

Pengujian Metode Korelasi *Pearson* untuk *Image Registration* pada Citra SPOT-6 Ortho

Randy Prima Brahmantara^{1,*}, Kustiyo¹, dan Sukentyas Estuti Siwi¹

¹Pusat Teknologi dan Data - LAPAN

^{*}E-mail: randy.prima@lapan.go.id

ABSTRAK – pengukuran kualitas geometrik sangat dibutuhkan untuk memberikan informasi perbedaan geometrik antar citra terutama citra hasil ortho rektifikasi. Untuk itu, diperlukan sebuah metode guna mempermudah dan mempercepat proses pengukuran kualitas geometrik. Salah satu metode yang digunakan adalah menggunakan Korelasi antar *digital number* dalam suatu luasan tertentu. Perhitungan ini lebih dikenal dengan *Image Matching* atau di beberapa literatur menyebutnya sebagai *Digital Image Correlation* (DIC). Dalam tulisan ini akan membahas tentang pengujian metode Korelasi *Pearson* untuk menghitung nilai korelasi antar *digital number* dalam suatu luasan tertentu yang disebut *Ground Control Point* (GCP) *chip*. Kemudian korelasi perlu dihitung berkali-kali dengan menggeser GCP *chip* tersebut sejauh radius cari untuk menemukan nilai korelasi tertinggi. Dari lokasi korelasi maksimum ini dihitung nilai pergeseran atau galat geometri antar citra. Metode pengukuran galat geometri antar citra ini disebut *image registration*. Pengujian metode ini dilakukan dengan menggunakan dua citra SPOT 6 level ortho standar tahun 2013 dan 2014 yang mengambil area pengamatan di Jakarta. Citra Tahun 2013 dijadikan acuan dan citra tahun 2014 dijadikan sebagai citra tes. Hasil dari pengujian ini menunjukkan nilai $RMSE_T$ dari 50 titik GCP *chip* berukuran 21x21 dengan menggunakan band red sebesar 2.391652149 dalam satuan piksel. Jika hasil tersebut dikalikan dengan resolusi spasial SPOT-6 multispectral yaitu 6 meter maka menghasilkan nilai 14.34991289 meter.

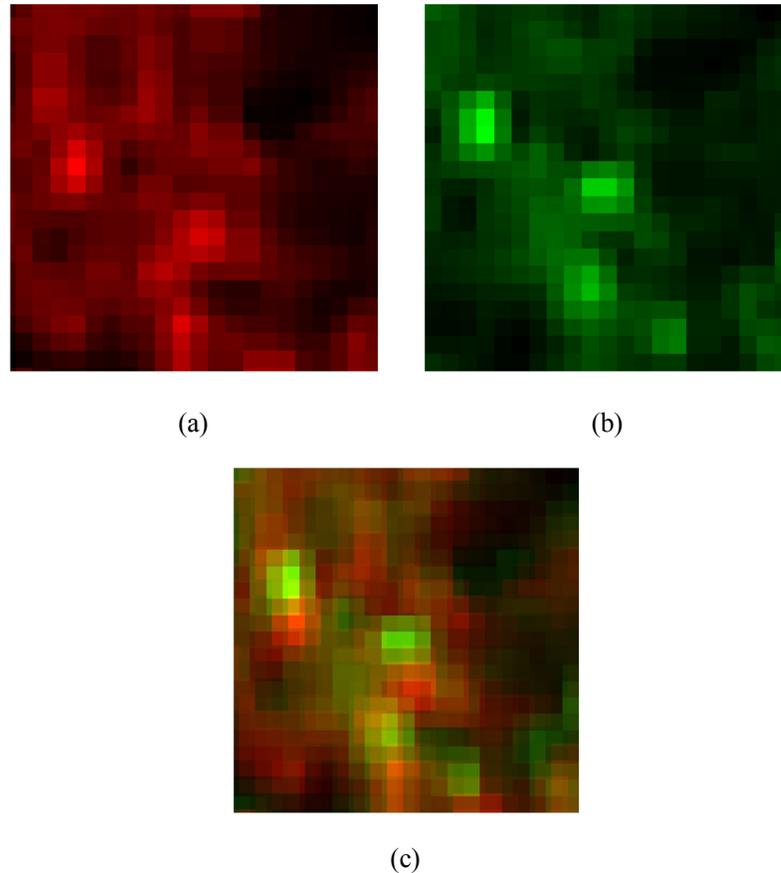
Kata kunci: korelasi *Pearson*, *digital number*, GCP *chip*, *digital image correlation*, *image registration*

