

Pengenalan Kawasan Tanah Runtuh Dengan Kaedah 'Universal Soil Loss Equation' (USLE)

Ahrnad Zaifliqhar Hafiz b. Ahmad Zaini *
Fakulti Ukur dan Harta Tanah Universiti Teknologi
Malaysia



Nawawi b. Jusoh

Panel Undang-Undang & Pentadbiran Tanah,
Fakulti Ukur & Harta Tanah
Universiti Teknologi Malaysia

'' Abstrak

Kejadian tanah runtuh didapati berpotensi berlaku di kawasan tanah tinggi dan bercerun curam. Mekanisma ini berlaku disebabkan oleh kesan geologi dan gangguan fizikal terhadap tanah serta faktor luaran seperti air, angin dan perubahan suhu. Kajian mengenai potensi tanah runtuh ini adalah menggunakan model empirikal hakisan tanah iaitu 'Universal Soil Loss Equation' (USLE). Model ini mengambil kira enam faktor utama iaitu hujan, kemudahhakisan tanah, kecerunan dan kecuraman tanah, jenis tanaman serta pemeliharaan ciri tanah. Penggunaan model ini adalah untuk menganggarkan kadar hakisan yang berlaku di kawasan - kawasan tertentu. Hasil akhir merupakan satu nilai anggaran hakisan tanah yang berlaku sepanjang tahun.

1.0PENGENALAN

Malaysia merupakan sebuah negara membangun yang sedang menuju era pembangunan yang pesat di rantau ini. Malaysia terletak di kawasan hutan hujan tropika di mana hujan turun sepanjang tahun. Seperti negara-negara lain yang beriklim sama seperti Malaysia, kejadian tanah runtuh merupakan satu masalah besar yang masih belum dapat diatasi lagi. Kejadian tanah runtuh yang kerap berlaku di negara ini berkemungkinan terjadi disebabkan oleh pembangunan secara total yang berlaku di kawasan bandar dan berhampiran bandar. Pembangunan ini termasuklah kegiatan pembinaan lebuh raya, perumahan, perlombongan dan sebagainya. Bagi memenuhi permintaan terhadap penggunaan tanah, sejumlah besar hutan-hutan telah di terokai dan dimusnahkan. Apabila kawasan hutan tersebut telah diterokai, kawasan tersebut akan terdedah kepada cuaca dan bencana lain seperti banjir. Kesan ketara daripada proses penghapusan hutan ini adalah berlakunya hakisan ke atas tanah.

Antara faktor lain yang menyebabkan berlakunya proses hakisan tanah adalah seperti yang dinyatakan oleh Jurutera Sumber Air Cawangan Hidrologi Jabatan Pengairan dan Saliran, Dr. Roslan Zainal Abidin di mana terdapat enam parameter yang menyebabkan kejadian tanah runtuh iaitu hujan, jenis-jenis tanah, kecerunan tanah, ketinggian tanah yang boleh menghalang proses hakisan, pengubahsuaian terhadap ciri asal tanah dan jenis tanaman yang meliputi kawasan tersebut (Utusan Malaysia, 1993). Oleh yang demikian satu kaedah yang sesuai perlu dilaksanakan bagi membendung masalah ini di mana dalam kajian ini kaedah Universal Soil Loss Equation (USLE) telah dicadangkan sebagai kaedah yang sesuai digunakan di negara ini.

Pelajar Sarjana Muda Ukur (Tanah)

2.0 KAEDAH USLE

USLE merupakan satu persamaan yang mempunyai enam parameter iaitu :

- A' = RKLSCP di mana,
- A = Jumlah tanah runtuh (m tons/ha)
- R = Faktor hujan iaitu kandungan dan kekerapannya.
- K = Faktor kemudahakisan tanah.
- L = Ketinggian cerun
- S = Kecuraman cerun
- C = Faktor tanaman dan pengurusannya.
- P = Pemeliharaan ciri tanah iaitu teres, kontur dan sebagainya.

