

KAJIAN KOREKSI *TERRAIN* PADA CITRA LANDSAT THEMATIC MAPPER (TM)

Bambang Trisakti, Mahdi Kartasasmita, Kustiyo, dan Tatik Kartika
Peneliti Kedeputian Penginderaan Jauh, LAPAN
e-mail : btris01@yahoo.com

ABSTRACT

Terrain correction is used to minimize the shadow effect due to variation of earth's topography. So, the process is very useful to correct the distortion of the pixel value at the mountainous area in the satellite image. The aim of this paper is to study the terrain correction process and its implementation for Landsat TM. The algorithm of the terrain correction was built by determining the pixel normal angle which is defined as an angle between the sun and surface normal directions. The calculation of the terrain correction needs the information of sun zenith angle, sun elevation angle (obtained from header data), pixel slope, and pixel aspect derived from digital elevation model (DEM). The C coefficient from each band was determined by calculating the gradient and the intercept of the correlation between the Cos pixel normal angle and the pixel reflectance in each band. Then, the Landsat TM image was corrected by the algorithm using the pixel normal angle and C coefficient. C Coefficients used in this research were obtained from our calculation and from Indonesia National Carbon Accounting System (INCAS). The result shows that without the C coefficient, pixels value increases very high when the pixel normal angle approximates 90° . The C coefficient prevents that condition, so the implementation of the C coefficient obtained from INCAS in the algorithm can produce the image which has the same topography appearance. Further, each band of the corrected image has a good correlation with the corrected band from the INCAS result. The implementation of the C coefficient from our calculation still needs some evaluation, especially for the method to determine the training sample for calculating the C coefficient.

Keywords: *Terrain correction, Pixel normal angle, C coefficient, Landsat TM*

ABSTRAK

Koreksi terrain bertujuan untuk meminimalisir efek bayangan dan kelengkungan karena perbedaan ketinggian muka Bumi, sehingga efektif untuk mengoreksi nilai piksel pada citra di daerah yang bergunung-gunung atau bervariasi ketinggiannya. Makalah ini bertujuan untuk mengkaji proses koreksi terrain dan contoh penerapannya pada citra Landsat TM. Algoritma koreksi terrain dibangun dengan menghitung sudut (sudut normal piksel) antara arah cahaya Matahari dengan arah normal piksel pada citra. Proses perhitungan membutuhkan informasi sudut Matahari (sudut zenit dan azimuth) dari metadata, serta sudut kemiringan (*slope*) dan arah (*aspect*) piksel yang diturunkan dari Digital Elevation Model (DEM). Koefisien C pada setiap band ditentukan dengan menghitung gradient dan titik potong dari korelasi antara Cos sudut normal piksel dan nilai reflektansi. Selanjutnya, citra Landsat TM dikoreksi dengan algoritma koreksi terrain menggunakan sudut normal piksel dan koefisien C. Koefisien C yang digunakan adalah hasil perhitungan sendiri dan hasil perhitungan pengolahan data Indonesia *National Carbon Accounting System* (INCAS).

Hasil koreksi memperlihatkan bahwa tanpa koefisien C, nilai piksel yang sudah dikoreksi menjadi sangat tinggi saat sudut normal piksel mendekati 90°. Penggunaan koefisien C membatasi penambahan nilai piksel sehingga lebih mendekati nilai yang diinginkan. Pemakaian koefisien C dari pengolahan INCAS dalam algoritma menghasilkan citra dengan penampakan visual relatif sama dan korelasi antar band yang tinggi dengan hasil koreksi INCAS, sedangkan penggunaan koefisien C dari perhitungan sendiri masih membutuhkan kajian lebih lanjut, khususnya mengenai cara pengambilan sampel untuk perhitungan koefisien C.

Kata kunci: *Koreksi terrain, Sudut normal piksel, Koefisien C, Landsat TM*

1 PENDAHULUAN

Keakuratan dari data yang direkam oleh satelit penginderaan jauh dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti topografi permukaan Bumi, sudut Matahari, kondisi atmosfer, sensitivitas sensor dan beberapa faktor lain. Kondisi topografi permukaan Bumi (*terrain*) merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi besarnya energi pantulan balik cahaya Matahari yang diterima oleh sensor satelit, sehingga mengakibatkan terjadinya perbedaan nilai piksel pada objek yang sama tetapi berbeda kondisi topografinya. Perbedaan nilai piksel tersebut mengakibatkan menurunnya tingkat akurasi hasil proses klasifikasi penutupan lahan yang dilakukan. Perbedaan nilai piksel pada citra karena pengaruh kondisi topografi dapat dikurangi atau dihilangkan dengan melakukan koreksi *terrain*. Dorren et al (2003) melaporkan bahwa koreksi *terrain* dapat meningkatkan akurasi dari hasil tutupan lahan untuk citra Landsat TM.

