

**PEMROGRAMAN 'VIRTUAL STEREO PLOTTER'
SEBAGAI PROGRAM SPASIAL PENGHASIL *DIGITAL SURFACE
MODEL* DARI FOTO UDARA STEREO DIGITAL**

Rendy Putra Maretika
my_rendyputra@yahoo.com

Nur Mohammad Farda
farda@geo.ugm.ac.id

Abstract

The aims of this research is to create the Virtual Stereoplotter as a spatial application in processing the digital stereo aerial photograph to produce Digital Surface Model (DSM). Virtual Stereoplotter was developed by using Visual Basic 2010 Express software based on integrating the open source components and libraries among others DotSpatial 1.2, GeoStatisticalTool, MathNet.Numerics and ZedGraph. Virtual Stereoplotter application capable to perform the Interior Orientation, Cross Correlation, Single Model Bundle Adjustment, Inverse Distance Weighted and Median Filtering to obtain DSM with spatially referenced in raster. Two sets stereopair of SFAP and field measurement were applied to verify DSM accuracy. The first stereopair in Parangendog area resulted vertical accuracy of 7.965 meter in 90% level of confidence. The second stereopair in Depok area resulted vertical accuracy of 5.108 meter in 90% level of confidence. The DSM's quality and accuracy were controlled by SFAP's quality, GCP's quality, and Tie Point's quality.

Keywords: Digital Photogrammetry, Digital Surface Model

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan *Virtual Stereoplotter* sebagai program spasial pengolah foto udara stereo digital untuk menghasilkan *Digital Surface Model* (DSM). *Virtual Stereoplotter* dibangun menggunakan *software Visual Basic 2010 Express* dengan mengintegrasikan berbagai *component* dan *library open source* antara lain *DotSpatial 1.2, GeoStatisticalTool, MathNet.Numerics* dan *ZedGraph*. *Virtual Stereoplotter* mampu melakukan proses *Interior Orientation, Cross Correlation, Single Model Bundle Adjustment, Inverse Distance Weighted* dan *Median Filtering* hingga diperoleh DSM dalam format raster yang sudah bereferensi spasial. Dua pasang *stereopair* FUFK dan hasil pengukuran lapangan dengan GPS digunakan sebagai bahan untuk menguji akurasi DSM yang dihasilkan melalui program *Virtual Stereoplotter*. *Stereopair* pertama

mampu menghasilkan DSM sebagian daerah Parangendog dengan akurasi vertikal sebesar 7.965 meter pada tingkat kepercayaan 90%. *Stereopair* kedua mampu menghasilkan DSM sebagian daerah Depok dengan akurasi vertikal sebesar 5.108 meter pada tingkat kepercayaan 90%. Kualitas dan akurasi DSM dipengaruhi oleh kualitas FUFK, kualitas GCP, dan kualitas *Tie Point*.

Kata kunci : Fotogrametri Digital, Model Permukaan Digital

PENDAHULUAN

Fotogrametri merupakan ilmu, seni dan teknologi untuk memperoleh ukuran terpercaya dari foto udara (Kiefer, 1993). *American Society of Photogrammetry* (1979) dalam Wolf (1993), mendefinisikan fotogrametri tersebut sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang obyek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam.

Seiring berkembangnya ilmu dan teknologi, teknik fotogrametri terus berkembang. Mulai dari fotogrametri analog, fotogrametri analitik hingga fotogrametri digital (*Softcopy Photogrammetry*). Munculnya berbagai *software* komersial pengolah foto udara sangat mendukung dikembangkannya teknik fotogrametri digital, sehingga saat ini telah mampu dilakukan produksi *Digital Elevation Model* (DEM) dengan akurasi yang cukup baik dari sumber data foto udara digital. Namun dengan adanya harga *license* yang sangat mahal, menyebabkan susah akses pengguna (*users*) terhadap *software-software* komersial tersebut. Hal ini mendorong penelitian ini untuk membangun *software Virtual*

Stereoplotter yang menerapkan prinsip-prinsip fotogrametris dengan memanfaatkan berbagai *development tools*, *components* dan *library* pemrograman *open source* yang gratis.