Setiap parameter di dalam persamaan ini mewakili satu bahagian tertentu terhadap unsur-unsur yang boleh mengakibatkan kejadian tanah runtuh

3.0 KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian yang dipilih adalah di negeri Pahang iaitu disepanjang jalanraya Kuala Lipis ke Merapoh sejauh lebih kurang 80 km. Kawasan kajian ini telah dikenalpasti banyak berlaku siri tanah runtuh sepanjang tahun terutama pada musim hujan. Kawasan kajian ini mempunyai bentuk topografi yang berbukit-bukau di mana keadaan di sepanjang jalan adalah bercerun tinggi dan curam. Bentuk pembangunan yang ketara pada kawasan ini adalah pembinaan jalanraya yang mana banyak tanah dipotong dan ditambak. Bentuk litupan bumi pula adalah hutan berpaya dan rumput berlalang serta tanaman asasi bagi kawasan berpenduduk (rujuk Lampiran A).

4.0 PENGUMPULAN DAN PEMROSESAN DATA

Proses pengumpulan data ini dilakukan berpandu kepada dua kategori data utama iaitu :-

- i. Data satelit - Landsat Thematic Mapper.
- ii. Data sokongan - peta guna tanah, peta hujan, peta topografi, peta tanah dan peta geologi. .

4.1 Pengambilan Data

Bagi kategori data pertama iaitu data satelit, Landsat TM (127 / 57, Q4 bertarikh 21/2/91) yang merangkumi keseluruhan kawasan kajian akan dikenalpasti daripada peta topografi dan koordinat-koordinat kawasan tersebut akan diambil bagi tujuan perlokasian. Tujuan penggunaan data satelit ini adalah untuk pengkelasan jenis guna tanah. Ini kerana ia merupakan data terkini dan sesuai bagi kawasan yang luas.

Bagi kategori data kedua pula, data hujan bagi kawasan yang berhampiran kawasan kajian diperolehi daripada Pusat Kajiucua Malaysia, Kuala Lumpur. Data berdigit ini adalah di antara tahun 1983 hingga 1994. Manakala data-data jenis guna tanah, geologi dan jenis tanah didapati dari peta-peta tertentu menerusi proses pendigitan ataupun pengenalpastian secara terus dari peta dengan berpandukan koordinat-koordinat yang telah ditentukan. Untuk mengenalpasti nilai ketinggian dan kecuraman cerun, data-data diambil daripada peta topografi. Proses pendigitan dilakukan ke atas garis kontor dan nilai-nilai ketinggian dimasukkan untuk menghasilkan satu model ketinggian berdigit (*DEM*).

4.2 Pemrosesan Data

Pada peringkat ini, data yang telah diperolehi diproses mengikut jenis dan kegunaan data tersebut iaitu :

- i. Data-data dari imej satelit diproses melalui perisian ERDAS untuk mengkaji guna tanah dan bentuk mukabumi kawasan serta membuat pengkelasan terhadap parameter-parameter yang dikehendaki.

Pengenalpastian Kawasan Tanah Runtuh Dengan Kaedah
'Universal Soil Loss Equation' (USLE)

- ii. Data dari peta topografi digunakan untuk pembetulan geometri bagi data satelit dan bagi mendapatkan model DEM bagi kawasan kajian. Ini penting untuk mendapatkan nilai parameter ketinggian dan kecuraman cerun.
- iii. Data kajicuaca pula digunakan bagi mengkaji kekerapan hujan, kawasan penerimaan hujan dan jumlah hujan setahun.
- iv. Data dari pengukuran dan pemerhatian di padang digunakan untuk mengkaji pengubahsuaian yang telah berlaku terhadap ciri tanah dan jenis tumbuhan di kawasan kajian.

4.3 Kaedah Pemprosesan Data

Kaedah yang digunakan adalah dengan menggabungkan data-data tersebut dalam persamaan USLE bagi mengesan kawasan yang berlakunya tanah runtuh. Untuk menganalisa parameter-parameter dalam persamaan USLE, faktor-faktor berikut perlu dikenalpasti terlebih dahulu, iaitu :

4.3.1 Faktor Hujan (R)

Kaedah untuk mendapatkan nilai faktor R ini mengandungi 3 persamaan ringkas iaitu :

- i. $R = \frac{EI_{30}}{100}$
- ii. $R = P \times 0.5$
- iii. $Eva = 9.28 P - 8838.15$

di mana :-

- | | | |
|----------|---|--|
| E | = | $0.276 P \text{ kgfmm}^{-2}$, |
| P | = | jumlah hujan setahun (mm) |
| Eva | = | hakisan tahunan (J / m^2) |
| I_{30} | = | 75 mm h^{-1} (nilai maksimum yang disarankan oleh
Wischmeir & Smith, 1978) |

Namun begitu hanya persamaan (ii) dan (iii) sahaja yang sesuai digunakan di Malaysia, manakala persamaan (i) sesuai digunakan di USA (Morgan, 1986).