Penelitian mengenai koreksi *terrain* pada citra satelit Landsat TM telah dilakukan dan dipublikasikan dalam beberapa tulisan ilmiah (Lu et al. (2008), Riano et al. (2003), Dorren et al (2003), Vincini and Reeder (2000). Teillet et al. (1982) dan Meyer et al. (1993) melakukan koreksi *terrain* dengan menggunakan metode *C-correction*, dimana McDonald et al. (2000) melaporkan bahwa metode *C-correction* merupakan metode yang paling efektif untuk diterapkan pada citra Landsat. Metode *C-correction* ini juga diterapkan

pada metode pengolahan data program INCAS dengan tujuan untuk mengoreksi data Landsat TM/ETM+ multi temporal wilayah Indonesia dalam mendukung kegiatan perhitungan karbon di wilayah hutan Indonesia. Wu et al. (2004) menjelaskan konsep dasar dari algoritma *C-correction* seperti diperlihatkan pada persamaan 1-1 berikut:

$$L_H = L_T (\cos(sz) + c) / (\cos(i) + c) \quad (1-1)$$

Dimana:

L_H : Radian yang sudah dikoreksi (radian pada permukaan datar)

L_T : Radian belum dikoreksi (radian pada permukaan miring karena kondisi topografi)

sz : Sudut zenit Matahari

i : Sudut normal piksel yang dibentuk dari arah normal piksel dan arah Matahari

c : Koefisien pembatas yang merupakan rasio antara titik potong dan gradien (b/m) dari persamaan regresi $L_T = m \cos(i) + b$

Penerapan metode *C-correction* telah diterapkan di program INCAS untuk mengoreksi citra Landsat TM/ETM+. Citra hasil koreksi *terrain* terindikasikan dengan tampilan visual citra RGB yang awalnya tidak rata (bergelombang) karena perbedaan topografi berubah menjadi datar dan nilai digital piksel yang relatif sama untuk tutupan lahan sejenis pada daerah dengan kondisi topografi berbeda. Walaupun metode koreksi *terrain* telah digunakan secara operasional pada

program INCAS, tapi ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam metode pengolahan data tersebut yaitu tidak adanya penjabaran algoritma koreksi *terrain* dan metode penentuan koefisien C, perhitungan koefisien C yang hanya untuk wilayah hutan, dan yang terakhir adalah program yang berlisensi sehingga tidak memungkinkan untuk digunakan pada semua komputer. Oleh karena itu sangat perlu dilakukan kajian mengenai koreksi *terrain* untuk meningkatkan pemahaman terhadap algoritma yang digunakan, selanjutnya algoritma tersebut dapat diterapkan untuk melakukan koreksi tanpa bergantung pada software INCAS.

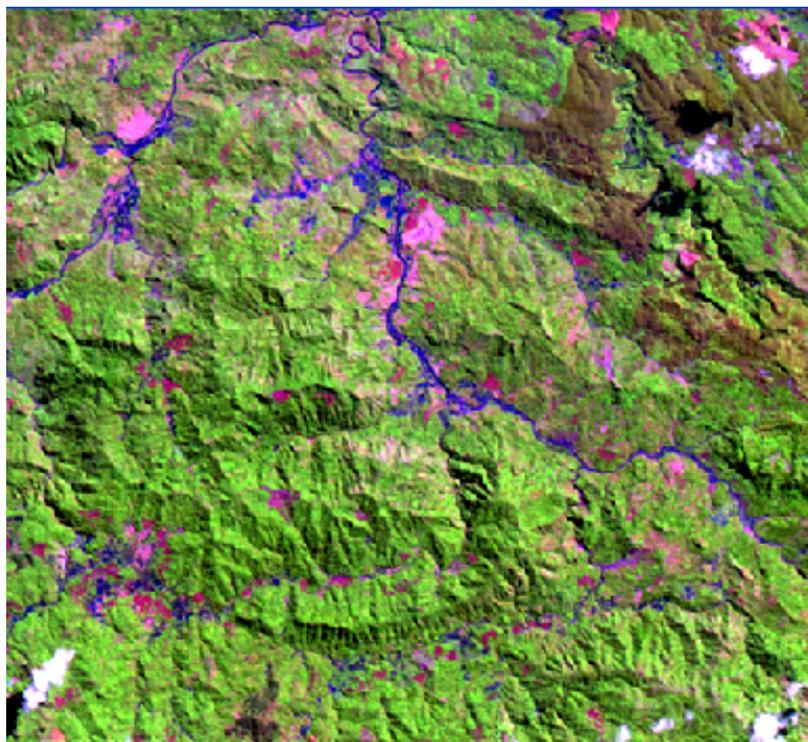
Makalah ini bertujuan untuk mengkaji metode koreksi *terrain* dan contoh penerapan koreksi *terrain* pada citra Landsat TM dengan menggunakan software yang umum dipakai (seperti: Er-Mapper). Koreksi citra Landsat TM dilakukan dengan algoritma koreksi *terrain* menggunakan sudut normal piksel yang dibangun dan koefisien C. Koefisien C yang digunakan adalah hasil

perhitungan sendiri dan hasil perhitungan pengolahan data program INCAS. Selanjutnya citra yang sudah dikoreksi akan dibandingkan secara visual (kualitatif) dan secara kuantitatif dengan citra hasil koreksi *terrain* dari program INCAS.

