



Trend hujan jangkamasa panjang dan pengaruhnya terhadap hakisan permukaan: Implikasinya kepada tapak kampus baru Sultan Azlan Shah, Tanjong Malim

Mohmadisa Hashim¹, Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah¹, Nasir Nayan¹

¹Jabatan Geografi dan Sekitar, Fakulti Sains Kemanusiaan, Universiti Pendidikan Sultan Idris

Correspondence: Mohmadisa Hashim (emel: mohmadisa@fsk.upsi.edu.my)

Abstrak

Hujan merupakan salah satu elemen penting dalam proses dan perubahan bentuk bumi. Penganalisan terhadap data hujan akan dapat menentukan pelbagai impak yang berlaku di atas permukaan bumi seperti kadar luahan, aliran permukaan, air dalam tanah, hakisan tanah, meramalkan dan menentukan kejadian banjir. Trend jangka panjang dan juga intensiti sering dikaitkan sebagai penyumbang kepada peningkatan kadar hakisan permukaan di kawasan yang dibangunkan. Dalam penulisan ini, fokus diberikan kepada tindakan hujan terhadap masalah hakisan tanah yang berlaku di tapak kampus baharu UPSI yang sedang dibangunkan. Penelitian terhadap ciri hujan, pengaruh angin monsun, trend hujan jangkamasa panjang serta perkaitan hujan dengan kejadian hakisan dilakukan. Hasil kajian menunjukkan trend hujan jangkamasa panjang di Tanjong Malim adalah meningkat dan sentiasa melebihi 2400 mm setiap tahun. Kawasan kajian sedang dibangunkan terletak di kaki bukit dan Banjaran Titiwangsa sentiasa menerima hujan lebat dengan jumlah yang tinggi dari jenis hujan bukit dan hujan perolakan. Selain itu, didapati bulan November dan April merupakan bulan-bulan yang mempunyai purata hujan bulanan yang tinggi. Jumlah hujan yang tinggi dan kerap menyumbang kepada kadar hakisan permukaan yang tinggi, menyebabkan banyak alur sungai semulajadi tertimbus, terbentuk alur-alur baharu seperti galir dan galur serta berlakunya proses pemendapan di kawasan sungai dan tasik. Analisis ciri-ciri hujan adalah sangat penting dalam menyediakan maklumat asas tentang potensi hakisan serta pengekalan paras air dalam kawasan tadahan serta membantu pihak-pihak yang bertanggungjawab dalam pembukaan kawasan tanah secara besar-besaran di kawasan ini. Ciri dan trend hujan yang ditunjukkan dapat memberi gambaran tentang bagaimana aktiviti pembangunan yang ingin dijalankan perlu dirancang terlebih dahulu agar kesan negatif seperti hakisan tanah dapat dikurangkan.

Katakunci: hakisan permukaan, langkah mitigasi hakisan, pemendapan, pengurusan cerun, saluran tiruan, trend hujan

Long-term rainfall trends and their effects on surface erosion: Implications for the Sultan Azlan Shah new campus site, Tanjong Malim

Abstract

Rain is an important element in the course of terrain changes. Analyses of rainfall data would determine the various impacts that occur on the earth surface such as the rate of discharge, surface flow, water in the soil, soil erosion, and flood forecasts and determination. Long-term rainfall trends and intensities often contribute to increases in the rate of surface erosion in areas undergoing development. In this paper, the focus is on the effects of rainfall on soil

erosion at the site of the UPSI new campus which was being developed. The study area was located at the foothills of the Titiwangsa Mountain Range which had always received heavy orographic and convectional rainfalls. November and April were the months with the higher average of monthly rainfall. The rainfall characteristics, the monsoons influences, the long-term rainfall trends and the connection between rainfall and occurrence of erosion were examined. The findings revealed that there was an increasing long-term rainfall trend in Tanjong Malim amounting to more than 2400 mm per year. Soil erosion was serious here because adequate mitigation measures were not adopted by the parties responsible for the earlier site development of the Proton City resulting in severe siltation of local rivers and lakes. The situation would have been greatly helped had artificial drainage and sediment traps been constructed, slope management practised, and soil protection vegetation planted.

Keywords: artificial drainage, erosion mitigation measures, rainfall trends, sedimentation, slope management, surface erosion

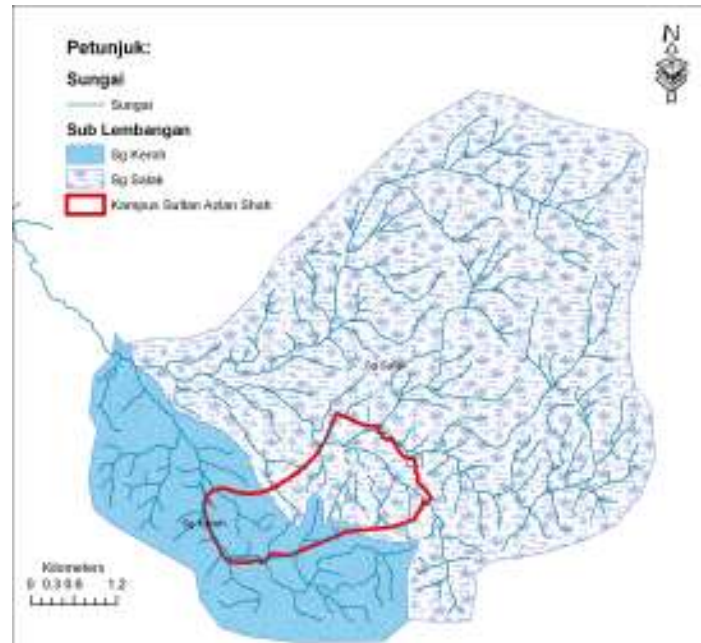
Pengenalan

Proses pembangunan memberi kesan kepada perubahan ciri hidrologi, memberi gangguan atau mengganggu keseimbangan sesebuah ekosistem dalam sesebuah lembangan. Kerpasan atau hujan pula merupakan faktor yang sangat penting dalam mempengaruhi proses hakisan apabila sesebuah kawasan itu terdedah begitu lama tanpa sebarang litupan bumi. Penerokaan kawasan hutan untuk dijadikan kawasan perindustrian serta infrastruktur lain turut memberi kesan terhadap bentuk luahan dan taburan hujan. Perubahan guna tanah telah menggalakkan proses hakisan dan menghasilkan kuantiti sedimen yang banyak. Penghasilan jumlah sedimen yang tinggi dalam sungai berlaku pada peringkat awal penerokaan sesebuah kawasan hutan.