4.3.2 Faktor Hakisan Tanah (K)

Bagi faktor ini, nilai parameter K didapati atau dirujuk kepada satu nomograph yang mengambilkira perkara-perkara berikut :

- i) Peratus tanah (soil)
- ii) Peratus mendapan (silt)
- iii) Peratus pasir halus (fine sand)
- iv) Peratus pasir kasar (coarse sand)
- v) Peratus kandungan organik
- vi) Struktur tanah
- vii) Jenis resapan

Prosedur untuk mengetahui kandungan tanah tersebut perlu dilakukan di makmal. Atas sebab kesuntukan masa, nilai parameter ini tidak ditentukan.

4.3.3 Faktor Kecerunan dan Kecuraman (LS)

Bagi faktor LS, satu rumus yang menggabungkan kedua-dua ciri tanah akan digunakan iaitu :-

$$LS = (\sqrt{L / 22}) (0.065 + 0.045 S + 0.0065 S^2) \dots \dots \dots (\text{Morgan, 1986}).$$

di mana nilai ketinggian cerun (L) dalam meter dan nilai kecuraman (S) dalam peratus. Nilai anggaran bagi parameter L dan S juga boleh didapati daripada nomograph oleh Hudson dalam bukunya 'Soil Conservation' (Morgan, 1986).

4.3.4 Faktor Pengurusan Tanaman (c)

Faktor ini memberikan nisbah hakisan tanah terhadap tanaman yang diusahakan. Hakisan tanah adalah berbeza mengikut jenis tanaman. Perubahan ini dihitung dari awal tahun di mana ianya terbahagi kepada beberapa tahap tanaman diusahakan. Peringkat ini adalah seperti berikut :

- 1) Peringkat tanah dibajak hingga disemai.
- 2) Peringkat semaian hingga sebulan selepasnya.
- 3) Peringkat pembesaran iaitu 1-2 bulan selepas disemai.
- 4) Peringkat penuaian.
- 5) Peringkat selepas dituai sehingga dibajak semula.

Kepada tanaman tertentu, nilai nisbah yang berlainan akan didapati bagi setiap peringkat daripada jadual yang disediakan oleh United States Soil Conservation Service. Nilai tersebut perlu didarabkan dengan peratus hujan tahunan bagi mendapatkan nilai faktor C.

4.3.5 Faktor Pemeliharaan Ciri Tanah (P)

Nilai bagi faktor ini didapati daripada jadual nisbah hakisan tanah di mana ia mengambilkira peratus kecuraman tanah (S), garis kontur dan teres tanaman (Rujuk Jadual 1). Sekiranya tiada pengukuran terhadap pemeliharaan tanah, maka nilai bagi faktor P akan diberi nilai 1.0.

Slope (%)	Conservation Practice		(P) values
	Contouring	Terracing	
1.1 - 2.0	0.60		0.30
2.1 - 7.0	0.50		0.25
7.1 - 12.0	0.60		0.30
12.1 - 18.0	0.80		0.40
18.1 - 24.0	0.90		0.45

Jadual 1 : Faktor P (Sumber: Soong et al., 1980)

5.0 ANALISA DAN HASIL KAJIAN

5.1 Parameter Hujan (R)

Data hujan telah diperolehi daripada Jabatan Kajiucua Malaysia. Data - data hujan ini didapati dalam bentuk jumlah hujan tahunan dari tahun 1982 hingga 1994. Data hujan ini dicerap di stesen hujan pada dua kawasan iaitu di Cameron Highland dan di Batu Embun , Pahang (rujuk Lampiran B).

Maklumat stesen cerapan adalah seperti dalam Jadual 2. Jadual parameter hujan (R) yang didapati adalah seperti dalam Jadual 3.

