

**ANALISIS PENINGKATAN KUALITAS GEOMETRI DENGAN
MENGUNAKAN TITIK IKAT *BUNDLE ADJUSTMENT* (STUDI KASUS
DATA PLEIADES WILAYAH KABUPATEN MADIUN DAN KABUPATEN
MAGETAN)**

**(ANALYSIS OF GEOMETRIC QUALITY USING TIE POINT BUNDLE
ADJUSTMENT CASE STUDY PLEIADES DATA IN KABUPATEN
MADIUN AND KABUPATEN MAGETAN)**

Inggit Lolita Sari^{1, a}, Randy Prima Brahmantara^{1, b}

¹ Pusat Teknologi Dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN

e-mail: inggit.lolita@lapan.go.id

^aKontributor Utama, ^bKontributor Anggota

Diterima: 15 November 2018; Direvisi: 8 Januari 2019; Disetujui: 11 Januari 2019

ABSTRACT

Recently, the utilization of very high spatial resolution data such as Pleiades has reached at a high demand. Particularly to support disaster mitigation, where automation and fast image processing are necessary and unavoidable. Pleiades imagery has been acquired at LAPAN ground station starting in 2018. This study examines the improvement of the Pleiades images geometry accuracy processed using the bundle adjustment (BA) method in order to support image mosaicking where case study is located in the Madiun regency and the Magetan regency. This method uses parameters to relate the geometry between scenes by using tie points. These points are located in the intersection area between scenes. Geometry quality assessment of the imagery produced using BA correction are measured by comparing between the coordinate of the imagery and the coordinates obtained from the field measurement. The assessment shows that BA geometry correction has improved the geometry quality of the images which nearly similar to the field measurement and achieved a better geometry accuracy compare to the images processed without BA method.

Keywords: *Bundle Adjustment, Mosaic, Systematic Correction, Pleiades*

ABSTRAK

Pemanfaatan data resolusi spasial sangat tinggi seperti Pleiades saat ini mengalami permintaan yang tinggi. Salah satu pemanfaatan data ini untuk mendukung kebencanaan, dimana proses pengolahan otomatisasi dan cepat sangat diperlukan dan tidak terhindarkan. Citra Pleiades telah diakusisi oleh stasiun bumi LAPAN di tahun 2018. Penelitian ini mengkaji tentang peningkatan kualitas geometri citra Pleiades dengan metode titik ikat *bundle adjustment* (BA) untuk proses mosaik dengan wilayah studi di wilayah Kabupaten Madiun dan Magetan. Metode ini menggunakan parameter keterkaitan geometri antar *scene*. Keterkaitan tersebut dihubungkan dengan membuat titik ikat. Titik-titik ini berada di area pertampalan antar *scene*. Citra hasil proses koreksi geometri BA akan dilakukan penilaian kualitas hasil koreksi geometrinya dengan membandingkan data koordinat pengukuran lapangan. Hasil penilaian kualitas akurasi koreksi geometri menunjukkan bahwa koreksi geometri menggunakan metode BA lebih mendekati titik koordinat pengukuran lapangan dibandingkan koreksi geometri tanpa BA.

Kata kunci: *Titik Ikat, Mosaik, Koreksi Geometri Sistematis, Pleiades*

1 PENDAHULUAN

Pleiades merupakan salah satu citra satelit dengan permintaan pengguna yang tinggi, antara lain untuk penanganan bencana alam seperti, wilayah terdampak tsunami dan longsor (Copernicus EMS, 2018; Đurić *et al.*, 2017). Citra Pleiades memiliki resolusi spasial yang dapat mengidentifikasi objek terkecil dilapangan 0,5 m dan memiliki lebar sapuan 20 km di nadir (Postelniak, 2014; Gaudin-Delrieu *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2017). Pemanfaatan data Pleiades untuk wilayah yang lebih luas memerlukan proses mosaik. Kajian proses mosaik diperlukan untuk mendapatkan hasil mosaik yang kontinu dan waktu pemrosesan yang cepat. Kajian diperlukan karena pada citra yang terkoreksi sistematis per *scene* masih terdapat perbedaan kualitas hasil koreksi geometri yang dipengaruhi oleh sudut pandang satelit (*incident angle*), topografi, kesalahan geometri akibat sistem proyeksi dan faktor-faktor dari satelit. Di sisi lain, untuk menghasilkan mosaik citra yang kontinu akan membutuhkan banyak titik ikat lapangan (*Ground Control Points/GCPs*). Namun pada kenyataannya beberapa lokasi tidak tersedia titik GCPs dikarenakan aksesibilitas mendapatkan GCPs yang terbatas dan biaya yang tinggi.