ABSTRACT -geometric quality assessment is needed to provide information about the differences between the geometry of the images, especially the ortho rectified images. It required a method to simplify and accelerate the process of quality measurement geometry. The method that can calculate the correlation between the digital number in a particular area. This calculation is known as *Image Matching* or in some literature called it a *DIC* (*Digital Image Correlation*). In this paper will discuss the testing method for calculating the *Pearson* correlation between the value of the digital number in a certain area called GCP (*Ground Control Point*) *chip*. Then the correlation should be calculated many times by shifting the GCP *chip* in the searching radius to find the highest correlation value. From the location of the maximum correlation is calculated geometric shift or error between the images. Geometric error measurement method between the image geometry is called *image registration*. This method of testing is done by using two images SPOT 6 ortho standard in 2013 and 2014 that took the area of interest in Jakarta. Image of the year 2013 as a reference image and the image of the year 2014 as the sensed image. The results from this test showed $RMSE_T$ value from 50 GCP chips (size 21x21 pixels using red band) is 2.391652149 pixels. If the result is multiplied by the spatial resolution of SPOT6 multispectral (6 meter) then produces the value 14.34991289 meters.

Keywords: *Pearson Correlation*, *digital number*, GCP *chip*, *digital image correlation*, *image registration*

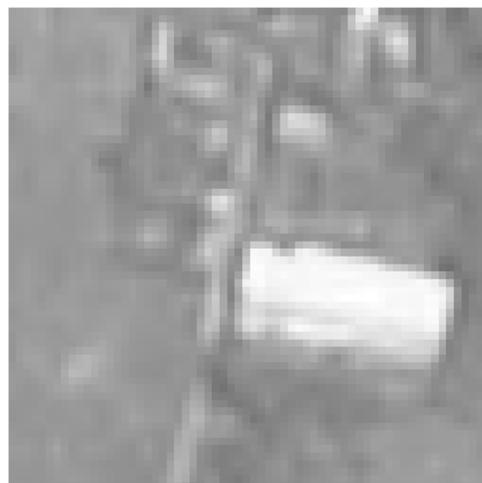
1. PENDAHULUAN

Pengukuran kualitas geometri sangat dibutuhkan untuk memberikan informasi perbedaan geometrik antar citra terutama citra hasil ortho rektifikasi. Perbedaan geometrik bisa dilihat ketika membandingkan citra dari sensor yang sama di area tertentu. Seperti pada Gambar 1.1 yang menunjukkan adanya perbedaan antara kedua citra SPOT 6 (citra GCP *chip* dan citra tes) yang dilakukan di overlay di ErMapper dengan menggunakan komposisi 3 kanal RGB. Kanal merah ditempati oleh band 3 dari citra tes dan kanal hijau ditempati oleh band 3 citra GCP *chip*. Hasil penggabungan kedua kanal tersebut jika tidak terdapat pergeseran akan berwarna kuning, warna kuning terbentuk dari dua warna dasar yaitu merah dan hijau, sehingga pada objek yang tidak mengalami pergeseran akan menunjukkan warna kuning yang berarti objek yang sama berada pada letak yang sama pada kedua citra.



