

## Penggunaan Data DEM Untuk Meningkatkan Akurasi Citra Pada Koreksi Geometri Sistematis

Oleh:  
Patria Rachman Hakim\*  
Abdul Rahman\*\*  
Suhermanto\*\*  
Elvira Rachim\*

### Abstrak

Koreksi geometri sistematis pada pra-pengolahan citra diterapkan untuk mengolah data mentah yang diperoleh dari satelit (*spaceborne*) atau pesawat (*airborne*) menggunakan bantuan data ancillary berupa data posisi dan orientasi kamera selama pengamatan berlangsung. Upaya untuk meningkatkan kualitas (akurasi posisi) citra hasil koreksi geometri sistematis salah satunya adalah menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*), yang dimasukkan ke dalam algoritma koreksi geometri sistematis tersebut. Pada penelitian ini, algoritma koreksi DEM pada modul koreksi geometri sistematis disimulasikan menggunakan perangkat lunak Matlab. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan data DEM pada koreksi geometri sistematis dapat meningkatkan kualitas (akurasi posisi) citra hasil koreksi. Pada data citra *airborne*, penerapan algoritma ini dapat menghasilkan akurasi lebih baik sebesar 1000-2000 meter bergantung pada bentuk topografi permukaan bumi yang diamati. Sedangkan untuk citra *spaceborne*, akurasi citra meningkat sebesar 5-10 piksel atau sekitar 150-300 meter untuk citra dengan resolusi spasial 30 meter. Diharapkan melalui penggunaan data ancillary yang digabung dengan data DEM dalam penyusunan algoritma koreksi sistematis geometri, dapat meningkatkan akurasi koreksi geometri sistematis secara keseluruhan.

Kata kunci: koreksi geometri sistematis, data ancillary, topografi, DEM

### Abstract

Systematic geometric correction processes raw image data obtained from satellite (*spaceborne*) or airplane (*airborne*) with addition of ancillary data such as camera position and orientation data during observation. One way to improve quality of image resulted from systematic geometric correction is by using DEM (*Digital Elevation Model*) data in correction algorithm. In this research, DEM correction algorithm is simulated using Matlab software. Test result shows that DEM implementation in systematic geometric correction can improve the quality of corrected image. On *airborne* image data, DEM corrected image will have a better accuracy around 1000-2000 meters, depends on topography of earth surface that being observed. While on *spaceborne* image data, corrected image accuracy will improve around 5-10 pixels or around 150-300 meter in earth surface with image spatial resolution of 30 meter. This image accuracy enhancement, together with another accuracy enhancement method such as ancillary data processing, is expected can produce corrected image with much better accuracy.

Keywords: systematic geometric correction, ancillary data, topography, DEM

## 1. PENDAHULUAN

Data citra yang diperoleh dari satelit (*spaceborne*) atau dari pesawat terbang (*airborne*) masih mengandung beberapa jenis distorsi geometrik. Untuk meminimalisasi distorsi yang terjadi pada citra tersebut maka dilakukan berbagai pengolahan dan koreksi terhadap citra mentah tersebut. Salah satu pengolahan yang dilakukan adalah koreksi geometri sistematis yang akan mengolah data citra mentah tersebut untuk menghasilkan citra dengan kualitas yang lebih baik. Khusus untuk kamera dengan tipe *imager pushbroom* atau *wiskbroom* maka metode koreksi geometri sistematis yang harus dilakukan akan menjadi lebih kompleks. Umumnya koreksi geometri sistematis dilakukan oleh pihak pemilik satelit karena membutuhkan informasi berupa data citra mentah dan data ancillary berupa data posisi dan orientasi kamera selama proses pengamatan. Citra yang dihasilkan diharapkan sudah berupa peta planimetrik dimana arah orientasi citra sudah sesuai dengan keadaan sebenarnya. Selain itu setiap piksel pada peta planimetrik yang dihasilkan tersebut memiliki posisi titik koordinat di permukaan bumi walaupun dengan akurasi yang tidak terlalu baik. Untuk dapat menghasilkan peta dengan akurasi

\* Peneliti Bidang Teknologi Muatan Satelit Pusteksat-LAPAN

\*\* Peneliti Madya Pusat Teknologi Satelit Pusteksat-LAPAN

yang lebih tinggi maka dilakukan koreksi geometri nonsistematis dengan cara membandingkannya dengan peta referensi.