Salah satu metode mosaik yang dapat memperbaiki kualitas koreksi geometri dengan meminimalkan penggunaan GCPs adalah metode

bundle adjustment (BA). Metode ini dapat memperbaiki seluruh bagian pergeseran data baik dalam bentuk titik, garis dan kurva (McLauchlan & Jaenicke, 2002). Ravanbakhsh *et al.* (2012) menggunakan metode BA untuk melakukan mosaik 9560 *scene* citra ALOS PRISM menggunakan model strip BA yang dikoreksi terhadap citra acuan, bertujuan untuk mengurangi jumlah titik GCPs yang digunakan. Mosaik BA juga diterapkan pada area pegunungan terhadap data Landsat 7 ETM+, sehingga memerlukan sedikit GCPs (Toutin, 2003). Metode ini menghasilkan peningkatan akurasi dari 25 meter menjadi 13-15 meter pada mosaik citra ZY-3 dengan metode Rigourous yang dilakukan tanpa menggunakan titik GCPs (Zhang *et al.*, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan hasil akurasi koreksi geometri pada proses mosaik citra Pleiades, yaitu menggunakan metode titik ikat BA. Penilaian akurasi geometri hasil proses koreksi geometri dengan BA dilakukan dengan membandingkan kooordinat data lapangan sebagai data referensi, yaitu berupa titik *independent control point* (ICP).

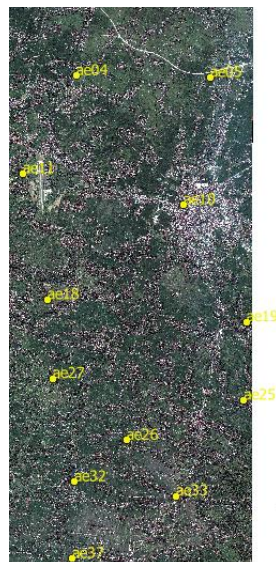
2 METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

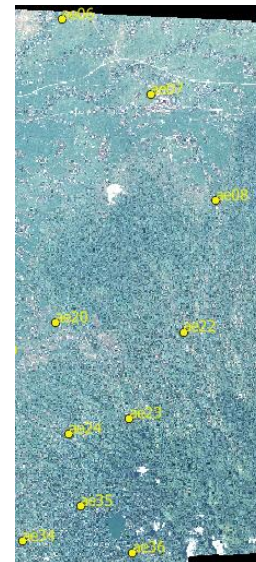
Penelitian ini menggunakan 3 *scene* citra Pleiades di wilayah Kabupaten Madiun dan Magetan dengan posisi 7°28'38.65"LS - 7°51'9.82"LS dan 111°11'54.68"BT - 111°41'43.69"BT



Scene A, 23 Juli 2017
Incidence angle: 19,745



Scene B, 25 Mei 2017
Incidence angle: 15,265



Scene C, 25 Mei 2017
Incidence angle: 21,709

Gambar 2-1: Tiga scene Pleiades wilayah Kab. Madiun dan Magetan dan sebaran titik lapangan

dengan ketinggian wilayah hingga lebih dari 2000 m.

Citra Pleiades yang digunakan diakusisi pada tanggal 23 Juli 2017 dengan sudut 19,75, dan dua (2) scene tanggal 25 Mei 2017 dengan sudut berbeda 15,26 dan 21,71. Ketiga lokasi citra berada pada topografi yang berbeda. Lokasi dan data tiap scene terdapat dalam Gambar 2-1.

Data Pleiades yang digunakan adalah level *primary*/asli yaitu mendekati parameter sensor. Data level ini belum terkoreksi geometri dan radiometri. Pada data level ini terdapat informasi RPC (*Rational Polynomial Coefficients*) dan metadata yang berisi parameter interior dan eksterior orientasi sensor yang dibutuhkan untuk koreksi secara sistematis, antara lain model *Rational Function* dan *Rigorous*.

