

## UPAYA PENINGKATAN KUALITAS GEOMETRIK CITRA LAPAN-TUBSAT PADA APLIKASI SURVEILEN

Catur Aries Rokhmana\*), Chusnul Tri Judianto\*\*)

\*) Peneliti Departemen Teknik Geodesi-UGM

\*\*\*) Peneliti Pusat Teknologi Satelit, LAPAN

e-mail: caris@ugm.ac.id, youdianto@yahoo.com

### ABSTRACT

Indonesia has developed and operates the LAPAN-TUBSAT micro satellite since 2007 for supporting the surveillance application to observe the earth surface. LAPAN-TUBSAT satellite carried a video camera as an imaging sensor with 5 m ground resolution and 3.5 km swath. Data from this camera still have a weak geometric. This paper will reviews regarding LAPAN-TUBSAT data processing from video recordings as an effort to increase the geometric quality of the LAPAN-TUBSAT image. The correction model rectification of a simple single photograph is used for geometric correction. While the using of super resolution operator for increasing the video image resolution. The correction model rectification of a simple single photograph is used for geometric correction. While the super resolution operator attempted to efforts to increase the resolution of the video image. The experimental results shows geo-reference image with better geometric quality. The evaluation of LAPAN-TUBSAT performance should be carried out In the near future especially for providing Altitude information (Z). This is related to satellite manoeuvre ability to generate a stereo image with better B/H ratio

Keywords: *Videography system, LAPAN-TUBSAT Satellite, Geometric image improvement*

### ABSTRAK

Indonesia telah membangun dan mengoperasikan sistem satelit-mikro LAPAN-TUBSAT sejak tahun 2007 guna mendukung aplikasi surveilen atau pemantauan cepat obyek di permukaan Bumi. LAPAN-TUBSAT membawa sistem kamera video utama sebagai sensor pencitraan dengan resolusi 5 m dan lebar cakupan 3.5 km tetapi masih memiliki kelemahan geometrik. Tulisan ini mengulas sejumlah hal yang terkait dengan pemrosesan data hasil rekaman video LAPAN-TUBSAT sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas geometrik dari citra LAPAN-TUBSAT. Model koreksi rektifikasi foto tunggal sederhana digunakan untuk koreksi geometrik. Sedangkan operator super-resolusi dicobakan untuk upaya peningkatan resolusi citra video. Hasil percobaan dapat menghasilkan citra bergeoreferensi dengan kualitas geometrik yang lebih baik. Di masa mendatang, perlu dilakukan percobaan untuk mengevaluasi kemampuan LAPAN-TUBSAT dalam menghasilkan informasi ketinggian (Z). Hal ini terkait dengan kemampuan manuver dari satelit untuk menghasilkan citra stereo dengan nilai B/H rasio yang lebih baik.

Kata kunci: *Sistem videografi, Satelit LAPAN-TUBSAT, Peningkatan kualitas geometrik Citra*

## 1 PENDAHULUAN

Kegiatan pemantauan, survei dan pemetaan untuk wilayah daratan Indonesia saja dengan luas 1.965 juta km<sup>2</sup> (Amhar, dkk., 2001) merupakan suatu pekerjaan yang besar baik dari segi volume dan biaya. Oleh karena itu konsep yang sesuai adalah melakukan misi survei "on demand" atau mendahulukan permintaan dan kebutuhan yang paling mendesak. Salah satu permintaan yang memerlukan waktu cepat adalah misi surveilen terkait kejadian bencana, baik pada tahap tanggap darurat, rehabilitasi, dan rekonstruksi pasca bencana. Wilayah Indonesia termasuk dalam wilayah yang rawan kejadian bencana alam, sehingga informasi spasial dari misi surveilen akan berguna untuk mendukung kegiatan mitigasi bencana sampai dengan penilaian dampak akibat bencana. Guna memenuhi kebutuhan ini, maka diperlukan suatu sistem survei yang memiliki karakteristik: dapat bekerja cepat, berbiaya rendah, mudah digunakan di lapangan, dan portabel. Salah satu pilihannya adalah menggunakan teknologi satelit penginderaan jauh yang mampu merekam citra obyek di permukaan Bumi.