Menurut Temfli (1991) dalam Purwanto (2008), yang dimaksud dengan DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil *sampling* dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat. Intermap (2012) membedakan DEM menjadi 2 jenis, yaitu DSM (*Digital Surface Model*) dan DTM (*Digital Terrain Model*). Adapun yang dimaksud DSM menurut Intermap (2012) adalah model permukaan bumi digital yang memuat elevasi fitur-fitur alami permukaan tanah dan segala obyek yang ada di permukaan tanah, baik obyek alami maupun obyek buatan manusia. Lain halnya dengan DTM yang merupakan model medan digital yang hanya memuat elevasi fitur-fitur alami permukaan tanah terbuka tanpa obyek penutup di atasnya. Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah menciptakan *Virtual Stereoplotter* sebagai program spasial pengolah foto udara stereo digital untuk menghasilkan DSM.

METODE PENELITIAN

Secara garis besar, penelitian ini dapat dibagi menjadi tiga tahapan pokok, yaitu tahap pengumpulan data, tahap pemrograman komputer, dan tahap pengolahan data, sebagaimana dapat digambarkan secara skematis

pada Gambar 1. Tahap pengumpulan data mencakup segala kegiatan lapangan untuk memperoleh koordinat GCP dan titik cek serta mencakup kegiatan pengumpulan data utama berupa sepasang foto udara bertampalan.

Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Tahap pemrograman komputer dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Visual Studio 2010 Express Edition* yang didukung beberapa *component* dan *library open source* seperti *DotSpatial1.2*, *GeoStatisticalTool*, *MathNet.Numerics* dan *ZedGraph* sehingga dapat diperoleh program *Virtual Stereoplotter* dengan *Graphical User Interface* (GUI) yang menarik dan *user friendly*.

Dua pasang *stereopair* Foto Udara Format Kecil (FUFK) dan hasil pengukuran lapangan dengan GPS digunakan sebagai bahan untuk menguji akurasi DSM yang mampu dihasilkan melalui program *Virtual Stereoplotter*. Pengolahan data FUFK dengan *Virtual Stereoplotter* ini dimulai dari proses *interior orientation*, *cross correlation*, *single model bundle adjustment*, *inverse distance weighted* dan *median filtering* hingga diperoleh hasil akhir berupa DSM dalam format raster (*.*bgd*) yang sudah bereferensi spasial.

Pada fotogrametri analitik, proses *interior orientation* atau yang sering disebut “orientasi dalam” ini dapat diartikan sebagai proses transformasi (pengikatan) koordinat titik obyek dari sistem internal (monitor atau komparator) ke sistem koordinat foto. Untuk dapat melakukan tahap *interior orientation* ini diperlukan informasi tentang parameter kamera yang digunakan, meliputi koordinat *fiducial mark*, panjang fokus, posisi *principal point* dan distorsi lensa (Soeta’at, 1994).

Metode transformasi yang sering digunakan untuk mentransformasikan

koordinat monitor (piksel) ke dalam koordinat foto adalah tranformasi *affine dua-dimensional* yang memanfaatkan persamaan *affine* sebagaimana dituliskan dalam Persamaan 1 :

$$\begin{aligned} X &= a_1x + a_2y + a_5 \\ Y &= a_3x + a_4y + a_6 \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

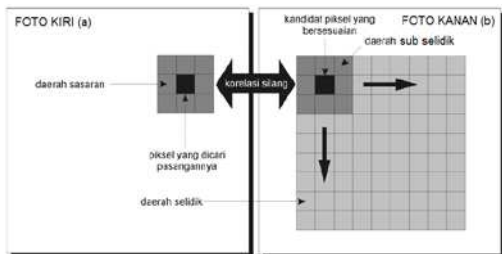
Keterangan :

- X_m, Y_m : koordinat monitor/pixel
- x, y : koordinat foto
- $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$: parameter transformasi *affine*

Setelah melalui tahap *interior orientation* ini maka semua titik di foto akan mempunyai sistem koordinat foto (x,y), setelah itu dapat dilakukan tahap yang kedua yaitu tahap *cross correlation* yang merupakan salah satu metode *image matching*. *Virtual Stereoplotter* memanfaatkan metode ini untuk menentukan titik-titik bersesuaian di foto kiri dan foto kanan (*tie points*) secara otomatis. Pada prinsipnya, metode *cross correlation* ini akan menentukan piksel-piksel yang bersesuaian berdasarkan derajat keabuannya. Proses pencarian piksel yang bersesuaian pada korelasi silang ini akan dilakukan dengan metode jendela berjalan (*moving window*) sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.