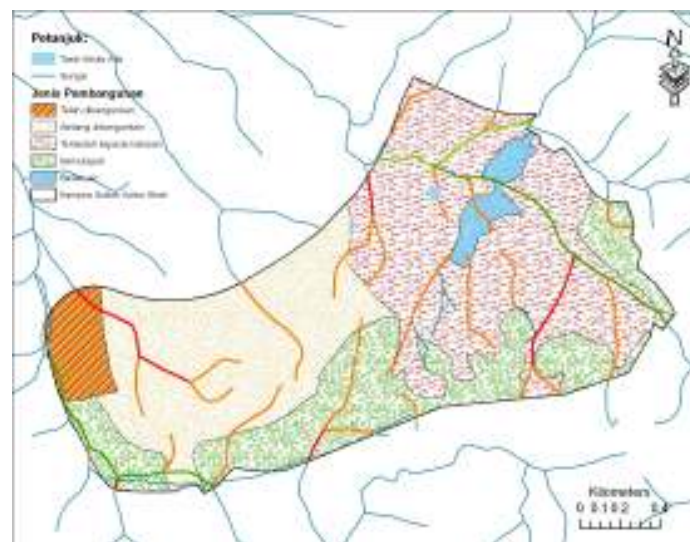
Kejadian hakisan tanah boleh mendatangkan impak yang serius kepada persekitaran fizikal dan manusia seperti pencemaran air iaitu masalah sedimen terampai, kemusnahan flora dan fauna akuatik, kejadian banjir lumpur, memusnahkan aktiviti pertanian berhampiran dengan sungai dan sebagainya. Salah satu faktor penggalak yang menyebabkan hakisan tanah ini berlaku adalah faktor hujan. Kajian ini cuba mengenalpasti trend hujan jangkamasa panjang terhadap masalah hakisan yang berlaku khususnya di tapak kampus baharu Sultan Azlan Shah (KSAS), Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI).

Kawasan kajian

Kawasan kajian adalah di dalam KSAS, UPSI yang terletak di Bandar Proton. Luas kawasan kampus ialah lebih kurang 600 ekar yang berada dalam dua sub-lembangan sungai utama iaitu sub-lembangan Sungai Keroh dan Sungai Salak seperti dalam Rajah 1. Keluasan 600 ekar ini adalah keluasan untuk pembangunan baru KSAS dan ia tidak termasuk dengan kawasan pembangunan sedia ada iaitu Bangunan Asrama Pelajar (Kolej Za'ba dan Kolej Aminuddin Baki). Punca aliran air datangnya dari dua sub-lembangan ini yang mana cawangan Sungai Keroh memasuki KSAS dan sebahagian daripada Sungai Salak juga memasuki KSAS. Keluasan KSAS berbanding dengan Lembangan Sungai Keroh adalah enam peratus sahaja. Pembangunan tanah sedia ada di KSAS iaitu asrama pelajar dan pembinaan bangunan serta satu kawasan lapang yang telah dibuka adalah seluas 76 peratus dan selebihnya masih lagi diliputi kawasan hutan (24 peratus) seperti dalam Rajah 2.

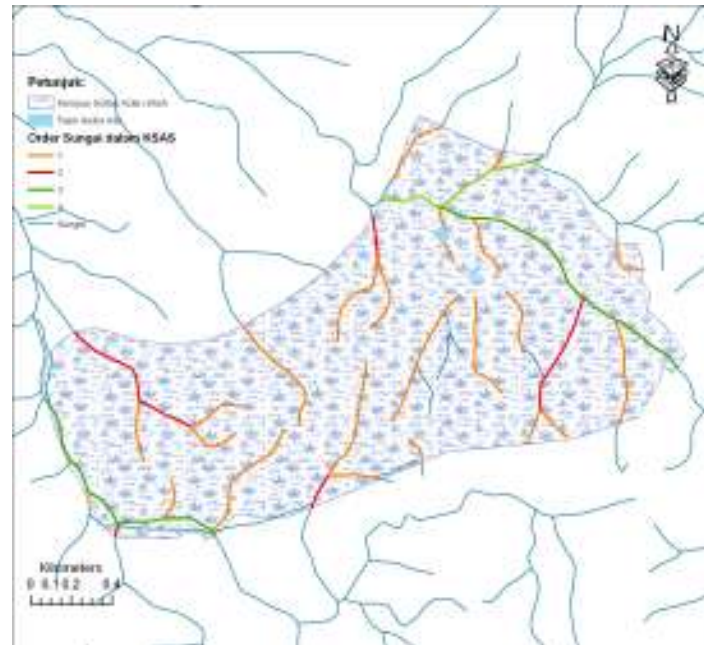


Rajah 1. Kedudukan KSAS dalam lembangan Sungai Keroh dan Sungai Salak



Rajah 2. Aktiviti pembangunan tanah sedia ada di dalam KSAS

KSAS asalnya (sebelum diratakan untuk pembangunan) terletak di kawasan berketinggian antara 60 hingga 120 meter daripada aras laut. Kawasan timur yang berdekatan dengan banjaran gunung adalah kawasan yang tinggi dengan aras 120 meter. Kawasan tengah pula berketinggian 80 meter dengan kawasan barat dan utara mempunyai ketinggian 60 meter. Sistem salirannya pula kebanyakan adalah dari order 1 seperti dalam Rajah 3.



Rajah 3. Sistem saliran asal dalam KSAS

Data dan metodologi kajian

Data hujan

Dalam penulisan ini empat buah stesen hujan digunakan dan dianalisis iaitu stesen hujan Tanjong Malim, Ladang Ketoyong, Ladang Sungai Behrang dan Ladang Bedford. Stesen-stesen hujan ini dimonitor oleh Jabatan Pengairan dan Saliran (JPS). Jangkamasa hujan yang dianalisis adalah dari tahun 1948 hingga 2008 (dalam tempoh 50 tahun). Semua stesen hujan terletak di kawasan tanah rata dan berada di bawah 50 kaki dari aras laut (Mohamad Suhaily Yusri 2007). Selain itu, kedudukan stesen hujan yang terletak di kaki Banjaran Titiwangsa menyebabkan kesemua stesen hujan merekodkan jumlah hujan yang tinggi iaitu kesan dari hujan bukit atau orografi khususnya semasa peralihan monsun, Monsun Timur Laut (MTL) dan Monsun Barat Daya (MBD). Data selama 50 tahun dianalisis untuk melihat kepelbagaian trend hujan sama ada trend hujan bulanan, musiman dan tahunan. Bagi data musiman, data akan dianalisis mengikut MTL iaitu dari bulan November hingga Mac dan MBD dari bulan Mei hingga September serta peralihan monsun.

