

KAJIAN PERBEZAAN DALAM KLASIFIKASI KAWASAN BERBUKIT DARI HASILAN KECERUNAN BERBAGAI PERISIAN SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI (GIS)

NORESAH MOHD SHARIFF¹ & RUSLAN RAINIS²

Abstrak. Artikel ini melaporkan hasil satu penyelidikan mengenai klasifikasi kawasan berbukit menggunakan maklumat kecerunan dari sistem maklumat geografi (GIS). Sebanyak empat perisian GIS telah diuji iaitu IDRISI32 for Windows, Erdas Imagine, ArcView dan GridAnalyser. Hasil kajian mendapati bahawa kesemua perisian tersebut menghasilkan maklumat kecerunan berbeza dan seterusnya mempengaruhi klasifikasi kawasan berbukit. Perbezaan ini berbagai, ada yang berbeza sedikit sahaja (ArcView dan GridAnalyser) iaitu 0.04%, manakala ada juga yang besar sehingga 5.0% (IDRISI32 dan Erdas Imagine). Menyedari hakikat bahawa penggunaan perisian GIS yang berbeza boleh menghasilkan hasil yang berbeza, maka satu kajian yang komprehensif harus dijalankan oleh agensi-agensinya yang berwajib agar dapat menetapkan satu nilai tolerans yang dibenarkan yang boleh dijadikan panduan oleh semua pihak.

Kata kunci: Kecerunan, sistem maklumat geografi, kawasan berbukit

Abstract. This article reports the result of a research on the classification of hilly areas using slope information from geographic information system (GIS). Four GIS softwares were tested i.e. IDRISI32 for Windows, Erdas Imagine, ArcView, and GridAnalyser. The results of the study found that all the softwares produced different slope information, thus influencing the classification of hilly areas. The differences vary, ranging from as small as 0.04% (ArcView and GridAnalyser) to a large difference of 5.0% (IDRISI32 and ERDAS Imagine). Given the fact that different GIS software might produce different results, a comprehensive study should be carried out by the relevant agencies to set an acceptable tolerance value to be used as a general guide to all users.

Keywords: Slope, geographic information system, hilly areas

1.0 PENGENALAN

Beberapa tahun kebelakangan ini telah banyak diperkatakan berkenaan dengan kejadian bencana alam di Malaysia terutama berhubung dengan kejadian tanah runtuh dan pembangunan di tanah tinggi. Pembangunan yang pesat terutamanya di

¹ Bahagian Geografi, Pusat Pengajian Pendidikan Jarak Jauh, Universiti Sains Malaysia, 11800 USM, Pulau Pinang, Malaysia

Email: noresahms@yahoo.com

² Bahagian Geografi, Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan, Universiti Sains Malaysia, 11800 USM, Pulau Pinang, Malaysia

Email: rruslan@usm.my

kawasan Lembah Klang telah menyebabkan kawasan landai dan lembah telah habis dimajukan. Oleh yang demikian, kawasan berbukit telah mula menjadi tumpuan pemaju perumahan dan pembangunan institusi malahan pembangunan perindustrian. Namun begitu, pembangunan di kawasan berbukit yang tidak mesra alam telah mengakibatkan bencana-bencana alam yang tidak diingini seperti tanah runtuh, banjir kilat, bangunan runtuh dan ketidakstabilan tapak bangunan. Kejadian keruntuhan bangunan Highland Towers di Ampang pada tahun 1992 telah mengejutkan dan mengingatkan semua pihak yang terlibat dengan perancangan, kelulusan dan binaan pembangunan di kawasan bukit betapa pentingnya kawalan pembangunan yang sesuai dengan keadaan alam semulajadi [1]. Berbagai garis panduan oleh agensi berkaitan telah dikeluarkan berhubung perkara ini. Berikutan dengan kejadian Highland Towers, satu *Garis Panduan Pembangunan di Kawasan Bukit bagi Negeri Selangor* telah disediakan oleh Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Selangor dan diluluskan oleh Jawatankuasa Perancang Negeri pada tahun 1993. Peka kepada permintaan untuk pembangunan di kawasan bukit serta untuk memastikan pembangunan di kawasan tersebut tidak membawa kepada bencana alam, Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia telah mengadakan beberapa peruntukan untuk pengawalan alam sekitar khususnya pemeliharaan topografi semulajadi dalam Akta Perancangan Bandar dan Desa (Pindaan) 1995 [1]. Dalam masa yang sama, jabatan-jabatan yang berkaitan seperti Jabatan Alam Sekitar, Jabatan Kerja Raya serta Jabatan Pengairan dan Saliran juga mengeluarkan beberapa garis panduan yang berkenaan. Dengan perkembangan ini, Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Negeri Selangor telah menyemak semula *Garis Panduan Perancangan Pembangunan di Kawasan Bukit* (edisi kedua) pada tahun 1997 bagi mengambilkira garis panduan berkenaan yang telah disediakan oleh jabatan-jabatan berkaitan dan menyelaraskan dengan garis panduan perancangan yang disemak semula supaya selaras dengan perkembangan semasa dan keperluan semua pihak yang terlibat dalam proses pembangunan di kawasan bukit. Salah satu kriteria penting dalam menentukan kawasan bukit ialah dari segi kecerunan. Kawasan bercerun di bawah 25 darjah adalah kawasan berisiko rendah dan sederhana, manakala kawasan bercerun melebihi 25 darjah adalah berisiko tinggi.

Bagaimanapun, maklumat kecerunan boleh dijana dengan berbagai cara dan kaedah. Dengan perkembangan dalam penggunaan sistem maklumat geografi (GIS) sejak kebelakangan ini, ia merupakan salah satu cara mudah untuk menghasilkan maklumat kecerunan yang diperlukan. Namun, pada masa kini terdapat begitu banyak perisian GIS yang ada di pasaran dan biasanya masing-masing menggunakan kaedah tertentu dalam menjana maklumat kecerunan ini. Beberapa kajian telah dijalankan untuk membandingkan atau menilai ketepatan teknik-teknik penjana maklumat kecerunan tersebut, contohnya [2, 3]. Namun begitu, kajian mengenai pengaruh maklumat kecerunan ini kepada berbagai aplikasi misalnya dalam klasifikasi kawasan berbukit, masih agak berkurangan. Tidak dapat dipastikan sama ada perisian-

perisian ini akan dapat menghasilkan maklumat yang konsisten antara satu sama lain, dan sudah tentunya memberikan implikasi berbeza kepada penentuan kawasan-kawasan tanah tinggi di negeri Selangor khususnya, dan negara ini amnya.