ICP sebagai titik cek diukur dari survei lapangan dengan pengambilan koordinat pada objek-objek yang mudah diidentifikasi pada citra digunakan untuk menguji akurasi citra hasil koreksi geometrik. Penempatan titik-titik ICP diusahakan terdistribusi merata. Sebanyak 37 titik ICP yang diambil pada tanggal 9 – 14 Maret 2018 dengan menggunakan GPS geodetik sistem GNSS yang memiliki presisi hingga 0,05 m.

Lokasi titik koordinat lapangan tersebar merata pada ketinggian yang beragam. Data DEM sebagai referensi

ketinggian untuk proses orthorektifikasi ini adalah SRTM 30 m.

2.2 Metode Penelitian

Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki kesalahan geometrik citra satelit yang disebabkan oleh posisi satelit, kecepatan satelit, orientasi sensor, integrasi waktu, dan bidang pandang satelit. Koreksi orthorektifikasi penelitian ini dilakukan secara sistematis tanpa menggunakan titik ikat lapangan (GCPs), yaitu hanya menggunakan informasi *rational polynomial coefficients* (RPCs) dengan metode titik ikat BA antar scene yang dilakukan di software PCI. Hasil koreksi geometri berupa citra tegak (*planar*) untuk memetakan dan mengekstrak informasi dimensi, seperti lokasi, jarak, panjang, luasan, dan volume.

Metode koreksi orthorektifikasi sistematis per scene dilakukan menggunakan informasi dari RPCs. RPCs merupakan parameter hasil perbandingan antara koordinat 3D permukaan bumi dengan 2D citra, parameter ini digunakan untuk koreksi geometri citra tanpa memerlukan informasi model fisik sensor (Dial & Grodecki, 2002) serta tanpa menggunakan GCPs (Grodecki & Dial, 2003). Sistem proyeksi pada proses ini menggunakan UTM (Universal Transverse Mercator) dan datum WGS 84.

Proses penggunaan RPCs pada metode *Rational Function* substitusi sebagai berikut;

$$L = R_L(\phi, \lambda, h) \dots \dots \dots (1)$$

$$S = R_S(\phi, \lambda, h) \dots \dots \dots (2)$$

(ϕ, λ, h) = *latitude, longitude*, dan elevasi

L = normalisasi nilai piksel baris

S = normalisasi nilai piksel kolom

R_L, R_S = RF untuk baris dan kolom merupakan fungsi polinomial orde ketiga dari (ϕ, λ, h) .

Pengolahan orthorektifikasi menggunakan RPCs dan titik ikat BA akan menghasilkan akurasi lebih baik dari pada koreksi yang menggunakan RPCs tanpa BA (Cheng *et al.*, 2003). Pengolahan dilakukan menggunakan software PCI yang menyediakan fungsi, antara lain otomatisasi titik ikat BA dan mosaik dengan DEM SRTM 30m sebagai data ketinggiannya.

Metode BA menggunakan teknik korelasi citra, *edge matching*, menghitung secara otomatis *control point* dan titik ikat antara *scene* yang bertampalan (*overlap*). Namun apabila hasil *auto-matching* tidak bagus, maka perbaikan teknik BA dapat dilakukan dengan perbaikan manual penambahan titik ikat dan GCPs. Koreksi BA dilakukan antar *scene* pankromatik untuk mendapatkan otomatisasi titik ikat antar *scene*-nya.

Titik ikat diperoleh dari kenampakan objek (*feature*) yang mudah diidentifikasi oleh dua atau lebih citra yang bertampalan dan digunakan sebagai titik referensi. Proses *automatic* titik ikat menggunakan metode *Normalized Cross-Correlation* (NCC) yang menghitung koefisien korelasi dari nilai keabuan piksel dalam ukuran *window* tertentu dari dua citra. Langkah selanjutnya adalah mengkoreksi citra multispektralnya mengacu pada titik ikat citra pankromatik. Hasil pengolahan berupa citra pankromatik dan multispektral tiap *scene*. Tahapan proses teknik koreksi geometri menggunakan titik ikat BA hingga proses mosaik antar *scene* terdapat dalam Gambar 2-2.