Analisis statistik

Analisis statistik iaitu regresi linear dan analisis non parametrik iaitu ujian Mann-Kendall digunakan dalam mengenalpasti kesignifikan trend data hujan di Tanjong Malim. Regresi linear digunakan dalam mengesan trend hujan sama ada meningkat, menurun atau tiada trend. Trend ditunjukkan untuk data hujan bulanan, musiman dan tahunan di Tanjong Malim dari tahun 1948-2008.

Ujian Mann-Kendall kebiasaannya digunakan bagi mengesahkan lagi perubahan trend dalam data siri masa khususnya data alam sekitar seperti hujan, suhu, luahan, luahan endapan, kualiti air dan sebagainya (Burn dan Elnur 2002; Yue, et al. 2003; Shaharuddin dan Noorazuan 2006; Mohmadisa et al. 2010; Nasir, et al. 2010). Ujian Mann-Kendall juga digunakan untuk mengenalpasti trend sama ada signifikan atau sebaliknya. Banyak kajian telah menggunakan ujian Mann-Kendall dalam mengenalpasti trend hidro-meteorologi khususnya hujan seperti Suppiah & Hennessy (1998), De Jongh, et al. (2006), Partal & Kahya (2006), Bae, et al. (2008), Luo et al. (2008), Basistha, et al. (2009), Caloiero et al. (2009), Kwarteng et al. (2009) dan Shahid (2009).

Dalam ujian Mann-Kendall data dinilai sebagai siri masa. Setiap data dibandingkan dengan semua data seterusnya. Secara asasnya nilai data yang paling awal dari ujian Mann-Kendall (S) dianggap 0 iaitu tiada trend. Jika data dari tempoh masa selepasnya lebih tinggi dari data sebelumnya, S dianggap bertambah 1. Dalam pada masa yang sama, jika data berikutnya kurang daripada sebelumnya, ia dianggap berkurangan 1. Keputusan dari semua penambahan dan pengurangan dalam satu susunan data akan menghasilkan nilai akhir untuk S . Jika $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ mewakili data titik n di mana x_j merupakan titik data pada masa j , maka S adalah seperti berikut :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad (1)$$

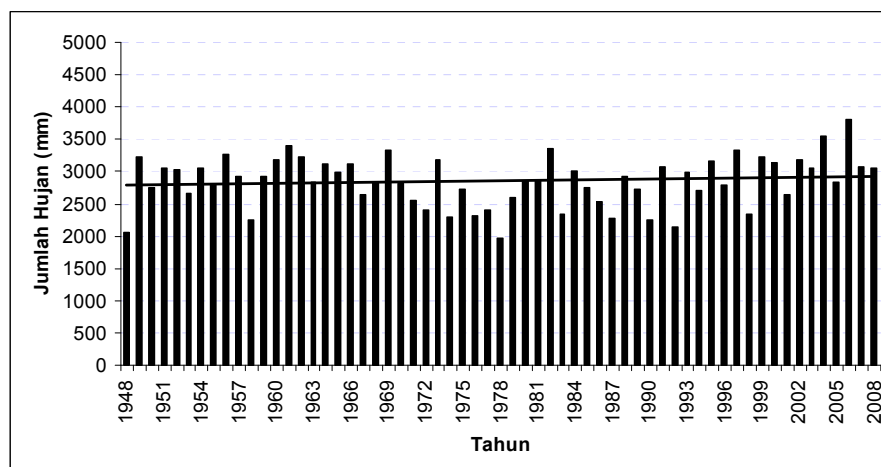
di mana :

$$\text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{jika } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{jika } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{jika } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

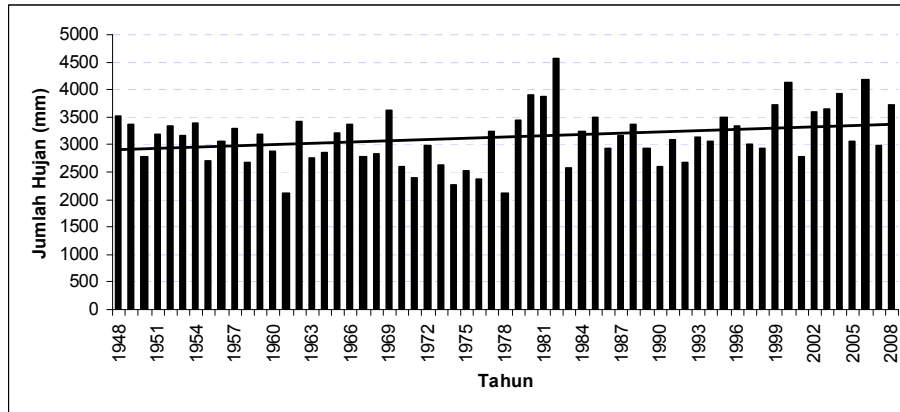
Dapatan kajian dan perbincangan

Trend hujan tahunan

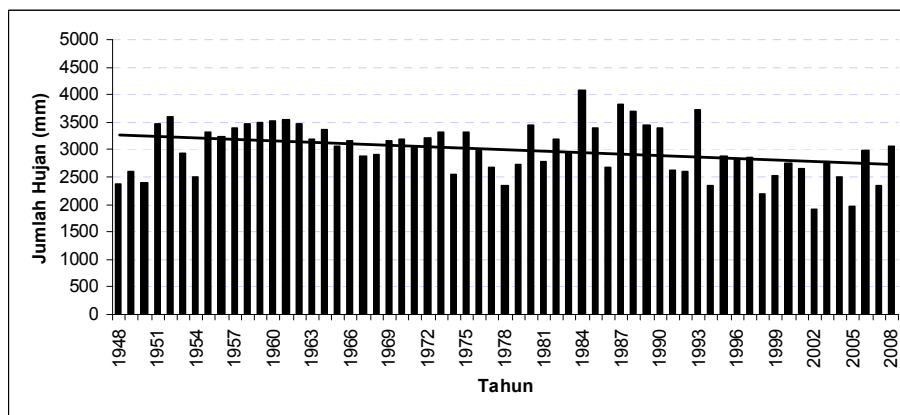
Rajah 4 hingga 8 menunjukkan jumlah hujan tahunan dari tahun 1948-2008 bagi setiap stesen dan hujan kawasan. Purata hujan tahunan paling tinggi direkodkan di stesen Ladang Ketoyong (3137 mm), diikuti stesen Ladang Behrang (2999 mm), stesen Tanjung Malim (2850 mm) dan stesen Ladang Bedford (2610 mm). Secara puratanya hujan kawasan adalah 2899 mm. Berdasarkan kepada data yang direkodkan ini, purata hujan di kawasan kajian adalah melebihi nilai purata hujan tahunan di Semenanjung Malaysia iaitu 2400 mm setahun. Jumlah hujan minimum juga melebihi 2000 mm dan jumlah hujan maksimum juga adalah sangat melampau/ekstrem di kesemua stesen iaitu melebihi 3800 mm.