Pertama kali, pada foto kiri dibentuk *window daerah sasaran* dengan pusat *window* terletak pada piksel yang akan dicari pasangannya di foto kanan, kemudian di foto kanan akan dibentuk *window daerah selidik*. Penentuan piksel pusat *window daerah selidik* ini dilakukan

berdasarkan transformasi proyektif 2D.



Gambar 2. Metode *Cross Correlation* (Nugroho, 2003)

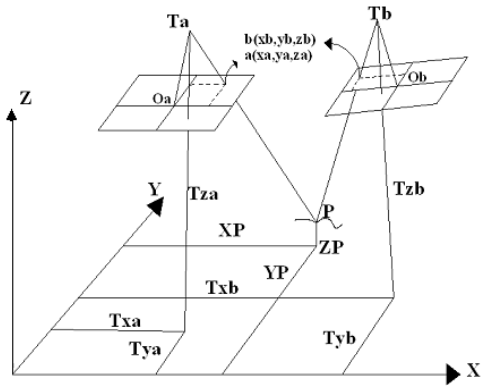
Daerah selidik pada foto kanan ini harus memiliki ukuran *window* (baris x kolom) yang lebih besar dari pada ukuran *window daerah sasaran*. Semua piksel yang ada dalam *window daerah selidik* akan dijadikan sebagai piksel pusat pembentukan *window daerah sub-selidik* dengan ukuran *window* yang sama dengan *window daerah sasaran*. Derajat keabuan masing-masing *window daerah sub selidik* yang terbentuk akan dibandingkan dengan derajat keabuan *window daerah sasaran* kemudian akan dicari koefisien korelasi yang paling besar sebagai titik yang bersesuaian. Nilai korelasi ini dapat dihitung dengan Persamaan 2 (Rottensteiner, 2001 dalam Nugroho, 2003) :

$$\delta = \frac{\sum_{x=1}^t \sum_{y=1}^t [g_{(x,y)} - g_m][h_{(x,y)} - h_m]}{\sqrt{\sum_{x=1}^t \sum_{y=1}^t [g_{(x,y)} - g_m]^2 \cdot \sum_{x=1}^t \sum_{y=1}^t [h_{(x,y)} - h_m]^2}} \quad (2)$$

Keterangan :

- δ : koefisien korelasi, dengan nilai $-1 \leq \delta \leq 1$
- $g_{(x,y)}$: derajat keabuan untuk piksel yang mempunyai koordinat (x,y) pada foto pertama
- $h_{(x,y)}$: derajat keabuan untuk piksel yang mempunyai koordinat (x,y) pada foto kedua
- g_m dan h_m : harga rata-rata nilai keabuan piksel dalam luasan jendela foto pertama dan foto kedua
- t : ukuran window daerah sub selidik

Tahap yang ketiga adalah tahap *single model bundle adjustment*. Pada dasarnya, tahap ini merupakan proses perhitungan secara langsung parameter orientasi luar dari masing-masing kamera ($\omega, \theta, \kappa, T_x, T_y, T_z$) sekaligus koordinat tanah dari masing-masing *tie points* (X, Y Z). Proses perhitungan ini didasarkan atas adanya kondisi kesegarisan (*collinearity condition*) yang merupakan kondisi dimana stasiun pemotretan foto, titik obyek di foto dan obyek sebenarnya di lapangan berada dalam satu garis lurus (Wolf, 1993). Kondisi kesegarisan dari setiap titik akan terbentuk ketika foto udara telah diorientasikan sesuai keadaannya pada saat *eksposure* berdasarkan parameter orientasi luar. Jika kondisi kesegarisan ini terpenuhi pada masing-masing foto secara bersamaan, maka garis dari titik yang bersesuaian akan berpotongan di ruang yang tidak lain menunjukkan posisi titik tersebut di tanah. Kondisi ini disebut sebagai kondisi interseksi ruang (*space intersection*) sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3 (Wolf, 1993).



