

## **Penggunaan Persamaan *Universal Soil Loss Equation* dalam Menganggar Hakisan Tanah di Universiti Pendidikan Sultan Idris: Kajian Kes Kampus Sultan Azlan Shah, Proton City**

*The Usage of Universal Soil Loss Equation in Estimating the Soil Erosion in Universiti Pendidikan Sultan Idris: A Case Study of Sultan Azlan Shah Campus, Proton City*

Nik Mohd Farhan Nik Daud<sup>1\*</sup>, Mohmadisa Hashim<sup>1</sup>, Nasir Nayan<sup>1</sup>, Yazid Saleh<sup>1</sup>, Hanifah Mahat<sup>1</sup>,  
Zahid Mat Said<sup>2</sup> & Kadaruddin Aiyub<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains Kemanusiaan,

<sup>2</sup>Jabatan Biologi, Fakulti Sains & Matematik,

Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak

<sup>3</sup>Fakulti Sains Sosial & Kemanusiaan,

Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

\*e-mel: nikfarhan8613@gmail.com

Received: 24 December 2017; Accepted: 12 January 2018; Published: 30 April 2018

### **Abstrak**

Kajian ini dilakukan bagi menilai pengaruh panjang dan kecuraman cerun dalam mempengaruhi kadar hakisan tanah yang berlaku dalam kawasan Kampus Sultan Azlan Shah (KSAS), Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI) di Proton City. Terdapat dua plot yang dibangunkan dengan darjah kecuraman dan panjang yang berbeza. Hasil kajian menunjukkan plot kawalan (PK) mencatatkan kadar kehilangan tanah yang tertinggi iaitu 516.60 tan/hektar/tahun berbanding plot hakisan (PH) sebanyak 89.78 tan/hektar/tahun. Sepanjang 15 bulan cerapan di lapangan iaitu dari Januari 2015 hingga Mac 2016, PK mencatatkan jumlah sedimen sebanyak 2,953.55kg dan PH sebanyak 3676.63kg. Manakala isipadu air larian permukaan yang direkodkan di PK adalah sebanyak 14,523 liter dan sebanyak 18,389 liter bagi PH. Berdasarkan kepada piawaian yang ditetapkan oleh United States Department of Agriculture (USDA), PK dan PH berada pada klasifikasi kehilangan tanah yang sangat teruk dan berpotensi tinggi ke sangat tinggi untuk mengalami hakisan tanah. Berdasarkan kepada dapatan kajian ini, dicadangkan perlindungan dan pembangunan yang lestari perlu diterapkan bagi menghindarkan peningkatan kos dalam mengurus cerun dan kawalan hakisan tanah.

**Kata kunci** hakisan tanah, air larian permukaan, USLE, Proton City

### **Abstract**

This study was conducted to evaluate the influence of slope length and gradient in affecting soil erosion rates that occurs in Sultan Azlan Shah Campus (KSAS), Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI) in Proton City. There were two plots developed with different degrees of gradient and length. The results showed that the control plot (CP) recorded the highest rate of soil loss of 516.60 tonnes/hectare/year compared to the erosion plot (EP) of 89.78 tonnes/hectare/year. Throughout 15 months of field observation from January 2015 to March 2016, CP recorded a sediment weight of 2,953.55kg and EP of 3676.63kg. While the surface runoff recorded in CP was 14,523 litres and 18,389 litres for EP. Based on the standards set by the United States Department of Agriculture (USDA), the CP and EP are in a very bad classification of soil loss and very high potential for soil erosion. Based on the findings of this study, sustainable protection and development need to be applied to avoid increasing costs in managing slope and soil erosion control.

**Keywords** soil erosion, surface water runoff, USLE, Proton City

## **PENGENALAN**

Masalah hakisan tanah banyak dibahaskan pada dekad ini kerana isu kehilangan tanah akan meningkatkan kos mengurus cerun. Berdasarkan kepada kajian lepas, hakisan tanah begitu pesat berlaku di rantau Asia, Afrika dan Amerika Selatan sehingga mencecah kira-kira 30 hingga 40 tan/hektar/tahun. Menurut Anaanda dan Herath (2003) kawasan Asia adalah yang paling tinggi mengalami kadar hakisan tanah iaitu 138 tan/hektar/tahun.

Hakisan tanah merupakan salah satu proses semula jadi dan dipengaruhi oleh agen-agen tertentu seperti angin dan air (Othman & Shamsuddin, 1982; Ismail, 1991; Leila Ooshaksaraie et al., 2009; Zullyadini & Wan Ruslan, 2013; Oliver & Gregory, 2015). Hakisan tanah didefinisikan sebagai pemisahan dan peralihan butiran tanah dari tempat asal tanah tersebut melalui agen hakisan seperti air, angin dan graviti (Othman & Shamsuddin, 1982). Di kawasan tropika, hujan adalah agen yang lebih dominan dalam mempengaruhi kadar hakisan tanah (Mohd Ekhwan et al., 2009; Mohamad Suhaily Yusri et al., 2010; 2013; Mohmadisa et al., 2012; Sumayyah Aimi & Zullyadini, 2016). Proses hakisan tanah menghasilkan bahan mendak yang dikenali sebagai kumin tanah yang terdiri daripada lumpur, puing dan pasir halus.