Untuk dapat meningkatkan akurasi citra hasil koreksi geometri sistematis maka dapat dilakukan beberapa cara. Cara pertama adalah dengan meningkatkan kualitas dari data *ancillary* yang digunakan dalam koreksi. Cara kedua adalah menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) pada proses koreksi geometri sistematis. Sebenarnya faktor DEM merupakan salah satu faktor dalam topografi permukaan bumi. Faktor lainnya adalah bentuk kelengkungan bumi tetapi faktor ini biasanya sudah termasuk dalam algoritma koreksi geometri sistematis karena tidak membutuhkan data tambahan dari luar satelit. Pada penelitian ini dibahas mengenai penggunaan data DEM untuk meningkatkan akurasi citra terkoreksi yang dihasilkan oleh koreksi geometri sistematis.

Prinsip dasar koreksi geometri DEM ini ada dua yaitu fakta bahwa pengamatan dilakukan pada wilayah yang tidak selalu rata dan pengamatan dapat dilakukan pada wilayah yang cukup luas. Kedua hal tersebut menyebabkan ketinggian suatu titik di permukaan bumi memiliki pengaruh terhadap hasil proyeksi pada bidang citra karena sebuah obyek yang relatif tinggi dapat menghalangi pandangan obyek di sekitar obyek tinggi tersebut. Jika ditambahkan dengan adanya faktor kelengkungan bumi maka pengaruh DEM ini akan semakin besar sehingga perlu dilakukan pengolahan khusus.

## 2. PENGGUNAAN DEM PADA KOREKSI GEOMETRI SISTEMATIK

### 2.1. Koreksi Geometri Sistematis

Tujuan utama dilakukannya koreksi geometri sistematis adalah dihasilkannya suatu peta planimetrik dimana setiap piksel pada peta tersebut sudah memiliki titik koordinat di permukaan bumi. Akurasi dari citra yang dihasilkan biasanya relatif rendah karena hanya menggunakan data yang diperoleh dari *platform* saja. Diagram umum koreksi geometri sistematis dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1.** Diagram Koreksi Geometri Sistematis

Pada prinsipnya koreksi geometri sistematis akan menghitung titik koordinat di permukaan bumi dari suatu piksel dengan hanya berdasarkan data posisi dan orientasi kamera. Bentuk umum fungsi transformasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$(X, Y, Z) = f((u, v); (\mathbf{P}, \boldsymbol{\theta})) \dots\dots\dots(1)$$

Pada persamaan tersebut,  $(X, Y, Z)$  merupakan titik koordinat di permukaan bumi, fungsi  $f$  merupakan fungsi transformasi,  $(u, v)$  merupakan koordinat piksel pada bidang kamera dan  $(\mathbf{P}, \boldsymbol{\theta})$  adalah vektor data *ancillary* posisi dan orientasi kamera. Berikut disampaikan secara singkat dua metode yang umum digunakan untuk menghitung titik koordinat masing-masing piksel tersebut yaitu metode *point-based* dan *distortion-based*.

#### 2.1.1. Metode Koreksi

Pada metode *point-based*, perhitungan dilakukan dengan cara menggunakan pendekatan matematika aljabar dan vektor tiga dimensi (Maryanto, 2012). *Imager pushbroom* dimodelkan sebagai kamera *pinhole* dan suatu titik piksel pada bidang citra diproyeksikan dalam ruang tiga dimensi menggunakan model persamaan kolinear sebagai berikut:

$$X = z \left( \frac{R'_{11}u + R'_{12}v}{f} + R'_{13} \right) + T'_x \dots\dots\dots(2)$$

$$Y = z \left( \frac{R'_{21}u + R'_{22}v}{f} + R'_{23} \right) + T'_y \dots\dots\dots(3)$$

$$Z = z \left( \frac{R'_{31}u + R'_{32}v}{f} + R'_{33} \right) + T'_z \dots\dots\dots(4)$$

Matriks **R** dan **T** pada persamaan tersebut merupakan matriks transformasi homogen yang merepresentasikan vektor posisi dan orientasi kamera. Untuk menentukan nilai *z* digunakan persamaan permukaan bumi yang dapat berupa persamaan elipsoid atau bola. Setelah nilai *z* ditentukan maka koordinat (*X,Y,Z*) dapat ditentukan. Distorsi panorama dan rotasi bumi secara tidak langsung sudah terkoreksi dalam metode ini.

