

Aplikasi GIS Dalam Menganggar Kadar Hakisan Tanah Menggunakan Model RUSLE: Kajian Kes Di Kampus UKM Bangi

Gis Applications In Estimation Of Soil Erosion Based On RUSLE Model: Case Study In UKM Campus Bangi.

Wan Nor Amira Binti Wan Mala
Lam Kuok Choy

Program Geografi, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, UKM
Pusat Penyelidikan Kelestarian Sosial, Persekitaran dan Pembangunan (SEEDS)
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, UKM

Correspondence : Lam Kuok Choy (lam@ukm.edu.my)

ABSTRAK

Hakisan tanah adalah satu cabaran serius alam sekitar yang dihadapi di Malaysia pada masa kini. Hakisan berlaku akibat permindahan kumin tanah oleh air dan angin, dan ia berlaku dalam kawasan Kampus Ukm Bangi di bawah pelbagai kegunaan tanah. Hakisan oleh air boleh menjadi lebih berkesan semasa peristiwa ribut dan boleh menjadi berbahaya apabila berlaku hakisan sungai kecil dan lembaran semasa hujan lebat. Kebanyakan kehilangan tanah banyak berlaku pada waktu tersebut. Hakisan tanah menyebabkan kumin-kumin tanah masuk ke dalam sungai dan akan berlakunya pemendapan sedimen, sekaligus akan merosakkan kualiti air. Satu kaedah yang mengintegrasikan penderiaan jauh dan Sistem Maklumat Geografi (GIS), dengan menggunakan model Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) untuk menilai risiko, dilihat boleh membantu mengenal pasti dan menilai potensi hakisan tanah dan menganggarkan kehilangan tanah. Lapisan data GIS termasuk faktor erosiviti hujan (R), erodabiliti tanah (K), panjang cerun dan kecuraman cerun (LS), dan litupan tumbuhan (C) telah dikira untuk menentukan secara purata kehilangan tanah tahunan dalam kawasan kajian. Peta akhir hakisan tanah tahunan menunjukkan kehilangan tanah maksimum adalah $81.3216 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$. Berdasarkan peta potensi risiko hakisan tanah, hakisan tanah di kawasan kajian dapat dikelaskan kepada tiga kelas iaitu hakisan rendah (kurang $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$), hakisan sederhana ($10\text{-}50 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$), hakisan sederhana tinggi ($51\text{-}100 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$). Fungsi faktor C boleh dikawal dan menjadi mitigasi kepada hakisan tanah serta boleh mengurangkan kehilangan tanah melalui pengurusan yang betul.

Kata kunci: Hakisan tanah, kadar kehilangan tanah, Model RUSLE, Penderiaan Jauh dan GIS

ABSTRACT

Soil erosion is a widespread environmental challenge faced in Malaysia nowadays. Erosion is defined as the movement of soil by water and wind, and it occurs in Ukm Bangi Campus under a wide range of land uses. Erosion by water can be dramatic during storm events and it can also be insidious, occurring as sheet and rill erosion during heavy rains. Most of the soil lost by water erosion is by the processes of sheet and rill erosion. Soil erosion will cause the soil particles wash into the river and sediment deposition will occurs, so that will affect the quality of water. A methodology that integrates Remote sensing and Geographic Information Systems (GIS), coupled with the use of Revised Universal Soil

Loss Equation (RUSLE) model to assess risk, can identify and assess soil erosion potential and estimate the value of soil loss. GIS data layers including, rainfall erosivity (R), soil erodability (K), slope length and steepness (LS), and cover management (C) factors were computed to determine their effects on average annual soil loss in the study area. The final map of annual soil erosion shows a maximum soil loss of 81.3216 t h⁻¹ y⁻¹. Based on the result soil erosion was classified in to soil erosion severity map with three classes, which is low, moderate and high moderate. It is understood that functions of C factor that can be controlled and thus can greatly reduce soil loss through a good management.

Key Words: Soil Erosion, Soil Loss, RUSLE Model, Remote Sensing and GIS

1. Pengenalan

Hakisan adalah proses pemindahan dan pengangkutan partikel tanah oleh agen-agen hakisan (Ellison 1944). Setiap tahun di seluruh dunia sebanyak 75 billion tan tanah terhakis dari tanah. Kadar hakisan adalah kira-kira 13-40 kali lebih cepat kerana ianya adalah hakisan semula jadi (Zuazo et al. 2009).