Berdasarkan kepada kajian yang dijalankan oleh Lal (1976), Lu et al. (2007), Pal dan Al-Tabba (2007) serta Negi (2013) hakisan tanah yang disebabkan oleh hujan akan membentuk air larian permukaan dan seterusnya mengangkut nutrien ke kawasan yang rendah. Para pengkaji ini turut menjelaskan bahawa kesan hentaman air hujan adalah lebih signifikan jika dibandingkan dengan air larian permukaan dalam proses hakisan yang berlaku. Justeru, penelitian terhadap tempoh hujan jumlah hujan semasa perlu diteliti dan diberikan penekanan dalam proses pengawalan hakisan.

Tidak dapat dinafikan bahawa, faktor jumlah hujan yang tinggi akan menyebabkan kejadian kegagalan cerun dan hakisan tanah (Lal, 1976; Roslan & Zulkifli, 2005; Lu et al., 2007; Pal & Al-Tabba; 2007; Negi, 2013). Menurut Mohd Hasni (2001) degradasi tanah bertambah serius ketika jumlah hujan yang banyak terutama bagi kawasan permukaan bumi yang tiada litupan tumbuh-tumbuhan. Tumbuhan akan bertindak sebagai penghalang hakisan tanah akibat daripada jatuhnya hujan, mempercepatkan proses penyusupan air, dan memperlambatkan air larian permukaan (De Asis & Omasa, 2007; Beskow et al., 2009; Oliveira et al., 2010; Jebari et al., 2012; Jamil et al., 2014).

Model USLE telah dibangunkan oleh Wischmeier dan Smith (1965) untuk menganggar kadar kehilangan tanah dalam unit tan/hektar/tahun. Faktor hujan, kebolehakisan tanah, panjang cerun, kecuraman cerun, litupan tumbuhan serta amalan kawalan hakisan merupakan tunjang utama untuk menganggar kadar kehilangan tanah yang berlaku. Sehubungan itu, penulisan artikel ini dilakukan untuk menganggar kadar hakisan tanah akibat daripada proses hakisan permukaan yang berlaku di kawasan cerun dalam Kampus Sultan Azlan Shah, Universiti Pendidikan Sultan Idris berdasarkan rumus USLE.

## **KAWASAN DAN KAEDAH KAJIAN**

Tapak kampus baharu iaitu Kampus Sultan Azlan Shah (KSAS), Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI) adalah seluas 801.5 ekar (Rajah 1). Seluas 600 ekar telah disiapkan kerja-kerja tanahnya sejak tahun 2003, sebelum kerja-kerja pembangunan fasa 1A dimulakan pada tahun 2007 yang hanya melibatkan kawasan seluas 197.3 ekar sahaja. Dalam masa yang sama, kerja-kerja pembangunan dalam kampus juga giat dilakukan. Pada masa ini kawasan hijau (tumbuhan semula jadi) di dalam kampus adalah seluas 151 ekar atau 19 peratus daripada keluasan KSAS.



**Rajah 1** Kampus Sultan Azlan Shah (KSAS), Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPI)

Dalam penulisan ini, kaedah menganggar kadar kehilangan tanah adalah berpandukan kepada model USLE yang telah dibangunkan oleh Wischmeier dan Smith (1978). Model USLE adalah berdasarkan kepada persamaan iaitu  $A=R.K.L.S.C.P$ . Persamaan ini sering digunakan bagi menganggar kadar hakisan tanah akibat daripada proses hakisan permukaan dan hakisan galir yang disebabkan oleh agen hakisan hujan.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \text{ ----- (Persamaan 1)}$$

di mana,

- A = Kehilangan tanah purata tahunan (tan/ha/tahun)
- R = Faktor hujan (Indeks hakisan hujan)
- K = Faktor keboleh hakisan tanah
- L = Faktor panjang cerun
- S = Faktor kecuraman cerun
- C = Faktor litupan (tumbuhan)
- P = Faktor amalan kawalan hakisan

Plot eksperimen dalam artikel ini telah dibina di bahagian atas cerun yang menunjukkan tanda-tanda kewujudan galir kecil atau alur yang menjadi laluan kepada pergerakan air larian permukaan menuruni cerun. Satu plot dibangunkan mengikut saiz terpiawai plot eksperimen USLE iaitu 22.1m panjang x 1.8m lebar dengan kecuraman 10° (Foto 1). Manakala satu plot lagi dibina di kawasan bercerun yang bersudut 34° dengan ukuran 10m panjang x 9m lebar (Foto 2).