Satelit LAPAN-TUBSAT adalah satu-satunya satelit observasi Bumi yang dibangun dan dioperasikan oleh tenaga ahli Indonesia dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Satelit ini membawa sistem kamera video dengan Lensa Cassegrain 1000 mm, resolusi ground 5 meter dan lebar cakupan (Swath) 3,5 km sebagai sensor utama dalam pencitraan permukaan Bumi. Satelit ini telah beroperasi sejak peluncurannya pada tahun 2007. Penggunaan sistem kamera video untuk tujuan pencitraan permukaan Bumi, pada umumnya didorong oleh alasan kebutuhan bidang

aplikasi (*application driven*) dan pertimbangan biaya (*cost-effective*). Teknik ini lebih banyak digunakan untuk tujuan yang masih terbatas pada analisis kuantitatif, diantaranya adalah:

- Inventarisasi kawasan (Dare, et.al., 2002, Um, 1997; Raspberry, 1997).
- Pemantauan kawasan (McCarthy, 2002; Zhu, et.al. 2002; Lamb, 2002; Wood, et. al., 2002; McNulty, 2002; Rokhmana, 2005).
- Revisi Peta lama (Johnston, 2002; Schultz, et. al., 2002).
- Pendukung interpretasi citra satelit (lihat Korpela, 2002; King, et.al., 2002; Rokhmana, 2008).
- Pemetaan cepat untuk melihat efek akibat bencana (Ozisk, 2004).
- Pengujian produksi data DEM dari citra LAPAN-TUBSAT (Julzarika, 2008)

Dalam industri jasa penyedia informasi spasial saat ini, penggunaan sistem videografi masih jarang digunakan karena berbagai alasan dan sejumlah kelemahan. Kelemahan geometrik yang menonjol antara lain: (1) resolusi spasial yang rendah, dan (2) kualitas geometrik akibat penggunaan lensa non-metrik. Tulisan ini menyoroti hal-hal yang terkait dengan pemrosesan data hasil rekaman video LAPAN-TUBSAT sebagai upaya untuk menjawab sejumlah pertanyaan:

- Pilihan model matematik apakah yang paling efisien untuk diterapkan dalam upaya memberikan koreksi geometrik atau upaya peningkatan kualitas geometrik citra?
- Apakah penggunaan teknik super-resolusi memberikan manfaat dalam upaya peningkatan kualitas geometrik citra?
- Bagaimanakah pilihan jenis proses produksi yang paling efisien untuk diterapkan agar citra LAPAN-TUBSAT

dapat digunakan untuk berbagai aplikasi surveilen?

- Faktor teknis apakah yang perlu menjadi bahan pertimbangan guna pengembangan teknologi pencitraan dengan sistem kamera video di masa mendatang?

Tulisan ini akan menjawab sejumlah pertanyaan di atas yang didasarkan pada sejumlah hasil rekaman citra LAPAN-TUBSAT tahun 2010.

## 2 GEOMETRIK SISTEM PEREKAMAN VIDEOGRAFI LAPAN-TUBSAT

Pada umumnya, misi pencitraan Bumi dengan sistem perekaman videografi menggunakan sensor kamera video yang dilengkapi dengan sensor GPS (Gambar 2-1). Sistem ini ditujukan untuk menghasilkan pencitraan secara cepat. Beberapa sistem yang telah ada *Raven-View (observera, Inc)*, *CamNav Mapper (BlueGen)* dan *Pyramid-Vision (Sarnoff)*. Dalam satu detik perekaman video sistem standar PAL atau NTSC akan dihasilkan 25-30 bingkai citra dengan ukuran piksel dari citra yang juga bervariasi (VCD, SVDC, DVD, HDV). Hal yang penting dalam proses

perekaman video adalah konfigurasi antara format video, tinggi terbang, kecepatan wahana, dan panjang fokus lensa harus dipasang sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan efek *image motion* pada citra hasil rekaman. Efek *image motion* akan terlihat sebagai pandangan yang kabur apabila nilai *image motion* lebih besar dari nilai resolusi spasial 1 piksel citra:

$$I_m = V / h \times c \times t \quad (2-1)$$

Keterangan:

$I_m$  : image motion (mm)

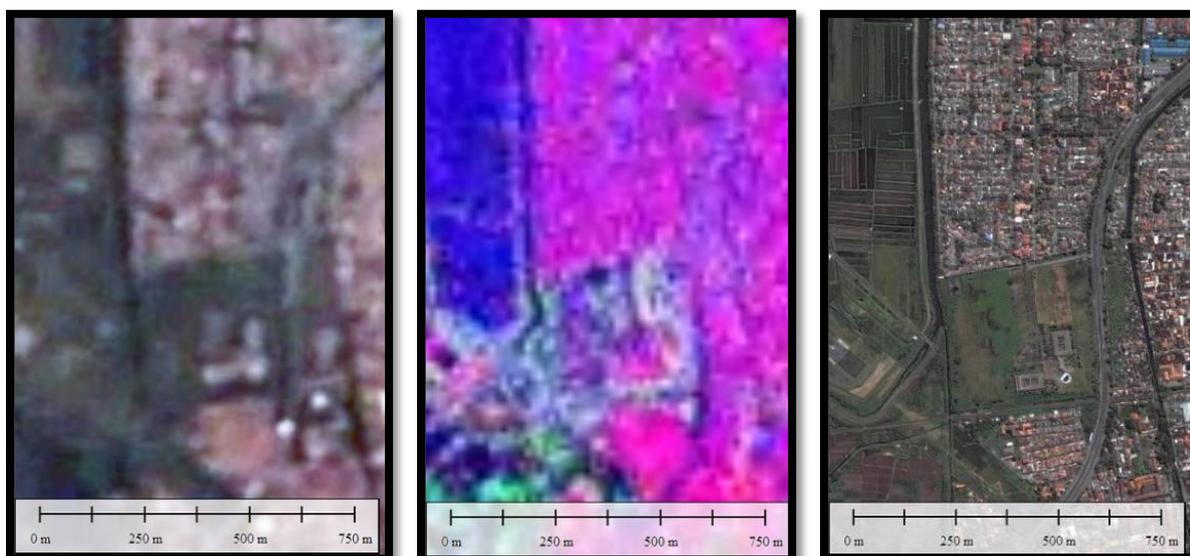
$V$  : 7.500 m/detik kecepatan Bumi berputar (465m/s)