Hakisan tanah yang berlaku di Hutan Simpan Kekal dan Hutan Pendidikan Alam UKM boleh menyebabkan tanah runtuh dan mengakibatkan pemendapan sedimen di Alur Ilmu UKM. Hal ini adalah kerana air yang mengalir ke Alur Ilmu dibekalkan oleh Hutan Simpan Kekal dan Hutan Pendidikan Alam UKM dan mengalir ke kawasan pembinaan fakulti-fakulti dan terus mengalir ke Sungai Langat, Selangor, Malaysia (Ekhwan Toriman 2012). Hakisan tebing yang memberikan kesan terhadap ketebalan sedimen dalam sungai atau empangan menyumbang kepada kejadian banjir (Gasim et al. 2010).

Namun, jumlah sedimen yang telah dialirkan ke alur ilmu dan kadar tanah yang terhakis juga tidak diketahui. Sebelum ini, kajian mengenai hakisan tanah telah dilakukan oleh pengkaji lain namun mereka menggunakan kaedah yang berbeza. Misalnya kajian Mokhtar (2011) dalam menentukan tahap kebolehruntuhan tanah menggunakan skala ROM. Ahmad Hairuldin (2012) juga turut menjalankan kajian bagi menentukan kadar hakisan daripada plot rumput menggunakan simulasi hujan. Namun dalam kajian ini, pengkaji akan mengaplikasikan teknologi Sistem Maklumat Geografi (GIS) dan penderiaan jauh dalam menganggar kadar hakisan tanah menggunakan model *Revised Universal Soiled Loss Equation* (RUSLE) di kawasan kajian.

Matlamat utama kajian ini adalah untuk membentuk satu pangkalan data GIS yang dapat diaplikasikan bagi menganggar kadar hakisan tanah di kawasan Kampus Ukm Bangi. Tiga objektif telah dibentuk bagi mencapai matlamat kajian ini:

1. Membangunkan pangkalan data GIS yang sesuai bagi mengaplikasikan model hakisan RUSLE.
2. Membangunkan satu metodologi yang menggabungkan data penderiaan jauh dan GIS dengan model RUSLE untuk menganggarkan taburan spatial hakisan tanah.
3. Menganggar kadar hakisan tanah di Kampus UKM Bangi bagi tahun 2016 menggunakan model RUSLE.

2. Tinjauan Literatur

Pendekatan GIS untuk menilai risiko hakisan tanah sememangnya kaedah yang lazim digunakan oleh banyak pengkaji kerana hasil kajian daripada kaedah itu dilihat lebih tepat.

Tambahan pula, model hakisan tanah yang digunakan sentiasa ditambahbaik dari masa ke semasa mengikut kesesuaian tempat. Misalnya model hakisan tanah Universal Soil Loss Equation (USLE) diubah menjadi Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) bagi menyesuaikan model hakisan tanah yang digunakan dengan tempat kajian. Linda Obieke (2014) turut menjalankan kajian untuk mengkaji perubahan tanah dan menilai potensi kehilangan tanah menggunakan aplikasi GIS dan model hakisan tanah RUSLE di kawasan tadahan air Richland. Hasilnya menunjukkan berlaku perubahan guna tanah untuk kegunaan pertanian dari tahun 1990 sehingga 2010. Kawasan yang berlaku hakisan tanah adalah sedikit akibat daripada peningkatan penanaman pokok dan rumput yang digalakkan oleh kerajaan menerusi *Conservation Reserve Program*.

Kajian hakisan tanah dilakukan juga bertujuan untuk pembangunan kuasa hidro. Pemendapan adalah salah satu masalah utama dalam skim hidro di Malaysia. Cameron Highlands didapati mengalami masalah pemendapan yang agak serius di Malaysia. Soo Huey Teh (2011) menjalankan satu kajian bagi menentukan purata tahunan kadar kehilangan tanah menggunakan model RUSLE bagi kawasan tadahan atas Cameron Highlands pada 1997 dan 2006. Penghasilan sedimen daripada Ringlet Reservoir telah diramalkan sebanyak 282,465.5 m³/tahun bagi tahun 1997 dan 334,853.5 m³/tahun untuk 2006. Jumlah tersebut dijangka meningkat dari masa ke semasa selagi aktiviti pertanian dan penebangan hutan dijalankan.