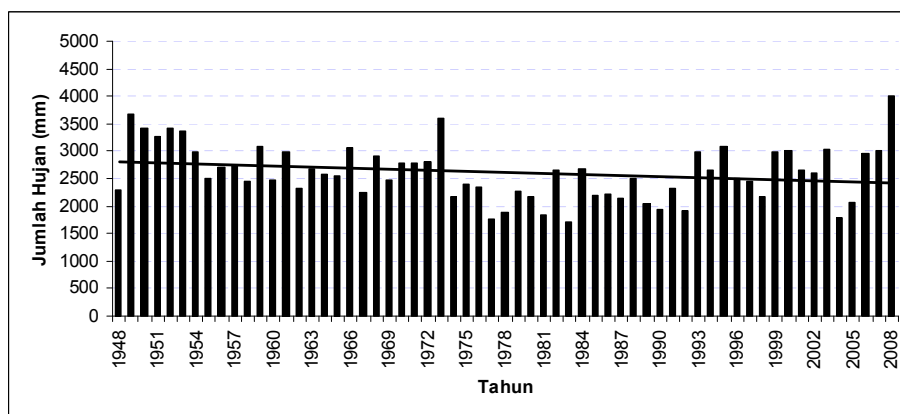
Rajah 4. Jumlah hujan tahunan di stesen Tanjung Malim, 1948-2008



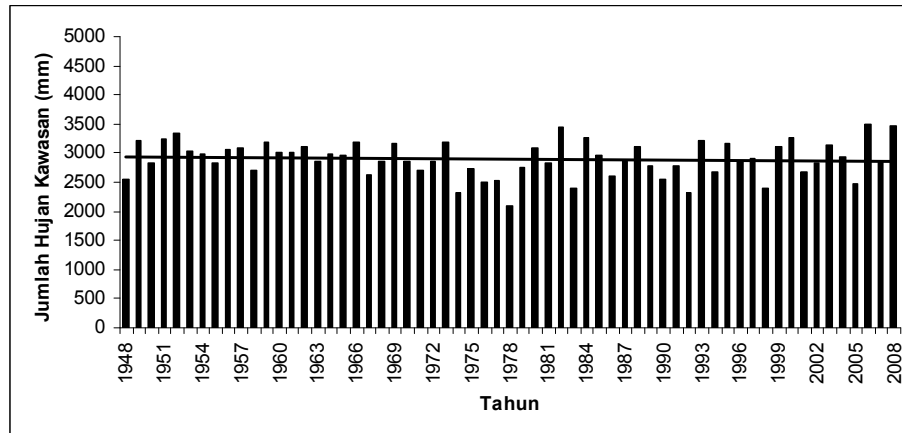
Rajah 5. Jumlah hujan tahunan di stesen Ladang Ketoyong, 1948-2008



Rajah 6. Jumlah hujan tahunan di stesen Ladang Sungai Behrang, 1948-2008



Rajah 7. Jumlah hujan tahunan di stesen Ladang Bedford, 1948-2008



Rajah 8. Jumlah hujan purata tahunan kawasan kajian, 1948-2008

Dalam menganalisis trend jumlah hujan jangka masa panjang, ujian Mann-Kendall (S) telah digunakan untuk mengenal pasti kesignifikan trend sama ada meningkat, menurun dan tiada trend. Nilai S digunakan untuk melihat trend yang wujud. Nilai S yang positif menunjukkan trend yang meningkat dan nilai S yang negatif menunjukkan trend menurun dan nilai 0 menunjukkan tiada trend. Jadual 1 menunjukkan analisis ujian Mann-Kendall bagi setiap stesen hujan di kawasan Tanjong Malim. Berdasarkan analisis tersebut jelas menunjukkan dua stesen hujan menunjukkan trend hujan yang meningkat dan dua stesen menunjukkan trend yang menurun pada aras kesignifikan, $p \geq 0.01$ (99%).

Secara keseluruhannya hujan kawasan menunjukkan trend yang meningkat. Trend hujan yang meningkat atau menurun ada kaitannya dengan kitaran iklim dunia masa kini, perubahan corak cuaca tempatan, perubahan guna tanah dari kawasan hutan ke kawasan yang dibangunkan dengan pelbagai aktiviti manusia dan sebagainya. Namun yang paling jelas, data hujan yang direkod menunjukkan bahawa jumlah hujan di Tanjong Malim adalah cukup tinggi kerana dipengaruhi oleh faktor semulajadinya yang terletak di kaki Banjaran Titiwangsa yang sentiasa menerima hujan bukit atau orografi sama ada semasa MTL atau MBD.

Jadual 1. Ujian Mann-Kendall bagi trend hujan di Tanjong Malim, 1948-2008

Stesen	Tahun Hujan	Bil (n)	Statistik Mann-Kendall (S)	Ujian Statistik Pernormalan (Z)	Probability (P)	Trend (Pada 99 % Aras Keyakinan)
Tanjong Malim	1948-2008	61	66	0.405	0.6858	Meningkat
Ladang Ketoyong	1948-2008	61	280	1.736	0.0825	Meningkat
Ladang Sg. Behrang	1948-2008	61	-434	-2.695	0.0070	Menurun
Ladang Bedford	1948-2008	61	-316	-1.96	0.05	Menurun
Hujan Kawasan	1948-2008	61	44	0.268	0.789	Meningkat