Tahapan selanjutnya sebelum proses mosaik adalah koreksi

radiometri per *scene* yang dilakukan untuk mengembalikan nilai reflektan objek yang terganggu akibat gangguan atmosfer, perbedaan jarak bumi-matahari, kalibrasi sensor, dan pengaruh topografi. Koreksi radiometri menggunakan metode *Top of Atmospheric* dan *Bidirectional Reflectance Distribution Function* (Airbus, 2018). Koreksi ini menggunakan parameter yang disediakan dalam metadata. Proses koreksi radiometri dilakukan sebelum proses pansharpening.

Penerapan koreksi radiometri ini menggunakan persamaan berikut;

$$Reflectance = BRDF (Gain \times DN + Offset)$$

$$Gain = \frac{\pi \times 10000}{g \times I \times \cos(zen)} \times d^2 \dots \dots \dots (3)$$

$$Offset = \frac{\pi \times b \times 10000}{I \times \cos(zen)} \times d^2 \dots \dots \dots (4)$$

$$Koefisien BRDF = 1 + \frac{\sin(incx)}{6} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

g = *gain* sensor

b = bias sensor

d = jarak matahari

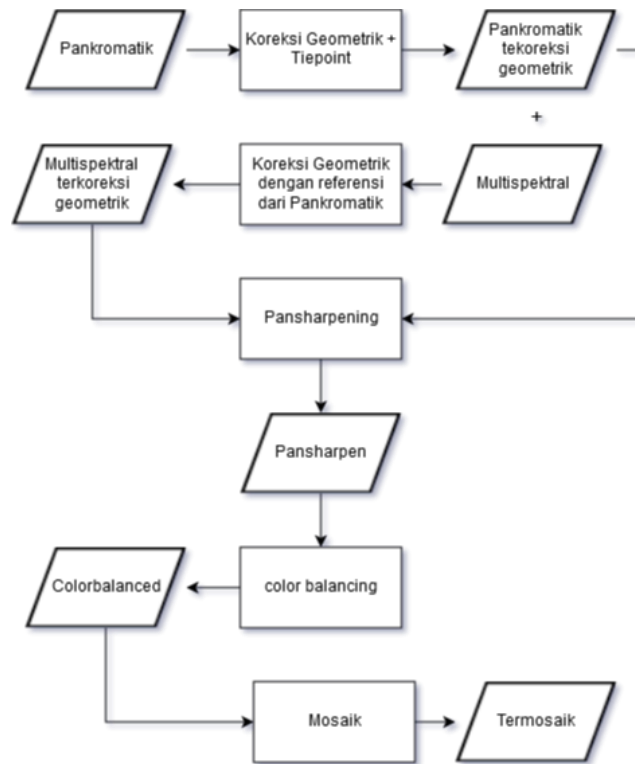
I = *irradiance*

zen = *Sun zenith angle (center of scene)*

$incx$ = *Incidence angle across track (center of scene)*.

Hasil pengolahan nilai reflektan disimpan dalam format *unsigned 16bit integer* dan bukan dalam format *float 32bit* untuk memperkecil ukuran penyimpanan data dan kemudian nilai reflektan akan dikalikan dengan 10000. Proses ini merubah nilai reflektan yang sebelumnya dalam desimal akan menjadi nilai satuan bulat.

Tahapan berikutnya setelah koreksi radiometri adalah proses pansharpening dilakukan untuk menghasilkan citra multispektral dengan resolusi spasial 0,5 meter. Metode yang digunakan adalah metode dari *University of New Brunswick* (UNB) yang mampu menghasilkan citra dengan kualitas yang konsisten baik untuk semua sensor. Hal tersebut telah dievaluasi dan dianalisis dengan sembilan algoritma pembandingan (Zhang & Mishra, 2014). Metode ini adalah menggunakan pendekatan *least square* dari nilai keabuan *band* multispektral dan pankromatik untuk nilai penggabungan terbaik.