Tujuan kertas kerja ini ialah untuk menghuraikan dapatan kajian yang meninjau dan menganalisis maklumat kecerunan dari beberapa perisian GIS dan kesannya dalam mengklasifikasikan kawasan berbukit atau tanah tinggi sama ada dari segi lokasi atau keluasan. Empat perisian sistem maklumat geografi iaitu ArcView 3-D Analyst, ERDAS Imagine, IDRISI32 for Windows dan GridAnalyser telah diuji dengan menggunakan sebuah kawasan di Hulu Langat, Selangor sebagai kawasan kes. Diharapkan kertas kerja ini akan dapat menyediakan maklumat penting serta kesedaran kepada pengguna GIS dan juga pembuat keputusan tentang kemungkinan variasi kawasan tanah tinggi yang terhasil daripada penggunaan berbagai perisian GIS.

2.0 TAFSIRAN KAWASAN BERBUKIT DI NEGERI SELANGOR

Garis Panduan Perancangan Pembangunan di kawasan Bukit Negeri Selangor telah menggunakan dua kriteria untuk menentukan kawasan bukit iaitu:

- (i) ketinggian dan
- (ii) kecerunan [1].

Berdasarkan ketinggian, prinsip-prinsip asas yang menentukan kawasan bukit ialah:

- (i) kawasan di dalam pelan kontur yang terletak di 'atas' garisan kontur lebih 200 kaki;
- (ii) kawasan hutan perlindungan di kawasan bukit iaitu kawasan yang mempunyai ketinggian lebih 2000 kaki dan kecerunan lebih dari 30 darjah;
- (iii) kawasan tanah tinggi melebihi 1000 kaki dari paras laut.

Tafsiran berdasarkan kecerunan pula adalah seperti berikut:

- (i) Kawasan bukit berisiko rendah dan sederhana.
Kawasan bukit berisiko rendah dan sederhana adalah kawasan yang berkecerunan semulajadi kurang daripada 25 darjah. Kawasan ini adalah sesuai untuk dijalankan sebarang pemajuan tanah, tertakluk kepada syarat-syarat tertentu pembangunan.
- (ii) Kawasan bukit berisiko tinggi.
Kawasan bukit yang berisiko tinggi ditafsirkan sebagai sesuatu kawasan yang mempunyai kecerunan semulajadi 25 darjah dan ke atas. Ini adalah satu kecerunan asli sebelum dibuat sebarang aktiviti pemotongan dan penambakan. Ia merupakan satu kawasan yang mengalami perubahan topografi yang mendadak dan berisiko tinggi dari segi gelinciran tanah (*landslip*) serta mempunyai kekangan fizikal bagi pengurusan pertanian.

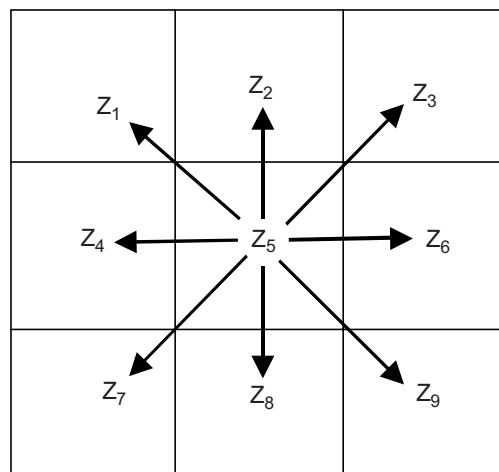
Tafsiran berasaskan kecerunan adalah selaras dengan kehendak-kehendak di bawah Undang-Undang Kecil Bangunan Seragam 1984 (cadangan pindaan 1995) dan Akta Penyiasatan Kajibumi 1974 (cadangan pindaan 1996 – di bawah Peraturan-Peraturan Penyiasatan Kajibumi 1996). Keterangan lanjut mengenai garis panduan ini dihuraikan dalam [1].

Kajian yang dihuraikan dalam artikel ini cuma tertumpu kepada aspek kecerunan memandangkan terdapat banyak kaedah dalam menjana maklumat tersebut.

3.0 KONSEP ASAS DAN PERISIAN GIS YANG DIUJI

Dalam sistem maklumat geografi, maklumat kecerunan boleh dijana berdasarkan satu permukaan tiga dimensi yang mewakili ketinggian. Permukaan ini boleh dihasilkan dengan dua pendekatan utama bergantung kepada perwakilan data yang digunakan sama ada format vektor atau raster. Dalam format vektor, permukaan dijana dengan kaedah Rangkaian Segitiga Tak Sekata (*Triangulated Irregular Network – TIN*). Manakala dalam format raster, permukaan yang terjana biasanya dikenali sebagai model ketinggian digital (*Digital Elevation Model – DEM*). TIN biasanya disediakan oleh perisian GIS berasaskan vektor (Arc/Info), manakala DEM pula digunakan dalam sistem berasaskan raster (seperti Arc/Info GRID, ERDAS Imagine dan IDRISI for Windows). Dalam kajian ini, analisis cuma tertumpu kepada data dalam format raster sahaja.

Skidmore [4] dan Burrough dan McDonnell [5] menghuraikan secara komprehensif berbagai kaedah mengira kecerunan. Kecerunan merupakan kadar perubahan ketinggian antara satu titik (lokasi) dengan titik jirannya. Ia adalah nisbah jarak menegak berbanding jarak melintang, dan boleh diwakilkan sama ada dalam bentuk



Rajah 1 Pendekatan asas pengiraan cerun bagi data raster

peratusan atau darjah. Kebanyakan daripada kaedah ini adalah berasaskan kepada tettingkap 3×3 sama ada menggunakan titik (sel) di tengah atau melintasi sel tengah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Perbezaan utama antara kedua-dua pendekatan ini ialah pendekatan kedua tidak menggunakan nilai ketinggian titik tengah dalam tettingkap 3×3 tersebut. Setiap pendekatan ini mengira kecerunan sama ada menggunakan empat atau lapan jirannya (Z_5 dalam Rajah 1) dan sama ada nilai purata atau maksimum.