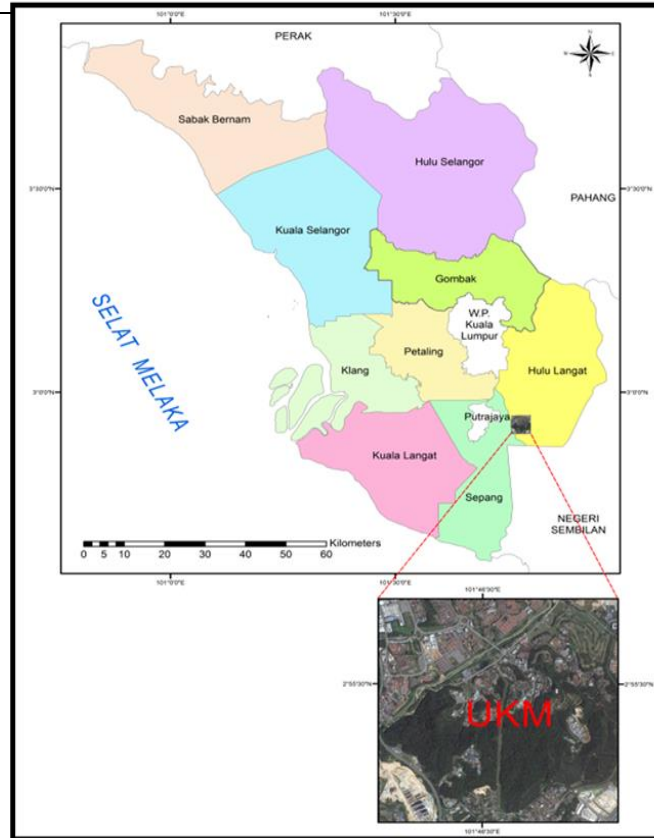
Lam Kouk Choy (2000) dalam kajian hakisan tanah di Lembangan Sg. Langat telah menghasilkan empat peringkat simulasi hakisan tanah menggunakan model USLE yang telah diaplikasikan di dalam ArcGrid. Peringkat-peringkat simulasi tersebut adalah peringkat simulasi kehilangan tanah gabungan parameter RKLS, RKLSP2, RKLSC dan RKLSCP. Hasil analisis untuk keempat-empat simulasi tersebut seterusnya telah dikelaskan semula ke dalam lima kelas kategori hakisan iaitu hakisan rendah (kurang 10 t ha⁻¹ thn⁻¹), hakisan sederhana (10-50 t ha⁻¹ thn⁻¹), hakisan sederhana tinggi (51-100 t ha⁻¹ thn⁻¹), hakisan tinggi (101-150 t ha⁻¹ thn⁻¹) dan hakisan sangat tinggi (lebih t ha⁻¹ thn⁻¹).

Kajian mengenai hakisan tanah sebenarnya telah banyak dilakukan sebelum ini oleh pengkaji lain di Kampus UKM Bangi namun mereka menggunakan kaedah yang berbeza. Misalnya kajian Mokhtar (2011) dalam menentukan tahap kebolehruntuhan tanah menggunakan skala ROM. Selain menggunakan skala ROM, Mokhtar (2011) turut menggunakan kaedah radionuklid berilium-7 sebagai bahan surihan alternatif dalam kajian hakisan tanah. Ahmad Hairuldin (2012) juga turut menjalankan kajian bagi menentukan kadar hakisan daripada plot rumput menggunakan simulasi hujan. Selain itu, Hairul Nizam (1997) dalam kajiannya mengenai ciri-ciri hakisan mikro menggunakan kaedah plot hakisan. Namun dalam kajian ini, pengkaji menganggarkan kadar hakisan tanah menggunakan kaedah yang berbeza iaitu menerusi integrasi teknologi GIS dan model RUSLE.

3. Kawasan Kajian

3.1 Lokasi Kawasan Kajian

Kajian dijalankan di Kampus Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) yang terletak di Mukim Kajang. Mukim Kajang merupakan salah satu daripada tujuh buah mukim di daerah Hulu Langat, Selangor dan terletak di pantai barat Semenanjung Malaysia. Kawasan kajian terletak pada koordinat 2°55'45"U 101°46'38"T iaitu kira-kira 32 km dari Bandaraya Kuala Lumpur dan 10 km dari bandar Kajang. Rajah 1 menunjukkan lokasi kawasan kajian.