Gambar 1.1.Perbandingan citra SPOT 6 multispectral band 3, (a) kanal merah yang ditempati citra tes SP6_MS_20140418_05593919_ToA.ers, (b) kanal hijau ditempati oleh citra gcp_window21x21_0.ers berukuran 21x21 piksel diambil dari citra SP6_MS_201308270243586_ToA.ers

Pengukuran perbedaan geometrik antar citra jika dilakukan menggunakan interpretasi visual akan membutuhkan waktu yang lama, untuk itu dibutuhkan sebuah metode untuk mengukur perbedaan geometri yang lebih cepat dan lebih akurat. Interpretasi visual mengandalkan data derajat keabuan dari sekumpulan piksel pada suatu area. Derajat keabuan ini bisa dipahami oleh sistem komputer dengan istilah digital number. Hubungan antara kedua citra dapat diukur dengan pola digital number pada piksel-piksel yang berkumpul pada suatu area. Berikut ini adalah contoh pola digital number pada objek bangunan



Gambar 1.2Pola digital number pada objek bangunan

Objek dalam suatu citra yang telah melewati proses ortho rektifikasi memiliki koordinat bumi yang seharusnya sama jika dibandingkan dengan citra ortho lainnya pada *scene* yang sama. Untuk itu, salah satu solusi untuk permasalahan ini adalah dengan menggunakan metode *image registration*. Metode *image registration* adalah proses *overlay* dua atau lebih gambar dari *scene* yang sama diambil pada waktu yang berbeda, dari sudut pandang yang berbeda, dan atau sensor yang berbeda. Metode ini menyamakan secara geometrik antara dua citra, yaitu citra reference dan citra tes (Zitova & Flusser, 2003).

Untuk menyamakan secara geometrik diperlukan identifikasi kemiripan objek pada kedua citra untuk kemudian menghitung persamaan perubahan atau perbedaan geometriknya. Hubungan kemiripan suatu objek ditentukan dengan menggunakan sebuah metode yaitu *image correlation* atau *image matching*. *Image matching* adalah proses menemukan poin yang sesuai dalam dua atau lebih gambar dari *scene* yang sama dan merupakan proses penting untuk berbagai aplikasi seperti *image registration* (Gianinnetto, 2012; Parmehr *et al.*, 2014), Deteksi perubahan (Qin & Gruen, 2014; Sadeghi *et al.*, 2013), dan untuk pemodelan tiga dimensi dan ilmu pemetaan (Ahmadi *et al.*, 2010; Ekhtari *et al.*, 2009; Lerma *et al.*, 2013; Mohammadi & Malek, 2014; Soheilian *et al.*, 2013). Di beberapa literatur lain konsep *image matching* dikenal dengan *Digital Image Correlation* (DIC) (Pohl & Weibrecht, 1975; Keating *et al.*, 1975).

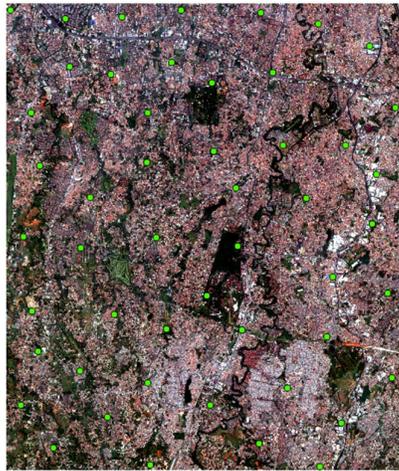
Konsep penggunaan korelasi untuk mengukur pergeseran dalam dataset telah lama dikenal, dan hal itu diterapkan pada gambar digital setidaknya sejak 1972 (Pohl & Weibrecht, 1975; Keating *et al.*, 1975). DIC pada awalnya banyak digunakan di bidang mekanika yang dipimpin oleh para peneliti di University of South Carolina pada awal tahun 1980 (Chu *et al.*, 1985; Bruck *et al.*, 1989; Peters & Ranson, 1982) dan telah dioptimalkan dan ditingkatkan dalam beberapa tahun terakhir (Sutton *et al.*, 2000; James *et al.*, 1990; Smith & Tong, 1998; Tiwari *et al.*, 2007; Kobayashi, 1993) Umumnya, DIC bergantung pada proses implementasi dari koefisien korelasi yang ditentukan dengan memeriksa intensitas piksel di dalam bagian *array* pada dua atau lebih gambar yang sesuai dan penggalan fungsi pemetaan deformasi antar gambar.