2 METODOLOGI

2.1 Data dan software

Data yang digunakan adalah citra Landsat-5 TM resolusi spasial 30 m, path/row 120/65, tanggal akuisisi 26 Juni 2008. Data kemudian dikroping hanya untuk wilayah kajian (Gambar 2-1). Daerah dipilih karena mempunyai topografi yang bervariasi, penutup lahan berupa hutan dan relatif bersih dari awan. Data lain yang digunakan adalah data DEM SRTM X-C band resolusi spasial 30 m untuk wilayah kajian. DEM akan digunakan untuk menurunkan aspek dan *slope* untuk wilayah kajian yang akan digunakan sebagai masukan dalam proses koreksi terrain.



Gambar 2-1: Citra Landsat TM untuk daerah kajian

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian dibagi menjadi 3 tahapan besar, yaitu: tahapan penurunan algoritma koreksi *terrain*, tahapan penentuan koefisien C dan tahapan penerapan algoritma dan pengujian citra hasil koreksi. Secara lebih detail dijelaskan sebagai berikut:

- Tahapan penurunan algoritma koreksi *terrain*

Melakukan kajian terhadap konsep koreksi *terrain* dan melakukan penurunan algoritma untuk perhitungan sudut normal piksel (sudut antara arah cahaya Matahari dengan arah normal piksel pada citra)

- Tahapan penentuan koefisien C

Untuk menurunkan koefisien C, yang pertama dilakukan adalah menurunkan *slope* dan aspek piksel dengan menggunakan data DEM SRTM, serta mengumpulkan informasi sudut Matahari (zenit dan azimuth Matahari) dari metadata. Penurunan *slope* dan aspek piksel memerlukan penyamaan proyeksi dan resolusi piksel antara data DEM dengan proyeksi dan resolusi citra yang akan dikoreksi. Selanjutnya informasi *slope* dan aspek piksel serta sudut Matahari akan digunakan untuk menghitung \cos sudut normal piksel. \cos sudut normal piksel akan dikorelasi dengan reflektansi citra pada setiap band untuk mendapatkan gradient dan titik potong yang selanjutnya digunakan menentukan nilai C. Perhitungan nilai C dilakukan pada tutupan lahan hutan. Selain itu dilakukan juga pengumpulan nilai C dari hasil pengolahan program INCAS untuk citra Landsat yang sama.

- Tahapan penerapan dan pengujian hasil koreksi.

Koreksi *terrain* diterapkan pada citra Landsat TM yang sudah diorthorektifikasi dan sudut Matahari hasil dari program INCAS. tampilan RGB citra yang sudah dikoreksi akan diuji secara visual dengan membandingkannya dengan

citra RGB hasil koreksi *terrain* program INCAS, setelah itu dilakukan juga pengujian secara kuantitatif dengan melakukan korelasi nilai piksel antar band.

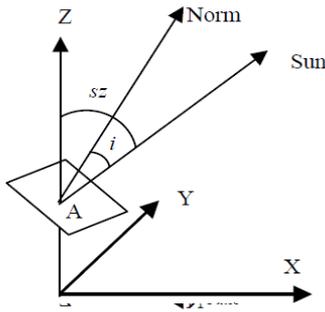
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penurunan Algoritma Koreksi *Terrain*

Gambar 3-1 memperlihatkan ilustrasi posisi normal piksel. Keterangan mengenai setiap simbol huruf terdapat di bawah gambar. Pada citra Landsat yang direkam pada sekitar pukul 9-10 pagi posisi Matahari terletak miring pada sudut zenit tertentu, yang digambarkan dengan posisi M. Sedangkan kondisi topografi permukaan Bumi mengakibatkan piksel akan mempunyai kemiringan dan arah tertentu, sehingga perlu ditentukan arah normal piksel (posisi N) yang merupakan arah tegak lurus terhadap permukaan piksel. Konsep dari koreksi *terrain* adalah melakukan perubahan posisi Matahari (M) menjadi posisi normal piksel (N), sehingga Matahari seolah-olah berada tegak lurus pada setiap piksel (posisi Matahari berubah dari titik M menjadi N). Asumsi ini mengakibatkan kondisi pencahayaan Matahari menjadi sama untuk setiap piksel, sehingga menghasilkan nilai digital piksel yang sama untuk jenis tutupan lahan yang sama pada kondisi topografi berbeda. Untuk melakukan koreksi nilai piksel tersebut diperlukan informasi mengenai besar dan arah sudut Matahari (sudut zenit dan azimuth Matahari), serta informasi mengenai besar dan arah kemiringan piksel (*slope* dan aspek dari piksel).

Gambar 3-2 memperlihatkan ilustrasi posisi Matahari dan normal piksel (kiri) dan model segitiga bola ZMN (kanan) untuk menghitung sudut normal piksel. Informasi untuk setiap titik diperlihatkan pada keterangan di gambar. Berdasarkan ilustrasi Gambar 3-2, tahapan koreksi *terrain* terdiri dari

2 jenis tahapan koreksi, yaitu: tahapan koreksi sudut Matahari dan koreksi sudut normal piksel.