Salah satu kelemahan dalam metode *point-based* adalah tidak tampaknya pengaruh masing-masing distorsi pada persamaan proyeksi. Pada metode *distortion-based*, setiap jenis distorsi dimodelkan dalam sebuah matriks dan persamaan koreksi geometri yang diinginkan merupakan penggabungan seluruh matriks distorsi tersebut (Indradi, 2012). Persamaan proyeksi yang memetakan koordinat piksel (*u,v*) menjadi koordinat bumi (*X,Y,Z*) adalah sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = D_{rat}D_{att}D_{rot}D_{pan}D_{curv} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

Pada persamaan tersebut, *D<sub>rat</sub>* adalah matriks distorsi aspek ratio piksel kamera, *D<sub>att</sub>* adalah matriks distorsi variasi sudut kamera, *D<sub>rot</sub>* adalah matriks distorsi rotasi bumi, *D<sub>pan</sub>* adalah matriks distorsi panorama dan *D<sub>curv</sub>* adalah matriks distorsi kelengkungan bumi. Setiap matriks distorsi tersebut dapat digunakan atau diabaikan bergantung pada keperluan koreksi.

Walaupun metode *distortion-based* ini lebih terstruktur dan memudahkan dalam analisis sebuah distorsi tertentu namun diperlukan kecermatan yang tinggi perihal cukup banyaknya variabel pengamatan. Sedangkan metode *point-based* cukup sederhana dengan hanya menggunakan beberapa variabel saja.

**2.1.2. Perbaikan Kualitas Koreksi**

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa akurasi citra hasil koreksi geometri sistematis dapat ditingkatkan dengan dua cara. Cara pertama adalah dengan memperbaiki kualitas data *ancillary* yaitu akurasi dan frekuensi *sampling* data yang digunakan. Akurasi data *ancillary* dapat ditingkatkan dengan melakukan proses *filtering* untuk menghilangkan *noise* yang terjadi selama pengamatan. Sedangkan untuk memperoleh data untuk setiap baris pengamatan pada citra maka diperlukan proses interpolasi data *ancillary* tersebut. Dengan memiliki data *ancillary* yang lebih akurat maka diharapkan citra hasil koreksi akan semakin akurat pula.

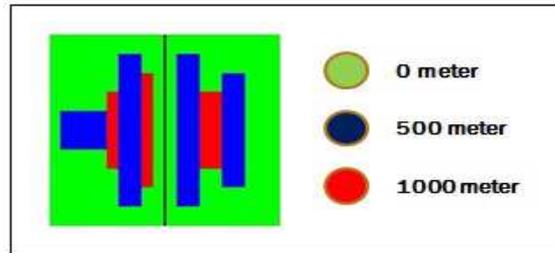
Cara kedua untuk meningkatkan akurasi citra hasil koreksi geometri sistematis adalah dengan menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) dalam koreksi geometri sistematis. Berikut disampaikan metode koreksi DEM yang digunakan dalam penelitian ini.

**2.2. DEM (Digital Elevation Model)**

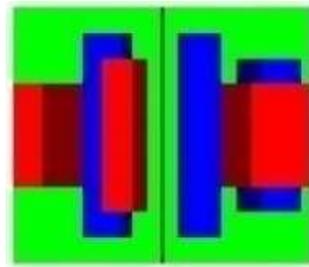
Peta DEM adalah suatu peta planimetrik dimana setiap piksel pada peta tersebut memiliki suatu nilai yang menyatakan ketinggian obyek pada piksel tersebut di permukaan bumi. Untuk memudahkan pembacaan secara visual biasanya setiap piksel dengan tingkat ketinggian tertentu memiliki warna yang berbeda dengan piksel dengan tingkat ketinggian yang lain. Resolusi untuk peta DEM tidak sebaik resolusi citra udara pada umumnya dimana biasanya peta DEM memiliki resolusi sebesar 90 meter. Peta DEM dengan resolusi tinggi biasanya tidak dapat diperoleh secara bebas. Salah satu data DEM dengan kualitas tinggi adalah data DEM yang dihasilkan oleh satelit TanDEM-X dengan resolusi spasial 12 meter dan akurasi ketinggian mencapai 2 meter. Peta DEM umum digunakan dalam proses koreksi citra penginderaan jauh baik dalam koreksi geometrik maupun koreksi radiometrik.