Cross correlation merupakan metode standar yang biasa digunakan untuk mengevaluasi derajat kemiripan antara dua sinyal. Hal tersebut merupakan dasar pendekatan untuk *image matching* (Duda & Hart, 1973). Namun dalam tulisan ini akan menampilkan hasil pengujian metode korelasi Pearson untuk menghitung korelasi citra sebagai dasar dalam *image registration* citra penginderaan jauh. Dengan asumsi Korelasi pearson mampu menghasilkan standart deviasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan cross correlation pada himpunan nilai korelasi dalam matrik korelasi. Hal ini diperlakukan untuk meningkatkan keyakinan terhadap registrasi titik GCP pada kedua citra (citra acuan dan citra tes)

2. METODE

Pengujian metode korelasi pearson dalam tulisan ini dilakukan dengan menggunakan dua citra SPOT 6 level orto yaitu SP6_MS_20140418_05593919_ToA sebagai citra tes dan SP6_MS_201308270243586_ToA sebagai citra acuan. kedua citra tersebut berada pada daerah yang sama yaitu di Jakarta dengan tanggal perekaman yang berbeda. Penamaan kedua citra tersebut telah mengalami perubahan dari penamaan standar dari astrium karena telah melewati proses koreksi radiometri dengan menggunakan aplikasi yang dikembangkan di Bidang Teknologi Pengolahan Data, LAPAN. Kedua citra tersebut memiliki proyeksi UTM zona 48S. Hal ini memudahkan dalam pengukuran pergeseran objek di kedua citra.

Untuk mengukur *image registration* telah dibuat sebanyak 50 titik kontrol. Semua titik kontrol dibuat secara manual dengan membuat titik pada citra acuan. Titik dibuat di atas objek yang tidak mengalami perubahan untuk waktu yang relatif lama seperti persimpangan jalan, rumah, gedung, jembatan dll. Berikut ini persebaran titik kontrol pada citra acuan.



Gambar 2.1 Persebaran titik kontrol pada citra acuan

Titik tersebut hanya berada pada salah satu piksel sehingga hanya memiliki satu nilai *digital number*. Korelasi antar citra belum bisa dihitung dengan satu digital number. Maka dibuat lah sebuah *Chip* dengan ukuran tertentu. *Chip* atau lebih dikenal sebagai GCP *chip* merupakan sekumpulan piksel yang mengelilingi GCP dan mewakili area kecil yang memiliki ciri khas (Schowengerdt, 2007). Dalam pengujian ini menggunakan window ukuran 21x21 piksel.

Window dengan ukuran 21x21 bertujuan untuk mengukur korelasi citra reference dengan citra tes. Korelasi sederhana merupakan suatu teknik statistik yang dipergunakan untuk mengukur kekuatan hubungan 2 variabel dan juga untuk dapat mengetahui bentuk hubungan antara 2 variabel tersebut dengan hasil yang sifatnya kuantitatif. Kekuatan hubungan antara 2 variabel yang dimaksud di sini adalah apakah hubungan tersebut erat, lemah, ataupun tidak erat sedangkan bentuk hubungannya adalah apakah bentuk korelasinya linear positif ataupun linear negatif.

Kekuatan hubungan antara 2 variabel biasanya disebut dengan koefisien korelasi dan dilambangkan dengan symbol “r”. Nilai koefisien r akan selalu berada di antara -1 sampai +1. Koefisien korelasi sederhana disebut juga dengan Koefisien Korelasi Pearson karena rumus perhitungan Koefisien korelasi sederhana ini dikemukakan oleh Karl Pearson yaitu seorang ahli Matematika yang berasal dari Inggris. Rumus ini disebut juga dengan Pearson Product Moment.