$H$  : 630.000 (m) pada kondisi nadir pointing

$c$  : 1000 (mm)

$t$  : kecepatan exposure: 1/25 detik untuk sistem video PAL

Gambar 2-1 menunjukkan bahwa efek geometrik *image motion* tidak tampak dalam hasil rekaman citra LAPAN-TUBSAT. Gangguan pada citra yang menonjol adalah akibat dari kondisi atmosfer dan kabut awan yang berada di atas obyek permukaan Bumi.



Gambar 2-1: Ilustrasi Visual Citra LAPAN-TUBSAT, LANDSAT, IKONOS

Geometrik saat proses perekaman pada LAPAN-TUBSAT dapat dilihat pada Gambar 2-2. Dari Gambar tersebut dapat diasumsikan bahwa bentuk geometrik adalah sama dengan geometrik kamera udara, sehingga seluruh model persamaan dalam kamera udara dapat diterapkan pada citra LAPAN-TUBSAT. Perbedaan yang menonjol adalah penggunaan lensa kamera dengan fokus panjang (1000mm) dan tinggi terbang yang jauh lebih tinggi (630km). Sejumlah karakteristik geometrik yang dapat disimpulkan, diantaranya (Gambar 2-2):

- Lebar cakupan satu frame citra LAPAN-TUBSAT dengan perbandingan 4:3 adalah bervariasi mulai dari 3km x 4km sampai dengan 6 km x 8 km tergantung dari kemiringan sudut *off-nadir* saat perekaman. Pada cakupan area 1 *frame* citra tersebut, maka efek kelengkungan Bumi relatif kecil.
- Bidang permukaan Bumi dapat dianggap sebagai bidang datar, sebab tinggi terbang satelit (630km) jauh lebih besar nilainya dibandingkan dengan variasi topografi di Bumi (< 5 km). Sehingga persamaan geometrik *projective* sederhana dapat diterapkan sebagai model koreksi geometrik dari citra video LAPAN-TUBSAT.
- Sudut pandang kamera (*field of view*) yang sempit memberikan konsekuensi pada lemahnya nilai  $B/H$  rasio apabila ingin digunakan untuk ekstraksi informasi elevasi ( $Z$ ). Tetapi jika digunakan untuk produksi informasi planimetrik ( $X, Y$ ), maka sudut pandang yang sempit ini menjadi suatu keuntungan apabila citra dapat direkam dari posisi pandangan nadir.
- Sistem video akan memberikan jumlah frame citra yang banyak (25 *frame* per detik) dengan nilai korelasi antar *frame* citra yang tinggi (> 90%). Sehingga suatu obyek di Bumi akan muncul pada sejumlah *frame* citra. Kondisi ini membuka peluang untuk menerapkan teknik super-resolusi dalam upaya untuk meningkatkan kualitas resolusi spasial dari citra video yang relatif rendah.
- Kamera video yang digunakan menggunakan lensa non-metrik yang tidak bebas dari kesalahan geometrik distorsi lensa. Nilai distorsi bisa dihitung dengan proses *in-flight* kalibrasi kamera yang menggunakan sejumlah titik kontrol di tanah dengan teknik hitungan *bundle adjustment self-calibration*. Pada praktek di lapangan proses penentuan sejumlah titik kontrol ini sulit dilaksanakan. Penggunaan lensa dengan fokus panjang yang memperkecil nilai *Field of View* kamera menyebabkan efek distorsi lensa menjadi tidak dominan menjadi pada umumnya < 10 piksel.