Pengenalpastian Kawasan Tanah Runtuh Dengan Kaedah
'Universal Soil Loss Equation' (USLE)

<i>STESEN CERAPAN</i>	<i>LATITUD</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>KETINGGIAN</i>
CAMERON HIGHILAND	4 ⁰ 28' 00 N	101 ⁰⁰ 22' 00 E	1545.0 m
BATU EMBUN	30 58' 00 N	102 ⁰⁰ 21' 00 E	59.5 m

Jadual 2 : Stesen Cerapan Hujan

<i>KAWASAN</i>	<i>STESEN RUJUKAN</i>	<i>NILAI (P) TAHUNAN</i>	<i>R</i>		<i>R PURATA</i>
			<i>1</i>	<i>2</i>	
Merapoh	C.Highland	2706.80	1353.40	717.45	1035.43
C. Perah	C.Highland	2706.80	1353.40	717.45	1035.43
K.Sentang	B. Embun	2051.10	1025.55	449.31	737.43

Jadual 3 : Parameter Hujan (R)

Berdasarkan kepada nilai R purata dalam Jadual 3 didapati Daerah Merapoh dan Cegar Perah lebih berpotensi untuk mengalami kadar hakisan yang tinggi (nilai R meningkat) berbanding dengan kawasan Kampung Sentang.

5.2 Parameter Hakisan Tanah (K)

Data bagi faktor ini tidak dapat disediakan dalam kajian ini. Bagi penyediaan data ini, kajian makmal perlu dilakukan ke atas jenis tanah serta peratus kandungannya. Prosedur analisa kandungan tanah ini memerlukan proses ayakan dan kadar kandungan kelembapan bagi mendapatkan struktur tanah, ketelusan tanah dan bahan organik yang terkandung didalamnya. Prosedur ini perlu dilakukan oleh personal dari bidang kejuruteraan awam atau berkaitan. Namun begitu rumus bagi parameter hakisan tanah ini telah disediakan (rujuk Lampiran C).

5.3 Parameter Kecerunan & Kecuraman Tanah (LS)

Data bagi kecerunan dan kecuraman tanah ini didapati daripada model ketinggian berdigit yang telah dihasilkan. Bagi Daerah Merapoh, empat lokasi dipilih secara rawak bagi penentuan faktor LS ini. Memandang Daerah Kg. Sentang dan Cegar Perah agak luas (60 km²), setiap daerah dipecahkan kepada 3 bahagian dan setiap bahagian diambil empat lokasi yang dipilih juga secara rawak. Jadual 4,5 dan 6 menunjukkan nilai parameter LS hasil daripada kerja pengiraan.

Daripada analisa yang telah dijalankan terhadap ketiga-tiga kawasan utama iaitu Merapoh, Kampung Sentang dan Cegar Perah, didapati parameter L. S adalah lebih kurang seimbang di semua kawasan. Hasil kajian juga mendapati nilai parameter LS tersebut adalah besar dan berpotensi untuk menunjukkan kadar hakisan yang tinggi.

MERAPOH	S %	LS
1	50.909	40.90
2	42.401	29.09
3	36.041	21.58
4	13.247	3.84

Jadual 4 : Faktor L S kawasan Merapoh

KG. SENTANG		S %	LS
A	1	17.021	5.78
	2	29.621	15.13
	3	19.485	7.26
	4	14.476	4.43
B	1	50.628	40.48
	2	18.100	6.41
	3	21.289	8.45
	4	30.841	16.26
C	1	30.157	15.62
	2	15.781	5.10
	3	22.322	9.18
	4	4.350	0.82

Jadual 5 : Faktor LS kawasan Kampung Sentang

CEGAR PERAH		S %	LS
D	1	27.852	13.55
	2	39.836	25.93
	3	45.918	33.73
	4	49.491	38.79
E	1	29.145	14.69
	2	50.250	39.91
	3	37.274	22.95
	4	38.038	23.82
F	1	19.989	7.59
	2	23.912	10.35
	3	67.507	69.70
	4	20.058	7.63

Jadual 6 : Faktor LS Kawasan Cegar Perah

Selain daripada formula diatas bagi mencari nilai parameter L S, terdapat satu lagi kaedah iaitu dengan membandingkan nilai L dan S dalam satu nomograph (rujuk Lampiran D).

5.4 Parameter Pengurusan Tanaman (C)

Data-data yang diperlukan bagi mendapatkan nilai parameter ini adalah jenis-jenis tanaman serta litupan bumi yang terdapat di dalam kawasan kajian. Data - data ini boleh didapati daripada peta guna tanah serta membuat rujukan kepada peta topografi. Melalui pemerhatian ke atas peta - peta tersebut, didapati daerah Merapoh dan Cegar Perah mempunyai kawasan hutan yang luas manakala dacrak Kampung Sentang diliputi oleh hutan dan tanaman getah. Gunatanah pada kawasan lain adalah seperti jalan raya dan semak - samun.