RAJAH 1. Kawasan Kajian

4. Data Dan Metodologi Kajian

4.1 Data

Dalam kajian ini, imej satelit Spot 6 (2016) dari Agensi Remote Sensing Malaysia (ARSM), data hujan bagi Stesen UKM Bangi (2003-2012), Model Ketinggian Berdigit (DEM) dan peta Siri Tanah telah digunakan untuk menghasilkan liputan data GIS bagi mewakili faktor model RUSLE. Faktor RUSLE adalah erosiviti hujan, erodibiliti tanah, panjang dan darjah kecuraman cerun, dan guna tanah yang digabungkan untuk menganggar risiko purata hakisan tanah tahunan.

4.2 Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).

RUSLE adalah model hakisan tanah yang telah ditambah baik sejak beberapa tahun yang lalu. Ia adalah satu kaedah pengiraan yang boleh digunakan untuk penilaian tapak bagi tujuan perancangan dan untuk membantu dalam proses membuat keputusan bagi pemilihan langkah-langkah kawalan hakisan (mitigasi). RUSLE menyediakan satu kaedah untuk anggaran potensi dan keterukan hakisan. Model RUSLE mengira purata potensi kehilangan tanah tahunan (A) seperti berikut:

$$A = R * K * LS * C * P$$

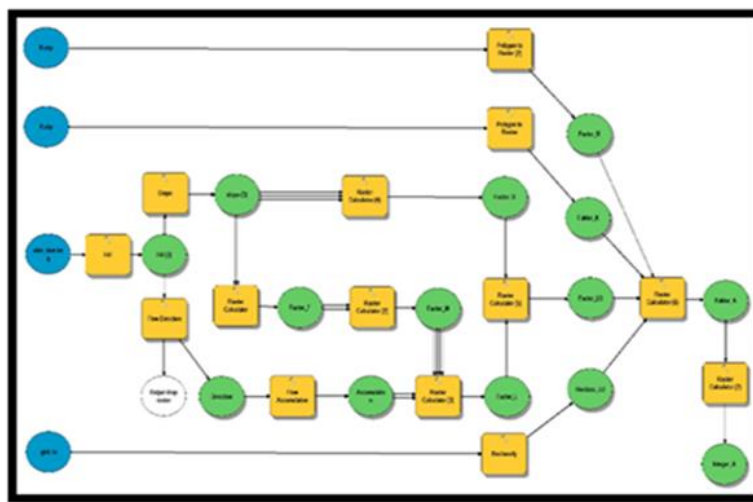
di mana A ialah purata kehilangan tanah tahunan ($t/ha^{-1}/thn^{-1}$); R adalah faktor erosiviti hujan-air larian ($MJ\ mm/ha^{-1}/h^{-1}/thn^{-1}$); K adalah faktor erodibiliti tanah ($t/ha/h/ha^{-1} / MJ^{-1}\ mm^{-1}$); LS adalah faktor panjang-kecuraman cerun; C adalah faktor liputan tumbuhan.

Dalam mengkaji pembolehubah RUSLE, pembolehubahnya boleh dibahagikan kepada dua kumpulan: 1) pembolehubah alam sekitar dan 2) pembolehubah pengurusan (Hickey et al, 2005). Pembolehubah alam sekitar termasuk faktor-faktor R, K, L, dan S secara relatifnya merupakan pembolehubah yang kekal malar untuk jangka masa panjang. Pembolehubah pengurusan termasuk faktor C dan P dan mungkin berubah-ubah sepanjang tahun. Model RUSLE boleh meramalkan potensi hakisan pada asas grid ke grid, dan ianya terbukti berkesan dalam mengenal pasti corak spatial kehilangan tanah pada kawasan yang besar. GIS dapat digunakan untuk mengenalpasti lokasi dan peranan atau sumbangan setiap pembolehubah kepada nilai potensi hakisan yang dihasilkan (Shi et al. 2002).

4.3 Metodologi

Semua data yang dikumpul ditukar kepada grid raster bersaiz $1.5\ m \times 1.5\ m$ bagi setiap sel kecuali data LS yang bersaiz $9.3\ m \times 9.3\ m$ setiap sel. Peta erosiviti hujan (R) telah dihasilkan menggunakan data hujan yang dicerap di Stesen Ukm Bangi dan seluruh kawasan kajian diberikan nilai hujan dan R yang sama disebabkan kawasan kajian yang tidak luas dan mempunyai bentuk mukabumi yang agak sama. Liputan GIS bagi Siri Tanah disediakan menggunakan Peta Siri Tanah mukim Kajang dengan cara mengklip peta tersebut berdasarkan kawasan Ukm Bangi sahaja. DEM digunakan sebagai input untuk mengira dan menghasilkan peta faktor sudut cerun (LS). Peta guna tanah (C) pula dihasilkan melalui proses interpretasi imej satelit SPOT 6 tahun 2016. Model *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) telah dipilih untuk digunakan dalam kajian ini dan kesemua faktor R, K, LS dan C dijadikan input untuk diproses di dalam GIS bagi menghasilkan peta potensi hakisan tanah (faktor A).