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

.....(1)

Dimana :

- r_{xy} = Nilai koefisien korelasi
- X = pengamatan variabel citra reference
- Y = pengamatan variabel citra tes
- N = jumlah pasangan X dan Y

Variabel citra yang digunakan adalah digital number. Jumlah variabel dari *window* berukuran 21x21 *pixel* adalah 441 variabel.

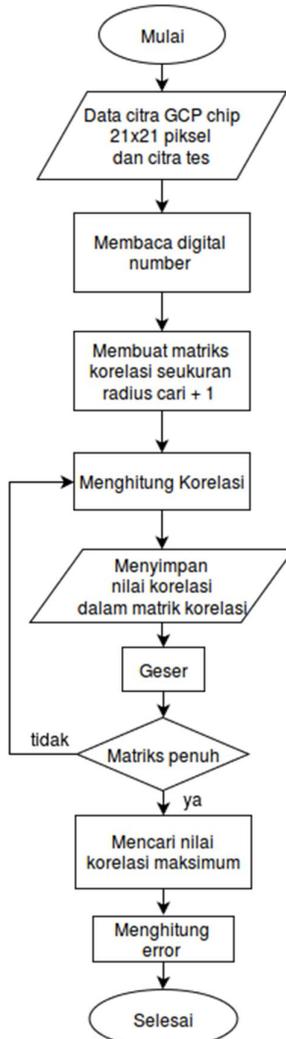
Untuk mencari koordinat yang tepat (*matched*), diperlukan beberapa kali perhitungan korelasi. Hal ini diperlukan karena adanya kemungkinan pergeseran koordinat objek pada citra tes. Dengan asumsi bahwa kedua citra tepat bertumpukan ketika koefisien korelasinya maksimum atau mendekati 1, maka diperlukan iterasi untuk mencari korelasi maksimum. Pencarian dibatasi sejauh radius cari yang dihitung dalam satuan piksel dan berporos pada titik GCP. Besar radius cari mempengaruhi jumlah koefisien korelasi. Misalnya, untuk radius cari sama dengan satu piksel, maka window tersebut digunakan untuk menghitung korelasi pada titik GCP, dan seluruh piksel yang berjarak 1 piksel dari titik GCP. Karena piksel dalam citra tersusun dalam baris dan kolom sehingga dapat digambarkan seperti berikut:



Gambar 2.2. Radius cari

Warna hijau adalah titik GCP, dan warna kuning adalah piksel yang berada pada radius 1 piksel dari GCP, sehingga terdapat 9 koefisien korelasi dalam radius cari sama dengan satu piksel. Dalam tulisan ini menggunakan radius cari sebesar 3 piksel di masing-masing titik GCP. Hal ini didasari oleh karakteristik citra SPOT 6 level ortho yang memiliki akurasi geometri sebesar 10 meter (CE90) (Geo Airbus DS, 2015)). Namun karakteristik tersebut berlaku untuk nilai RMS error bukan error per titik kontrol. Sehingga diperlukan pencarian error yang lebih besar dari RMSnya. Sedangkan resolusi spasial SPOT 6 multispektral adalah 6 meter. Dengan radius 3 piksel ini dapat mendeteksi nilai pergeseran objek pada titik kontrol hingga 3 piksel atau 18 meter. Proses *matching* ini dilakukan pada semua titik kontrol untuk mengetahui nilai pergeseran dalam *image registration*.