Gambar 3-1: Ilustrasi posisi normal piksel (Wu et al. (2004))

Keterangan:

- O : Titik pusat piksel
- Z : Posisi tegak lurus Matahari-Bumi (sudut zenith 0°)
- M : Posisi Matahari pada sudut zenith tertentu
- N : Posisi normal piksel (tegak lurus terhadap piksel)
- sz : Sudut zenith Matahari
- i : Sudut normal piksel

Koreksi sudut Matahari bertujuan untuk melakukan normalisasi arah pencahayaan Matahari terhadap citra. Prosesnya adalah merubah nilai digital number menjadi nilai reflektansi dengan menghitung nilai radian (energi dari objek ke sensor) dibagi dengan nilai iradian Matahari (energi dari Matahari ke objek). Besarnya nilai iradian sangat bergantung dengan kondisi sudut Matahari, sehingga perlu merubah nilai iradian (nilai iradian yang telah ditetapkan pada Z atau kondisi posisi Matahari dengan sudut zenit 0°) dengan melakukan koreksi menggunakan sudut zenit Matahari saat perekaman. Koreksi Matahari digambarkan dengan merubah posisi Matahari dari titik Z menjadi titik M. Paper ini tidak menjelaskan metode koreksi sudut Matahari karena koreksi ini sudah umum digunakan dan persamaan yang digunakan dapat dilihat dalam Landsat handbook. Sedangkan koreksi *terrain* telah dijelaskan sebelumnya, dengan menggeser titik M ke titik N (perpindahan pada busur MN). Busur MN adalah

sudut MON atau sudut normal piksel (i) yang dibentuk antara arah normal piksel dan arah Matahari, sehingga persamaan reflektansi untuk koreksi *terrain* adalah sebagai berikut:

$$RH = RT/\text{Cos}(i) \quad (3-1)$$

Dimana:

RH: Reflektansi yang sudah dikoreksi *terrain*

RT: Reflektansi belum dikoreksi

i : Sudut normal piksel

Perhitungan besar sudut normal piksel dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, salah satunya adalah metode segitiga bola. Gambar 3-2 (kanan) memperlihatkan gambar ilustrasi Matahari dilihat dari sisi yang berbeda yang memperlihatkan model segitiga bola, yaitu segitiga ZMN pada permukaan bola. Dengan menggunakan persamaan Cosinus segitiga bola (Beyer, 1984), maka besar Cos(i) dapat dihitung, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\text{Cos}(i) = \text{Cos}(\text{busur ZM}) \text{Cos}(\text{busur ZN}) + \sin(\text{busur ZM}) \sin(\text{busur ZN}) \text{Cos}(\text{sudut MZN}) \quad (3-2)$$

Dengan menghubungkan antara sudut Matahari (zenit dan azimuth) serta slope dan aspek piksel dengan bentuk geometri pada Gambar 2-3, maka dapat diketahui bahwa:

Busur ZM = sudut (ZOM) = sudut zenit Matahari (sz)

Busur ZN = sudut (ZON) = sudut slope piksel (ps)

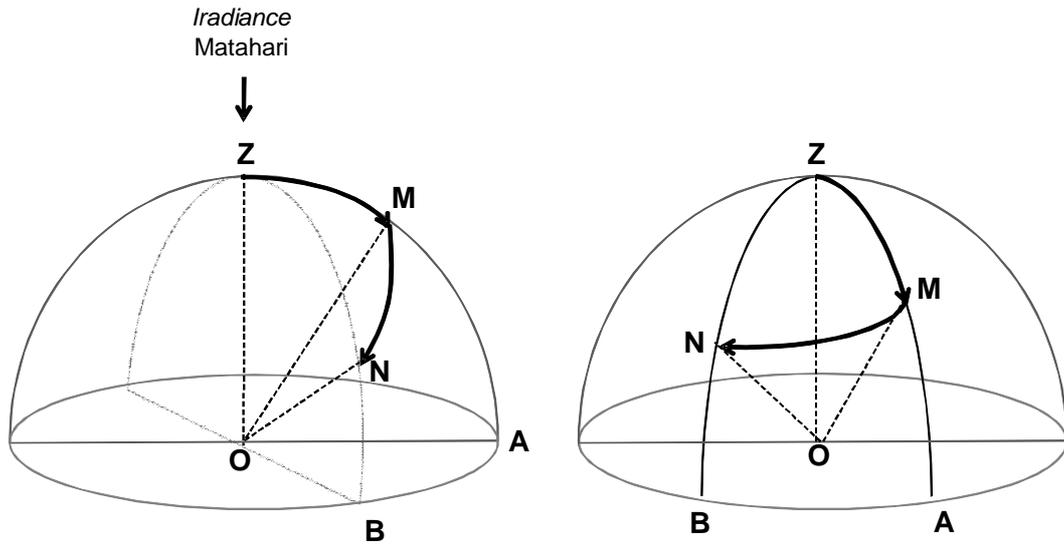
Sudut NZM = sudut AZB = sudut aspek piksel (pa) – sudut azimuth Matahari (sa)

Sehingga persamaan dapat ditampilkan menjadi:

$$\text{Cos}(i) = \text{Cos}(sz) \text{Cos}(ps) + \text{Sin}(sz) \text{Sin}(ps) \text{Cos}(pa - sa) \quad (3-3)$$

Selanjutnya, bila persamaan 3-3 dimasukkan dalam persamaan 3-1 maka algoritma koreksi *terrain* adalah menjadi sebagai berikut:

$$R_H = R_T / (\text{Cos}(sz) \text{Cos}(ps) + \text{Sin}(sz) \text{Sin}(ps) \text{Cos}(pa - sa)) \quad (3-4)$$