Dalam kajian ini, sub-modul Model Builder dalam perisian ArcGis digunakan bagi menggabungkan kesemua parameter hakisan ataupun shapefile yang berkaitan bagi menganggar kadar hakisan melalui kaedah pengiraan RUSLE. Rajah 1 menunjukkan model RUSLE yang dibina menggunakan model builder bagi mengira kadar hakisan tanah.



RAJAH 2: Sub-Modul Model Builder digunakan untuk memodelkan potensi hakisan tanah.

4.4 Pemrosesan Input Model Dan Faktor

Erosiviti Hujan (R)

Faktor erosiviti hujan (R) menggambarkan kesan keamatan hujan yang boleh memberi kesan kepada hakisan tanah, R adalah petunjuk kedua-dua ciri-ciri yang paling penting dalam ribut menentukan jumlah erosiviti iaitu sebanyak hujan dan keamatan puncak dikekalkan dalam tempoh yang panjang. Nilai faktor keamatan hujan dan kadar air larian mesti digunakan dalam RUSLE bagi mengukur kesan titisan hujan. Faktor erosiviti hujan sering ditentukan daripada intensiti taburan hujan jika data itu boleh didapati. Dalam kajian ini, data purata hujan tahunan yang diperolehi bagi tahun 2016 digunakan untuk mengira nilai erosiviti hujan (Mg/ha/year).

Index erosiviti hujan dikira dengan menggunakan kaedah yang diperkenalkan oleh Morgan (1974). Nilai R dalam kaedah Morgan digunakan untuk mewakili nilai R di kawasan Kampus UKM Bangi. Formula yang dihasilkan Morgan (1974) iaitu nilai erosiviti hujan (R) diperolehi daripada EI_{30} , dimana E = Jumlah tenaga kinetik hujan, dan I_{30} = puncak intensiti 30 minit.

Formula tersebut membolehkan pengkaji menganggarkan potensi keupayaan titisan hujan untuk menjana hakisan. Nilai E dikira dengan menggunakan persamaan regresi $E = 9.28P - 8838$ (Morgan 1974), yang disesuaikan kepada keadaan di Malaysia (P = Purata Hujan Tahunan). Manakala, nilai I_{30} sebanyak 75 mm/j dicadangkan oleh Wischemeier dan Smith (1978) bagi kawasan tropika. Jadual menunjukkan nilai R yang diperolehi menggunakan kaedah Morgan.

JADUAL 1: Purata Nilai Erosiviti Hujan Menggunakan Kaedah Morgan

Tahun	Purata Hujan	Nilai R
2016	1806.40	594.4044

Sumber: Kerja makmal

Faktor Erodibiliti Tanah (K)

Erodibiliti tanah merujuk kepada ketahanan tanah terhadap peleraian dan diangkut oleh air. Erodibiliti berbeza mengikut tekstur tanah, kestabilan agregat, kekuatan ricihan, kupayaan infiltrasi kandungan kimia dan organik tanah (Morgan 1991).

Dalam kajian ini, pengkaji menggunakan peta Siri Tanah negeri Selangor yang diterbitkan oleh Jabatan Pertanian Malaysia sebagai rujukan dan hanya menumpukan siri tanah yang terdapat di kawasan kajian sahaja. Mengikut peta siri tanah tersebut, siri tanah yang terdapat di kawasan Kampus Ukm Bangi terbahagi kepada empat jenis iaitu Munchong Seremban (MUN-SBN), Telemung-akob-lanar-tempatan, Tanah curam, dan Serdang Kedah (SDG-KDH).

