taburan radionuklid ^7Be . Jangka hayat ^{137}Cs adalah 30.2 tahun, menjadikannya sesuai sebagai penyurih kajian hakisan tanah jangka panjang.

Kedua-dua radionuklid ini digugurkan ke permukaan bumi melalui hujan, dan apabila guguran tersebut termendap di atas permukaan bumi, ia akan diserap dengan cepat ke bahagian bawah tanah sehingga ke tahap kedalaman tertentu. Secara umum, penyerapan guguran ^7Be ke dalam tanah mungkin hanya boleh mencapai kedalaman sekitar 5 sm sahaja, tetapi guguran ^{137}Cs boleh menyerap masuk sehingga kedalaman 60 sm. Kajian oleh Blake et al. (1999) mendapati guguran ^7Be di tanah liat-berpasir hanya mencapai kedalaman sehingga 5 sm sahaja, manakala guguran ^{137}Cs boleh menyerap ke dalam tanah sehingga kedalaman 60 sm tetapi konsentrasi adalah tertumpu pada kedalaman 30-35 sm (He & Walling, 1997).

Metodologi

Pengukuran kandungan guguran ^7Be dan ^{137}Cs di tapak inventori telah dilakukan di ladang jagung Dalwood, masing-masing pada awal musim sejuk dan akhir musim gugur 2004. Pengukuran bermula dengan persampelan tanah secara transek (2 transek) dengan bilangan titik persampelan adalah sebanyak 14 bagi transek 1, dan 11 bagi transek 2. Persampelan tanah bagi pengukuran guguran ^7Be dilakukan dengan menggunakan tiub plastik berdiameter 150 mm, manakala bagi ^{137}Cs pula menggunakan tiub logam berdiameter 69 mm. Persampelan tanah juga dilakukan di tapak rujukan inventori yang berlitupan tumbuhan (rumput) bagi membandingkan kandungan guguran kedua-dua radionuklid tersebut antara permukaan tanah bertumbuhan dengan tanpa tumbuhan.

Setiap sampel tanah dikeringkan mengguna *oven* pada suhu 50°C . Sampel tanah yang kering diayak untuk mendapatkan tanah halus bersaiz <2 mm. Tanah ini (<2 mm) kemudian dipenuhi ke dalam bikar marinelli, seterusnya dimasukkan ke dalam pengesan spektrometri gamma HPGe (*high-purity germanium*) untuk tempoh sekurang-kurangnya lapan jam bagi sampel tanah ^7Be , dan 10 jam bagi sampel tanah ^{137}Cs . Bacaan

pengukuran kandungan guguran ^{7}Be di dalam pengesan spektrometri gamma HPGe selama tempoh tersebut dilakukan pada puncak kuasa 475 keV, dan 660 keV bagi ^{137}Cs .

Analisis hakisan tanah jangka pendek dilakukan dengan mengaplikasi model taburan profil, manakala analisis hakisan tanah jangka panjang mengaplikasi model keseimbangan jisim III. Model taburan profil sesuai diguna bagi permukaan tanah yang tidak mempunyai litupan tumbuhan seperti keadaan permukaan tanah ladang jagung Dalwood yang terbiar tanpa sebarang litupan tumbuhan sepanjang musim sejuk. Manakala model keseimbangan jisim III sesuai diguna bagi kes yang sama kerana sejarah ladang ini yang mempraktikkan pembajakan tanah.

Kadar hakisan tanah jangka pendek menggunakan ^{7}Be dianalisis berdasarkan rumus berikut:

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

dengan Y adalah purata tahunan kehilangan tanah, t adalah tahun persampelan tanah dilakukan, dan X adalah peratus pengurangan jumlah guguran ^{7}Be di tapak inventori.

Kadar hakisan tanah jangka panjang menggunakan ^{137}Cs pula dianalisis menggunakan rumus berikut:

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

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

Hasil dan Perbincangan

(i) Hakisan tanah jangka pendek

Kandungan guguran ^{7}Be di tapak inventori adalah 30.7% lebih rendah daripada kandungan guguran ^{7}Be di tapak rujukan inventori (321.4 Bq m^{-2}). Jumlah hakisan bagi transet A adalah 501.4 t ha^{-1} , dan 295.3 t ha^{-1} bagi transek B. Manakala jumlah kehilangan tanah bersih bagi transek A adalah 385.3 t ha^{-1} , dan 231.0 t ha^{-1} bagi transek B. Kadar hakisan tanah sepanjang transek adalah antara *ca.* $1-147 \text{ t ha}^{-1}$. Secara keseluruhannya, kadar hakisan kasar bagi ladang jagung Dalwood adalah 31.3 t ha^{-1} , kadar hakisan bersih adalah 24.2 t ha^{-1} , manakala nisbah pengeluaran sedimen adalah 77%.

(ii) Hakisan tanah jangka panjang

Kandungan guguran ^{137}Cs di tapak inventori adalah 12.8% lebih rendah daripada kandungan guguran ^{137}Cs di tapak rujukan inventori (2400.2 Bq m^{-2}). Jumlah hakisan tercatat sebanyak $125.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$ bagi transek A, dan $42.9 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$ bagi transek B. Jumlah kehilangan tanah bersih pula adalah, masing-masing $91.5 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$, dan $18.8 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$ bagi kedua-dua transek. Kadar anggaran hakisan tanah bagi kedua-dua transek pula adalah antara *ca.* $1-29 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$. Bagi tempoh lebih kurang 30 tahun, kadar hakisan kasar dan kadar hakisan bersih adalah, masing-masing, $10.4 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$ dan $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$. Ini memberikan nisbah pengeluaran sedimen sebanyak 33%.