Gambar 3-2: Ilustrasi posisi Matahari dan normal piksel (kiri) dan model segitiga bola ZMN (kanan)

Keterangan:

- O : Titik pusat piksel
- Z : Posisi tegak lurus Matahari-Bumi (sudut zenith 0°)
- M : Posisi Matahari pada sudut zenith tertentu
- N : Posisi normal piksel (tegak lurus terhadap piksel)
- A : Posisi Matahari pada sudut azimuth tertentu
- B : Posisi piksel pada nilai aspek (sudut azimuth piksel) tertentu

Yang perlu diperhatikan pada persamaan 3-2 adalah bila nilai i mendekati atau sama dengan 90° maka nilai R_H akan menjadi sangat tinggi sampai tak berhingga. Oleh karena itu perlu digunakan koefisien C untuk membatasi agar nilai tidak terlalu tinggi seperti metode *C-Correction* (persamaan 3-1) yang digunakan oleh Wu et al. (2004). Dengan menggunakan koefisien C maka persamaan koreksi *terrain* menjadi:

$$R_H = R_T (\cos(sz) + c) / (\cos(sz) \cos(ps) + \sin(sz) \sin(ps) \cos(pa - sa) + c) \quad (3-5)$$

3.2 Penentuan Koefisien C

Untuk menghitung koefisien C perlu dilakukan perhitungan $\cos(i)$ dengan menggunakan persamaan 3-4 yang memerlukan informasi sudut Matahari (Tabel 3-1) dari metadata dan informasi *slope* dan aspek piksel untuk wilayah kajian (Gambar 3-3) dari data DEM SRTM. *Slope* piksel menggambarkan

besarnya sudut kemiringan piksel, dimana wilayah kajian mempunyai besar kemiringan berkisar 0°-50°, sedangkan aspek piksel memperlihatkan arah kemiringan piksel yang ditampilkan dalam nilai sudut 0°-360° (titik 0° adalah kemiringan piksel ke arah Utara, selanjutnya semakin besar nilai sudut maka kemiringan berubah arah sesuai dengan arah jarum jam, utara-timur-selatan-barat-utara).

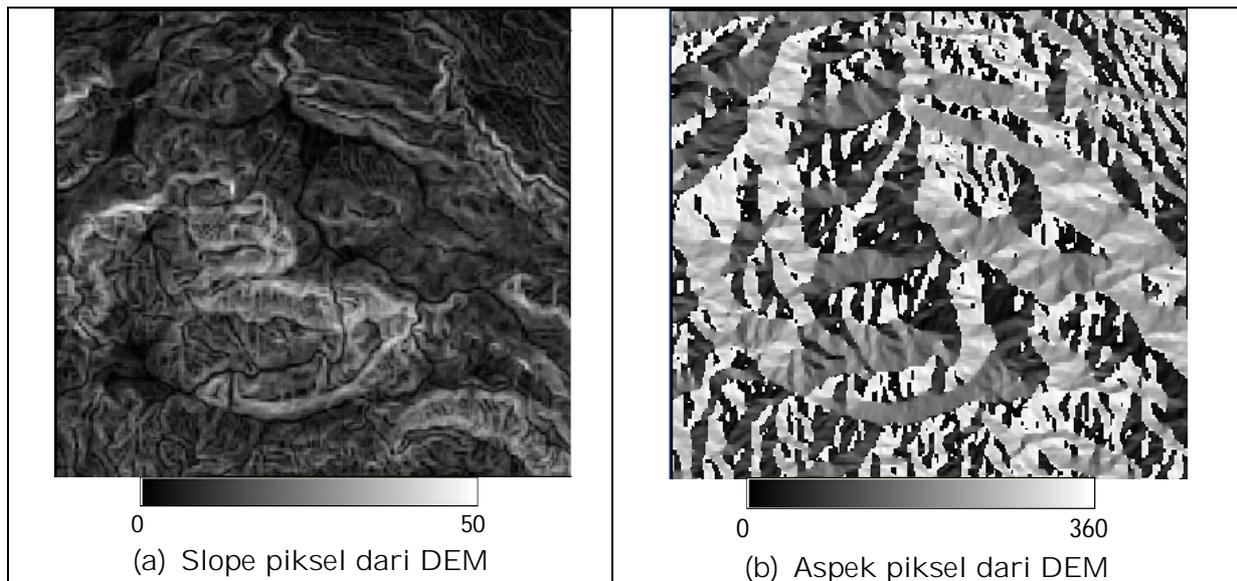
Tabel 3-1: SUDUT MATAHARI DARI HEADER FILE

Sudut zenit Matahari	Sudut azimuth Matahari
44°	45°

Selanjutnya dilakukan perhitungan $\cos(i)$ dan melakukan korelasi antara $\cos(i)$ dan nilai reflektansi untuk band 2, 4, dan 5 pada wilayah sampling. Gambar 3-4 memperlihatkan lokasi pengambilan sampel dan hasil korelasi untuk band 5. Pengambilan sampel hanya untuk tutupan lahan hutan sama

dengan metode pengolahan data INCAS. Pengambilan sampel untuk wilayah non hutan akan dikaji pada penelitian berikutnya. Dari persamaan korelasi yang diperoleh ditentukan nilai koefisien C untuk setiap *band*. Hasil diperlihatkan pada Tabel 3-2, bersama nilai koefisien C yang dihasilkan oleh pengolahan data INCAS untuk *scene* yang sama.