### 2.2.1. Ilustrasi DEM

Karena belum tersedianya data citra dan data DEM yang asli maka pada penelitian ini digunakan data buatan menggunakan perangkat lunak Matlab. Gambar 2.2 berikut ini menunjukkan data DEM suatu wilayah seluas 20x20 km dengan resolusi 100 meter. Diasumsikan bahwa warna obyek pada peta DEM yang menyatakan nilai ketinggian juga merupakan warna dari obyek tersebut. Citra hasil pengamatan kamera *imager pushbroom* yang diletakkan pada pesawat dengan ketinggian 2 km dapat dilihat pada Gambar 2.3. Citra pengamatan tersebut diperoleh dari simulator *imager pushbroom* yang diimplementasikan menggunakan Matlab. Pengamatan dilakukan dalam posisi nadir dengan lintasan mengikuti garis tengah pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Ilustrasi Data DEM



Gambar 2.3. Citra Pengamatan *Imager Pushbroom*

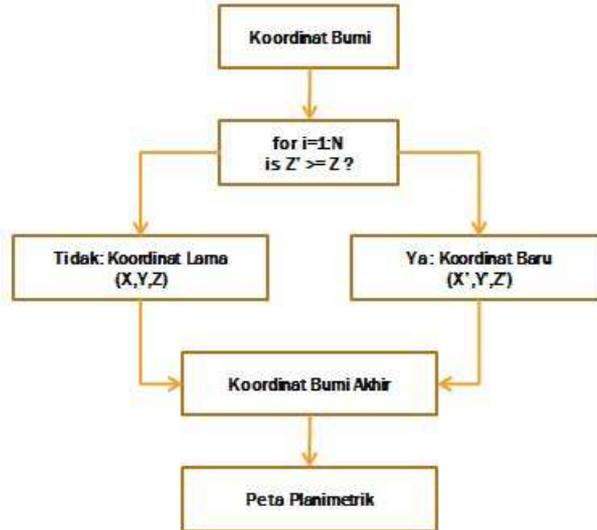
Dari kedua gambar tersebut tampak jelas bahwa citra hasil pengamatan mengalami distorsi geometrik karena tidak dapat merepresentasikan posisi obyek yang sebenarnya. Hal tersebut disebabkan oleh adanya obyek tinggi yaitu obyek berwarna merah dan biru yang menutupi pandangan kamera terhadap wilayah di sekitarnya. Selain itu pada citra hasil pengamatan terlihat sisi tegak dari obyek tinggi tersebut. Citra pengamatan yang ideal seharusnya hanya mengamati sisi atas dari setiap obyek tanpa menampilkan sisi tegak obyek tersebut. Tanpa adanya data DEM maka tidak dapat diketahui adanya distorsi geometrik pada citra tersebut tetapi dengan adanya data DEM maka dapat dilakukan koreksi untuk memperbaiki kualitas citra yang dihasilkan.

### 2.2.2. Algoritma Koreksi DEM

Koreksi data DEM dilakukan setelah seluruh piksel pada bidang citra memiliki titik koordinat di permukaan bumi. Dengan memanfaatkan data DEM dengan resolusi tertentu maka dapat ditentukan apakah titik koordinat yang telah diperoleh itu benar atau tidak. Algoritma koreksi data DEM ini bersifat iteratif dimana untuk setiap titik piksel dilakukan validasi untuk setiap data DEM yang berhubungan dengan proyeksi piksel tersebut di permukaan bumi.

Definisikan suatu piksel  $(u,v)$  memiliki koordinat bumi  $(X,Y,Z)$  yang dihubungkan oleh suatu garis  $g$ . Kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap garis  $g$  apakah garis ini terpotong oleh suatu obyek yang tinggi berdasarkan data DEM. Data DEM yang digunakan merupakan proyeksi garis  $g$  pada permukaan bumi. Jika tidak ada obyek yang menghalangi garis  $g$  dari titik  $(u,v)$  ke titik  $(X,Y,Z)$  maka titik koordinat bumi  $(X,Y,Z)$  adalah benar. Tetapi jika ternyata dari data DEM diketahui bahwa terdapat satu atau beberapa obyek yang memotong garis  $g$  maka data DEM pertama yang memotong garis  $g$   $(X',Y',Z')$  merupakan titik koordinat yang sebenarnya dari piksel  $(u,v)$ .

Algoritma di atas tersebut diterapkan pada seluruh piksel pada citra hasil perhitungan awal. *Flowchart* dari koreksi data DEM dapat dilihat pada Gambar 2.4.