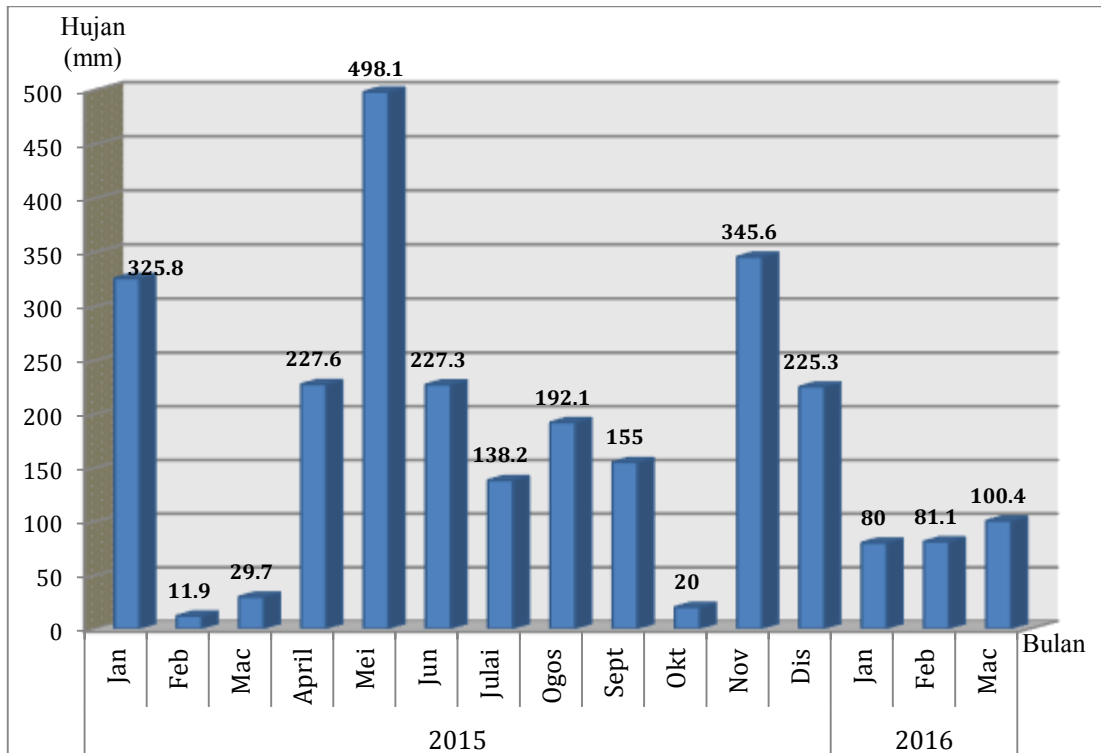
**Foto 1** Plot kawalan



**Foto 2** Plot hakisan

## HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Kawasan kajian iaitu kampus baharu KSAS, UPSI terletak di Proton City, Tanjong Malim, Perak dan menerima jumlah hujan yang tinggi >2400mm setiap tahun (Mohamad Suhaily Yusri et al., 2013; 2014). Rajah 2 menunjukkan jumlah hujan pada tahun 2015 sehingga Mac 2016. Jumlah hujan yang direkodkan adalah sebanyak 2658.1mm bagi tempoh tersebut. Jumlah hujan ini amat tinggi jika dibandingkan dengan kawasan pantai timur dan selatan Semenanjung Malaysia. Justeru tidak hairanlah jika salah satu agen hakisan iaitu hujan memainkan peranan yang sangat penting dalam proses hakisan di kawasan kajian.



Rajah 2 Jumlah hujan yang direkodkan di stesen kaji cuaca UPSI

Plot kawalan dan plot hakisan diwujudkan untuk mengenalpasti kadar hakisan tanah yang berlaku di KSAS dan keberkesanan langkah kejuruteraan konvensional dalam pengawalan hakisan di permukaan cerun dan tanah seperti menggunakan tanaman tutup bumi, kaedah penyemburan konkrit, *pitching* dan *crib*. Berdasarkan persamaan USLE jelas menunjukkan bahawa kepanjangan dan kecuraman cerun, litupan tumbuhan dan amalan kawalan hakisan menjadi tunjang utama kepada peningkatan kadar hakisan tanah yang berlaku. Hal ini membuktikan bahawa kegagalan langkah kejuruteraan konvensional dalam pengawalan hakisan bagi jangka masa panjang.

### Kehilangan Tanah Berdasarkan Rumus USLE

Jadual 1 menunjukkan anggaran kehilangan tanah berdasarkan persamaan USLE yang dikira di kawasan kajian. Kadar kehilangan tanah yang dicatatkan di Plot kawalan iaitu sebanyak 516.60 tan/hektar/tahun. Plot yang berkecuraman 34° merupakan faktor utama yang menyebabkan kadar hakisan tanah yang tinggi berlaku. Bertepatan dengan penyelidikan yang dijalankan oleh Morgan (2005), Bujang et al. (2008), Morgan dan Duzant (2008), Bujang dan Sina (2010) dan Mohamad Suhaily Yusri et al. (2013) yang menyatakan bahawa peningkatan sudut atau darjah sesuatu cerun akan meningkatkan kadar kehilangan tanah yang berlaku. Para pengkaji ini turut menegaskan bahawa halaju dan kapasiti air larian permukaan akan bertambah sekiranya cerun semakin curam. Selain itu, litupan tumbuhan dan amalan kawalan hakisan yang lemah di kawasan kajian telah menjadi penyebab kepada kejadian kehilangan tanah yang tinggi ini. Persamaan USLE telah menggambarkan status semasa kadar hakisan tanah yang berlaku di kawasan kajian.