3.1 Perisian ArcView 3-D Analyst

Perisian ArcView merupakan perisian yang dibangunkan oleh Environmental System Research Institute (ESRI), Redland, California, Amerika Syarikat. Terdapat dua kaedah pengiraan kecerunan bagi perisian ini. Yang pertama disediakan oleh modul tambahan ArcView 3-D Analyst. Kaedah kedua telah disumbangkan melalui modul tambahan DEMAT (DEM Analysis Tool) yang dibangunkan oleh Thorsten M. Behrens dan boleh diperolehi secara percuma dari tapak web <http://www.esri.com/arcscripts>. Dalam modul 3-D Analyst, fungsi mengira kecerunan disediakan oleh operasi *Derive Slope* dari menu utama *Surface*. Menurut dokumentasi perisian ini, kecerunan dikira sebagai kadar perubahan maksimum sel sasaran dari jiran-jirannya. Dokumentasi perisian ini tidak menghuraikan dengan lanjut formula yang digunakan bagi mengira kecerunan. Bagaimanapun, memandangkan modul tambahan ini adalah merupakan sub-set daripada perisian Arc/Info GRID yang dibangunkan oleh syarikat yang sama, maka diandaikan kaedah yang digunakan adalah serupa. Dari penerangan yang diberi oleh dokumentasi Arc/Info GRID, kaedah ini mengira kecerunan maksimum dengan menggunakan pendekatan 8 jiran (rujuk Rajah 1) dengan menggunakan formula berikut:

$$(dz / dx) = \frac{((Z_1 + 2Z_4 + Z_7) - (Z_3 + 2Z_6 + Z_9))}{(8 * c_x)}$$

$$(dz / dy) = \frac{((Z_1 + 2Z_2 + Z_3) - (Z_7 + 2Z_8 + Z_9))}{(8 * c_y)}$$

$$S = ((dz/dx)^2 + (dz/dy)^2)^{0.5}$$

$$\text{cerun_darjah} = \text{TAN}^{-1}(S) * 57.29578$$

di mana,

c_x = saiz piksel arah x

c_y = saiz piksel arah y

$Z_1 \dots Z_9$ = nilai ketinggian piksel dalam tettingkap 3×3 (Rajah 1)

Kaedah ini telah diperkenalkan oleh Horn [6] dan biasanya dikenali sebagai kaedah Horn [5]. Hasilan kecerunan adalah dalam bentuk darjah. Untuk memudahkan huraian selanjutnya, maklumat cerun daripada perisian ini dirujuk sebagai AV-SLP.

3.2 Perisian ERDAS Imagine

ERDAS Imagine versi 8.3 merupakan perisian GIS dan pemprosesan imej yang dibangunkan oleh Earth Resources Data System (ERDAS), Amerika Syarikat. Seperti perisian GIS lain, perisian ini mempunyai kebanyakan fungsi yang berguna untuk analisis sumber alam dan persekitaran. Dalam ERDAS Imagine, peta kecerunan boleh dihasilkan sama ada dalam unit darjah atau peratus menggunakan operasi *Slope* di bawah sub-modul *Topographic Analysis* dan modul utama *Image Interpreter*. Menurut manual ERDAS Imagine, kecerunan sesuatu piksel di lokasi X, Y dikira secara purata seperti berikut [7]:

- (i) Pertama, kirakan purata perubahan ketinggian bagi setiap unit jarak pada arah x dan y :

$$\Delta x_1 = Z_3 - Z_1$$

$$\Delta y_1 = Z_1 - Z_7$$

$$\Delta x_2 = Z_6 - Z_4$$

$$\Delta y_2 = Z_2 - Z_8$$

$$\Delta x_3 = Z_9 - Z_7$$

$$\Delta y_3 = Z_3 - Z_9$$

$$\Delta x = \frac{c_x x (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3)}{3}$$

$$\Delta y = \frac{c_y y (\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3)}{3}$$

di mana:

$Z_1.. Z_9$ = nilai ketinggian piksel dalam tettingkap 3×3 (Rajah 1)

c_x = saiz piksel arah x

c_y = saiz piksel arah y

- (ii) Kemudian, kirakan kecerunan pada piksel x, y seperti berikut:

$$s = \frac{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}}{2}$$

sekiranya $s \leq 1$

peratus cerun = $s \times 100$

sebaliknya

peratus cerun = $200 - 100/s$

cerun dalam darjah = $\tan^{-1}(s) \cdot \frac{180}{\pi}$

Kaedah ini dikenali sebagai kaedah Zevenbergen dan Thorne [5]. Maklumat kecerunan dari perisian ini akan dirujuk sebagai ERD-SLP.

3.3 Perisian IDRISI32 for Windows

IDRISI32 for Windows merupakan perisian kos sederhana yang mempunyai keupayaan analisis yang tinggi yang dibentuk oleh Clarks Lab, Clark University, Amerika Syarikat terutamanya bagi tujuan pengajaran dan penyelidikan [9]. Ia merupakan satu perisian bersepadu yang mempunyai keupayaan sistem maklumat geografi dan pemprosesan imej. Perisian ini menyokong berbagai jenis data (integer, real dan byte) dan format fail (ASCII, binari dan binari padat). Dalam IDRISI32, peta kecerunan boleh dijana sama ada dalam unit peratusan atau darjah dengan menggunakan operasi SURFACE di bawah menu utama Analisis dan sub-menu *Context Operators*. Kecerunan dikira berdasarkan kepada nilai ketinggian empat jiran (atas - Z_2 , bawah - Z_8 , kiri - Z_4 dan kanan - Z_6) sel sasaran atau juga dikenali sebagai pergerakan 'rook' (Rajah 1). Kecerunan dikira sebagai hasil vektor cerun arah X dan cerun arah Y seperti berikut:

$$\tan_cerun = \sqrt{\left(\frac{Z_6 - Z_4}{r * 2}\right)^2 + \left(\frac{Z_2 - Z_8}{r * 2}\right)^2}$$

di mana \tan_cerun ialah tangen sudut yang hasil cerun menurun (*downhill*) maksimum, dan r ialah saiz (leraian) piksel. Untuk mendapatkan kecerunan dalam peratusan, \tan_cerun akan didarab dengan 100. Manakala output cerun dalam darjah diperoleh dari Arctan (\tan_cerun). Kaedah pengiraan ini adalah seperti mana yang dihuraikan oleh [10]. Maklumat kecerunan dari perisian ini akan dirujuk sebagai IDR-SLP.