Gambar 2-2: Tahapan pengolahan mosaik BA

Tahapan selanjutnya proses mosaik antar scene yang dilakukan untuk menghasilkan *seamless mosaicking* dengan tahapan normalisasi dan *color balancing*, salah satunya dengan menggunakan metode *adaptive filter*.

Hasil koreksi geometrik menggunakan metode BA akan dilakukan penilaian akurasi geometri secara kuantitatif dan kualitatif. Secara kuantitatif akurasi geometrik dihitung dengan rumus RMSE (*root mean square error*) dan CE90. Koordinat pada citra hasil koreksi geometrik dihitung nilai pergeseran horisontal berdasarkan titik ICP sebagai referensi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(x-x_1)^2+(y-y_1)^2}{n}} \dots\dots\dots(6)$$

$$CE90 = 1,5175 * RMSE \dots\dots\dots(7)$$

- x = koordinat easting pada citra
- x_1 = koordinat easting ICP
- y = koordinat northing pada citra
- y_1 = koordinat northing ICP
- n = jumlah titik pengamatan

Hasil penilaian akurasi geometri tersebut dilakukan dengan membandingkan proses koreksi geometri dengan dua metode, yaitu proses koreksi geometri tanpa

menggunakan BA dan proses koreksi geometri dengan menggunakan BA.

3 HASIL PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penilaian akurasi geometri, menunjukkan adanya peningkatan akurasi geometri yang dilakukan dengan menggunakan metode titik ikat BA. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3-1, yaitu terdapat peningkatan akurasi pada lokasi pengukuran terhadap data lapangan, yaitu dengan kenaikan akurasi CE90 dari sebesar 7,973185 m menjadi 5,175952615 m.

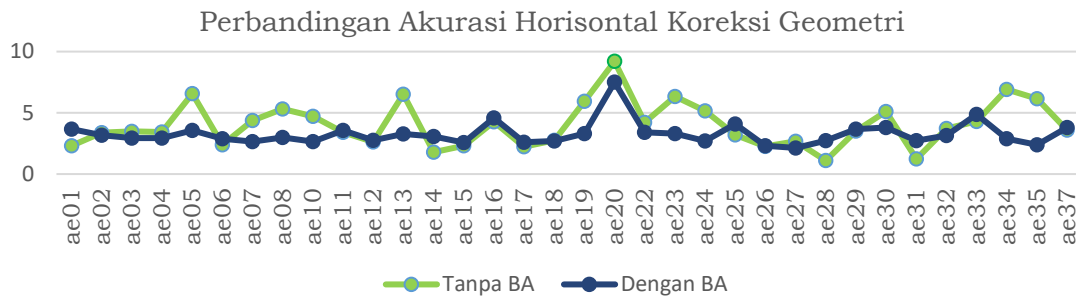
Analisis secara kualitatif, menunjukkan peningkatan kualitas akurasi geometrik dengan metode BA secara signifikan lebih terlihat pada area pertampalan hasil mosaik. Hal ini dikarenakan metode BA melakukan koreksi geometri untuk keseluruhan area. Pada Gambar 3-2 menunjukkan bahwa kualitas metode mosaik BA yang menghasilkan citra lebih kontinu dan *seamless* dibandingkan dengan metode mosaik manual atau tanpa BA. Hal ini ditunjukkan pada area pertampalan yang tidak kontinu untuk citra mosaik tanpa BA yang dapat dilihat pada lingkaran warna kuning, begitu juga hasil yang tidak *seamless* untuk *color*

balancing yang ditunjukkan pada lingkaran warna biru.