**Jadual 1** Anggaran kadar kehilangan tanah mengikut plot berdasarkan rumus USLE

Plot	Kecuraman (°)	<i>R</i>	<i>K</i>	<i>LS</i> (%)	<i>CP</i>	<i>A</i> (tan/ha/tahun)
PK	34	650.64	0.05	15.88	1.0	516.60
PH	10	650.64	0.05	2.76	1.0	89.78
					Jumlah	606.38
					Purata	303.19

\*PK = Plot kawalan, PH = Plot hakisan

Hasil kajian juga menunjukkan kadar kehilangan tanah berada pada klasifikasi sangat teruk jika berlandaskan kepada klasifikasi kehilangan tanah yang telah dikeluarkan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) (2010). Terdapat tiga tahap klasifikasi yang ditetapkan iaitu rendah, teruk dan sangat teruk. Klasifikasi rendah merujuk kepada kadar kehilangan tanah kurang daripada 80 tan/hektar/tahun. Manakala klasifikasi teruk pula merujuk kepada kadar kehilangan tanah antara 80 tan/hektar/tahun hingga 150 tan/hektar/tahun sementara klasifikasi sangat teruk adalah kadar kehilangan tanah melebihi 150 tan/hektar/tahun. Jadual 2 menunjukkan dapatan kajian mengenai kadar kehilangan tanah melalui persamaan USLE dan klasifikasi kehilangan tanah berdasarkan piawai Jabatan Alam Sekitar (JAS) (2010). Dapatan kajian menunjukkan plot kawalan dan plot hakisan berada pada klasifikasi kehilangan tanah pada tahap sangat teruk kerana kadar kehilangan tanahnya melebihi 150 tan/hektar/tahun.

**Jadual 2** Kadar dan klasifikasi kehilangan tanah mengikut USLE

Plot	Klasifikasi kehilangan tanah (JAS, 2010)	Kehilangan tanah (tan/ha/tahun)
Plot kawalan (PK)	Sangat teruk	516.60
Plot hakisan (PH)	Sangat teruk	89.78
Purata	Sangat teruk	303.19

\*Petunjuk klasifikasi Jabatan Alam Sekitar (2010): rendah (<80), teruk (80 hingga 150) dan sangat teruk (>150) dalam unit tan/hektar/tahun

### Pengukuran di Lapangan Bagi Plot Kawalan dan Plot Hakisan

Pengukuran sedimen di plot kawalan dan plot hakisan telah dilakukan selama 15 bulan cerapan iaitu Jan 2015 hingga Mac 2016. Berdasarkan kepada Jadual 3, jumlah sedimen yang terhasil daripada proses hakisan tanah di plot kawalan adalah 2953.55kg dan 3676.08kg bagi plot hakisan. Manakala kadar kehilangan tanah bagi plot kawalan adalah sebanyak 516.60tan/hektar/tahun dan 89.78tan/hektar/tahun bagi plot hakisan. Dapatan kajian jelas menunjukkan bahawa proses hakisan tanah sangat giat berlaku di kawasan KSAS terutama di kawasan cerun yang terdedah kepada pelbagai agen hakisan tanah. Kehilangan tanah di kawasan bercerun akan menyebabkan kawasan lembangan sungai dan tasik di sekitar KSAS ditimbuni oleh sedimen di bahagian dasarnya (Mohamad Suhaily Yusri et al., 2010, 2013; Mohmadisa et al., 2012).

**Jadual 3** Jumlah sedimen mengikut plot kajian berdasarkan cerapan selama 15 bulan

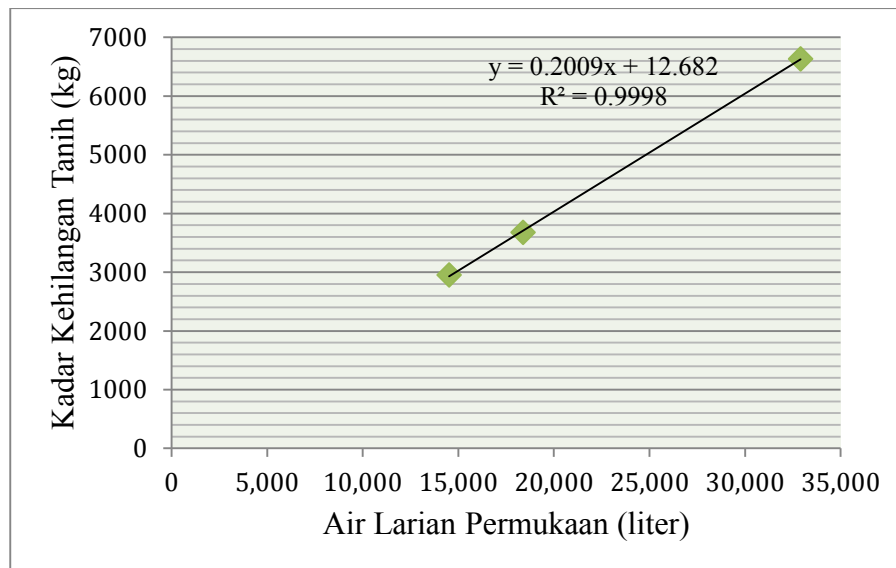
Plot	Cerapan (kg)	USLE (tan/ha/tahun)
Plot kawalan	2953.55	516.60
Plot hakisan	3676.08	89.78
Jumlah	6629.63	606.38