3.4 GridAnalyser

GridAnalyser adalah merupakan satu perisian sokongan kepada perisian GIS MapInfo. Ia dibangunkan secara sukarela (*shareware*) oleh sekumpulan penyumbang yang diketuai oleh Stefan Matjan dari Kyushu University, Jepun. Ia boleh diperoleh secara percuma dari www.gridanalyser.dyndns.org. Memandangkan perisian ini dibangunkan secara sukarela maka tidak ada dokumentasi terperinci tentang fungsi yang ada dalam perisian tersebut. Modul bagi pengiraan kecerunan telah dibangunkan berasaskan kepada kaedah yang digunakan dalam perisian GRASS yang juga merupakan satu perisian GIS yang boleh diperoleh secara terbuka (*public domain*). Maklumat kecerunan dari perisian ini akan dirujuk sebagai GA-SLP.

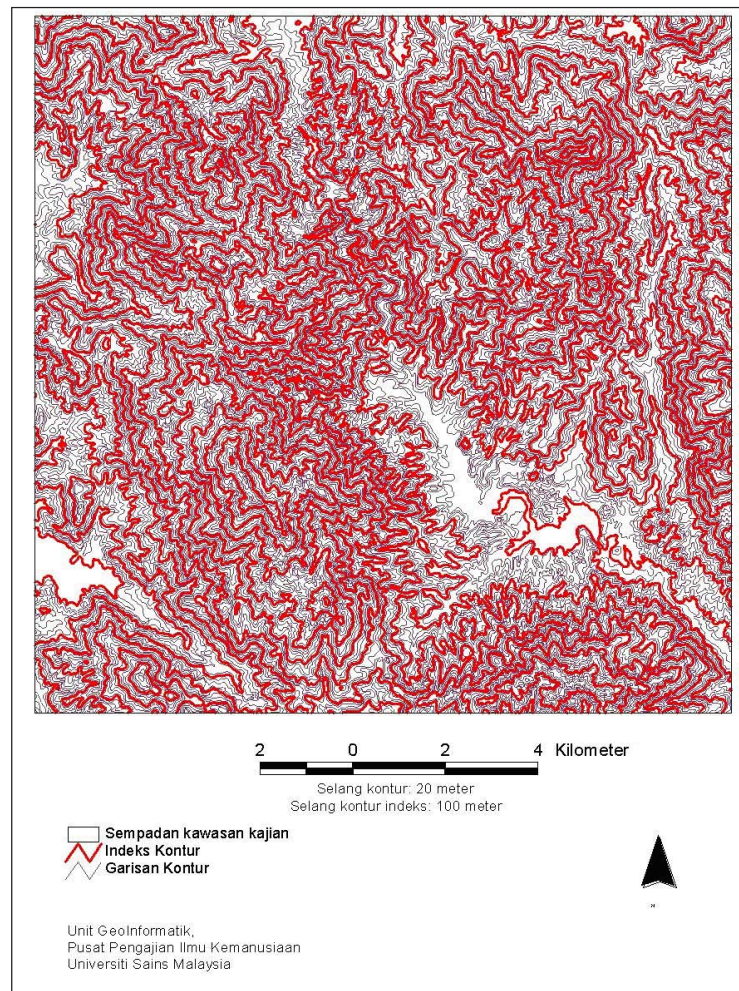
Tiga perisian teratas telah menyediakan dokumentasi yang menghuraikan dengan terperinci kaedah yang digunakan bagi pengetahuan pengguna, namun begitu

perisian terakhir (malahan ada perisian lain di pasaran) tidak menyediakan huraian sedemikian.

4.0 DATA DAN PROSEDUR

4.1 Kawasan Kajian

Kawasan yang dipilih untuk kajian ini ialah sebuah kawasan di Hulu Langat, Selangor yang diliputi oleh Peta Topografi Lembar 3857 sektor B seluas $15 \text{ km} \times 15 \text{ km}$ atau 225 km persegi. Ia dipilih memandangkan mempunyai ciri-ciri topografi yang berbagai (Rajah 2). Ketinggian kawasan ini berbeza dari 80 m hingga 1460 m , dengan purata 591 m . Sisihan piawai ketinggian adalah 248.8 , menunjukkan tahap variasi yang