Keseluruhan tahap *image mathing* di masing-masing titik GCP digambarkan dalam sebuah diagram alir sebagaimana Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3. Diagram alir proses image matching

Perhitungan galat geometri citra tes terhadap citra acuan (50 GCP chip) dilakukan dengan menggunakan root mean square error (RMSE). Penulis menggunakan perhitungan RMSE atas dasar beberapa jurnal yang menyatakan bahwa di bidang geoscience, banyak menampilkan/menggunakan RMSE sebagai perhitungan

standar untuk banyak model galat (McKeen *et al.*, 2005; Savage *et al.*, 2013; Chai *et al.*, 2013). Berikut ini rumus untuk menghitung RMSE.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x' - x)^2}{n}} \dots\dots\dots(2)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y' - y)^2}{n}} \dots\dots\dots(3)$$

$$RMSE_T = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

RMSE_x : RMSE pada sumbu x

RMSE_y : RMSE pada sumbu y

RMSE_T : RMSE total pada sumbu x dan y

x' : Nomer kolom atau koordinat bumi (easting, latitude) pada citra tes

x : Nomer kolom atau koordinat bumi (easting, latitude) pada citra acuan

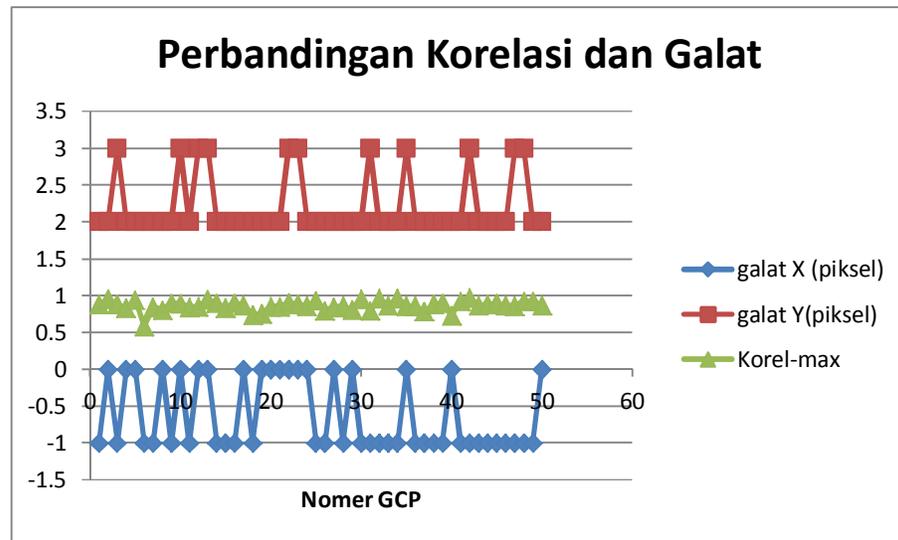
y' : Nomer baris atau koordinat bumi (northing, longitude) pada citra tes

y : Nomer baris atau koordinat bumi (northing, longitude) pada citra acuan

n : Jumlah titik GCP atau GCP chip

3. HASIL dan PEMBAHASAN

Pengujian metode ini menghasilkan beberapa nilai, antara lain: nilai korelasi maksimum, galat pergeseran sumbu x dan sumbu y, yang diukur dari masing-masing GCP chip. Guna mempermudah dalam melakukan analisis hubungan antara koefisien korelasi dengan nilai galat pergeseran, maka penulis membuat kurva yang menghubungkan antara galat pergeseran dan koefisien korelasi.