Gambar 3. Space Intersection

Adapun proses perhitungan *single model bundle adjustment* dalam *Virtual Stereoplotter* ini dilakukan dengan metode kuadrat terkecil (*least square method*) berdasarkan persamaan kolinieritas (*collinearity equation*) sebagai berikut (Wolf, 1993) :

$$\begin{aligned} x_a &= -f \frac{[m_{11}(X_A - T_x) + m_{12}(Y_A - T_y) + m_{13}(Z_A - T_z)]}{[m_{31}(X_A - T_x) + m_{32}(Y_A - T_y) + m_{33}(Z_A - T_z)]} \\ y_a &= -f \frac{[m_{21}(X_A - T_x) + m_{22}(Y_A - T_y) + m_{23}(Z_A - T_z)]}{[m_{31}(X_A - T_x) + m_{32}(Y_A - T_y) + m_{33}(Z_A - T_z)]} \\ &\dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

- XA ,YA ,ZA : koordinat titik A pada sistem koordinat peta/ tanah
- xa , ya : koordinat titik A pada sistem koordinat foto
- f : fokus kamera
- Tx,Ty,Tz : koordinat titik pusat proyeksi kamera
- m11, m12, ..., m33 : elemen matriks rotasi, yang merupakan fungsi dari ω, ϕ, κ

Setelah *tie points* memiliki koordinat tanah yang dihitung pada tahap *single model bundle adjustment*, kemudian *tie points* tersebut akan digunakan sebagai dasar interpolasi untuk menghasilkan DSM. *Virtual Stereoplotter* menerapkan metode

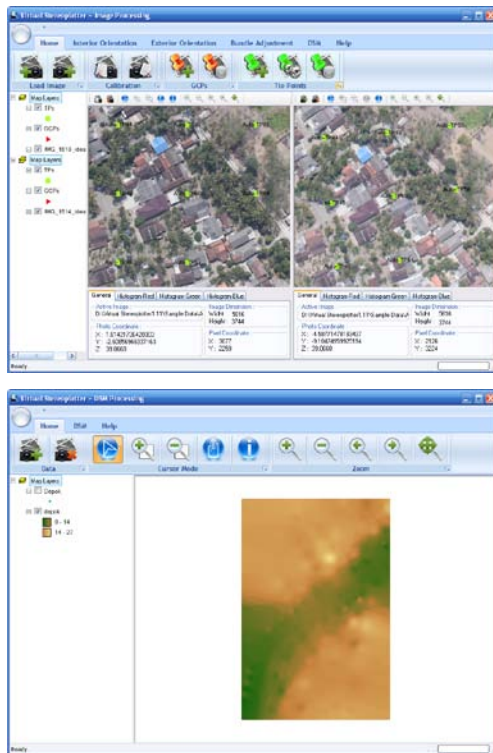
inverse distance weighted (IDW) yang merupakan metode interpolasi dimana nilai ketinggian suatu titik akan diperkirakan berdasarkan rata-rata nilai ketinggian dari titik ikat di sekitarnya yang dihitung dengan pembobotan tertimbang, dimana faktor jarak digunakan sebagai dasar untuk memberikan bobot/pengaruh (Childs, 2004).

Tahap terakhir setelah terbentuk DSM adalah tahap *median filtering* yang dilakukan untuk mengurangi adanya *noise* pada DSM. Pada prinsipnya, *median filtering* menerapkan metode jendela berjalan (*moving window*) untuk mencari nilai-nilai ekstrim yang dianggap sebagai *noise* pada masing-masing *window*. Nilai ketinggian dari setiap piksel yang ada dalam *window* akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang batas (*threshold*). Piksel yang memiliki selisih nilai ketinggian di luar ambang batas tersebut akan dianggap sebagai *noise*, sehingga nilainya akan diganti dengan nilai piksel median pada *window* tersebut.

Untuk mengetahui tingkat akurasi DSM yang mampu dihasilkan melalui *Virtual Stereoplotter*, dalam hal ini akan dilakukan uji akurasi melalui perhitungan RMSE (*root mean square error*) dan perhitungan akurasi (*accuracy*) pada komponen vertikal dan komponen horisontal berdasarkan hasil pengukuran titik cek di lapangan. Adapun teknik pengambilan sampel (*sampling*) yang dipilih adalah *purposive sampling* yang mana titik sampel (titik cek) akan diambil sesuai dengan kesesuaiannya sebagai titik cek pada daerah kajian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir dari penelitian ini adalah program *Virtual Stereoplotter* dan DSM hasil pengolahan foto udara stereo digital dengan program *Virtual Stereoplotter* beserta tingkat akurasi DSM yang mampu dicapai. *Virtual Stereoplotter* berhasil dibangun menjadi aplikasi spasial dengan *Graphical User Interface* (GUI) yang menarik dan *user friendly* dengan 2 *interface* utama, yaitu *image processing interface* dan *DSM processing interface* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *image processing interface* (atas) dan *DSM processing interface* (bawah)