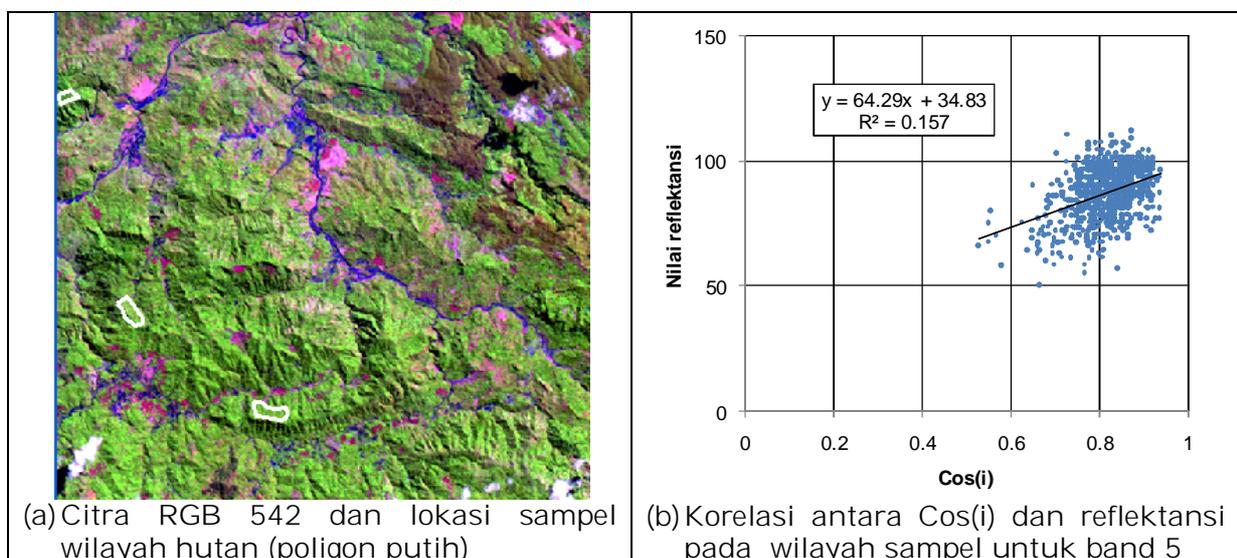
Tabel 3-2 memperlihatkan adanya perbedaan nilai koefisien C hasil perhitungan sendiri dan hasil pengolahan data INCAS, beberapa hal yang diperkirakan menjadi penyebabnya adalah, lokasi dan jumlah data sampel yang digunakan dalam perhitungan koefisien C.



Gambar 3-3: informasi slope dan aspek piksel untuk wilayah kajian

Tabel 3-2: NILAI KOEFISIEN C UNTUK BAND 2,4 DAN 5 DARI PERHITUNGAN SENDIRI DAN DARI HASIL PENGOLAHAN DATA INCAS

Band	Koefisien C dari perhitungan sendiri	Koefisien C hasil dari pengolahan data INCAS
band 2	27.165	38.024
band 4	0.542	0.745
band 5	0.220	0.592