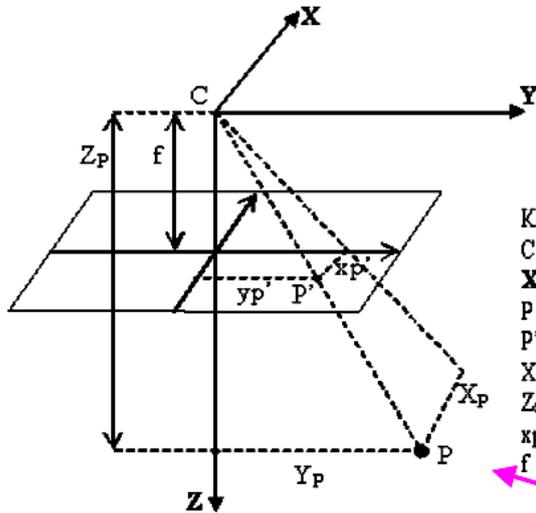
Dari aspek geometrik, citra LAPAN-TUBSAT hasil rekaman sistem videografi dapat diproses menggunakan dengan pendekatan model Foto Udara konvensional. Model Foto Udara ini membentuk suatu hasil rekaman video menjadi serangkaian bingkai citra penuh dengan daerah pertampalan tertentu. Umumnya daerah pertampalan sebesar 80%-60% dari lebar bingkai citra. Jadi pada sistem videografi tidak seluruh bingkai citra video yang digunakan, tetapi hanya sebagian bingkai citra dari rekaman video yang membentuk area pertampalan tertentu. Contoh dari penerapan teknik ini adalah seperti yang dilakukan oleh Dare, et.al. (2002) dan Um dan Wright (2000) untuk melakukan pemetaan secara cepat wilayah sepanjang jalur transmisi tegangan tinggi dan jalur pipa. Model pemrosesan data video udara ini adalah teknik yang umumnya digunakan untuk menurunkan Peta Foto secara cepat dengan teknik koreksi rektifikasi foto. Produk akhir dari cara rektifikasi foto akan memuat informasi planimetrik (2D) saja. Sejumlah kelemahan dari teknik ini antara lain:

- Tidak menghasilkan informasi kedalaman ( $Z$ ), sehingga citra yang dihasilkan belum sepenuhnya citra ortogonal (*Ortho-image*). Pada lokasi yang memiliki variasi terain ekstrim, maka sambungan antar *frame* citra

dalam membentuk mosaik akan terlihat tidak kontinu (*seamless*).

- Penggunaan teknik rektifikasi foto pada setiap *frame* citra memerlukan minimal 4 titik kontrol 2D (X,Y). Citra LAPAN-TUBSAT memiliki lebar liputan sekitar 3 km – 6 km, sehingga idealnya diperlukan keberadaan titik kontrol di setiap jarak 2 km. Kondisi ini tidak

praktis untuk diterapkan, sehingga pilihan yang lebih mudah dilaksanakan dengan menggunakan sejumlah arsip citra rupa Bumi yang sudah ada sebelumnya. Jadi dalam upaya penggunaan LAPAN-TUBSAT pada misi surveilen konsepnya adalah melihat perubahan dari data lama yang sudah ada, bukan membuat suatu yang baru.

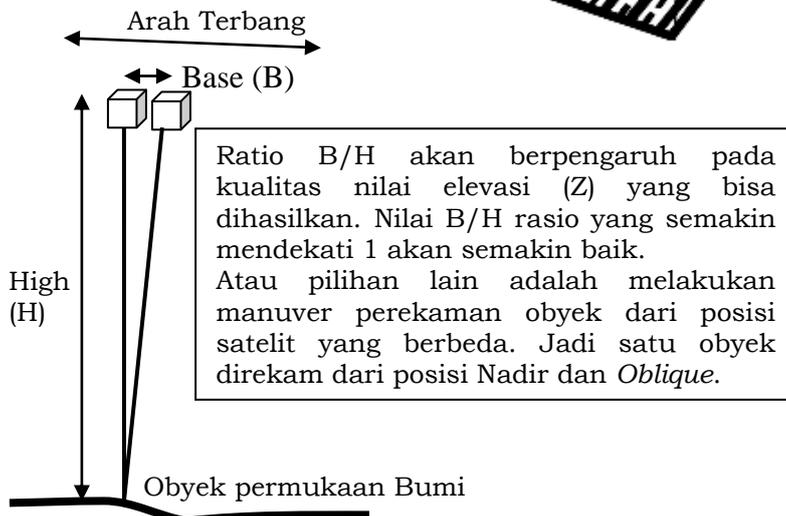
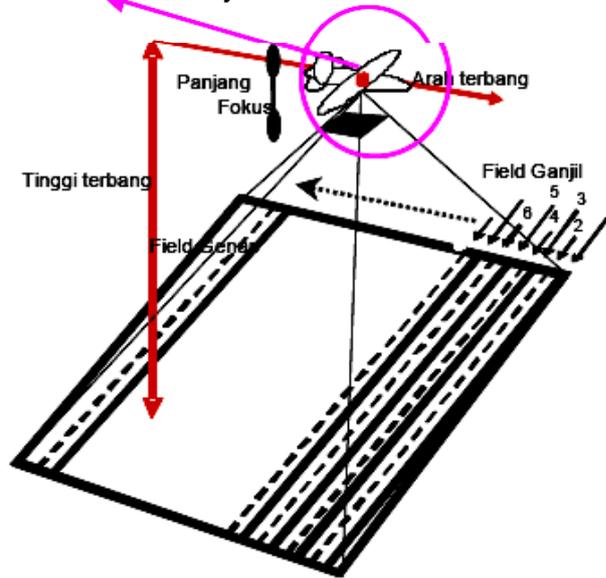