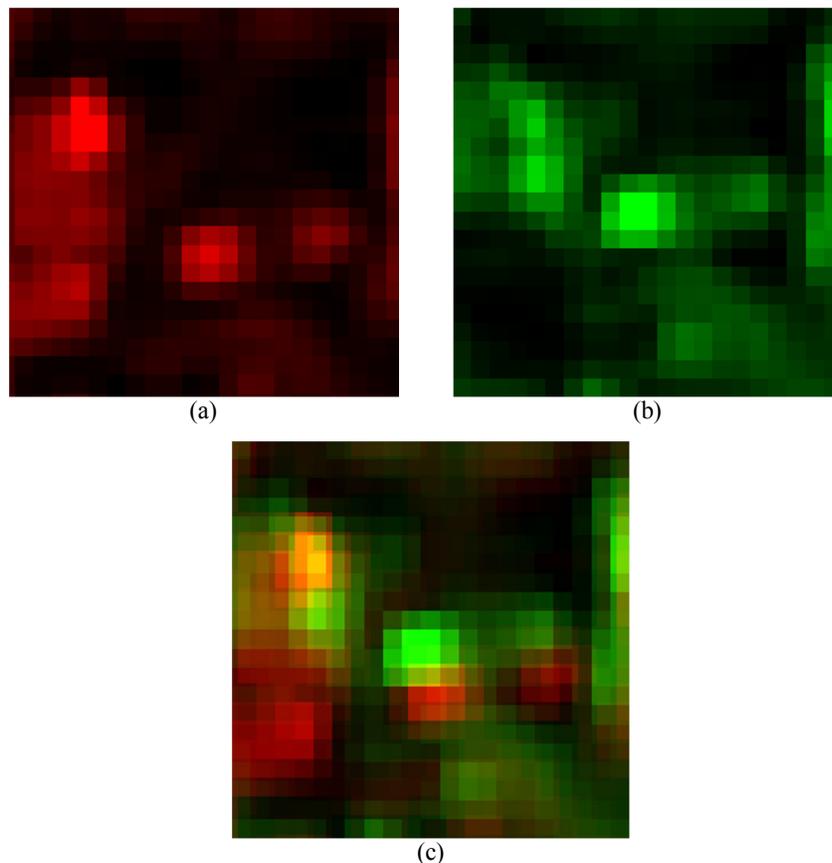


Gambar 3.1. Grafik perbandingan korelasi dan galat

Dari data perbandingan korelasi dan galat, nilai koefien korelasi tidak mempengaruhi galat. Nilai galat berbeda-beda di setiap GCP. Kenaikan nilai korelasi tidak berhubungan dengan perubahan nilai galat. Hal ini dikarenakan koefisien korelasi memiliki fungsi untuk mendeteksi kemiripan pola objek yang terdapat pada GCP chip dengan citra korelasi, sedangkan galat dipengaruhi oleh terjadinya perbedaan koordinat objek pada GCP chip dan citra tes.

Rendahnya koefisien korelasi disebabkan oleh perubahan pola *digital number* pada objek yang teramati. Dari data pengujian ini ditemukan nilai terendah koefisien korelasi pada GCP chip nomer 5 dengan nilai 0.585041, untuk itu perlu dilakukan pengecekan secara visual untuk mendapatkan informasi penyebab rendahnya nilai koefisien korelasi. Berikut ini citra perbandingan atara GCP chip dengan citra tes yang

dilihat secara visual untuk membuktikan adanya perubahan lahan yang menyebabkan nilai koefisien korelasi menjadi rendah.



Gambar 3.2. Perbandingan citra SPOT 6 multispectral band 3, (a) kanal merah yang ditempati citra tes SP6_MS_20140418_05593919_ToA.ers yang sejajar (*overlap*) dengan GCP chip, (b) kanal hijau ditempati oleh citra gep_window21x21_5.ers berukuran 21x21 piksel diambil dari citra SP6_MS_201308270243586_ToA.ers