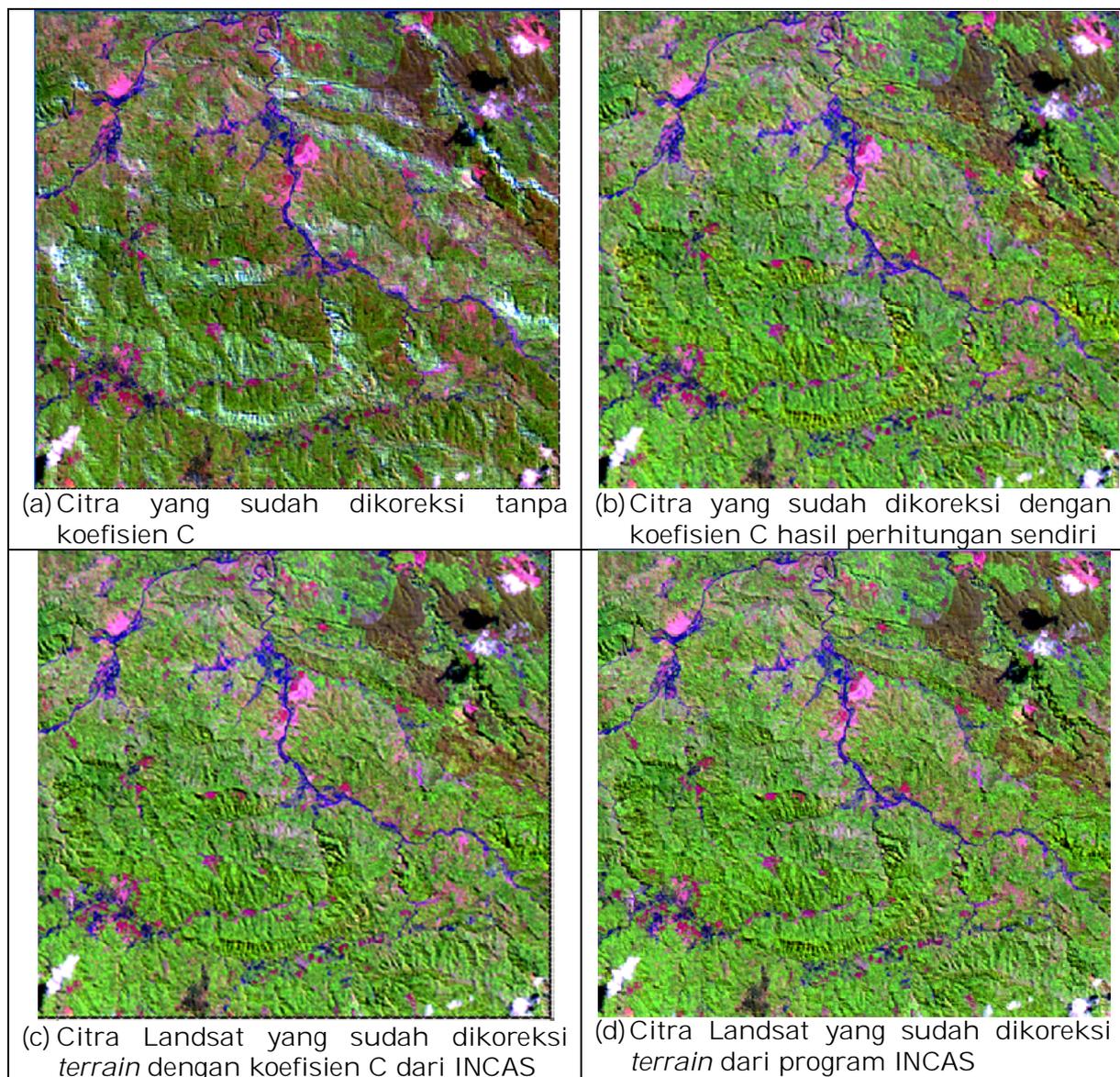
Gambar 3-4: Pengambilan sampel dan korelasi untuk menghitung koefisien C

3.3 Penerapan dan Pengujian Hasil Koreksi

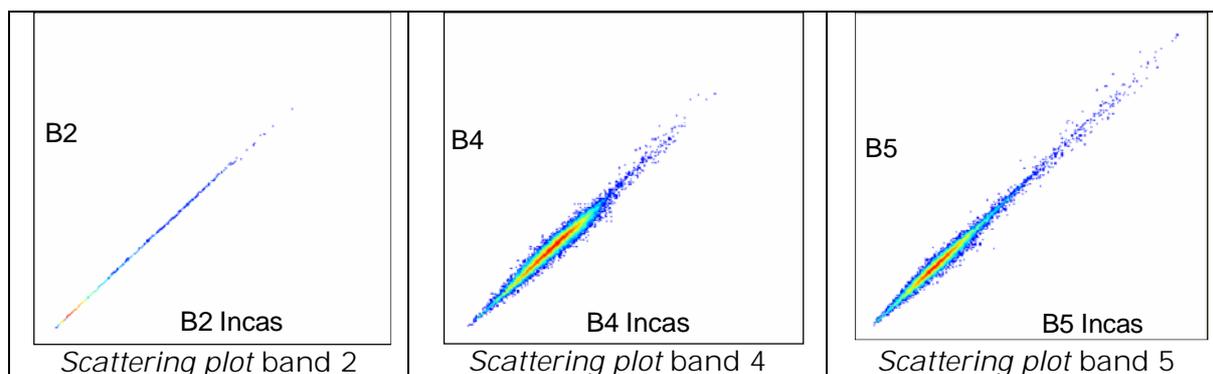
Penerapan algoritma koreksi dilakukan pada citra Landsat TM dengan komposit RGB 542, supaya pengujian hasil secara visual dapat dilakukan secara lebih baik. Citra komposit RGB 542 dikoreksi dengan menggunakan persamaan 3-5 (tanpa koefisien C), persamaan 3-6 (koefisien C hasil perhitungan sendiri), persamaan 3-6 (koefisien C dari pengolahan data INCAS) dan citra hasil koreksi *terrain* pada kegiatan INCAS.

Citra yang sudah dikoreksi diperlihatkan pada Gambar 3-5(a-d). Hasil memperlihatkan bahwa tanpa

koefisien C, proses koreksi tidak mempunyai faktor pembatas sehingga nilai digital piksel (R_H) bertambah secara tidak terkendali pada saat nilai $\cos(i)$ mendekati 0, atau sudut normal piksel mendekati 90° . Nilai R_H yang sangat besar terlihat dengan warna putih pada bagian piksel yang mengalami koreksi (Gambar 3-5a). Di lain pihak, penggunaan koefisien C dapat mencegah nilai koreksi yang terlalu tinggi, selain itu juga memperbaiki kualitas citra, seperti citra yang sudah dikoreksi secara visual terlihat bernuansa datar dan mempunyai rona yang sama pada jenis tutupan lahan yang sama (Gambar 3-5b-c).