Air larian permukaan memainkan peranan yang penting bagi kawasan yang terdedah kepada agen hakisan iaitu hujan. Jadual 4 menunjukkan isipadu air larian permukaan bagi plot kawalan dan plot hakisan bagi tempoh 15 bulan cerapan. Berdasarkan jadual tersebut, isipadu air larian permukaan yang terhasil adalah sebanyak 32,912 liter. Air larian permukaan akan melakukan proses memindah atau mengangkut kumin terhakis di permukaan cerun yang mengalami proses hakisan tanah kerana adanya tenaga kinetik dan tarikan graviti dan air larian permukaan akan memindahkan kumin tanah yang terhakis ke bahagian kaki cerun dan sebahagian kumin yang terhakis akan termendap di sepanjang laluan air larian sekiranya wujud halangan tertentu seperti tumbuhan dan sisa kayu (Mohd Ekhwan & Shukor, 2006; Azman & Fauziah, 2003; Mohamad Suhaily Yusri, et al., 2013; Zullyadini, 2004; Wan Ruslan et al., 2010). Menurut Tuan Maznah (1998) dan Abdullah (1999) air larian permukaan akan mengangkut lapisan atas permukaan tanah dan dimendapkan di kawasan yang rendah. Kejadian ini menyebabkan kesuburan tanah di kawasan yang bercerun akan merosot dan kestabilan cerun akan berkurangan sekiranya berlaku hakisan galur.

**Jadual 4** Jumlah air larian permukaan bagi plot kawalan dan plot hakisan berdasarkan kepada 15 bulan cerapan

Plot	Air larian permukaan (liter)
Plot kawalan	14,523
Plot hakisan	18,389
Jumlah	32,912

Hasil analisis korelasi menunjukkan hubungan yang signifikan antara air larian permukaan dengan kadar kehilangan tanah sepanjang 15 bulan cerapan di antara plot kawalan dan plot hakisan. Berdasarkan Rajah 3, didapati terdapat hubungan korelasi yang signifikan positif antara air larian permukaan dengan kadar kehilangan tanah di mana nilai  $R^2$  yang diperoleh adalah positif ( $R^2=0.9998$ ). Ini bermakna semakin bertambah air larian permukaan semakin meningkat kadar kehilangan tanah. Dapatan kajian ini selari dengan pandangan yang dikemukakan oleh Morgan (2005), Mohd Ekhwan et al., (2009), Mohamad Suhaily Yusri et al., (2013) Negi (2013) yang menyatakan bahawa, peningkatan dalam isipadu air larian permukaan akan meningkatkan jumlah penghasilan sedimen. Bertepatan dengan kajian Lui et al., (2013), yang menyatakan bahawa kadar kehilangan tanah mempunyai korelasi yang sangat kuat dengan air larian permukaan. Justeru, peningkatan dalam air larian permukaan menyebabkan proses hakisan permukaan semakin efektif di mana berlaku peningkatan dalam kadar kehilangan tanah.



**Rajah 3** Air larian permukaan dengan kadar kehilangan tanah bagi tempoh 15 bulan cerapan

Penulisan ini menunjukkan bahawa langkah kejuruteraan konvensional yang dilaksanakan di KSAS masih lagi tidak mampu untuk mengurangkan dan mengawal kadar hakisan tanah. Isipadu air larian permukaan dan kadar sedimen yang tinggi di plot kawalan dan plot hakisan telah memberikan gambaran yang cukup jelas tentang kegagalan kaedah kejuruteraan yang diaplikasikan. Menurut Syers dan Rimmer (1994), Bujang et al. (2008), Bujang dan Sina (2010), Mokhtar et al. (2011), Mokhtar dan Jumaat (2012), Mohmadisa et al. (2012) dan Mohamad Suhaily Yusri et al. (2013) pencetus utama kepada hakisan tanah adalah disebabkan oleh air larian permukaan dan kegagalan teknik perlindungan cerun yang digunakan.