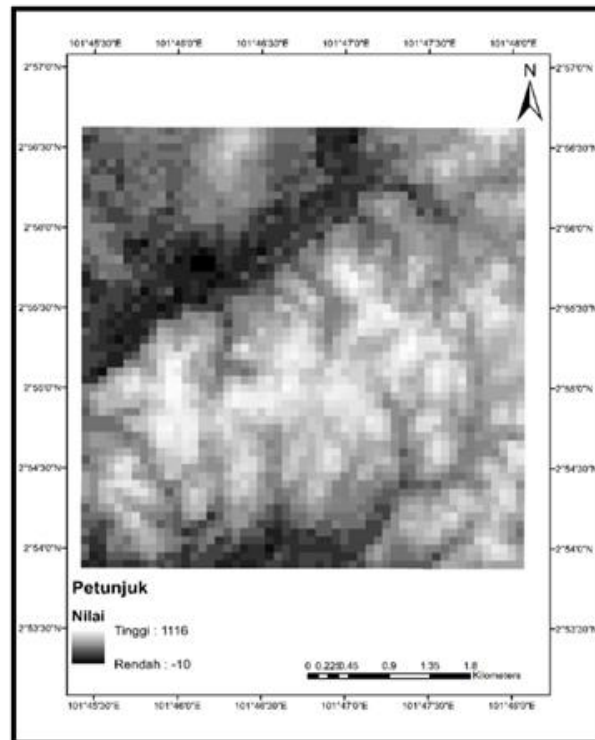
Kepanjangan dan Kecuraman Cerun (LS)

Jumlah hakisan tanah dikira berdasarkan kepanjangan (L) dan kecuraman (S) cerun di mana keduanya digabungkan membentuk satu faktor iaitu LS. Faktor LS merujuk kepada panjang sebenar laluan aliran darat iaitu jarak dari sumber aliran darat ke titik di mana ia memasuki

aliran utama iaitu sungai. Di dalam kaedah RUSLE, jumlah pengiraan faktor LS adalah seperti formula berikut:

$$LS = (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2) * (L / 22.13)^{0.5}$$

Di mana faktor kepanjangan (L) dikira dalam unit meter (m) dan faktor kecerunan (S) dikira dalam unit peratus (%). Rajah 2 menunjukkan peta bagi faktor S dan LS di kawasan Kampus Ukm Bangi yang dihasilkan menggunakan DEM.



RAJAH 3. Peta panjang cerun dan kecuraman cerun di sekitar kampus Ukm Bangi
(Sumber: Kerja Makmal)

Litupan Tumbuhan (C)

Litupan tumbuhan merupakan faktor penting dalam mengurangkan hakisan tanah. Peranan utama tumbuhan adalah untuk memintas titisan air hujan daripada terus sampai ke permukaan bumi dan dengan ini mengurangkan tenaga kinetik titisan air hujan yang sampai ke permukaan tanah.

Litupan tumbuhan boleh memainkan peranan yang penting dalam mengurangkan hakisan tanah jika sekiranya ia meliputi sebahagian besar permukaan tanah. Secara keseluruhannya, hutan adalah litupan tumbuhan yang paling berkesan dalam mengurangkan hakisan tanah tetapi litupan rumput yang padat juga boleh memberikan kesan perlindungan yang hampir sama.

Faktor litupan tumbuhan yang terdapat di kawasan Ukm Bangi mempunyai kadar potensi hakisan yang berbeza-beza mengikut jenis guna tanah. Kadar hakisan diukur

berdasarkan nilai 0-1. Nilai 1 menandakan kadar hakisan adalah maksimum. Jadual 2 menunjukkan kadar hakisan bagi faktor litupan tumbuhan atau guna tanah di kawasan Kampus Ukm Bangi.

JADUAL 1: Kadar hakisan bagi faktor litupan tumbuhan dan guna tanah di Kampus Ukm Bangi.

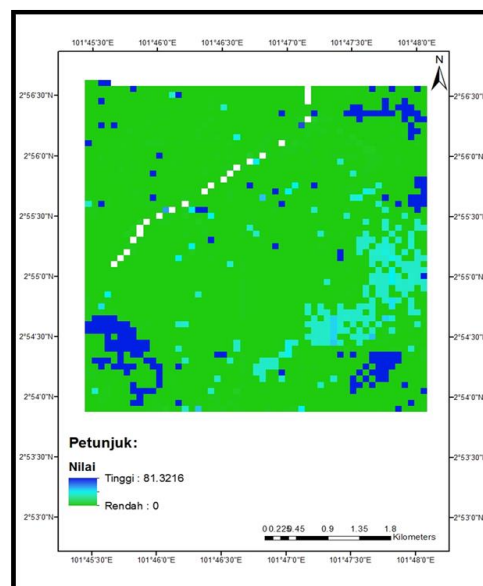
Litupan Tumbuhan/ Guna Tanah	Kadar Hakisan
Tepu Bina	0
Rekreasi	0.01
Tanah Lapang	1
Kelapa Sawit	0.3
Hutan	0.001
Air	0

Sumber: Morgan et al.