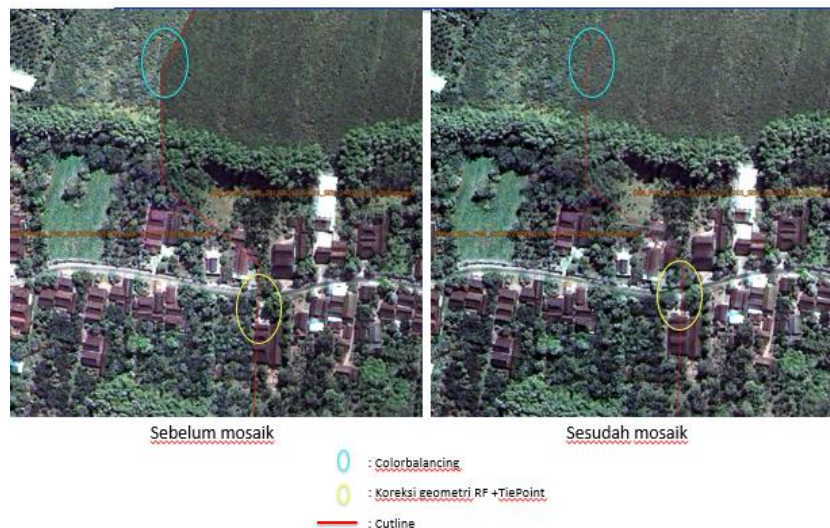
Berdasarkan hasil penilaian akurasi geometri, menunjukkan bahwa koreksi geometri BA sistematis pada penelitian ini dapat digunakan untuk pemetaan skala 1:10.000 – 1:25.000 (Perka Kepala BIG, 2014). Upaya peningkatan akurasi untuk pemenuhan pemetaan skala lebih besar atau sama dengan 1:5.000 dapat dilakukan dengan perbaikan metode, antara lain

perbaikan kualitas DEM yang digunakan dan penambahan titik GCPs pada saat proses koreksi geometrik BA (Mercuri *et al.*, 2006)

Perbaikan kualitas DEM diperlukan, dimana pada data resolusi sangat tinggi seperti Pleiades memerlukan DEM dengan *absolute* vertikal akurasi yang tinggi, terutama pada daerah pegunungan.



Gambar 3-1: Grafik nilai akurasi hasil koreksi geometrik tanpa BA dan dengan BA.



Gambar 3-2: Hasil mosaik sebelum menggunakan BA (kiri) dan sesudah menggunakan BA dan normalisasi color balancing (kanan).



Gambar 3-3: Kualitas hasil pansharpening menunjukkan secara visual ketelitian objek.



Gambar 3-4: Hasil mosaik beberapa citra Pleiades Kabupaten Madiun dan Kab Magetan (tampilan diperkecil).

Hasil dari kualitas koreksi geometri dan proses pansharpening pada rangkaian proses untuk mosaik citra secara otomatis juga secara rinci dapat dilihat pada Gambar 3-3, yang menunjukkan ketegasan objek/tidak terdapat pergeseran. Adapun Gambar 3-4, menunjukkan hasil mosaik citra Pleiades yang kontinu atau *seamless* yang dilakukan secara otomatisasi dengan rangkaian proses pengolahan dari proses koreksi geometri dengan BA hingga proses mosaik untuk wilayah Kabupaten Madiun dan Magetan.

4 KESIMPULAN

Metode pengolahan mosaik otomatisasi dengan menggunakan metode titik ikat BA telah dapat dilakukan di LAPAN. Tahapan dalam proses pengolahan tersebut adalah; koreksi geometrik sistematis RPCs BA, koreksi radiometrik (ToA dan BRDF), pansharpening (UNB), dan mosaik *color balancing*.

Hasil koreksi geometrik sistematis menggunakan metode titik ikat BA diuji secara kuantitatif dan kualitatif. Uji akurasi geometri menunjukkan peningkatan akurasi CE90 yaitu dari tanpa BA 7,973185 m menjadi sebesar 5,175952615 m. Secara kualitatif hasil koreksi geometrik dengan titik ikat BA dapat memperbaiki kesalahan pada daerah pertampalan antar citra, seperti pada objek jalan yang sudah tersambung dengan baik dan objek rumah yang tidak terpotong.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Ir. Dedi Irawadi selaku Kepala Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh beserta jajarannya yang telah memberikan data dan fasilitas pengolahan serta terimakasih kepada narasumber Ir. Kustiyo., MSi dan Dr. Ir. M. Eng Sidik Mulyono atas saran masukan dalam penulisan. Kegiatan penelitian ini terlaksana atas pendanaan dari program Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional (INSINAS) Gelombang I TA 2018 No.11/INS-1/PPK/E4/2018.