Dengan menggunakan rumus RMSE, maka diperoleh nilai $RMSE_T$ dari 50 titik GCP chip berukuran 21x21 dengan menggunakan band red sebesar 2.39 dalam satuan piksel. Jika hasil tersebut dikalikan dengan resolusi spasial SPOT6 multispectral yaitu 6 meter maka menghasilkan nilai 14.35 meter. Hasil ini menunjukkan bahwa diantara kedua citra SPOT 6 multispectral level ortho standar memiliki selisih 4.35 meter dari klaim yang disampaikan Astrium atau Airbus, yang mengkaji kendala dalam pengujian ini yakni tidak adanya citra acuan yang dianggap benar secara geometrik seperti yang dipublikasikan oleh USGS berupa GLS2000 (Global Line Survei). GLS2000 merupakan citra Landsat yang diakuisisi sekitar tahun 2000 yang telah melalui ortho rektifikasi yang dianggap memiliki ketepatan geometrik yang tinggi yang bisa dijadikan acuan dalam pengukuran kualitas geometrik Landsat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh dari perhitungan matematis dan dibantu dengan validasi secara visual pada kedua citra diperoleh kesimpulan bahwa korelasi pearson dapat digunakan untuk identifikasi objek pada dua citra dengan menggunakan prinsip *digital image correlation* yang diaplikasikan untuk *image registration*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chai, T., dan Draxler, R.R. (2014). Root Mean Square Error (RMSE) Or Mean Absolute Error (MAE)? – Arguments Against Avoiding RMSE In The Literature, *Geosci. Model Dev*, 7:1247–1250
- Duda, R.O., dan Hart, P.E. (1973). *Pattern Classification and Scene Analysis*, Wiley.

- Geo Airbus, D.S. (2015). SPOT 6/7 Satellite Imagery, cited in <http://www.geo-airbusds.com/en/147-spot-6-7-satellite-imagery> [2 September 2015]
- Mather, P.M. (2005). Computer processing of remotely-sensed images : an introduction, Wiley. ISBN: 978-0-470-02101-9
- Rao, Y.R., Prathapani, N., dan Nagabhooshanam, E. (2014). Application Of Normalized Cross Correlation To Image Registration, IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology eISSN: 2319-1163 pISSN: 2321-7308
- Schowengerdt, R.A. (2007). Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing, Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-369407-2
- Sedaghat, A., dan Ebadi, H. (2015). Distinctive Order Based Self-Similarity Descriptor for Multi-sensor Remote Sensing Image Matching, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 108:62–71
- Wikipedia (2015). Digital Image Correlation, cited in https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image_correlation [15 September 2015]
- Wikipedia (2015). Pearson Product-Moment Correlation Coefficient, cited in https://en.wikipedia.org/wiki/Pearson_product-moment_correlation_coefficient [7 September 2015]
- Zitova, B., dan Flusser, J. (2003). Image Registration Methods: a survey, Image and Vision Computing 21:977–1000.

*) Makalah ini telah diperbaiki sesuai dengan saran dan masukan pada saat diskusi presentasi ilmiah

BERITA ACARA POSTER PRESENTASI ILMIAH SINAS INDERAJA 2015

Judul Makalah : Pengujian Metode Korelasi Pearson untuk Image Registration pada Citra SPOT 6 Ortho Standar
Pemakalah : Randy Prima Brahmantara
Jam : 10.30-15.00
Tempat : Ball Room 2 & 3
Diskusi :

Erna Sri Adiningsih (Pustekdata, LAPAN):

Mengapa digunakan korelasi Pearson pada image registration SPOT 6? Apa asumsi-asumsi yang mendasari?

Jawaban:

Korelasi pearson memiliki standar deviasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan *cross correlation*. Dalam image registration ini kami menghendaki adanya standart deviasi yang besar untuk meyakinkan adanya pergeseran atau tidak adanya pergeseran. Dengan asumsi semakin besar deviasi pada matrik korelasi maka akan meningkatkan keyakinan bahwa kedua citra telah ter-*registered* .

Asumsi semakin besar deviasi pada matrik korelasi maka akan meningkatkan keyakinan bahwa kedua citra telah ter-*registered* .

anonim:

Mengapa tidak menggunakan radius cari 2 piksel, karena $2 \times 6m > 10m$?

Jawaban:

Dengan menggunakan radius cari lebih dari 2 piksel, diharapkan bisa mendeteksi adanya titik yang memiliki error lebih dari 2 piksel (18 meter). Spesifikasi error pergeseran yang disampaikan pada web resmi (<http://www.geo-airbusds.com/en/147-spot-6-7-satellite-imagery>) adalah untuk error RMS dari keseluruhan titik kontrol dengan kriteria CE 90 bukan error di masing-masing titik kontrol.