$$\frac{x_{p'}}{f} = \frac{X_p}{Z_p} \rightarrow x_{p'} = f \frac{X_p}{Z_p}$$

$$\frac{y_{p'}}{f} = \frac{Y_p}{Z_p} \rightarrow y_{p'} = f \frac{Y_p}{Z_p}$$

- Keterangan:
- C : pusat fokus
  - X,Y,Z : world coordinate system
  - P : titik di bumi
  - P' : titik di citra
  - X<sub>p</sub>, Y<sub>p</sub> : koordinat titik P dalam world coordinate system
  - Z<sub>p</sub> : jarak titik P terhadap pusat fokus
  - x<sub>p'</sub>, y<sub>p'</sub> : koordinat titik P dalam sistem koordinat citra
  - f : jarak fokus

1.bingkai penuh citra video membentuk geometri perspektif (proyeksi sentral) Proses *interlace* bekerja untuk menarik data dari setiap piksel pada sensor CCD. Mekanismenya adalah proses penyiaman dilakukan dalam urutan zigzag dimulai dengan menyiam seluruh baris (*field*) ganjil dari baris pertama sampai terakhir dilanjutkan dengan baris genap. Waktu yang diperlukan untuk menyiam seluruh piksel CCD bervariasi 1/25-1/30 detik tergantung sistem video analog.



Gambar 2-2:Sketsa Geometri Perekaman Citra Video LAPAN-TUBSAT

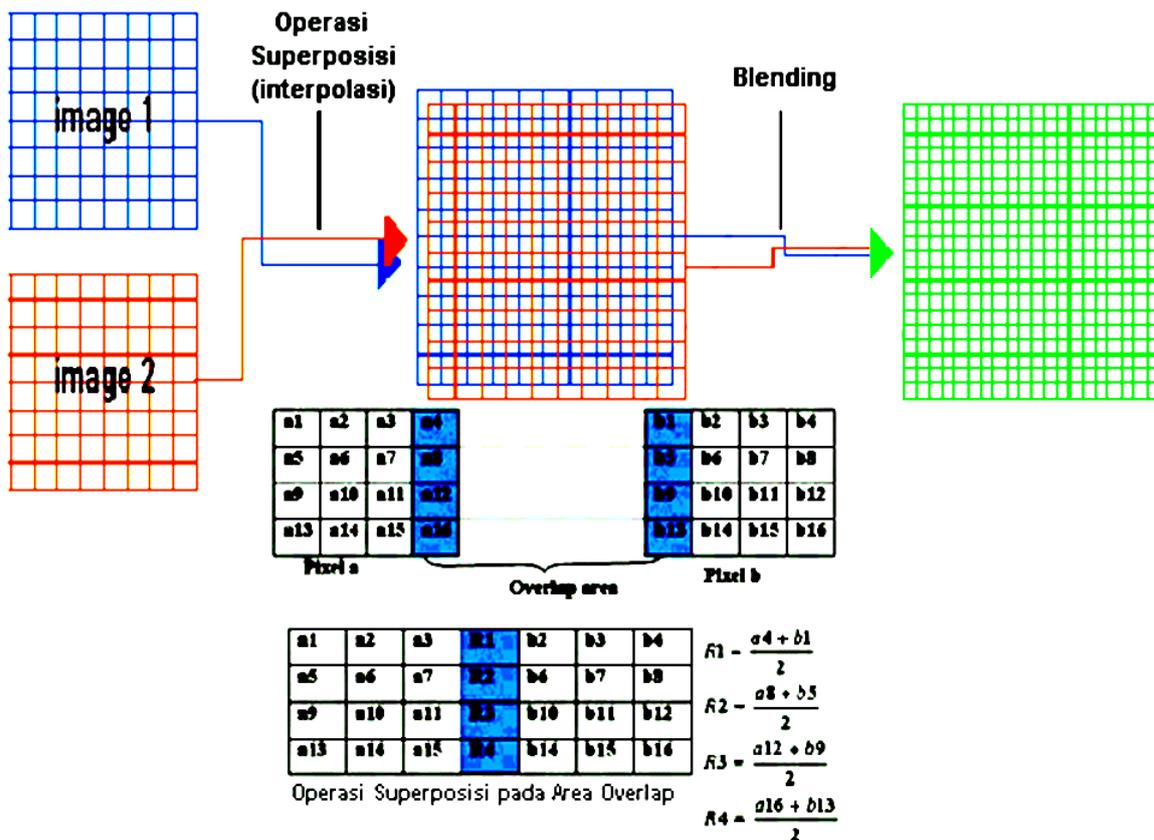
### 3 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Peningkatan Kualitas Geometrik