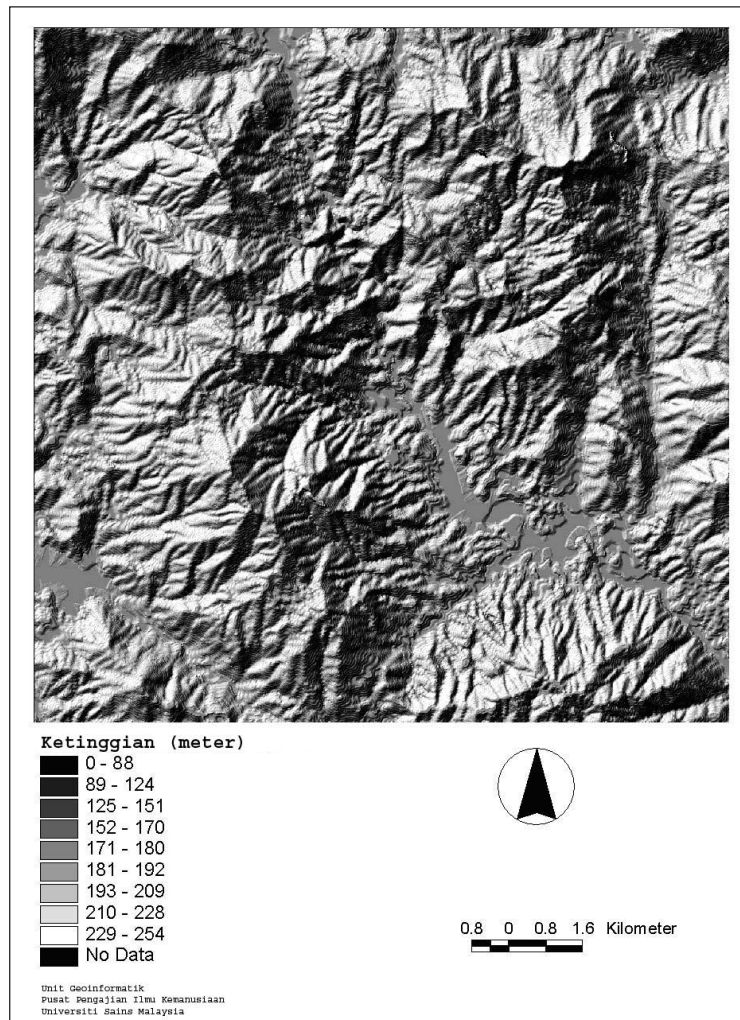


Rajah 2 Peta kontur kawasan kajian

tinggi. Oleh yang demikian, kawasan ini sesuai untuk pengujian kepekaan perisian-perisian berkenaan dalam mengira kecerunan.

4.2 Prosedur

Peta kontur yang mempunyai sela 20 meter diperoleh dalam bentuk digital daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) dan diimpot ke dalam perisian ArcView GIS untuk pemprosesan awal. Peta kontur ini diinterpolasi menggunakan perisian ArcView untuk menghasilkan model ketinggian digital (Digital Elevation Model – DEM) (Rajah 3) yang menjadi input asas kepada pengiraan kecerunan oleh keempat-empat perisian tersebut. Kawasan kajian telah dibahagikan kepada 1500 baris



Rajah 3 Lakaran perspektif model ketinggian digital (DEM) kawasan kajian

dan 1500 kolom yang mana setiap piksel (atau sel) mempunyai ukuran $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ (dengan keluasan 100 m persegi). Data DEM kawasan kajian diekspot dari ArcView ke perisian IDRISI32 for Windows dengan menggunakan operasi Export Data Sources dan dalam bentuk binary raster, kemudiannya diimpot ke dalam IDRISI32 menggunakan operasi ARCIDRIS. ERDAS IMAGINE berkeupayaan membaca terus data dalam format ArcView GRID, oleh itu tidak memerlukan pertukaran format. Perisian Grid Analyser pula berkeupayaan untuk membaca data dalam format Arc/Info raster ASCII dan diekspot dari ArcView dengan Export Data Sources.

Dalam ArcView, peta kecerunan dijana menggunakan operasi *Derive Slope* di bawah menu *Surface*. Dalam IDRISI32 for Windows, peta kecerunan dihasilkan dengan operasi *Surface*, manakala dalam ERDAS IMAGINE, peta ini dijana menggunakan fungsi *Slope*. Dalam perisian GridAnalyser, maklumat kecerunan dijana menggunakan operasi *Slope*. Semua maklumat kecerunan diwakilkan dalam unit darjah.

Maklumat kecerunan dari semua perisian GIS ini diimpot semula sama ada ke dalam format ArcView atau IDRISI32 untuk tujuan paparan atau analisis lanjutan. Di samping itu, sebahagian kecil daripada data asal iaitu bahagian sisi telah digugurkan daripada analisis selanjutnya memandangkan ada perisian yang tidak membuat pengiraan bagi kawasan berkenaan kerana kurang maklumat. Lima baris dan kolom pertama dan terakhir telah digugurkan menjadikan kawasan kajian cuma merangkumi 1490 baris dan 1490 kolom atau 22 201 hektar (atau 222.01 km persegi) sahaja. Bagi tujuan mengenal pasti kawasan berbukit (tanah tinggi), maklumat kecerunan yang telah dijana dikelaskan kepada dua kategori iaitu kawasan berbukit risiko rendah dan sederhana, dan kawasan berbukit risiko tinggi, masing-masing dikodkan sebagai 1 dan 2 untuk pemprosesan selanjutnya.

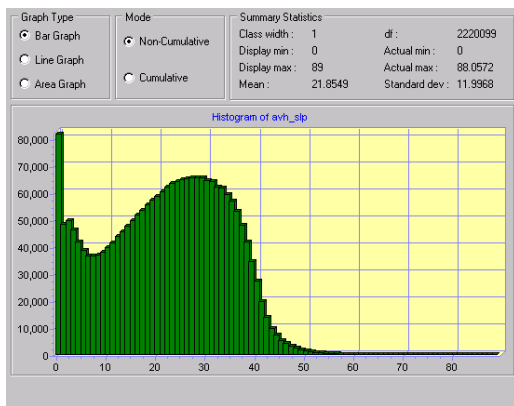
5.0 HASILAN

5.1 Ringkasan Maklumat Kecerunan dari Pelbagai Perisian

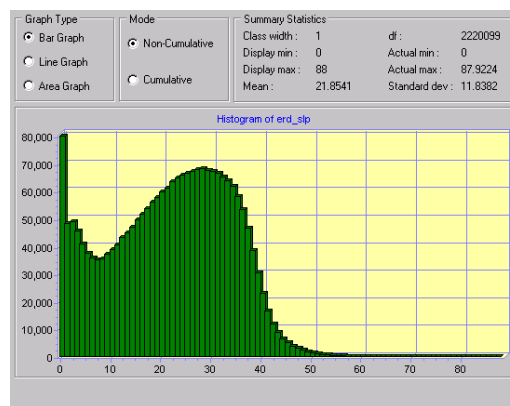
Jadual 1 menunjukkan ringkasan maklumat kecerunan yang terjana dari keempat-empat perisian GIS yang telah diuji. Kesemua perisian menghasilkan taburan kecerunan yang berbeza. Walaupun semua perisian menghasilkan kecerunan minimum yang sama iaitu 0, namun nilai kecerunan maksimum agak sedikit berbeza. Perisian ERDAS Imagine menghasilkan kecerunan maksimum terendah iaitu 87.92° . Secara keseluruhan, nilai maksimum kecerunan bagi semua perisian adalah lebih kurang sama. Begitu juga keadaan dengan nilai purata kecerunan iaitu di sekitar 21° . Rajah 4 menunjukkan taburan ruangan dan kepelbagaian maklumat kecerunan bagi keempat-empat perisian tersebut. Kepelbagaian (seperti mana yang ditunjukkan oleh nilai sisihan piawai) maklumat kecerunan antara empat perisian tersebut agak berbeza. Maklumat kecerunan dari perisian ERDAS Imagine mempunyai sisihan piawai terkecil iaitu kira-kira 11.85, menandakan secara relatifnya kepelbagaian adalah agak sederhana. Hasilan yang sama diperoleh bagi maklumat kecerunan dari perisian