Variasi hujan tahunan

Jumlah hujan yang turun di kawasan kajian adalah sangat bervariasi sama ada dari segi ruang dan masa. Analisis statistik digunakan bagi menghuraikan ciri-ciri hujan bagi setiap stesen hujan di kawasan berkenaan. Secara puratanya stesen hujan di Ladang Ketoyong mencatatkan jumlah tertinggi iaitu 3137 mm, diikuti dengan Ladang Sungai Behrang (2999 mm) dan Tanjong Malim (2850 mm). Secara keseluruhannya purata hujan kawasan ialah 2899 mm. Tidak dapat dinafikan bahawa di kawasan kajian, hujan maksimum yang pernah direkodkan adalah melebihi sekali ganda purata hujan tahunan bagi hujan kawasan iaitu di Ladang Ketoyong (4556 mm), Ladang Sungai Behrang (4088 mm) dan Ladang Bedford

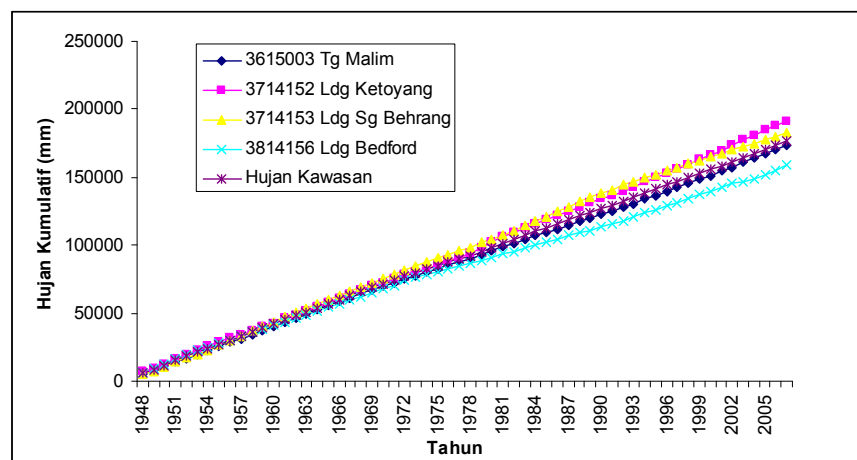
(4014 mm). Nilai keserakan pembolehubah iaitu jumlah hujan bagi setiap stesen juga dikaji dengan mengira nilai sela, sisihan piawai dan pekali variasi (Jadual 2).

Jadual 2. Ciri hujan di stesen hujan kawasan kajian, 1948-2008

Stesen Hujan	Purata (mm)	Ralat Piawai (Standard Error) (mm)	Minimum (mm)	Maksimum (mm)	Julat (Range) (mm)	Sisihan Piawai (Standard Deviation) (mm)	Pekali Variasi (Coeff. Variation)	Bil (N)
Tanjong Malim	2850	50	1976	3808	1832	387	0.14	61
Ldg. Ketoyong	3137	65	2112	4556	2444	504	0.16	61
Ldg. Sg. Behrang	2999	60	1910	4088	2178	470	0.16	61
Ldg. Bedford	2610	64	1706	4014	2308	504	0.19	61
Hujan Kawasan	2899	39	2083	3485	1402	301	0.10	61

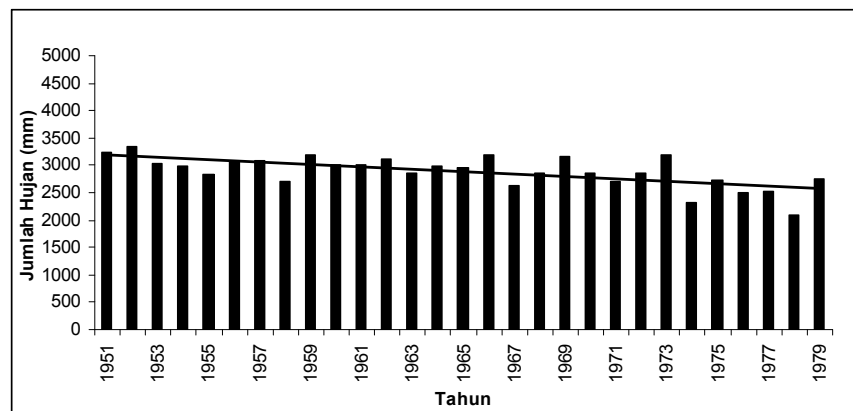
Berdasarkan data tersebut jelas menunjukkan variasi antara stesen hujan adalah sangat ketara dari segi ruang dan masa kesan daripada ciri-ciri semulajadi hujan di kawasan tropika yang sangat bersifat setempat (localised). Rajah 9 menunjukkan hujan kumulatif bagi setiap stesen hujan adalah bervariasi. Keadaan ini dapat dikenal pasti selepas tahun 1970-an, di mana garisan kumulatif yang tidak berada pada satu titik. Faktor ini boleh dikaitkan dengan faktor perubahan guna tanah yang mula berlaku selepas Dasar Ekonomi Baru (DEB) diperkenalkan iaitu banyak kawasan hutan mula diteroka untuk dijadikan kawasan tanah rancangan seperti FELDA dan FELCRA, aktiviti pertanian getah dan kelapa sawit serta aktiviti pembangunan lain.

Ini dibuktikan oleh kajian Aragão, et al. (2008) di hutan Amazon, Brazil mendapati jumlah hujan yang turun mempunyai hubungan yang signifikan dengan aktiviti penerokaan hutan secara besar-besaran iaitu jumlah hujan yang turun adalah rendah akibat daripada pembukaan kawasan tanah yang luas. Dalam pada masa yang sama, jika jumlah hujan yang turun adalah tinggi ia akan memberi kesan ketara terhadap masalah hakisan tanah di sesuatu kawasan yang diteroka untuk pelbagai aktiviti pembangunan. Kawasan tanah yang dibiarkan tanpa ada langkah-langkah kawalan hakisan tanah mengundang pelbagai masalah khususnya kesan terhadap masalah kehilangan kesuburan tanah (ini berlaku apabila nutrien yang ada dihakis oleh air hujan) dan pemendapan di dalam sungai dan tasik. Ini akan menjejaskan kualiti persekitaran bagi jangkamasa panjang.