Salah satu upaya perbaikan kualitas geometrik yang bisa dilakukan adalah memperbaiki resolusi piksel citra yang didasarkan pada metode domain spasial adalah dengan menggunakan teknik *interleaving*. Konsepnya adalah seperti yang digunakan oleh SPOT 2.5 m atau sistem *Desktop Scanner* (Gambar 3-1). Ada proses interpolasi antar bingkai citra yang memiliki sedikit translasi (*offset* lebih kecil dari 1 pixel). Nilai *offset* inilah yang menentukan sampai berapa besar proses perbaikan resolusi dapat dihasilkan. Prinsipnya adalah sejumlah citra yang saling bertampalan, dilakukan *point matching* di antara bingkai. Kemudian dari bingkai citra yang berurutan dilakukan interpolasi

*interleaving* dengan proses registrasi citra ke citra dan pembentukan mosaik.

Gambar 3-2 menunjukkan hasil perbaikan resolusi 4 kali untuk sejumlah obyek di permukaan Bumi, Secara visual terlihat bahwa kenampakan citra hasil peningkatan resolusi lebih jelas dan tajam bila dibandingkan dengan citra inputnya. Unsur interpretasi bentuk dari citra hasil peningkatan lebih tegas dan lebih tajam, sehingga lebih mudah untuk dalam membedakan obyek-obyek di sekitarnya. Tetapi kualitas radiometrik dari citra hasil proses peningkatan resolusi secara visual tetap tidak bertambah baik. Konsekuensi dari proses perbaikan resolusi ini adalah bertambahnya waktu yang diperlukan untuk pemrosesan data.



Gambar 3-1: Ilustrasi proses perbaikan resolusi citra video



Gambar 3-2: Ilustrasi hasil perbaikan resolusi spasial

### 3.2 Analisis Peningkatan Kualitas Geometrik

Nilai jumlah piksel pada citra *input* dan citra *output* hasil peningkatan resolusi 4 kali dapat dilihat pada Tabel 3-1. Pada Tabel 3-1 jumlah piksel citra *output* hasil peningkatan resolusi lebih banyak jumlahnya bila dibandingkan dengan jumlah piksel pada citra *input* dengan ukuran citra video yang sama. Dari Tabel 3-1 dapat disimpulkan bahwa citra hasil perbaikan mengalami peningkatan resolusi sebesar 4 kali.

Upaya perbaikan geometri pada citra hasil rekaman dapat dilakukan dengan proses rektifikasi foto yang memanfaatkan keberadaan data spasial yang sudah ada sebelumnya, dalam hal

ini adalah citra satelit IKONOS. Penggunaan model rektifikasi foto 2D dengan persamaan perspektif (rumus 3-1) ini mampu mereduksi kesalahan geometrik menjadi rata-rata < 6m.

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix} \quad (3-1)$$

Keterangan:

$X_2, Y_2$  = Sistem koordinat Bumi (georeferensi)