Jadual 1 Ringkasan ciri-ciri maklumat kecerunan dari keempat-empat perisian GIS

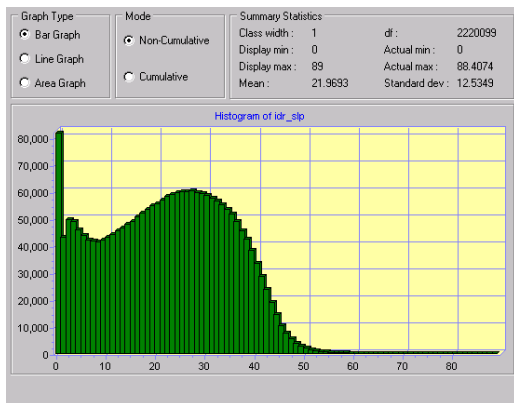
	IDR_SLP	ERD_SLP	AV_SLP	GA_SLP
Cerun minimum	0	0	0	0
Cerun maksimum	88.41	87.92	88.06	88.06
Cerun purata	21.97	21.85	21.85	21.87
Sisihan piawai	12.56	11.84	12.00	12.00



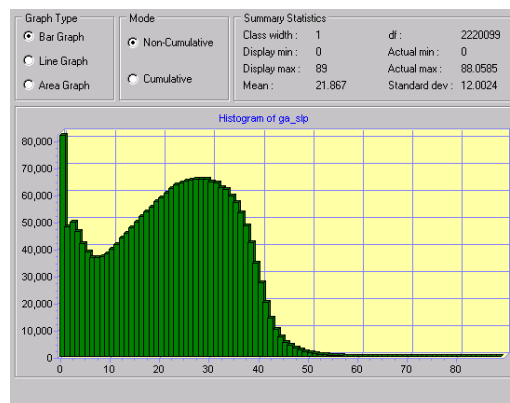
(a)



(b)



(c)



(d)

Rajah 4 Taburan maklumat kecerunan mengikut perisian GIS (a) ArcView, (b) Erdas Imagine, (c) Idrisi32 for Windows, dan (d) GridAnalyser

IDRISI32 for Windows dan ArcView. Jadual 1 juga menunjukkan bahawa ciri-ciri maklumat kecerunan dari ArcView adalah hampir sama dengan GridAnalyser. Ini menunjukkan kedua-dua perisian ini mungkin menggunakan kaedah pengiraan cerun yang sama, tetapi sedikit berbeza akibat daripada perbezaan teknik pengaturcaraan dalam perisian berkenaan.

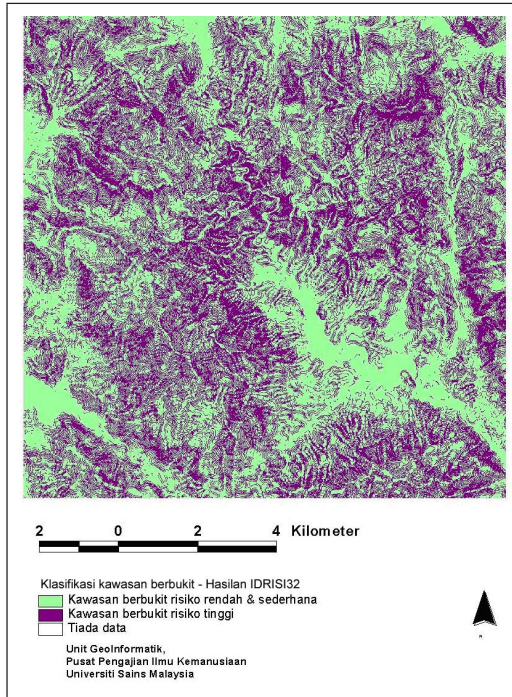
5.2 Perbandingan Kawasan Berbukit antara Perisian GIS

Jadual 2 dan Rajah 5 hingga Rajah 8 menunjukkan taburan kedua-dua jenis kawasan berbukit mengikut perisian GIS. Yang menjadi tumpuan dalam kajian ini ialah kategori kedua iaitu kawasan berbukit berisiko tinggi kerana sekiranya dibangunkan, kawasan ini akan memberikan impak yang lebih besar terhadap persekitaran. Jelas daripada jadual tersebut ialah setiap perisian memberikan keluasan kawasan yang berbeza. Perisian IDRISI32 for Windows menghasilkan keluasan kawasan bukit berisiko tinggi yang paling rendah iaitu sebanyak 9650 hektar (43.47%), manakala perisian ERDAS Imagine menghasilkan keluasan yang terbesar iaitu 9763 (43.98%). Perbezaan antara kedua-dua perisian ini ialah 113.25 hektar dengan sisihan piawai sebanyak 48. Perbezaan terkecil adalah antara perisian ArcView dengan Grid Analyser iaitu sebanyak 9 hektar sahaja. Besar kemungkinan kedua-dua perisian ini menggunakan kaedah (algoritma) pengiraan cerun yang sama, namun menghasilkan hasilan berbeza mungkin disebabkan perbezaan dalam cara melaksanakan kaedah tersebut dalam perisian berkenaan atau cara pengaturcaraan.