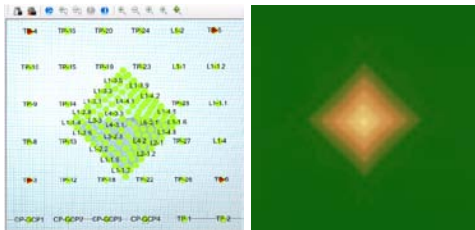
Kelebihan dari program ini adalah pengguna dapat melihat setiap proses perhitungan dari prinsip fotogrametris yang diterapkan,

sehingga program ini cocok digunakan sebagai media pembelajaran, khususnya tentang fotogrametri digital. Adapun kelemahan dari *Virtual Stereoplotter* ini adalah adanya keterbatasan jumlah foto dan jumlah *tie points* yang mampu diolah. Dalam sekali proses, *Virtual Stereoplotter* hanya mampu mengolah 1 pasang foto (1 *stereopair*) dengan jumlah *tie points* maksimal sebanyak 155 titik. Hal ini dikarenakan tahap *single model bundle adjustment* membutuhkan dimensi matriks yang sangat besar dalam proses perhitungannya, sehingga dengan adanya keterbatasan memori maka program tidak mampu menampung jumlah *tie points* yang terlalu banyak.

Virtual Stereoplotter ini mampu menghasilkan DSM dari sumber data foto stereo, baik foto udara (*aerial photograph*) maupun foto terestrial (*terrestrial photograph*). *Virtual Stereoplotter* tidak menyediakan fasilitas untuk melakukan koreksi distorsi pada foto, oleh sebab itu semua foto yang digunakan harus dikoreksi terlebih dahulu dengan *software* komersial lain.

Sebelum dilakukan uji program untuk melakukan ekstraksi DSM dari foto udara, dalam penelitian ini juga dilakukan simulasi ekstraksi DSM dari foto terestrial yang dipotret pada jarak sekitar 50 Cm dengan kamera Canon EOS 5D Mark II. Kamera ini menggunakan sensor CMOS dengan dimensi 37.7990 x 25.1971 mm dan panjang fokus 39,0998 mm yang mampu menghasilkan *image* dengan dimensi piksel sebesar 5616 x 3744 piksel.

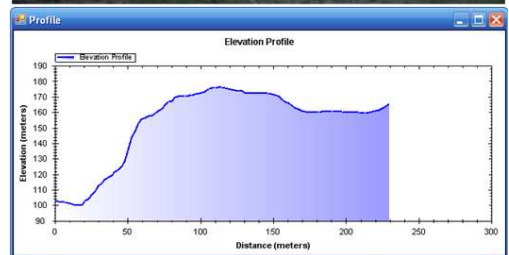
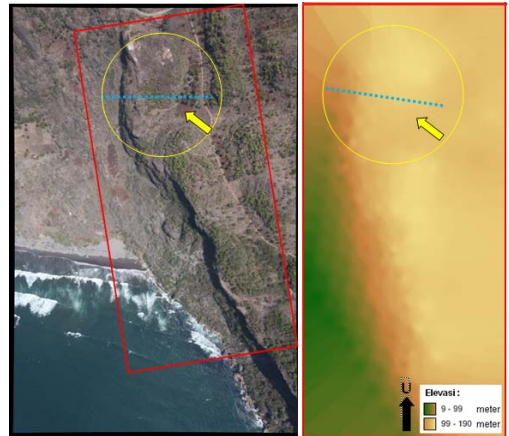
Simulasi dilakukan 4 kali dengan data foto terestrial yang sama (model pyramid) namun dengan kualitas GCP yang berbeda-beda. Dari simulasi ini dapat disimpulkan bahwa distribusi GCP yang paling ideal adalah terletak di sudut-sudut daerah pertampalan atau menyebar merata di daerah pertampalan sesuai dengan topografi permukaannya sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi GCP yang ideal (kiri) dan DSM yang dihasilkan dengan GCP yang ideal (kanan).