$x_1, y_1$  = Sistem koordinat piksel

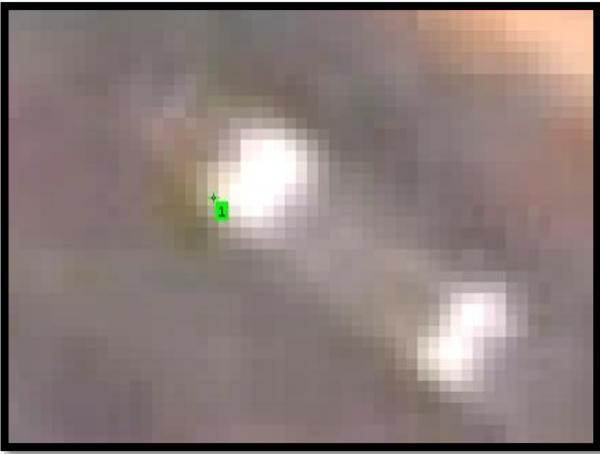
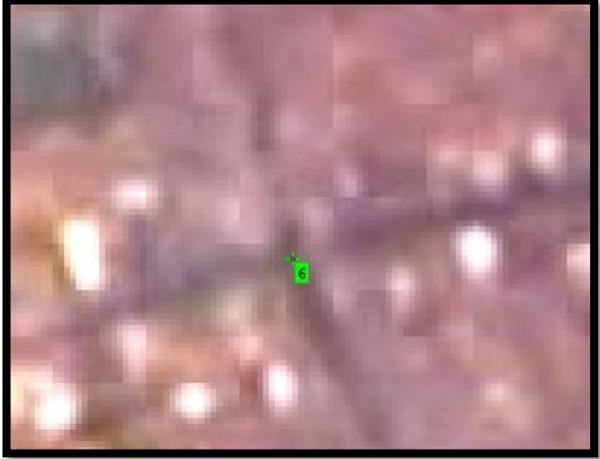
Keenam Parameter tersebut ( $a, b, c, d, e,$  dan  $f$ ) dapat dicari apabila diketahui minimal 3 titik sekutu ( $X, Y$ ) yang diketahui koordinatnya.

Upaya perbaikan geometri pada citra hasil rekaman video dapat dilakukan dengan proses rektifikasi foto yang memanfaatkan keberadaan data spasial yang sudah ada sebelumnya, dalam hal ini adalah citra satelit IKONOS. Penggunaan model rektifikasi foto 2D ini mampu mereduksi kesalahan

proses georeferensi menjadi rata-rata < 6m. Ada sejumlah kesalahan minor yang belum sepenuhnya hilang yaitu akibat distorsi lensa dan variasi topografi. Kesalahan dominan justru sebagai akibat dari ketidakakuratan dalam identifikasi titik kontrol tanah (Gambar 3-3).

Tabel 3-1: SAMPEL RESOLUSI *PIXEL* PADA CITRA *INPUT* DAN CITRA *OUTPUT* HASIL PENINGKATAN RESOLUSI

<b>OBYEK</b>	<b>JUMLAH PIXEL CITRA INPUT (BARIS,KOLOM)</b>	<b>JUMLAH PIXEL CITRA OUTPUT (BARIS,KOLOM)</b>
Jalan	(22, 14)	(85, 57)
Tanah Kosong	(24, 28)	(113, 121)
Bangunan	(29, 18)	(113, 77)

	<p>Obyek tanda marking pada Landasan Bandar Udara</p>
	<p>Obyek persimpangan Jalan</p>

Gambar 3-3:Ilustrasi kesulitan dalam identifikasi titik kontrol tanah

Gambar 3-4 menunjukkan hasil setelah koreksi geometrik dengan metode rektifikasi foto 2D diterapkan. Sejumlah hal yang bisa disimpulkan adalah sebagai berikut:

- *Frame* citra hasil koreksi secara visual cenderung berbentuk jajaran genjang. Hal ini terjadi akibat gerakan satelit dan rotasi Bumi pada saat proses perekaman berlangsung.
- Model koreksi rektifikasi foto masih dapat mengkompensasi kesalahan akibat dari pandangan miring (*off-nadir*). Tetapi sudut kemiringan yang bisa dikoreksi tentunya ada batas maksimalnya.
- Area tepi sambungan antar citra memberikan kenampakan visual geometrik yang kontinu, tetapi kondisi

atmosfir yang berbeda menyebabkan perbedaan aspek radiometrik.

- Citra yang telah dikoreksi dapat divisualkan dalam sistem *google earth*. Kenampakan geometrik citra pada area sambungan memberikan hasil yang relatif kontinu. Potensi ini cocok untuk diterapkan pada aplikasi surveilan, sebab keberadaan sistem *google earth* yang mudah dan murah saat ini semakin populer.
- Kondisi atmosfir menyebabkan penurunan kualitas citra. Pada aspek geometrik, terlihat efek yang mengaburkan obyek atau tepi suatu obyek menjadi tidak tegas (*berpendar*). Penggunaan operator *highpass filter* dapat mereduksi kelemahan ini.