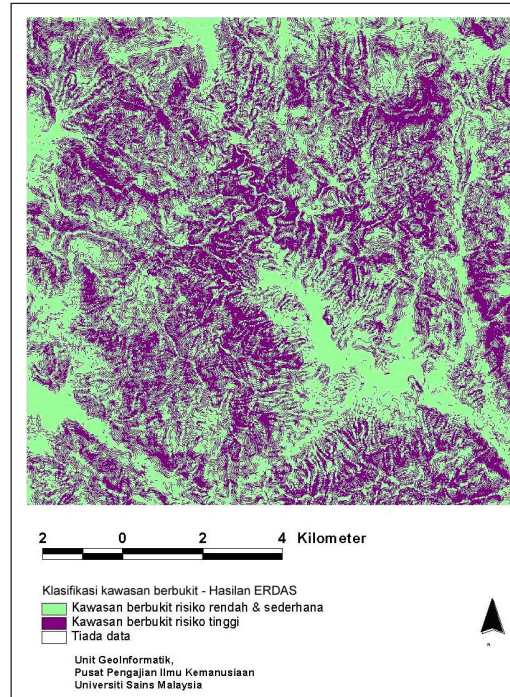
Jadual 2 Ringkasan taburan keluasan (hektar) kawasan berbukit mengikut jenis bagi setiap perisian GIS

Perisian	Kawasan risiko rendah & sederhana		Kawasan risiko tinggi		Jumlah	
	Luas (hektar)	%	Luas (hektar)	%	Luas (hektar)	%
IDR_SLP	12 550.78	56.63	9650.22	43.47	22 201	100
ERD_SLP	12 437.53	56.03	9763.47	43.98	22 201	100
AV_SLP	12 478.91	56.21	9722.09	43.79	22 201	100
GA_SLP	12 469.50	56.17	9731.50	43.83	22 201	100

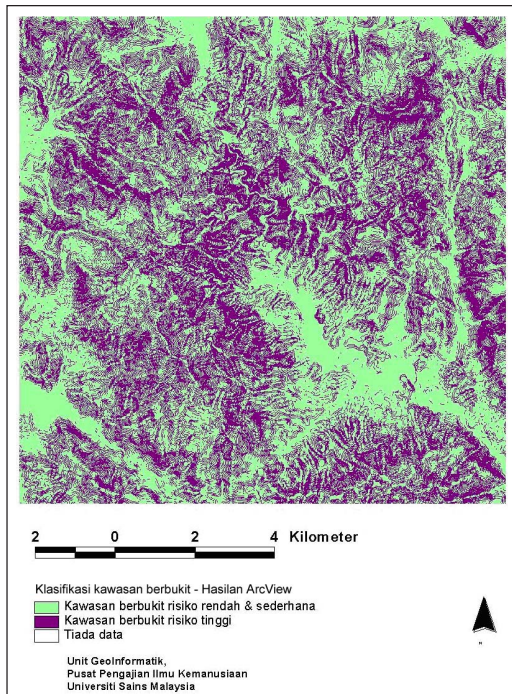
Jadual 3 menunjukkan bandingan berpasangan dari segi lokasi antara perisian yang diuji. Bandingan ini menunjukkan kesamaan atau perbezaan dari segi lokasi iaitu sejauhmana nilai-nilai di sesuatu lokasi yang sama dalam pasangan dua peta serupa (kawasan 1 dengan 1 dan kawasan 2 dengan 2) atau berbeza (kawasan 1 dengan 2 dan kawasan 2 dengan 1) antara satu sama lain. Misalnya dari Jadual 3, bandingan antara perisian IDRISI32 dengan ERDAS menunjukkan kesamaan sebanyak 95.17% (iaitu $53.86 + 41.31 = 95.17$) dan perbezaan sebanyak 4.83% (iaitu $2.67 + 2.16 = 4.83$). Selaras dengan perbincangan di atas, perbezaan terkecil (persamaan terbesar) adalah antara perisian ArcView dengan GridAnalyser iaitu sebanyak 0.04% yang mana perisian ArcView telah mengkelaskan kawasan ini sebagai kawasan bukit berisiko rendah sedangkan GridAnalyser mengkelaskan sebaliknya. Perbezaan bandingan lokasi yang terbesar adalah antara perisian IDRISI32 for Windows dengan ERDAS iaitu kira-kira



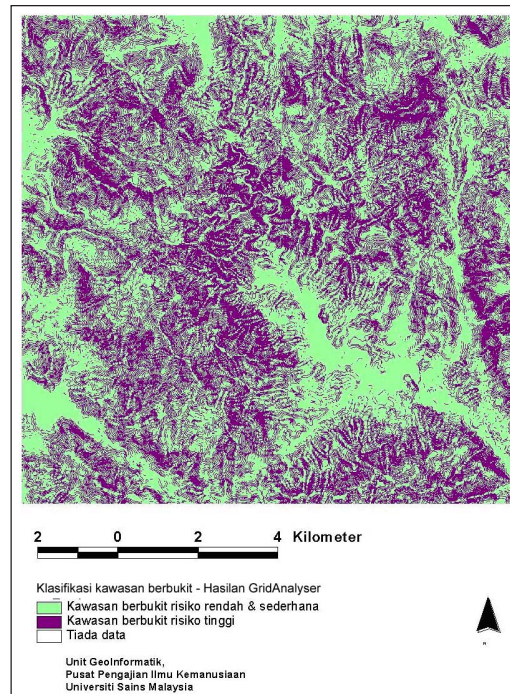
Rajah 5 Taburan kawasan berbukit hasilan perisian IDRISI32 for Windows



Rajah 6 Taburan kawasan berbukit hasilan perisian ERDAS Imagine



Rajah 7 Taburan kawasan berbukit hasilan perisian ArcView



Rajah 8 Taburan kawasan berbukit hasilan perisian GridAnalyser

Jadual 3 Bandingan taburan (keluasan dan peratus) kawasan berbukit antara perisian GIS

Perisian		Keluasan (hektar)					
		ERD_SLP*		AV_SLP*		GA_SLP*	
		1	2	1	2	1	2
ERD_SLP	1	11958.09 (53.86)	592.69 (2.67)	12122.91 (54.61)	427.87 (1.93)	12118.42 (54.59)	432.26 (1.95)
	2	479.44 (2.16)	9170.78 (41.31)	356.00 (1.60)	9294.22 (41.86)	351.08 (1.58)	9299.14 (41.89)
IDR_SLP	1			12313.60 (55.46)	123.93 (0.56)	12308.80 (55.44)	128.73 (0.58)
	2			165.31 (0.74)	9598.16 (43.23)	160.70 (0.72)	9602.77 (43.25)
AV_SLP	1					12469.50 (56.17)	9.41 (0.04)
	2					0.00 (0.00)	9722.09 (43.79)

Nota:

* 1 – Kawasan risiko rendah & sederhana

2 – Kawasan risiko tinggi

Kotak berlorek menunjukkan perbezaan lokasi klasifikasi kawasan berbukit antara perisian GIS. Angka dalam kurungan ialah peratusan

4.83% daripada keseluruhan kawasan (Jadual 3). Sebahagian daripada kawasan ini telah dikelaskan oleh IDRISI32 sebagai kawasan bukit berisiko rendah sedangkan ERDAS pula mengelaskan kawasan yang sama sebagai kawasan bukit berisiko tinggi.