(iii) Perbandingan hakisan tanah jangka pendek dan hakisan tanah jangka panjang

Dapatan daripada investigasi hakisan tanah bagi kedua-dua tempoh harus ditafsir sebagai menyumbang kepada kehilangan tanah pada kadar agak tinggi. Dalam kes hakisan tanah jangka pendek, dengan mengambil kira jumlah hakisan tanah dan nisbah pengeluaran sedimen daripada kejadian hujan semasa (mungkin menyumbang kepada hakisan percikan dan hakisan permukaan), kadar kehilangan tanah yang disebabkan oleh hakisan tanah jangka pendek adalah tinggi bagi saiz ladang yang kecil. Dapatan ini mungkin boleh disamakan dengan kajian Blake et al. (1999) yang melaporkan nisbah pengeluaran sedimen bagi ladang jagung bersaiz 6.7 ha sebanyak 80%.

Dalam konteks hakisan tanah jangka panjang pula, kadar kehilangan tanah juga boleh ditafsir sebagai tinggi. Ini kerana, mengambil kira tempoh jangka hayat ^{137}Cs

selama lebih kurang 30 tahun, nisbah pengeluaran sedimen 33% memberi gambaran bahawa pada bahagian tertentu di ladang tersebut, berlaku juga pemendapan sedimen. Sebagai contoh, jumlah pemendapan bagi kedua-dua transek mewakili 25.6% daripada pemindahan sedimen daripada permukaan cerun ladang jagung Dalwood.

Sejarah pertanian di ladang jagung ini mungkin kurang mempengaruhi kadar hakisan jangka pendek yang diperolehi. Namun begitu amalan pertanian dan magnitud hujan yang tinggi mungkin faktor utama yang menyumbang kepada kadar hakisan tanah bersih yang tinggi. Pemilik ladang ini, selain tidak mengamalkan tanaman tutup bumi selepas penuaian, turut menggunakan jentera penuai (traktor) bersaiz besar. Jentera ini pastinya merosakkan struktur tanah ketika kerja penuaian dilakukan, malah pemerhatian penulis ketika persampelan tanah dilakukan mendapati terdapat banyak kesan-kesan tayar traktor yang besar menjadi seperti alur air. Di samping itu, penggunaan jentera berat juga mampu memadatkan tanah dan ini boleh menghalang kelancaran infiltrasi air ke dalam tanah, lantas meningkatkan aliran air permukaan.

Bagi hakisan tanah jangka panjang pula, sejarah pertanian mungkin merupakan salah satu faktor yang menyumbang kepada kehilangan tanah bersih di ladang jagung ini. Sebagaimana dinyatakan sebelum ini, ladang ini terdahulunya ditanami dengan gandum dan rumput ternak. Ini bermakna ladang ini tidak putus daripada aktiviti pertanian yang pastinya melibatkan penggunaan jentera berat seperti traktor ketika pembajakan tanah dan penuaian hasil. Di samping itu, ladang ini juga pernah dijadikan tapak pelepasan binatang ternakan ketika tanaman selingan rumput. Ini bermakna pembajakan tanah secara berterusan, penuaian hasil menggunakan jentera berat serta tindakbalas binatang ternakan terhadap permukaan tanah mungkin telah merosakkan struktur tanah menjadikannya lebih longgar, rapuh dan tidak rentan terhadap tindakan air hujan.

Kesimpulan

Kertas kerja ini telah membincangkan dapatan daripada investigasi hakisan tanah jangka pendek dan jangka panjang di ladang jagung yang telah selesai daripada

penuaian hasil. Bagi kedua-dua tempoh, kadar hakisan tanah boleh ditafsir sebagai signifikan dengan amalan pertanian terdahulu dan semasa, serta magnitud hujan yang diterima. Adalah jelas ladang jagung tersebut mengalami kehilangan tanah yang serius, yang mungkin juga telah banyak kehilangan kandungan nutrien apabila sedimen diangkut oleh air larian keluar ke jaringan sungai berdekatan.

Rujukan

- Blake, W.H., Walling, D.E. and He, Q. 1999. Fallout beryllium-7 as a tracer in soil erosion investigation. *Applied Radiation and Isotopes*. 51: 599-605.
- Bonniwell, E.C., Matisoff, G. and Whiting, P.J. 1999. Determining the times and transit distances of particle transit in a mountain stream using radionuclides. *Geomorphology*. 27(1-2): 75-92.
- He, Q. and Walling, D.E. 1997. The distribution of fallout ^{137}Cs and ^{210}Pb in undisturbed and cultivated soils. *Applied Radiation and Isotopes*. 48: 677-690.
- Olsen, C.R., Larsen, I.L., Lowry, P.D., Cutshall, N.H., Todd, J.F., Wong, G.T. and Casey, W.H. 1985. Atmospheric fluxes and marsh soil inventories of ^7Be and ^{210}Pb . *Journal of Geographical Research*. 90(D6): 10487-10495.
- 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 (hlm. 279-301). Vienna: IAEA.
- Zapata, F., Garcia-Agudo, E., Ritchie, J.C. & Appleby, P.G. Introduction. Dlm. Zapata, F. (Pnyt.). *Handbook for the assessment of soil erosion and sedimentation using environmental radionuclides*. (hlm. 1-13). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.