DAFTAR RUJUKAN

- Airbus (2018). Pleiades User Guide and Application Guide. Retrieved from <https://www.intelligence-airbusds.com/en/8718-user-guides>.
- Cheng, P., Toutin, T., Zhang, Y., & Wood, M. (2003). QuickBird-geometric correction, path and block processing and data fusion. *Earth Observation Magazine*, 12(3), 24-30. Retrieved from http://www.pcigeomatics.com/pdf/eom_quickbird_2003.pdf.
- Copernicus EMS. (2018). EMSR317: Earthquake in Indonesia. Retrieved from <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR317>.
- Dial, G., & Grodecki, J. (2002). IKONOS accuracy without ground control. Paper presented at the Proceedings of ISPRS Commission I Mid-Term Symposium. ISPRS Archives – Volume XXXIV Part 1, 2002. Retrieved from <https://www.isprs.org/proceedings/xxxiv/part1/paper/00042.pdf>
- Đurić, D., Mladenović, A., Pešić-Georgiadis, M., Marjanović, M., & Abolmasov, B. (2017). Using multiresolution and multitemporal satellite data for post-disaster landslide inventory in the Republic of Serbia. *Journal of Landslides*, 14(4), 1467-1482. <https://doi.org/10.1007/s10346-017-0847-2>.
- Gaudin-Delrieu, C., Lamard, J.-L., Cheroutre, P., Bailly, B., Dhuicq, P., & Puig, O. (2017). The high resolution optical instruments for the Pleiades HR Earth observation satellites (Vol. 10566): SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2308258>.

- Grodecki, J., & Dial, G. (2003). Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational polynomials. *Journal of Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(1), 59-68. <https://doi.org/10.14358/PERS.69.1.59>.
- Li, S., Tang, H., Huang, X., Mao, T., & Niu, X. (2017). Automated Detection of Buildings from Heterogeneous VHR Satellite Images for Rapid Response to Natural Disasters. *Journal of Remote Sensing*, 9(11), 1177. <https://doi.org/10.3390/rs9111177>.
- McLauchlan, P. F., & Jaenicke, A. (2002). Image mosaicing using sequential bundle adjustment. *Journal of Image and Vision computing*, 20(9-10), 751-759. doi:[https://doi.org/10.1016/S0262-8856\(02\)00064-1](https://doi.org/10.1016/S0262-8856(02)00064-1).
- Mercuri, P. A., Engel, B., & Johannsen, C. (2006). Evaluation and accuracy assessment of high-resolution IFSAR DEMs in low-relief areas. *International Journal of Remote Sensing*, 27(13), 2767-2786. <https://doi.org/10.1080/01431160500491716>
- Perka Kepala BIG, (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 2014, 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Bogor: Badan Informasi Geospasial. Retrieved from http://jdih.big.go.id/media/resources/files/law/tUF25Yj2xW_Perka_Ketelitian_Peta_Dasar_-_Salinan.pdf.
- Postelniak, A. (2014). Geometric potential of Pléiades 1A satellite imagery. *Journal of GeoScience Engineering*, 60(3), 19-27. <https://doi.org/10.2478/gse-2014-0014>.
- Ravanbakhsh, M., Wang, L., Fraser, C., & Lewis, A. (2012). Generation of the Australian geographic reference image through long-strip ALOS PRISM orientation. *Proc. Int. Archives Photogramm., Remote Sens. Spatial Inf. Sci*, 39, 225-229. <https://doi.org/10.5194/isprsrarchives-XXXIX-B1-225-2012>.
- Toutin, T. (2003). Block bundle adjustment of Landsat 7 ETM+ images over mountainous areas. *Journal of Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(12), 1341-1349. <https://doi.org/10.14358/PERS.69.12.1341>.
- Zhang, Y., & Mishra, R. K. (2014). From UNB PanSharp to Fuze Go—the success behind the pan-sharpening algorithm. *International Journal of Image and Data Fusion*, 5(1), 39-53. <https://doi.org/10.1080/19479832.2013.848475>.
- Zhang, Y., Zheng, M., Xiong, X., & Xiong, J. (2015). Multistrip bundle block adjustment of ZY-3 satellite imagery by rigorous sensor model without ground control point. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12(4), 865-869. doi:10.1109/LGRS.2014.2365210.