Gambar 3-5: Citra RGB 542 yang sudah dikoreksi *terrain* (a,b,c) dan citra RGB 542 yang sudah dikoreksi *terrain* dari INCAS (d)



Gambar 3-6: *Scattering plot* antar band antara citra yang sudah dikoreksi *terrain* dan hasil koreksi *terrain* dari program INCAS

Perbandingan citra yang sudah dikoreksi dengan menggunakan koefisien C hasil perhitungan sendiri dan hasil pengolahan data program INCAS dilakukan dengan membandingkan kedua citra yang sudah dikoreksi (Gambar 3-5b-c) dengan citra hasil koreksi program INCAS sebagai referensi (Gambar 3-5d). Terlihat bahwa citra RGB 542 yang sudah dikoreksi dengan menggunakan koefisien C hasil perhitungan sendiri mempunyai tampilan lebih kuning dibandingkan citra hasil koreksi INCAS, Sementara citra RGB 542 dengan menggunakan koefisien koreksi c dari INCAS mempunyai pewarnaan yang relatif tidak berbeda dengan citra hasil koreksi INCAS.

Pengujian citra yang sudah dikoreksi juga dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan *scattering plot* antara nilai digital piksel setiap band (band 2,4,5) dari citra yang sudah dikoreksi menggunakan koefisien C dari INCAS dan citra yang sudah dikoreksi dari INCAS. Hasil *scattering plot* memperlihatkan adanya korelasi kuat antara setiap band (Gambar 3-6), terutama band 2 yang mempunyai nilai digital piksel yang hampir sama. Sementara band 4 dan band 5 memperlihatkan adanya sedikit perbedaan nilai digital piksel. Ini berarti bahwa algoritma koreksi *terrain* yang dibangun terbukti dapat digunakan untuk melakukan koreksi *terrain* pada citra landsat TM, walaupun metode perhitungan koefisien C masih memerlukan

kajian lebih lanjut koefisien C yang dihasilkan dapat lebih mendekati hasil perhitungan koefisien C dari kegiatan INCAS.

4 KESIMPULAN

Pada kegiatan ini dilakukan kajian metode koreksi *terrain* dan juga dilakukan penerapan koreksi *terrain* pada citra Landsat TM. Beberapa hal yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

- Koreksi *terrain* sudah berhasil dilakukan dengan hasil yang cukup mendekati hasil pengolahan dari INCAS.
- Algoritma perhitungan sudut normal piksel sudah dibangun, dimana sudut normal piksel adalah fungsi dari sudut Matahari (zenit dan azimuth Matahari) dan sudut piksel (aspek dan *slope* piksel)
- Tanpa koefisien C, nilai piksel yang sudah dikoreksi menjadi sangat tinggi saat sudut normal piksel mendekati 90°. Penggunaan koefisien C mencegah nilai koreksi yang terlalu tinggi, selain itu juga memperbaiki kualitas citra.
- Pemakaian koefisien C dari pengolahan INCAS menghasilkan citra yang sudah dikoreksi dengan penampakan visual relatif sama dan korelasi antar band yang tinggi dengan hasil koreksi INCAS, sedangkan penentuan koefisien C dari perhitungan sendiri masih membutuhkan kajian lebih lanjut.

DAFTAR RUJUKAN

- Beyer, W. H., Ed., 1984. *CRC Standard Mathematical Tables 27th Edition*, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 33431, USA.
- Dorren, L. K. A., Maier, B. And Seijmonsbergen, A. C., 2003. *Improved Landsat-based Forest-mapping in Steep Mountainous Terrain using Object-based Classification*, *Forest Ecology and Management*, 183 (2003) 31-46, Science Direct, Elsevier.
- Riano, D., Chuvieco, E., Salas, J., and Aguado, I., 2003. *Assessment of Different Topographic Corrections in Landsat-TM Data for Mapping Vegetation Types*, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No.5, 1056-1061.
- Lu, D., Ge, H., He, S., Xu, A., Zhou, G., and Du, H., 2008. *Pixel-based Minnaert Correction Method for Reducing Topographic Effects on a Landsat 7 ETM Image*, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 74, No. 11, pp. 1343-1350.
- McDonald, E.R., Wu, X., Caccetta, P.A. and Campbell, N.A., 2000. *Illumination Correction of Landsat TM Data in South East NSW*, *Proceedings of the Tenth Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference*, Adelaide, Australia, August 21-25, 2000.
- Meyer, P., Itten, K.I., Kellenberger, T., Sandmeier, S. and Sandmeier, R., 1993. *Radiometric Corrections of Topographically Induced Effects on Landsat TM Data in an Alpine Environment*, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 48, 17-28.
- Teillet, P.M., Guindon, B., Goodenough, D.G., 1982. *On the Slope-Aspect Correction of Multispectral Scanner Data*, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 8, 84-106.
- Vincini, M., and Reeder, D., 2000. *Minnaert Topographic Normalization of Landsat TM Imagery in Rugged Forest Area*, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. XXXIII, Part B7. Amsterdam 2000.
- Wikipedia, *Spherical trigonometry*, http://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_trigonometry.
- Wu, X., Furby S. and Wallace J, 2004. *An Approach for Terrain Illumination Correction*, *The 12th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Association Conference*, held in Fremantle, Western Australia, 18-22 October 2004.