5. Hasil Kajian Dan Perbincangan

Perbincangan hasil analisis adalah merangkumi simulasi gabungan parameter RKLSC. Hasil simulasi yang telah dilakukan dikelaskan semula mengikut pengelasan yang digunakan dalam Peta Risiko Hakisan Tanah Semenanjung Malaysia (Mustafa et al. 1997) supaya memudahkan penjelasan dan perbincangan. Menurut beliau, keterukan hakisan tanah dapat dikelaskan kepada lima kelas hakisan iaitu hakisan rendah (kurang $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$), hakisan sederhana ($10\text{-}50 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$), hakisan sederhana tinggi ($51\text{-}100 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$), hakisan tinggi ($101\text{-}150 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$) dan hakisan sangat tinggi (lebih $150 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$).

Peta Potensi Risiko Hakisan Tanah (RKLSC) dihasilkan dengan mendarabkan liputan grid R, K, dan LS dan C (Rajah 2). Berdasarkan peta RKLSC yang dihasilkan, didapati purata kadar kehilangan tanah bagi Kampus Ukm Bangi adalah di antara 0 hingga $81.2316 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$. Hakisan tanah bagi Kampus Ukm Bangi dapat dikelaskan kepada tiga kelas hakisan sahaja iaitu hakisan rendah (kurang $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$), hakisan sederhana ($10\text{-}50 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$), hakisan sederhana tinggi ($51\text{-}100 \text{ t ha}^{-1} \text{ thn}^{-1}$).



RAJAH 3: Peta Potensi Risiko Hakisan Tanah (RKLSC) bagi Kampus Ukm Bangi

(Sumber: Kerja Makmal)

JADUAL 2: Jumlah Kehilangan Tanah bagi Kampus Ukm Bangi

Kelas Hakisan	Jumlah Kehilangan Tanah (t thn ⁻¹)
Hakisan rendah (kurang 10 t ha ⁻¹ thn ⁻¹)	2.5392
Hakisan sederhana (10-50 t ha ⁻¹ thn ⁻¹)	2845.5968
Hakisan sederhana tinggi (51-100 t ha ⁻¹ thn ⁻¹).	7935.8464

Sumber: Analisis GIS 2017

Berdasarkan jadual 2, didapati jumlah kehilangan tanah bagi kelas rendah (kurang 10 t ha⁻¹ thn⁻¹) adalah sebanyak 2.5392 t thn⁻¹. Jumlah kehilangan tanah bagi kelas hakisan sederhana (10-50 t ha⁻¹ thn⁻¹) pula adalah sebanyak 2845.5968 t thn⁻¹. Manakala jumlah kehilangan tanah bagi kelas hakisan sederhana tinggi (51-100 t ha⁻¹ thn⁻¹) sebanyak 7935.8464 t thn⁻¹.

Peta risiko hakisan tanah menunjukkan kelas guna tanah yang mempunyai hakisan rendah adalah guna tanah tepu bina, rekreasi, hutan dan air. Hal ini disebabkan oleh kawasan tepu bina adalah berturap dan dipenuhi bangunan menyebabkan kadar hakisan tanah adalah rendah. Begitu juga dengan guna tanah rekreasi yang mana terdiri daripada padang bola dan padang golf menyebabkan kawasan tersebut dijaga dengan rapi lalu secara tidak langsung telah mengurangkan kadar hakisan. Guna tanah air pula merupakan badan air yang bertakung dan tiada mempunyai sebarang hakisan tanah. Manakala guna tanah hutan mempunyai litupan tumbuhan yang bertindak sebagai kawasan tadahan yang menghalang air hujan dari terus sampai ke permukaan tanah menyebabkan hakisan tanah adalah rendah di kawasan tersebut. Kawasan yang mempunyai hakisan sederhana adalah guna tanah kelapa sawit. Hal ini disebabkan oleh ciri fizikal kelapa sawit seperti ketinggian pokok yang sederhana tinggi serta saiz daun yang kecil dan panjang menyebabkan pintasan kanopi adalah rendah. Secara tidak langsung jumlah air yang jatuh ke permukaan tanah adalah banyak menyebabkan berlaku hakisan sederhana. Manakala kawasan yang mempunyai hakisan sederhana tinggi adalah kawasan tanah lapang. Pada asalnya, kawasan tersebut menjadi tanah lapang kerana kawasan hutan diratakan untuk dibuat pembangunan iaitu Projek Southville City. Sebelum aktiviti pembinaan bermula, kawasan tersebut diterangkan dan tidak mempunyai sebarang litupan tumbuhan dan amat terdedah kepada agen hakisan. Oleh itu, kawasan tersebut menjadi kawasan yang mempunyai hakisan paling tinggi.