6.0 PERBINCANGAN DAN RUMUSAN

Analisis yang telah dijalankan dalam kajian ini menggunakan empat perisian GIS mendapati masing-masing telah menghasilkan maklumat kecerunan berbeza dan seterusnya mengenal pasti kawasan bukit yang tidak konsisten. Ini boleh memberi implikasi berbeza sekiranya hasil daripada perisian-perisian GIS ini digunakan untuk membuat keputusan terutamanya keputusan perancangan. Ada perisian yang menjana hasil yang agak berbeza antara satu sama lain (IDRISI32 dan Erdas Imagine), dan ada pula yang hampir sama (ArcView dan GridAnalyser). Memandangkan begitu banyak perisian GIS yang wujud di pasaran, kemungkinan untuk pihak yang memohon kebenaran merancang menggunakan perisian GIS yang berbeza adalah tinggi. Sekiranya jabatan perancangan menilai sesuatu permohonan

secara berasingan semata-mata berasaskan kepada maklumat yang disediakan oleh pemohon, maka ada kemungkinan keputusan yang diambil berbeza antara satu sama lain. Kawasan yang dikelaskan sebagai kawasan bukit berisiko tinggi dalam satu permohonan mungkin dikelaskan sebagai kawasan risiko rendah dalam permohonan yang lain sekiranya perisian GIS yang digunakan berbeza. Tanpa adanya satu peta kawasan berbukit yang konsisten yang boleh dijadikan asas rujukan dalam menilai sesuatu permohonan perancangan, maka sukar bagi pihak perancangan menghasilkan satu keputusan yang konsisten antara sama lain. Oleh itu adalah dicadangkan supaya pihak perancangan yang berkenaan dapat menetapkan satu nilai tolerans yang dibenarkan atau menyediakan satu peta kawasan berbukit yang konsisten yang boleh dijadikan rujukan semua pihak. Ini penting seperti mana yang kita semua sedia maklum bahawa pembangunan yang dijalankan di kawasan yang mempunyai risiko tinggi sudah tentunya akan memberi impak yang besar kepada alam sekitar dan kesejahteraan manusia.

Hasil daripada analisis menggunakan sistem maklumat geografi semakin banyak digunakan untuk membuat berbagai keputusan. Oleh itu penulis berpendapat agar pengguna perisian GIS sedar atau diberi kesedaran tentang teknik-teknik yang digunakan oleh sesebuah perisian dalam menjalankan sesuatu analisis agar mereka dapat memahami dan menilai kekuatan dan batasan hasil daripada analisis tersebut. Ini memerlukan pihak yang membangunkan dan memasarkan perisian GIS menyediakan dokumentasi terperinci tentang kaedah/teknik yang digunakan dalam menjalankan sesuatu fungsi. Malangnya bukan semua perisian GIS yang dipasarkan menyediakan dokumentasi sedemikian. Kajian yang dilaporkan dalam artikel ini bertujuan untuk menyediakan maklumat berguna kepada pengguna kemungkinan perbezaan hasil yang dijana oleh perisian GIS yang berbeza. Artikel ini bukan bertujuan untuk menilai atau mengkritik sesuatu perisian GIS atau mencadangkan perisian mana yang lebih baik. Setiap perisian mempunyai kelebihan dan batasan masing-masing. Banyak lagi kaedah pengiraan kecerunan yang tidak diuji dalam artikel ini. Begitu juga banyak faktor lain yang boleh mempengaruhi ketepatan hasil dari analisis GIS. Oleh yang demikian, maka dicadangkan supaya penyelidikan lanjutan dijalankan bagi menilai secara komprehensif hasil perisian-perisian berbeza, seterusnya dapat menetapkan nilai 'tolerans' yang boleh diterima pakai oleh semua pihak yang terlibat dengan penggunaan maklumat sedemikian.

PENGHARGAAN

Penulis amat berterima kasih kepada kedua-dua pewartu di atas komen dan cadangan membina dalam memperbaiki mutu draf asal artikel ini.

RUJUKAN

- [1] Jabatan Perancangan Bandar & Desa Negeri Selangor. 1997. Garis Panduan Perancangan Pembangunan di Kawasan Bukit.
- [2] Ibrahim, N. 2003. The Accuracy of Slope Images Derived from GIS Software. *Geoinformation Science Journal*. 3(1): 47-55.
- [3] Jones, K. H. 1998. A Comparison of Algorithms Used to Compute Hill Slope as a Property of the DEM. *Computers and Geosciences*. 24(4): 315-323.
- [4] Skidmore, A. K. 1989. A Comparison of Techniques for Calculating Gradient and Aspect from a Gridded Digital Elevation Model. *International Journal of Geographical Information Systems*. 3: 323-334.
- [5] Burrough, P. A., dan R. A. McDonnell. 1999. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford Press.
- [6] Horn, B. K. P. 1981. Hill Shading and the Reflectance Map. *Proc. IEEE*. 69(1): 14-47.
- [7] ERDAS. 1997. *ERDAS Imagine Field Guide*. Atlanta, GA: ERDAS, Inc.
- [8] Zevenbergen, L. W., dan C. R. Thomas. 1987. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. *Earth Surface Processes and Landforms*. 12: 47-56.
- [9] Eastman, J. R. 2001. *Idrisi32: Guide to GIS and Image Processing*. 2 vol. MA, USA: Clark Labs, Clark University.
- [10] Monmonier, M. 1982. *Computer-assisted Cartography: Principles and Prospects*. New York: Prentice-Hall.