Penetapan nilai parameter C ini dibuat berdasarkan kepada jadual jenis tanaman dan faktor C yang diperkenalkan oleh Morgan, 1982 (rujuk Lampiran E). Nilai yang diberikan adalah berbeza bagi setiap jenis tanaman kerana ia mengikut ciri-ciri tanaman itu sendiri.

Jadual 7, 8 dan 9 menunjukkan nilai parameter C dan potensi hakisan terhadap hasil guna tanah. Daripada jadual ini, dapat dilihat bahawa nilai faktor C yang berbeza ini akan memberikan kesan yang besar terhadap pengiraan bagi kesan hakisan secara keseluruhan kawasan tersebut.

Pengenalpastian Kawasan Tanah Runtuh Dengan Kaedah
'Universal Soil Loss Equation' (USLE)

MERAPOH	TANAMAN	C
1	hutan	0.002
2	hutan	0.002
3	hutan	0.002
4	getah	0.200

Jadual 7 : Faktor C Kawasan Merapoh

KG.SENTANG	TANAMAN	C
A 1	hutan	0.002
2	hutan	0.002
3	hutan	0.002
4	hutan	0.002
B 1	hutan	0.002
2	getah	0.200
3	hutan	0.002
4	hutan	0.002
C 1	hutan	0.001
2	hutan	0.001
3	hutan	0.001
4	hutan	0.001

Jadual 8 : Faktor C Kawasan Kampung Sentang

CEGAR PERAH	TANAMAN	C
D 1	hutan	0.001
2	hutan	0.001
3	hutan	0.001
4	hutan	0.001
E 1	hutan	0.001
2	hutan	0.001
3	hutan	0.001
4	hutan	0.001
F 1	hutan	0.001
2	hutan	0.001
3	hutan	0.001
4	hutan	0.001

Jadual 9 : Faktor C Kawasan Cegar Perah

5.5 Parameter Pemeliharaan Ciri Tanah (P)

Nilai bagi parameter ini, boleh didapati daripada Jadual 1 yang telah dihasilkan dalam sebuah makmal di Lafayette Ind., Amerika Syarikat pada tahun 1956. Jadual ini mengambil kira kecerunan tanah (dalam peratus) dan pemeliharaan tanah dari segi kontur dan teres. Bagi setiap peratus kecerunan tanah, terdapat nilai kontur dan teres yang tertentu.

Dalam menganalisa parameter ini, data kecerunan tanah iaitu S digunakan. Manakala nilai P didapati dengan mendarabkan nilai kontur dan teres berpandukan kepada nilai kecerunan berkenaan. Merujuk kepada Jadual 1, nilai peratus kecerunan yang diberikan adalah berdasarkan pengurusan tanah

daripada 1.1% hingga 24%. Bagi peratus kecerunan yang lebih daripada itu dianggap tiada pemeliharaan tanah dilakukan dan diberikan nilai $P = 1.0$. Jadual 10, 11 dan 12 menunjukkan nilai P bagi kawasan kajian.

<i>KAWASAN</i>	<i>NO</i>	<i>% KECERUNAN</i>	<i>P</i>
MERAPOH	1	50.9	1.00
	2	42.4	1.00
	3	36.0	1.00
	4	13.2	0.30

Jadual 10 : Faktor P Kawasan Merapoh

<i>KAWASAN</i>	<i>NO</i>	<i>% KECERUNAN</i>	<i>P</i>
KAMPUNG SENTANG	A 1	17.0	0.32
	2	29.6	1.0
	3	19.5	0.41
	4	14.5	0.32
	B 1	50.6	1.0
	2	18.1	0.32
	3	21.3	0.41
	4	30.8	1.0
	C 1	30.2	1.0
	2	15.8	0.32
	3	22.3	0.41
	4	4.4	0.13

Jadual 11 : Faktor P Kawasan Kampung Sentang

<i>KAWASAN</i>	<i>NO</i>	<i>% KECERUNAN</i>	<i>P</i>
CEGAR PERAH	D 1	27.8	1.0
	2	39.8	1.0
	3	45.9	1.0
	4	49.5	1.0
	E 1	29.1	1.0
	2	50.3	1.0
	3	37.3	1.0
	4	38.0	1.0
	F 1	19.9	0.41
	2	23.9	0.41
	3	67.5	1.0
	4	20.1	0.41