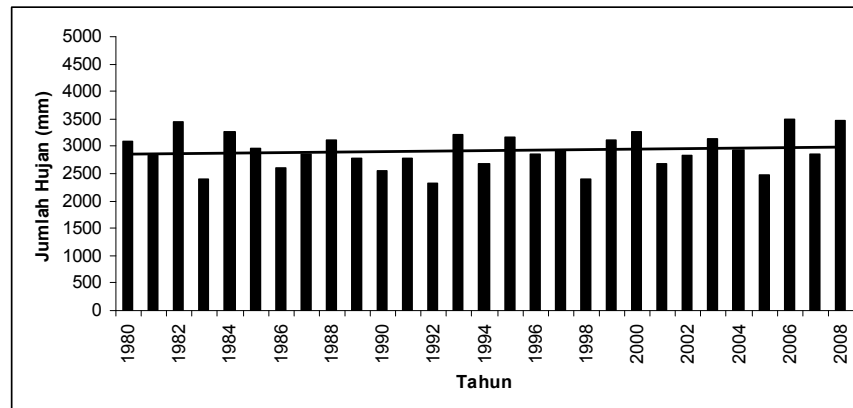


Rajah 9. Hujan kumulatif berdasarkan stesen hujan dan hujan kawasan 1948-2008

Selain itu, perbandingan jumlah hujan untuk dua jangkamasa turut dilakukan iaitu dari tahun 1951-1979 dan 1980-2008. Perbandingan ini dibuat berdasarkan kepada proses pembangunan di negara yang pesat berlaku terutamanya selepas tahun 1980-an. Secara perbandingannya, trend hujan dari tahun 1951-1979 adalah menurun dan 1980-2008 menunjukkan trend sebaliknya (Rajah 10 dan Rajah 11). Keadaan trend hujan yang meningkat selepas tahun 1980-an ada kaitannya dengan perubahan dasar pembangunan negara iaitu DEB dilaksanakan seperti yang telah dinyatakan sebelum ini. Faktor pembangunan Proton City dan pembangunan KSAS selepas tahun 1990-an turut menyumbang kepada kepelbagaian variasi hujan di kawasan ini.



Rajah 10. Trend hujan tahun 1951-1979



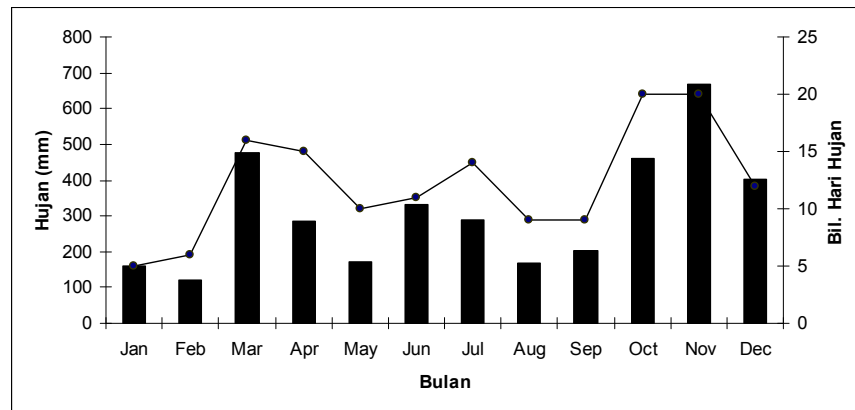
Rajah 11. Trend hujan tahunan 1980-2008

Hubungkait hujan dan kejadian hakisan permukaan di kawasan kajian

Dalam menganalisis perkaitan jumlah hujan dengan aktiviti hakisan tanah di kawasan kajian, data dari stesen hujan Ladang Ketoyong tahun 2008 digunakan dan dianalisis. Data stesen ini diambil berdasarkan kedudukan lokasi stesen hujan dengan kawasan kajian adalah yang paling hampir iaitu 3.1 km berbanding stesen Tanjung Malim (3.5 km) dan stesen Ladang Behrang (5.8 km). Data hujan akan dianalisis berdasarkan hujan bulanan, hujan semasa MTL dan MBD serta peralihan monsun.

Jumlah hujan yang dicatatkan bagi stesen Ladang Ketoyong pada tahun 2008 ialah 3733 mm. Jumlah ini sangat tinggi berbanding hujan kawasan keseluruhannya iaitu 2926 mm dan juga lebih tinggi berbanding purata hujan tahunan di Semenanjung Malaysia iaitu 2400 mm (Mohamad Suhaily Yusri

2007). Rajah 12 menunjukkan jumlah hujan tertinggi direkodkan pada bulan November iaitu 669 mm dan jumlah hari hujan tertinggi direkodkan pada bulan Oktober dan November iaitu masing-masing 20 hari. Jumlah hari hujan di stesen ini adalah 147 hari. Jumlah hujan semasa MTL adalah lebih tinggi semasa MBD iaitu 1828 mm berbanding 1163 mm. Semasa awal MTL, hujan adalah tinggi dan berkurangan pada bulan-bulan berikutnya tetapi meningkat semula pada akhir bulan MTL.



Rajah 12. Jumlah hujan dan hari hujan bulanan di stesen Ladang Ketoyong 2008

Begitu juga dengan jumlah hujan semasa MBD tidak mencatatkan jumlah yang tinggi dan keadaan ini dipengaruhi oleh keadaan tiupan angin semasa MBD yang dikatakan lebih kering dan tidak membawa hujan lebat di sebelah pantai barat Semenanjung Malaysia (Mohmadisa, et al. 2010). Didapati jumlah hari hujan dalam setahun juga berkadar secara terus dengan jumlah hujan. Keseluruhannya, hujan bulanan di stesen ini sangat tinggi kerana melebihi 100 mm setiap bulan pada tahun 2008. Keadaan ini sudah semestinya akan mempengaruhi pelbagai aktiviti manusia di Tanjong Malim secara keseluruhannya serta pelbagai aktiviti pembangunan guna tanah di kawasan kajian. Jumlah hari hujan serta jumlah hujan yang tinggi pada bulan-bulan tertentu sepatutnya diambil kira dalam melakukan kerja-kerja tanah di kawasan kajian agar masalah hakisan tanah ini dapat diminimumkan.