### Pengaruh Panjang ( $L$ ) dan Kecerunan ( $S$ ) dalam Persamaan USLE Terhadap Hakisan Tanah

Berdasarkan persamaan USLE, panjang cerun dan kecuraman cerun amat ditekankan dalam menentukan anggaran kadar kehilangan tanah. Walau bagaimanapun, penentuan nilai  $LS$  dalam rumus USLE mempunyai beberapa kaedah. Dalam artikel ini, persamaan 2 di bawah digunakan dalam menentukan faktor  $LS$ .

$$LS: (X/22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2) \text{ ----- (Persamaan 2)}$$

di mana,

$$m = \begin{cases} 0.5 & \text{untuk cerun } >5\% \\ 0.4 & \text{untuk cerun } 3 - 5\% \end{cases}$$

0.3 untuk cerun 1 – 3%

0.2 untuk cerun <1%

$X$  = panjang cerun (*slope length*) dalam ukuran meter (m)

$S$  = sudut cerun (*slope gradients*) dalam ukuran peratus

Darjah kecuraman cerun banyak mempengaruhi kadar kehilangan tanah. Kadar kehilangan tanah di cerun yang curam lebih banyak jika dibandingkan dengan cerun yang landai (Ibrahim, 1986; Bujang et al., 2008; Mohamad Suhaily Yusri et al., 2013). Justeru, kawasan yang mempunyai cerun yang panjang dan curam akan menyebabkan kadar hakisan lebih efektif. Hal ini kerana, kecerunan yang curam akan menyebabkan halaju air semakin deras dan akan bertambahnya hakisan terutama di bahagian permukaan tanah (Mohmadisa et al., 2012; Mohamad Suhaily Yusri et al., 2013). Jadual 5 menunjukkan potensi hakisan tanah mengikut kecuraman cerun.

**Jadual 5** Potensi kadar hakisan tanah mengikut kelas cerun

Kecuraman (°)	Peratusan curam	Kelas	Potensi hakisan
0 – 7	0% - 12%	Rendah	Rendah ke sederhana
7 – 15	12% - 27%	Sederhana	Sederhana ke tinggi
15 – 20	27% - 36%	Tinggi	Tinggi
20 – 25	36% - 47%	Sangat tinggi	Tinggi ke sangat tinggi
25 – 30	47% - 58%	Curam	Tinggi ke sangat tinggi
>30	>58%	Sangat curam	Teruk / serius / kritikal

Sumber: Goldman et al. (1986) & Morgan (1995)

Hasil kajian menunjukkan purata faktor  $LS$  bagi kawasan kajian ialah 9.32 dengan nilai tertinggi dicatatkan di plot kawalan iaitu 15.88 (Jadual 6). Purata peratusan kecuraman 37.84 peratus adalah berada pada kelas sangat tinggi dan menggambarkan potensi hakisan pada tahap tinggi ke sangat tinggi. Nilai faktor  $LS$  semakin rendah jika darjah kecuraman sesuatu cerun adalah semakin landai. Hal ini ditunjukkan di plot hakisan yang hanya bersudut  $10^\circ$  dengan peratus kecuraman adalah 17.2 peratus dan nilai  $LS$  bagi plot hakisan ialah 2.76 yang mempunyai potensi hakisan daripada rendah ke sederhana berdasarkan kepada kajian Goldman et al. (1986) dan Morgan (1995). Berbeza pula dengan plot kawalan yang bersudut  $34^\circ$  dengan peratus kecuraman 58.48 peratus mempunyai faktor  $LS$  15.88 yang jauh lebih tinggi berbanding plot hakisan. Plot kawalan berada pada kelas sangat curam dan berpotensi untuk mengalami hakisan pada tahap kritikal.

**Jadual 6** Kecuraman, peratus kecuraman dan faktor  $LS$  mengikut plot kajian

Plot	Kecuraman (°)	% kecuraman	Faktor $LS$
Plot kawalan	34	58.48	15.88
Plot hakisan	10	17.2	2.76
Purata	22	37.84	9.32

## KESIMPULAN

Kajian yang dilakukan di KSAS, UPSI menunjukkan proses hakisan tanah yang berlaku adalah pada tahap serius. Kejadian hakisan tanah yang serius jelas di plot kawalan dan plot hakisan apabila anggaran hakisan tanah dilakukan berdasarkan persamaan USLE. Ini dibuktikan melalui pengukuran di lapangan menunjukkan KSAS berada pada kelas sangat tinggi untuk mengalami hakisan tanah. Diharapkan dapatan kajian ini dapat membantu para pembuat keputusan untuk mengambil inisiatif yang lebih baik dalam mengawal dan menguruskan alam sekitar dengan lebih mampan.

## PENGHARGAAN

Penyelidikan ini dijalankan dengan bantuan Geran Penyelidikan Eksploratori (ERGS) dengan kod 2013-0092-108-22. Terima kasih kepada pihak Kementerian Pengajian Tinggi yang memberi dana penyelidikan dan individu yang terlibat dalam kajian ini.