Jadual 12 : Faktor P Kawasan Cegar Perah

5.6 Pengiraan Kadar Hakisan Tanah 'USLE'

Daripada Jadual 13, didapati kawasan Merapoh mempunyai potensi yang tinggi untuk berlakunya tanah runtuh berbanding dengan kawasan lain. Ini dirujuk kepada nisbah hakisan terhadap keluasan iaitu 1: 10.7 manakala kawasan Kampung Sentang mempunyai nisbah hakisan terhadap keluasan sebanyak 1: 7.3 sementara bagi kawasan Cegar Perah pula nisbah hakisan terhadap keluasan adalah sebanyak 1: 5.1.

Jadual 13 memberikan nilai anggaran kadar hakisan tanah setahun. Jelas sekali bahawa kadar hakisan tanah di kawasan yang dikaji adalah tinggi. Ini menerangkan mengapa kejadian tanah runtuh kerap kali berlaku di kawasan Merapoh terutamanya pada kilometer 58.5 dan 63.0, di mana kawasan ini merupakan kawasan tambakan tanah daripada potongan bukit bersebelahan.

<i>KAWASAN</i>	<i>KELUASAN (L)</i>	<i>FAKTOR USLE (m ton / ha) (A)</i>	<i>A/L</i>
1. MERAPOH	40 km ²	428.19	1:10.7
2. KAMPUNG SENTANG	60 km ²	438.34	1:7.3
3. CEGAR PERAH	60 km ²	303.94	1:5.1

Jadual 13 : Anggaran Kadar Hakisan Tanah di Kawasan Kajian

6.0 KESIMPULAN DAN CADANGAN

Kaedah USLE ini mengandungi kajian terhadap ciri - ciri tanah dan keadaan semulajadi iaitu hujan, kebolehakisan tanah, kecuraman dan kecerunan tanah, jenis tanaman dan kawalan atau pemulihan tanah. Walaupun kaedah ini dikatakan universal, tetapi daripada cara kaedah ini dihasilkan ianya didapati lebih sesuai untuk digunakan di Amerika Syarikat (USA). Asas kajian dan pengambilan data ini didapati daripada Rocky Mountains, USA di mana cerunnya adalah antara 0^o hingga 7^o (Morgan, 1986). Oleh yang demikian, jika kaedah ini ingin digunakan di negara ini, terdapat parameter - parameter yang memerlukan pengubahsuaian dari segi pembahagian nilai supaya bersesuaian dengan keadaan di Malaysia. Daripada hasil analisa didapati faktor USLE lebih besar di daerah Merapoh, jika dilihat dari segi nisbah kadar hakisan tanah per luas (A / L). Ini berlaku kerana kawasan kajian yang diambil berdekatan dengan projek pembangunan, iaitu pembinaan lebuh raya. Manakala bagi daerah Kampung Sentang dan Cegar Perah, lokasi kawasan kajian adalah lebih berbukit dan berhutan di mana kawasan - kawasan tersebut belum diganggu oleh projek pembangunan. Apa yang dapat diperkatakan di sini adalah, projek pembangunan kawasan mempercepatkan berlakunya proses hakisan tanah. Hasil daripada lawatan ke tempat kajian, didapati tanah runtuh sering berlaku pada kawasan tanah yang ditambak. Ini adalah kerana, kawasan tambakan tersebut tidak mempunyai struktur tanah yang kukuh seperti struktur asalnya. Oleh itu, disarankan supaya kajian selanjutnya bagi penggunaan kaedah USLE ini perlu dimasukkan dengan nilai-nilai ketegaran tanah, terutama jika kajian hakisan tanah berdekatan dengan jalanraya.

Selain daripada itu, kajian juga mendapati kadar hakisan di cerun yang melebihi 30% adalah tinggi. Ini tidak termasuk kawasan yang sudah dibangunkan. Untuk kawasan yang sudah dibangunkan, contohnya kawasan pembinaan jalanraya, beberapa langkah pengawalan perlu dilakukan untuk mengelakkan dan melambatkan proses hakisan tanah daripada berlaku. Bagi langkah pengawalan tersebut, adalah lebih sesuai jika merujuk kepada pelbagai pihak seperti di bahagian kejuruteraan awam, bahagian saluran, bahagian pertanian dan geologi.