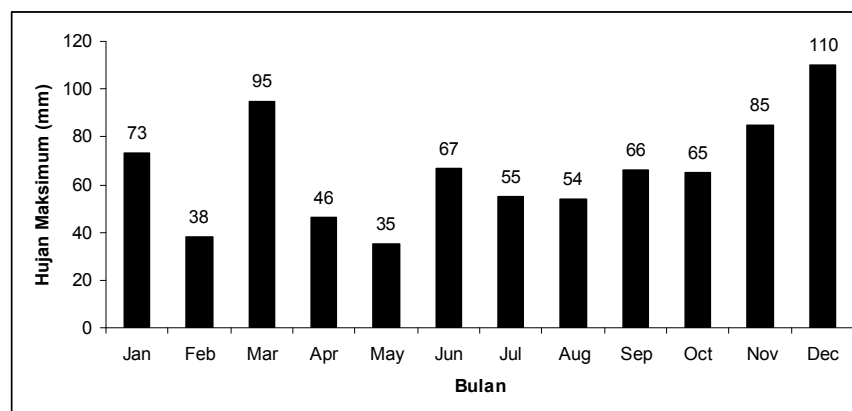
Selain itu, didapati purata hujan bulanan di stesen ini menunjukkan variasi yang agak tinggi di antara hujan bulanan minimum dan maksimum. Jumlah hujan maksimum adalah 669 mm dan hujan minimum 121 mm. Julat yang besar menunjukkan bahawa variasi hujan bulanan juga sangat jelas dan nyata. Untuk menggambarkan keperluan kerja-kerja tanah dilakukan pada bulan-bulan yang mempunyai intensiti hujan yang rendah, analisis data hujan di stesen yang sama dengan mengambil kira jumlah hujan untuk jangka masa 10 tahun iaitu dari tahun 1998 hingga 2008 telah dilakukan. Jadual 3 menunjukkan kedudukan bulan-bulan tertentu berkaitan dengan risiko berlakunya hakisan tanah sekiranya aktiviti guna tanah dilakukan. Adalah amat jelas sekali risiko hakisan tanah paling tinggi berlaku pada bulan November, diikuti dengan bulan April, September, Mac dan Oktober. Secara tidak langsung jumlah hujan yang tinggi akan mempengaruhi kadar halaju aliran permukaan dan mampu menghakis permukaan tanah yang terdedah. Aliran air permukaan yang banyak ini membawa segala kumin-kumin tanah sama ada di kawasan cerun dan permukaan tanah yang landai ke dalam badan air dan memberi kesan terhadap masalah pemendapan dan kekeruhan air. Justeru itu, sebarang perubahan guna tanah perlu diikuti dengan langkah-langkah pengawalan sekiranya kerja-kerja dilakukan pada bulan-bulan yang dinyatakan.

Jadual 3. Kedudukan bulan berkaitan dengan risiko hakisan tanah berdasarkan purata hujan di stesen Ladang Ketoyong, 1998-2008

Kedudukan	Bulan	Intensiti Hujan (mm)
1	November	456
2	April	400
3	September	380
4	Mac	366
5	Oktober	359
6	Disember	294
7	Jun	260
8	Mei	257
9	Febuari	237
10	Julai	189
11	Januari	184
12	Ogos	148

Selain itu, Morgan (1974) menjelaskan sebarang hujan dengan keamatan yang melebihi daripada 34 mm/hari berkemampuan menyebabkan berlakunya hakisan tanah. Berdasarkan anggaran tersebut, adalah tidak mustahil bagi kawasan kajian mengalami masalah hakisan tanah yang serius memandangkan rekod hujan pada setiap bulan mencatatkan jumlah hujan maksimum lebih daripada 34 mm seperti dalam Rajah 13. Daripada 147 jumlah hari hujan yang direkodkan sebanyak 39 hari (27 %) menunjukkan jumlah hujan harian adalah melebihi 34 mm/hari. Nilai yang dicatatkan oleh Morgan (1974) ini diambil sebagai hujan kritikal yang akan menyebabkan berlakunya masalah ketidakstabilan cerun atau kawasan permukaan tanah yang terdedah sebarang litupan tumbuh-tumbuhan.

Perbandingan juga dilakukan bagi melihat potensi hakisan yang berhubung langsung dengan kadar intensiti hujan yang turun di sesuatu kawasan. Perbandingan boleh dibuat dengan merujuk kepada tiga tahun yang berlainan iaitu purata hujan yang direkodkan bagi tahun 2006, 2007 dan 2008. Pada tahun 2006 didapati jumlah hari hujan yang melebihi 34 mm/hari sebanyak 49 hari/151 hari atau 32 peratus. Jumlah ini bagaimanapun menurun pada tahun 2007 iaitu 23 hari/127 hari (18 peratus) dan pada tahun 2008 kembali meningkat dengan jumlah 40 hari/147 hari (27 peratus). Keseluruhannya didapati telah berlaku peningkatan intensiti hujan sebanyak 9 hingga 14 peratus. Kesan langsung daripada kadar intensiti hujan yang tinggi akan mempengaruhi kadar keterhakisan tanah sebanyak 14 peratus pada tahun 2008 disebabkan oleh peningkatan intensiti hujan daripada tahun sebelumnya. Dapatan ini adalah selari dengan penemuan kajian yang dilakukan oleh Pal dan Al-Tabbaa (2007) di Kerala, India dalam keadaan ciri-ciri cuaca yang hampir sama dengan kawasan kajian.



Rajah 13. Jumlah hujan maksimum direkodkan pada setiap bulan di stesen Ladang Ketoyong, 2008

Dengan mengambil kira faktor hujan di stesen ini, adalah amat wajar pihak yang terlibat dengan kerja-kerja tanah dalam aktiviti pembangunan KSAS merancang dengan sebaik mungkin atau mengambil langkah-langkah tebatan yang sewajarnya. Dengan jumlah hujan yang dianggap minimum iaitu 34 mm/hari boleh menyebabkan hakisan tanah, tidak mustahil jumlah hujan maksimum lebih daripada 110 mm/hari boleh memberi impak maksimum terhadap masalah hakisan tanah. Rekod juga pernah menunjukkan hujan harian di stesen ini melebihi daripada 110 mm/hari seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4. Catatan maksimum pada 26/6/2006 dengan jumlah 192 mm/hari. Selain itu, jumlah hari hujan di kampus dalam tempoh 61 tahun adalah berada antara 104 hingga 220 hari setahun. Ini menunjukkan bahawa hampir setiap hari, kawasan kampus terdedah kepada kejadian hujan sama ada lebat atau kurang lebat. Adalah sangat wajar perancangan tindakan pengawalan hakisan tanah disegerakan agar masalah hakisan tanah yang berlaku sekarang dapat diminimumkan. Masalah yang berlaku bukan sahaja memberi kesan kepada persekitaran fizikal (flora dan fauna) KSAS, malah turut menjejaskan keseluruhan kestabilan ekosistem lembangan saluran yang sangat dinamik.