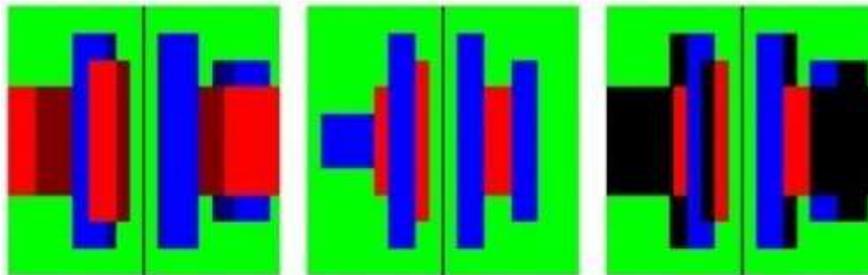
Gambar 2.4. Flowchart Koreksi Data DEM

### 3. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan data *dummy* yang dihasilkan simulator *imager pushbroom* yaitu berupa data citra dan data *ancillary* posisi dan orientasi kamera yang diperoleh selama mengamati suatu wilayah. Data DEM yang digunakan juga merupakan data DEM buatan. Untuk melihat pengaruh ketinggian wahana maka pada digunakan dua jenis data yaitu data *airborne* dan data *spaceborne*.

#### 3.1. Simulasi Data Citra *Airborne*

Selanjutnya pengujian koreksi data DEM dilakukan pada citra *airborne* pada Gambar 2.3. Diasumsikan citra pada Gambar 2.3 merupakan citra hasil koreksi geometri sistematis karena pengamatan dilakukan dalam keadaan ideal. Pada Gambar 3.1 berikut ini, gambar pertama adalah citra hasil koreksi awal, gambar kedua merupakan peta data DEM dan gambar ketiga merupakan citra terkoreksi dengan menggunakan data DEM.

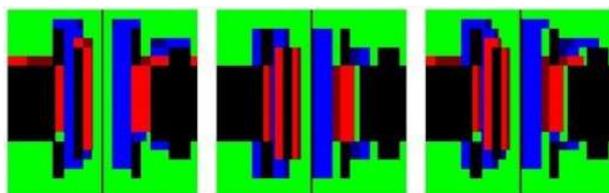


Gambar 3.1. Koreksi DEM Data *Airborne*

Pada gambar tersebut tampak bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara citra sebelum dan sesudah dilakukan koreksi data DEM. Pada citra hasil koreksi data DEM terdapat wilayah berwarna hitam. Wilayah tersebut merupakan wilayah yang tidak teramati oleh kamera karena adanya obyek yang lebih tinggi di sekitarnya. Tanpa adanya pengamatan lain yang mengamati wilayah tersebut maka tidak mungkin mengetahui obyek yang terdapat pada wilayah hitam tersebut. Fenomena lainnya yaitu tertariknya obyek tinggi ke arah pusat kamera yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 di atas. Hal lainnya adalah hilangnya tampilan sisi tegak obyek yang tinggi karena peta yang dihasilkan harus bersifat ortogonal (tegak lurus) untuk setiap piksel pada citra. Secara kuantitatif koreksi data DEM pada contoh di atas dapat memperbaiki akurasi posisi suatu obyek pada citra *airborne* hingga 1000 meter atau bahkan lebih besar bergantung kepada karakteristik obyek pada data DEM yang digunakan.

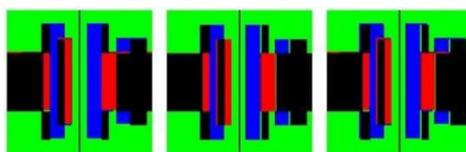
### 3.2. Pengaruh Akurasi Citra

Pengujian yang telah dilakukan mengasumsikan bahwa citra yang akan dikoreksi memiliki akurasi maksimal tanpa *error*. Pada kenyataannya citra hasil koreksi geometri sistematis biasanya memiliki *error* minimal sebesar 1000 meter. Gambar 3.2 berikut ini adalah hasil beberapa simulasi koreksi data DEM dengan menggunakan citra sama seperti sebelumnya tetapi memiliki *error* sebesar 1000 meter dalam beberapa dimensi *error* yang berbeda.



Gambar 3.2. Koreksi Dengan Akurasi Citra 1000m

Tampak bahwa seluruh citra yang dihasilkan koreksi DEM di atas sangat buruk dan bahkan lebih buruk jika dibandingkan dengan citra sebelum dikoreksi. Hal tersebut menunjukkan bahwa koreksi data DEM sangat sensitif terhadap akurasi dari citra dan data DEM yang akan digunakan dalam koreksi. Untuk melihat pengaruh besarnya *error* terhadap hasil koreksi, pada Gambar 3.3 berikut ini ditunjukkan hasil koreksi terhadap citra dengan *error* hanya 200 meter.