6. Kesimpulan

Keupayaan dan kecanggihan teknologi GIS telah membolehkannya digunakan dalam pelbagai bidang perancangan dan pengurusan, termasuklah permodelan hakisan tanah. Sistem permodelan hakisan tanah GIS merupakan satu kaedah penilaian yang berguna, boleh diharapkan dan mudah diulangi untuk mesimulasikan anggaran kehilangan tanah untuk sesuatu lembangan saluran atau kawasan. Dapat disimpulkan bahawa hasil daripada analisis yang dilakukan, kadar kehilangan tanah maksima adalah sebanyak 81.2316 t ha⁻¹ thn⁻¹ di Kampus Ukm Bangi. Ia juga diperhatikan bahawa kuantiti hakisan berbeza mengikut kawasan guna tanah tertentu terutamanya kawasan yang mempunyai penutup tanah. Kawasan yang mempunyai keterukan hakisan seperti kawasan tanah lapang haruslah dilaksanakan mitigasi bagi mengawal hakisan tersebut. Walaupun kajian ini tidak mengambil kira faktor sosial dan ekonomi, sistem permodelan yang digunakan ini dapat menunjukkan keupayaan GIS untuk digunakan dalam kajian permodelan hakisan tanah pada skala lembangan. Namun begitu

kejayaan pelaksanaan sistem permodelan hakisan tanah ini amat berguna sebagai asas untuk kajian permodelan hakisan tanah yang selanjutnya di mana faktor sosial, ekonomi serta data lain boleh ditambah dan digabungkan.

Rujukan

- Ahmad Hairuldin Bin Abdullah. (2012). *Penentuan Kadar Hakisan Daripada Plot Rumput Menggunakan Simulasi Hujan*. Thesis Degree of Civil Engineering. Universiti Teknologi Malaysia.
- Dunn, M., Hickey, R., (1998). *The effect of slope algorithms on slope estimates within a GIS*. *Cartography* 27 (1), 9-15.
- Haslinur Md Din, Mohd Ehwan Toriman. (2012). Kepekatan Bebanan Bahan Pencemar di Alur Ilmu Kampus Ukm Bangi: Kedah Min Kepekatan Peristiwa (EMC). *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 16 (3): 353-365.
- Mokhtar Jaafar, Salleh, H. M., Abdullah, S. M. & Sudin, M. A. (2011). Teknik Berilium-7 Untuk Menganggar kadar Hakisan Tanah Jangka Pendek. *e-BANGI*, 6(2), 11.
- Mustafa, K.B, Gerard, M.G & Baharum Sallehuddin. (1997). Erosion Risk Map of Peninsular Malaysia. *Proceedings of the 18th Asian Conference on Remote Sensing* Kuala Lumpur. 20-24 Okt.
- Lam Kuok Choy. (2000). Permodelan hakisan tanah dan sistem maklumat geografi: satu penilaian di Lembangan Sungai Langat, Selangor. Thesis master Sains Sosial dan Kemanusiaan.
- Linda Obieke. (2014). *A GIS Approach to Soil Erosion Risk Assessment of the Changing Cropping Practices in Richland Creek Watershed, Illinois*. Thesis Master of Science in Geographical Studies. Southern Illinois University Edwardsville.
- Soo Huey Teh. (2011). *Soil Erosion Modeling Using RUSLE And GIS On Cameron Highlands, Malaysia For Hydropower Development*. Master Thesis of The School for Renewable Energy Science.
- Wischmeier, W.H., and Smith. D.D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses A guide to Conservation Planning U.S.Department of Agriculture, Agriculture Handbook No.5*.
- Zuazo, Victor H.D & Pleguezuelo, Carmen R.R., (2009). *Soil Erosion and Runoff Prevention by Plants Cover: A Review* In Lichfouse, Eric et al. *Sustainable Agriculture*. Springer, : 785.