	<p>Proses koreksi 1 <i>frame</i> citra menghasilkan citra baru dengan bentuk jajaran genjang</p>
	<p>proses koreksi masih dapat mengkompensasi kesalahan akibat pandangan miring (<i>off-nadir</i>)</p>
	<p>Bentuk geometrik pada area sambungan menunjukkan bentuk yang kontinu</p>



Gambar 3-4:Ilustrasi hasil koreksi citra LAPAN-TUBSAT

#### 4 KESIMPULAN

Hasil penelitian ini telah memberikan cara sederhana dalam melakukan koreksi geometri pada citra video satelit LAPAN-TUBSAT. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Ide pemrosesan data dengan menggunakan model rektifikasi foto 2D atau persamaan projective untuk peningkatan dan reduksi kesalahan geometri pada citra satelit LAPAN-TUBSAT ini telah berhasil meningkatkan resolusi citra dan geometri yang lebih baik. Selain itu dapat juga diterapkan untuk pengolahan citra hasil rekaman sistem videografi udara.
- Model koreksi rektifikasi foto yang dilakukan masih dapat mengkompensasi kesalahan akibat dari pandangan miring (*off-nadir*).
- Kondisi atmosfer yang berbeda pada beberapa bagian citra menyebabkan perbedaan aspek radiometrik.
- Penggunaan operator *highpass filter* dapat mereduksi kelemahan akibat pengaruh kondisi atmosfer yang menyebabkan penurunan kualitas citra karena citra yang dihasilkan menjadi kabur.
- Penelitian lebih lanjut dapat diarahkan untuk koreksi geometri data satelit LAPAN-TUBSAT khususnya untuk mengevaluasi kemampuan satelit dalam menghasilkan informasi ketinggian (Z).

#### DAFTAR RUJUKAN

Amhar, F., Henny, L., dan Agus. P., 2001. *Menghitung Kebutuhan Pemetaan Nasional Berdasarkan Populasi, Siklus Pemutakhiran dan Teknologi*, Makalah dalam Prosiding FIT-ISI 2001, Surabaya Anonymous, 2001, *Airborne Photography and Video Standards: Application for Stream Inventory and Assesment*, tersedia di: <http://www.for.gov.bc.ca/ric/>

<pubs/aquatic/aerialVideo/>, diakses april 2001.

- Dare. P., 2002. *Linear Infrastructure Mapping Using Airborne Video Imagery*, tersedia di: <http://www.sli.unimelb.edu.au/pdare/asprs2000.pdf>, diakses Februari 2002.
- Eleveld, M.A., S. T. Blok and J. P. G. Bakx, 2000. *Deriving Relief of a Coastal Landscape with Aerial Video Data*, International Jurnal Remote Sensing, 2000, vol. 21, no. 1, pp. 189-195.
- Julzarika, Atriyon, 2008. *3D Modelling Technical of Lapan Tubsat Satellite Imagery Using Videogrammetry and Its Statistical Test (Study of case: Merapi Volcano, Yogyakarta, Indonesia)*, paper untuk ASAIHL SCOPUS YOUNG SCIENTIST AWARD 2008.
- King, D.J., and Butson, C.R., 2002. *Determination of Optimal Forest Sample Plot Spatial Extent using Lacunarity Analysis of Airborne Imagery*, tersedia di: [http://www.carleton.ca/~dking/butson\\_workshop01.zip](http://www.carleton.ca/~dking/butson_workshop01.zip), diakses Februari 2002.
- McCarthy, T., 2002. *Role of Spatially Encoded Video in GIS A Review of Methodologies*, tersedia di: <http://www.irlogi.ie/pdf/mccarthy.pdf>, diakses Februari 2002.
- McNulty. S. A., 2002. *Interpretation of Aerial Videography in Western Virginia Using ArcView*, tersedia di <http://fwie.fw.vt.edu/WWW/vagap/posters/videop~2.htm>, diakses Januari 2002.
- Meisner, D.E., 1986. *Fundamental of Airborne Video Remote Sensing*, Jurnal Remote Sensing of Environment Vol 19 No.1, Elsevier Science Publishing, New York.
- Rokhmana, C.A., 2005. *Aerial Mapping by Consumer Camcorders*, GIM International Magazine, edition January 2005, Netherland.

- Rokhmana, C.A., 2008. *Removing the Cloud Coverage in IKONOS Imagery by Aerial Videography*, Proceeding Map India 2008.
- Triharjanto, R. H., W. Hasbi, A. Widipaminto, M. Mukhayadi, U. Renner, 2006. *LAPAN-TUBSAT: Micro-Satellite Platform for Surveillance & Remote Sensing*.
- Um, J.S., and R. Wright, 2000. *Effect of Angular " Feld of View of a Video Sensor on the Image Contentin a Strip Target: the Example of Revegetation Monitoring of a Pipeline Route*, Int. J. Remote Sensing, vol. 21, no. 4, pp. 723–734.
- Wolf, P.R., 1983. *Element of Photogrammetry*, Secound Ed., McGraw Hill Book Company, NewYork.
- Zhu, Z., A. Hanson, H. Schultz, F. Stolle, and E. Riseman, 2002. *Stereo Mosaics From A Moving Video Camera For Environmental Monitoring*, tersedia di : <ftp://vis-ftp.cs.umass.edu/Papers/zhu/dcv99.pdf>, diakses april 2002.