## RUJUKAN

- Abdullah, M. S. (1999). *Pengurusan sumber dan alam sekitar*. Shah Alam: Biroteks ITM.
- Ananda, J. & Herath, G. (2003). Soil erosion in developing countries: A socio-economic appraisal. *Journal of Environmental Management*, 68(4), 343-353.
- Azman, K. & Fauziah K. (2003). A simulation study of slope stability affected by construction of new building at Universiti Teknologi Malaysia, Skudai. *Jurnal Kejuruteraan Awam*, 15(1), 49-61.
- Beskow, S., Mello, C. R., Norton, L. D., Curi, N., Viola, M. R. & Avanzi, J. C. (2009). Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. *Catena*, 79, 49-59.
- Bujang, B. K. H. & Sina, K. (2010). Study of root theories in green tropical slope stability. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 15, 1825-1834.
- Bujang, B. K. H., Faisal Hj. Ali, David H. B., Harwant Singh, Husaini Omar. (2008). *Landslide in Malaysia: Occurrences, assessment, analyses and remediation*. Serdang: Penerbit Universiti Putra Malaysia.
- De Asis, A. M. & Omasa, K. (2007). Estimation of vegetation parameter for modeling soil erosion using linear Spectral Mixture Analysis of Landsat ETM data. *ISPRS J Photogramm. Remote Sens.*, 62, 309-324.
- Goldman, S. J., Jackson, K. & Bursztynsky, T. A. (1986). *Erosion and sediment control handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Ibrahim, K. (1986). Pengelasan kegagalan cerun di Malaysia. *Ilmu Alam*, 14 & 15, 47-58.
- Ismail, A.. (1991). *Geomorfologi tropika: Kajian mengenai luluhawa dan perkembangan bentuk muka bumi di kawasan iklim panas*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Jabatan Alam Sekitar. (2010). Klasifikasi Kehilangan Tanah. Diperoleh daripada <https://www.doe.gov.my/portalv1/>.
- Jamil A. A., Cláudia G. B. & Teodorico Alves-Sobrinho. (2014). Modeling of (R) USLE C-factor for pasture as a function of Normalized Difference Vegetation Index. *European International Journal of Science and Technology*, 3(9), 214-221.
- Jebari, S., Berndtsson, R., Olsson, J. & Bahri, A. (2012). Soil erosion estimation based on rainfall disaggregation. *J. Hydrol.*, 436-437, 102-110.
- Lal, R. (1976). *Soil erosion problems on an alfisol in western Nigeria and their control*. Ibadan, Nigeria: International Institute of Tropical Agriculture.
- Leila, O., Noor Ezlin, A. B., Azuraliza, A. B. & Khairul Nizam, A. M.. (2009). An expert system prototype for minimizing soil erosion on construction site in Malaysia. *European Journal of Scientific Research*, 33(3), 454-460.
- Lu, X. X., Zhang, S. R., Xie, S. P & Ma, P. K. (2007). Rapid channel incision of the lower Pearl River (China) since the 1990s as a consequence of sediment depletion. *Hydrology and Earth System Science*, 11, 1897-1906.
- Lui, S. L., Dong, Y. H., Li, D., Liu, Q., Wang, J. & Zhang, X. L. (2013). Effects of different terrace protection measures in a sloping land consolidation project targeting soil erosion at the slope scale. *Ecological Engineering*, 53, 46-53.
- Mohamad Suhaily Yusri C.N, Mohmadisa, H., Nasir, N., Mohd Faris, D. & Zainudin, O. (2013). Tindakan hujan terhadap hakisan permukaan di tapak kampus baharu Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjong Malim. Dlm. Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah, Mohmadisa Hashim & Nasir Nayan (pnyt.). *Hidrologi & pengurusan sumber air di Malaysia*. Tanjong Malim: Penerbit Jabatan Geografi & Alam Sekitar FSK, ms. 20-41.
- Mohamad Suhaily Yusri, C.N., Nasir, N., Mohmadisa, H. & Mohd Faris, D. (2010). Kajian hidrologi di Kampus Sultan Azlan Shah, Universiti Pendidikan Sultan Idris. Laporan akhir geran penyelidikan universiti, Universiti Pendidikan Sultan Idris yang tidak diterbitkan.
- Mohamad Suhaily Yusri, C. N., Zainudin, O., Mohmadisa, H., Nasir, N. & Yazid, S. (2014). Rainwater as a potential alternative source of water in Tanjong Malim, Perak. *Geografi*, 2(1), 8-24. Diperoleh daripada <https://ejournal.upsi.edu.my/GetFinalFile.ashx?file=185b21a7-5368-4aa5-9e97-cea59cc31a8e.pdf>
- Mohd Ekhwan Toriman & Shukor Md. Nor. (2006). An analysis of rain interception on the selected experimental plot of Pangkor Hill Reserved Forest. *Journal Wildlife and National Park*, 169-178.
- Mohd Ekhwan, H. T., Mazlin, B. M., Muhammad Barzani, G. & Nor Azlina, A. A. (2009). Analysis of the physical characteristics of BRIS soil in coastal Kuala Kemaman, Terengganu. *Research Journal of Earth Sciences*, 1, 1-6.
- Mohd Hasni, J. (2001). Kesihatan persekitaran dalam perancangan bandar. *Jurnal Kesihatan Masyarakat*, 7, 40-50.
- Mohmadisa, H., Mohamad Suhaily Yusri, C. N & Nasir, N.. (2012). Trend hujan jangkamasa panjang dan pengaruhnya terhadap hakisan permukaan: Implikasinya kepada tapak kampus baharu Sultan Azlan Shah, Tanjong Malim. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 8(2), 38-51.
- Mokhtar, J. & Jumaat, A. (2012). Meramal potensi runtuh tanah di lingkungan utama Bukit Fraser menggunakan Skala ROM. Dlm. Mohmadisa Hashim, Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah & Nasir Nayan. *Perubahan persekitaran pelbagai perspektif dan masalahnya*. Tanjong Malim: Penerbit Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, FSK, ms.109-120.
- Mokhtar Jaafar, Abdul Halim Yusof & Asiah Yahaya. (2011). Analisis tahap kebolehruntuh tanah dengan menggunakan skala ROM: Kajian di kampus Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space*, 7(3), 45-55.
- Morgan, R. P. C & Duzant, J. H. (2008). Modified MMF (Morgan-Morgan-Finney) model for evaluating effects of crops and vegetation cover on soil erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 90-106.



- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation (3<sup>rd</sup> ed.)*. London: Blackwell Publishing.
- Morgan, R.P.C. (1995). *Soil erosion and conservation (2<sup>nd</sup> ed.)*. Essex: Longman.
- Negi, P. S. (2013). Ecological manifestation of slope instability, its application in identification of areas of potential hill slope movement in Indian Himalaya. *Ecological Indicators*, 25, 85-91.
- Oliveira, P.T.S., Alves-Sobrinho, T., Rodrigues, D. B. B. & Panachuki, E. (2010). Erosion risk mapping applied to environmental zoning. *Water Resour. Manag.* 25, 1021-1036.
- Oliver, M. A. & Gregory, P. J. (2015). Soil, food security and human health: A review. *European Journal of Soil Science*, 66(2), 257-276.
- Othman Yaacob & Shamsuddin Yusop. (1982). *Sains tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa & Pustaka.
- Pal, I. & Al-Tabba, A. (2007). Monsoonal climate variability and its impact on the susceptibility of rainfall to cause erosion. Diperoleh daripada [http://www.tucson.ars.ag.gov/isco15/pdf/pal%201\\_Monsoonal%20climate%20variability.pdf](http://www.tucson.ars.ag.gov/isco15/pdf/pal%201_Monsoonal%20climate%20variability.pdf)
- Roslan Zainal Abidin & Zulkifli Abu Hassan. (2005). 'ROM' scale for forecasting erosion induced landslide risk on hilly terrain. Dlm. Sassa K, Fukuoka H, Wang F, Wang G (eds), *Landslides: Risk analysis and sustainable disaster management*. Berlin: Springer, ms. 197-202.
- Sumayyah Aimi, M.N. & Zullyadini, A. R. (2016). Analisis perubahan gunatanah di daerah Barat Daya, Pulau Pinang. *Geografi*, 4(1), 43-55. Diperoleh daripada <https://ejournal.upsi.edu.my/GetFinalFile.ashx?file=d0e3c901-86ae-4d2e-807c-49b55d8130fb.pdf>
- Syers, J. K. & Rimmer D. L. (1994). *Soil science and sustainable land management in the tropics*. United Kingdom: Cab International.
- Tuan Maznah, T. I. (1998). Pertalian ekologi-ekologi pertanian tanaman sayuran di Cameron Highlands. Laporan Kajian Luar, Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan, Universiti Sains Malaysia (tidak diterbitkan).
- Wan Ruslan, I., Zulyadini, A.R., Sumayyah Aimi, M. N. & Zainudin, O. (2010). Sediment impact on aquatic ecosystem of Bukit Merah Reservoir, Perak. Dlm. Banasik, K., Horowitz, A. J., Owens, P. N., Stone, M. & Walling, D. E. (eds), *Sediment dynamics for a changing future. Proceedings of the ICCE symposium*. The Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Poland. IAHS Publ. 337, 258-263.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1965). *Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains*. Agr. Handbook No. 282, U.S. Dept. Agr. Washington, DC.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). *Predicting rain-fall erosion losses*. USDA Agricultural Research Service Handbook 537.
- Zullyadini A. Rahaman & Wan Ruslan, I. (2013). Sediment balance of the lowland tropical reservoir of Timah Tasoh, Perlis, Malaysia. *Geografi*, 1(1), 102-119. Diperoleh daripada <https://ejournal.upsi.edu.my/GetFinalFile.ashx?file=05218e4b-dc3d-44e5-93b7-466c497d63c6.pdf>
- Zulyadini A.R. (2004). *Imbangan endapan dan pemendapan di empangan Timah Tasoh, Perlis, Malaysia*. Tesis PhD, Universiti Sains Malaysia yang tidak diterbitkan.