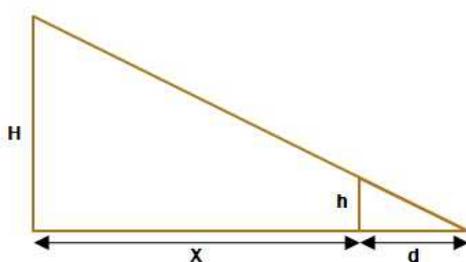


Gambar 3.3. Koreksi Dengan Akurasi Citra 200m

Walaupun masih terdapat *error* namun seluruh citra hasil koreksi tersebut sudah menyerupai hasil koreksi ideal seperti pada Gambar 3.1. Hal ini menunjukkan bahwa koreksi geometri dengan menggunakan data DEM sebaiknya hanya dilakukan jika akurasi data citra yang akan dikoreksi berada di bawah 500 meter atau bahkan di bawah 200 meter.

### 3.3. Simulasi Data Citra *Spaceborne*

Ketinggian pesawat pada pengamatan *airborne* tersebut adalah 2 km dengan lebar sapuan sebesar 20 km. Dengan keadaan pengamatan seperti itu maka distorsi DEM akan tampak jelas pada citra yang dihasilkan. Permasalahannya akan berbeda jika pengamatan dilakukan dengan satelit dimana ketinggian wahana dapat mencapai sekitar 600 km. Sebelum melakukan simulasi terhadap citra *spaceborne* maka perlu diperhatikan pengaruh ketinggian wahana, ketinggian obyek dan jarak obyek tersebut dari nadir terhadap luas wilayah yang tertutupi oleh adanya obyek tersebut. Gambar 3.4 menunjukkan ilustrasi keterkaitan beberapa variabel di atas.



Gambar 3.4. Ilustrasi Geometri Sudut Pandang

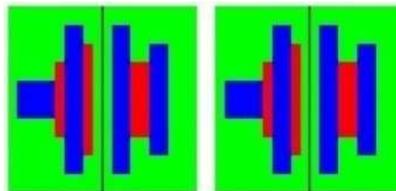
Dari ilustrasi tersebut dapat dilihat bahwa luas (dalam hal ini berupa jarak  $d$  karena ilustrasi tersebut dalam satu dimensi) dapat ditentukan sesuai persamaan berikut ini:

$$d = \frac{hX}{H-h} \dots\dots\dots(6)$$

Dari persamaan tersebut tampak bahwa semakin rendah ketinggian wahana ( $H$ ) maka wilayah yang tertutupi ( $d$ ) akan semakin besar. Hal kedua adalah semakin besar jarak  $X$  juga akan memperbesar wilayah yang tertutupi. Variabel  $X$  ini merupakan jarak obyek terhadap titik nadir dan secara tidak langsung juga menyatakan jarak piksel dari titik pusat kamera. Variabel ketiga adalah ketinggian obyek itu sendiri ( $h$ ) dimana jelas semakin tinggi obyek tersebut maka semakin menutupi wilayah di sekitarnya walaupun efeknya bergantung pada jarak  $X$  dan ketinggian  $H$ .

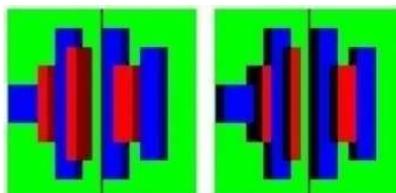
Untuk citra *spaceborne* dimana pengamatan dilakukan pada posisi nadir dengan lebar sapuan yang kecil misalnya sebesar 200 km maka pengaruh DEM tidak terlalu signifikan. Tetapi jika lebar sapuan lebih besar dari 1000 km atau pengamatan membentuk sudut yang relatif besar maka distorsi DEM akan terlihat jelas. Hal yang perlu diperhatikan pada pengamatan *spaceborne* dengan sudut yang cukup besar adalah faktor kelengkungan bumi. Berikut ini dilakukan simulasi koreksi data DEM terhadap citra *spaceborne* dengan beberapa kondisi pengamatan yang berbeda.

Gambar 3.5 berikut ini merupakan hasil simulasi koreksi data DEM seperti Gambar 2.2 dengan mengasumsikan pengamatan berlangsung dari ketinggian 600 km pada posisi nadir. Diasumsikan *imager pushbroom* yang digunakan memiliki resolusi spasial sebesar 30 meter. Gambar pertama merupakan citra hasil pengamatan yang juga merupakan citra hasil koreksi geometri sistematis dan gambar kedua merupakan citra hasil koreksi DEM.