Penggunaan kaedah USLE sebagai model anggaran kehilangan tanah dapat dikatakan sesuai bagi tujuan kajian ini. Namun begitu, untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, data - data seperti data hujan, maklumat tanah, guna tanah dan kajian pemeliharaan tanah perlu dikaji dalam jangka masa panjang di mana data-data ini perlu diambil dan dianalisa beberapa kali sebelum hasilnya didapati. Sebagai contohnya bagi faktor pengurusan tanaman (P), kajian perlu dilakukan bermula dari tanaman tersebut di tanam sehingga dituai mengikut peringkat-peringkat tertentu (seperti yang dinyatakan dalam bahagian metodologi). Manakala bagi faktor hujan pula, cerapan perlu dilakukan berhampiran dengan kawasan kajian di mana pemerhatian dan cerapan perlu dilakukan setiap hari selama setahun untuk mendapatkan nilai hujan tahunan.

Kaedah pengambilan data melalui penderiaan jarak jauh atau 'remote sensing' dicadangkan bagi mengkaji jenis gunatanah dan kandungan tanah kerana datanya adalah lebih tepat dan terkini berbanding dengan maklumat yang didapati daripada rujukan peta.

Hasil yang didapati daripada analisis hakisan tanah ini, boleh digunakan sebagai panduan bagi projek pembangunan yang akan dilakukan di kawasan kajian. Melalui kajian dan pemerhatian yang dilakukan, langkah pengawalan yang berkesan perlu dilakukan untuk mengelakkan kejadian tanah runtuh berlaku berulang kali di kawasan kajian. Pengawalan perlu dibuat pada kawasan yang telah diganggu, contohnya tanah yang telah dipotong dan ditambak bagi tujuan pembinaan jalanraya. Ini adalah kerana struktur dan paramuka tanah tersebut telah berubah dan menyebabkan kekuatan atau rintangannya terhadap hakisan tanah agak rendah. Selain daripada itu, arah saliran air tidak patut dihalang dengan penambakan tanah tersebut kerana ianya akan menghasilkan tenaga keupayaan yang tinggi untuk menolak rintangan dan menghakis serta mengurangkan kekuatan ricih tanah tersebut secara perlahan-lahan sehingga akhirnya satu blok tanah boleh dihanyutkan secara serta-merta.

Akhir sekali, untuk memelihara alam sekitar ini daripada terdedah kepada hakisan dan bencana tanah runtuh adalah penting bagi semua pihak untuk saling bekerjasama terutamanya pihak yang terlibat dengan pelbagai projek pembinaan, di mana satu garis panduan dirasakan perlu diwujudkan bagi tujuan ini.

RUJUKAN

- Arnolds H.M.J. (1978) 'An Approximation of The Rainfall Factor in The Universal Soil Loss Equation'. Land and Water Development Division FAO, Rome, Italy. Proceedings of the Workshop on Assessment of Erosion in USA and Europe, Belgium. 27th February to 2nd March 1978 in De boedt & Gabriels' Assessment of Erosion, Wiley. 127-131
- Morgan, R.P.C (1986) . Soil Erosion and Conversion. Longman Scientific Technical.
- Roose, E.L. (1977) 'Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier and Amith in West Africa', in Greenland, D.J and Lal, R. (eds). Soil conversion and management in the humid tropics. Wiley. 177-87
- Soeng N.K., Haridas G, Yeoh C.S., Tan P.H. (1980) Soil Erosion and Conversion in Peninsular Malaysia. Rubber Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, 1980
- Utusan Malaysia (1993). 'Runtuh kaedah USLE kaedah berkesan.' Sabtu, 11 Disember 1993. col. 1-4m/s. 3 Utusan Dalam Negeri
- Wischmeier, W.H and Smith, D.D (1978) 'Predicting Rainfall Erosion Losses'. USDA Agr. Res. Serv. Handbook

Nawawi Jusoh menjawat jawatan Pensyarah di Panel Undang-Undang dan Pentadbiran Harta Tanah, Fakulti Ukur dan Harta Tanah, Universiti Teknologi Malaysia. Beliau telah memperolehi M.Surv. Science (Remote Sensing) dari universiti Teknologi Malaysia. Bidang pengajaran dan penyelidikan beliau adalah geologi alam sekitar. Dewasa ini beliau menumpukan perhatian beliau dalam mengesan kawasan potensi berlakunya tanah runtuh secara remote sensing dan sistem maklumat geografi (GIS)