Jadual 4. Rekod jumlah hujan harian maksimum di stesen hujan Ladang Ketoyong, 1996-2008

Jumlah Hujan (mm/hari)	Tarikh
111	24/9/1996
112	17/10/1996
150	4/12/1996
122	6/1/2000
130	22/12/2000
130	26/4/2001
160	7/5/2001
150	24/3/2002
132	29/4/2002
181	5/5/2002
110	11/6/2002
130	9/11/2002
122	17/11/2002
150	2/5/2003
135	24/9/2003
168	7/10/2003
118	4/4/2004
127	5/11/2004
126	12/6/2005
190	15/10/2005
192	22/6/2006
150	5/6/2007
150	22/7/2007
110	7/12/2008

Kesimpulan

Hujan telah memainkan peranan penting dalam mempengaruhi masalah hakisan tanah di kawasan ini. Kedudukan kawasan kajian yang terletak di kaki bukit dan Banjaran Titiwangsa sentiasa menerima hujan lebat dengan jumlah hujan yang tinggi dari jenis hujan bukit dan hujan perolakan. Trend hujan jangkamasa panjang juga menunjukkan hujan di kawasan kajian adalah meningkat dan sentiasa melebihi 2000 mm setiap tahun. Rekod stesen hujan berhampiran KSAS iaitu data hujan di stesen Ladang Ketoyong juga menunjukkan jumlah hujan adalah tinggi dan hujan paling banyak pada bulan Oktober, November, Disember dan Mac. Jumlah hujan yang sangat tinggi di Tanjong Malim memerlukan semua

aktiviti pembangunan guna tanah hendaklah dirancang terlebih dahulu dan perlu dilakukan di luar masa hujan tinggi.

Masalah hakisan tanah didapati sangat serius berlaku di dalam KSAS kerana langkah-langkah pengawalan tidak diambil dengan sewajarnya oleh pihak yang bertanggungjawab membangunkan keseluruhan tapak Proton City sebelum ini sehingga menimbulkan masalah pemendapan dalam badan-badan air seperti tasik dan sungai. Adalah menjadi tanggungjawab mereka yang terlibat dalam kerja-kerja kawalan hakisan mengambilkira faktor keamatan hujan yang tinggi dengan menyediakan sistem saliran buatan, kolam perangkap sedimen, pengawalan cerun, tanaman tutup bumi serta langkah-langkah lain yang difikirkan perlu bagi mengatasi masalah hakisan tanah dengan lebih berkesan.

Penghargaan

Penyelidik merakamkan ucapan ribuan terima kasih kepada pihak Universiti Pendidikan Sultan Idris menerusi Pusat Pengurusan Penyelidikan yang telah menganugerahkan Geran Penyelidikan Universiti (Topdown 2010), Kod Penyelidikan 2010-0047-108-01.

Rujukan

- Aragão, LEOC, Malhi Y, Barbier N, Lima A, Shimabukuro Y, Anderson L, Saatchi S (2008) Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Science* **363**, 1779–1785.
- Bae DH, Jung IW, Chang H (2008) Long-term trend of precipitation and runoff in Korean river basins. *Hydrological Processes* **22**, 2644–2656.
- Basistha A, Arya DS, Goel NK (2009) Analysis of historical changes in rainfall in the Indian Himalayas. *International Journal of Climatology* **29**, 555–572.
- Burn DH, Elnur MAH (2002) Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology* **255**, 107-122.
- Caloiero T, Coscarelli R, Ferraric E, Mancinia, M (2009) Trend detection of annual and seasonal rainfall in Calabria (Southern Italy). *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.2055.
- De Jongh IL, Niko EC, Verhoest NEC, De Troch CP (2006) Analysis of a 105-year time series of precipitation observed at Uccle, Belgium. *International Journal of Climatology* **26**, 2023–2039.
- Kwarteng AY, Dorvlob AS, Kumar GTV (2009) Analysis of a 27-year rainfall data (1977–2003) in the Sultanate of Oman. *International Journal Of Climatology* **29**, 605–617.
- Luo Y, Liu S, Fu SL, Liu J, Wang G, Zhou G (2008) Trends of precipitation in Beijing River Basin, Guangdong Province, China. *Hydrological Processes* **22**, 2377-2386.
- Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah (2007) Impact of landuse change on water yield and water quality in Peninsular Malaysia (PhD dissertation). Department of Geography, Loughborough University.
- Mohmadisa Hashim, Wan Ruslan Ismail, Nasir Nayan, Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah, Mohd. Hairiy Ibrahim (2010) Analisis trend hujan di Bandaraya Ipoh Perak 1970-2007. *Prosiding Persidangan Kebangsaan Ketiga Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran, UKM*. Anjuran PPSPP, FSSK, UKM, 20-21 Julai.
- Morgan RPC (1974) Estimating regional variations in soil erosion hazard in Peninsular Malaysia. *Malaysian Nature Journal* **28**, 94-106.
- Nasir Nayan, Jamaluddin Md Jahi, Abdul Latif Mohamed (2010) Perubahan gunatanah dan penduduk zon pinggir pantai Negeri Perak 1984-2004. In: Sakinah Harith, Hasmah Abdullah, Rapeah Suppian, Haliza Abdul Rahman (eds) *Proceeding 2nd National Conference on Environment & Health 2010*, pp. 85-92. Anjuran School of Health Sciences & PERSALA Universiti Sains Malaysia.

- Pal I, Al-Tabbaa A (2008) *Monsoonal climate variability and its impact on the susceptibility of rainfall to cause erosion*. Available from: http://www.tucson.ars.ag.gov/isco/isco15/pdf/Pal%20I_Monsoonal%20climate%20variability.pdf.
- Partal T, Kahya, E (2006) Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes* **20**, 2011–2026.
- Shaharuddin Ahmad, Noorazuan Md. Hashim (2006) Menganalisis pola dan arah aliran hujan di Negeri Sembilan menggunakan kaedah GIS Poligon Thiessen dan Kontur Isoyet. *Geografia* **3** (2), 1-12.
- Shahid S (2009) Rainfall variability and the trends of wet and dry periods in Bangladesh. *International Journal of Climatology*, doi:10.1002/joc.2053.
- Suppiah R, Hennessy KJ (1998) Trends in total rainfall, heavy rain events and number of dry days in Australia, 1910–1990. *International Journal of Climatology* **10**, 1141–1164.
- Yue S, Pilon P, Phinney B (2003) Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation. *Hydrological Science Journal* **48**, 51-63.