**Gambar 3.5.** Koreksi DEM Data *Spaceborne* Posisi Nadir

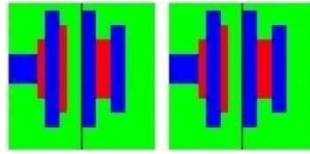
Pada Gambar 3.5 tersebut tampak bahwa koreksi DEM tidak menyebabkan perubahan yang berarti karena memang pada pengamatan nadir pada wilayah yang sempit seperti ini bentuk topografi bumi tidak akan menyebabkan distorsi yang tampak secara visual. Tetapi jika wilayah tersebut tidak diamati dari posisi nadir seperti misalnya diamati dari jarak 1000 km maka distorsi DEM akan terjadi. Citra hasil pengamatan dan citra hasil koreksi DEM yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



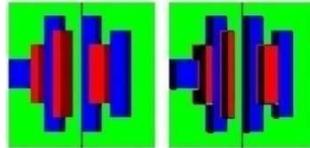
**Gambar 3.6.** Koreksi DEM Data *Spaceborne* Posisi Tidak Nadir

Pada citra *spaceborne*, distorsi yang dihasilkan relatif seragam untuk semua obyek karena seluruh obyek tersebut berada pada posisi yang cukup jauh dari titik nadir. Tampak bahwa koreksi DEM dapat menghasilkan citra hasil koreksi yang ideal. Pada pengujian tersebut terjadi perbaikan akurasi sebesar 5-10 piksel. Karena resolusi spasial kamera yang digunakan adalah sebesar 30 meter maka perbaikan akurasi yang dihasilkan adalah sebesar 150-300 meter. Variasi ini bergantung pada jarak obyek dari titik nadir dimana biasanya obyek yang jauh dari titik nadir akan mengalami distorsi dan perbaikan akurasi yang lebih besar.

Untuk mengetahui pengaruh akurasi citra yang digunakan terhadap kualitas citra hasil koreksi DEM, pada Gambar 3.7 berikut ditunjukkan koreksi DEM untuk citra pengamatan nadir dengan *error* sebesar 1000 meter dan pada Gambar 3.8 ditunjukkan koreksi DEM untuk citra pengamatan *off*-nadir dengan *error* hanya 200 meter saja.



**Gambar 3.7.** Koreksi Data *Spaceborne* dengan *Error* 1000m



**Gambar 3.8.** Koreksi Data *Spaceborne* dengan *Error* 200m

Dengan *error* yang relatif jauh lebih besar, kualitas citra pada pengamatan nadir tidak mengalami perubahan setelah koreksi data DEM sedangkan citra pengamatan *off*-nadir mengalami penyimpangan walaupun tidak terlalu besar. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa pada pengamatan nadir, pengaruh DEM dan akurasi citra tidak terlalu menentukan kualitas citra hasil koreksi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari beberapa pengujian yang dilakukan maka dapat diketahui bahwa koreksi menggunakan data DEM memiliki karakteristik tertentu. Hal yang utama adalah koreksi DEM sangat berperan dalam koreksi citra *airborne* sedangkan pada citra *spaceborne* tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan pengamatan *airborne* dilakukan dari ketinggian yang relatif rendah dimana pada ketinggian tersebut obyek yang tinggi dapat menghalangi sudut pandang kamera terhadap wilayah di sekitarnya.

Sedangkan pada pengamatan *spaceborne* dengan ketinggian mencapai 600 km maka dibutuhkan dua buah keadaan yang menyebabkan sebuah obyek dapat menghalangi wilayah di sekitarnya. Keadaan pertama adalah jika obyek tinggi tersebut terletak jauh dari titik nadir kamera dan keadaan kedua yaitu terdapat perbedaan relief yang sangat ekstrim contohnya suatu gunung yang dikelilingi wilayah dengan ketinggian rendah.

Pada dasarnya algoritma koreksi DEM yang dirancang dapat meminimalisasi distorsi geometri yang diakibatkan oleh faktor DEM, baik untuk data citra *airborne* maupun *spaceborne*. Hasil tersebut diperoleh dengan asumsi bahwa citra yang akan dikoreksi memiliki akurasi yang tidak terlalu buruk. Berkaitan dengan akurasi citra yang akan dikoreksi, tampak bahwa *error* yang cukup besar akan menyebabkan citra hasil koreksi DEM mengalami distorsi walaupun secara kuantitatif akurasi citra yang dihasilkan akan meningkat.

Untuk meminimalisasi pengaruh akurasi citra yang digunakan terhadap hasil koreksi DEM, selanjutnya perlu dikembangkan algoritma yang akan membandingkan karakteristik obyek pada citra dengan data ketinggian dari peta DEM. Prinsipnya adalah wilayah dengan ketinggian yang relatif sama akan memiliki karakteristik yang seragam pada citra. Diharapkan dengan memperhatikan hubungan karakteristik citra dan perbedaan ketinggian obyek maka kualitas citra hasil koreksi DEM dapat ditingkatkan.

#### 5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

- Algoritma koreksi data DEM yang dirancang dapat meningkatkan akurasi koreksi geometri sistematis
- Distorsi geometrik yang disebabkan karena pengaruh bentuk topografi bumi pada citra *spaceborne* tidak terlalu signifikan jika dibandingkan citra *airborne*

- Koreksi data DEM pada citra *airborne* memperbaiki akurasi citra sekitar 1000-2000 meter sedangkan pada citra *spaceborne* sebesar 150-300 meter untuk citra dengan resolusi spasial 30 meter
- Untuk data citra *spaceborne* umumnya distorsi terjadi pada pengamatan wilayah yang jauh dari titik nadir kamera pada saat pengamatan
- Jika akurasi citra yang akan dikoreksi relatif rendah maka citra hasil koreksi data DEM akan mengalami penurunan kualitas geometri walaupun secara RMS terjadi perbaikan akurasi

## DAFTAR PUSTAKA

1. Cramer, M., D. Stallmann, dan N. Haala, 2000. *Direct Georeferencing Using GPS/Inertial Exterior Orientations for Photogrammetric Applications*, IAPRS Vol. XXXIII, Amsterdam.
2. Fu, K.S., R.C. Gonzalez, dan C.S.G. Lee, 1987. *Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence*, New York: McGraw-Hill.
3. Hutton, J., dan Mostafa, M.M.R., 2005. *10 Years of Direct Georeferencing For Airborne Photogrammetry*, Photogrammetric Week 2005.
4. Indradi, 2012. *Implementasi Koreksi Sistematis Data Airborne*, Bimbingan Teknik Koreksi Sistematis Geometrik dan Radiometrik, LAPAN, Bogor.
5. Maryanto, Ahmad, 2012. *Model Koreksi Geometri Sistematis Data Imager Satelit*, Bimbingan Teknik Koreksi Sistematis Geometrik dan Radiometrik, LAPAN, Bogor.
6. Ongsomwang, Suwit, *Geometric Correction*, Suranaree University of Technology.
7. Reese, B., dan Heipke, C., *Towards A Closer Combination of Direct and Indirect Sensor Orientation of Frame Cameras*, Hannover.
8. Skaloud, Jan, 1999. *Optimizing Georeferencing of Airborne Survey Systems by INS/DGPS*, Thesis, Calgary.
9. [www:\en.wikipedia.org\wiki\Digital\\_elevation\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_elevation_model)
10. [www:\en.wikipedia.org\wiki\TanDEM-X](http://en.wikipedia.org/wiki/TanDEM-X)

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Patria Rachman Hakim, ST, MT.  
 Tempat & Tgl. Lahir : Jakarta, 30 April 1982  
 Jenis Kelamin : Pria  
 Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Satelit (LAPAN)  
 NIP. / NIM. : 198204302010121002  
 Pangkat / Gol. Ruang : Penata Muda/III-a  
 Jabatan Dalam Pekerjaan : Staff Peneliti Bidang Teknologi Muatan Satelit  
 Agama : Islam  
 Status Perkawinan : Menikah

### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMUN 8 Jakarta Tahun: 1997-2000  
 STRATA 1 (S.1) : Teknik Elektro ITB Tahun: 2000-2004  
 STRATA 2 (S.2) : Teknik Elektro ITB Tahun: 2005-2008

### ALAMAT

Alamat Rumah : Jl. Cemara Kipas 2 No.40, Taman Yasmin Sektor 7, Bogor 16113  
 HP. : 0816623465  
 Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Satelit Km. 04 Rancabungur, Bogor 16310  
 Telp. : (0251) 8621667  
 Email: [patriarachmanhakim@yahoo.com](mailto:patriarachmanhakim@yahoo.com)

## **HASIL DISKUSI DALAM PELAKSANAAN SEMINAR**

Pertanyaan :

1. Database DEM yang digunakan apa yang harus dilakukan jika out debit dan bagaimana meningkatkan performance? Robertus Heru (LAPAN)
2. Yang akan dikoreksi satu bagian atau keseluruhan citra? Ari (LAPAN)
3. Tidak ada hal yang baru, apa hal yang baru dari tema ini?

Jawaban

1. Hasilnya akan tetap baik apabila masih dalam rangenya
2. Dilakukan secara keseluruhan
3. Citra digunakan untuk citra satelit, jadi ada pengembangannya