Dua buah *stereopair* Foto Udara Format Kecil (FUFK) dan hasil pengukuran lapangan dengan GPS digunakan sebagai bahan untuk melakukan uji program yang kedua. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi DSM yang mampu dihasilkan melalui program *Virtual Stereoplotter* dari sumber foto udara stereo digital. Adapun FUFK yang digunakan ini diambil menggunakan kamera yang sama (Canon 5D Mark II) yang dibawa oleh wahana berupa pesawat *Chesna* pada ketinggian sekitar 1000 meter dpal. *Stereopair* pertama memiliki cakupan di sebagian daerah Parangendog. Dengan menggunakan 4 GCP dan 10 titik cek (*checkpoints*) yang diukur di lapangan dengan metode *single base real time kinematik* menggunakan 2 buah

receiver Javad Triumph1, stereopair pertama ini mampu menghasilkan DSM dengan akurasi vertikal sebesar 7.965 meter pada tingkat kepercayaan 90%. Secara garis besar, bentuk permukaan DSM yang dihasilkan sudah mirip dengan kondisi permukaan sebenarnya di lapangan sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan permukaan DSM daerah Parangendog dengan permukaan yang terekam pada foto udara (atas). Dapat dilihat profil (bawah) yang dibentuk dari DSM sudah mirip dengan bentuk permukaan sebenarnya di lapangan (tengah).

Stereopair kedua memiliki cakupan di sebagian daerah Depok. Dengan menggunakan 5 GCP dan 35 titik cek (*checkpoints*) yang diukur di lapangan dengan GPS *Handheld* (*Garmin Etrex Vista HcX*), *stereopair* kedua ini mampu menghasilkan DSM sebagian daerah Depok dengan akurasi vertikal sebesar 5.108 meter pada tingkat kepercayaan 90%, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan permukaan DSM sebagian daerah Depok dengan permukaan yang terekam pada foto udara (atas). Dapat dilihat profil (bawah) yang dibentuk dari DSM sudah mirip dengan bentuk permukaan sebenarnya di lapangan (tengah).

Secara garis besar, bentuk permukaan DSM sebagian daerah Depok ini juga sudah mirip dengan kondisi permukaan sebenarnya di lapangan, namun demikian pada beberapa bagian masih dijumpai permukaan DSM yang belum representatif. Hal ini dikarenakan adanya keterbatasan jumlah *tie points* yang mampu diolah oleh *Virtual Stereoplotter*. Untuk menghasilkan DSM yang lebih representatif tentu saja dibutuhkan jumlah *tie points* yang lebih banyak, terutama pada daerah-daerah yang memiliki variasi topografi yang banyak. Semakin banyak variasi topografi maka akan membutuhkan lebih banyak *tie points* untuk merepresentasikan kondisi permukaan dengan variasi topografi yang banyak tersebut.

Melihat adanya berbagai kelebihan dan kekurangan dari *Virtual Stereoplotter*, dalam hal ini *Virtual Stereoplotter* masih sangat perlu dikembangkan.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari pelaksanaan penelitian ini yaitu :

1. *Virtual Stereoplotter* telah mampu dibangun sebagai program spasial pengolah foto udara stereo digital yang menerapkan beberapa prinsip fotogrametri untuk menghasilkan DSM.
2. Dari tahap simulasi pengolahan *terrestrial photograph* dengan *Virtual Stereoplotter*, dapat disimpulkan bahwa distribusi GCP

yang paling ideal adalah terletak di sudut-sudut daerah pertampalan atau menyebar merata di daerah pertampalan sesuai dengan topografi permukaannya.

3. Dari tahap pengujian program *Virtual Stereoplotter* untuk melakukan pengolahan data dua pasang *stereopair* FUFK, dapat diperoleh DSM dengan RMSE dan akurasi sebagai berikut (*accuracy* dinyatakan dalam tingkat kepercayaan 90%):

a. DSM daerah Parangendog

HORIZONTAL COMPONENT	<i>RMSE (m)</i>	12.947
	<i>Accuracy (m)</i>	21.296
VERTICAL COMPONENT	<i>RMSE (m)</i>	4.842
	<i>Accuracy (m)</i>	7.965

b. DSM daerah Depok

HORIZONTAL COMPONENT	<i>RMSE (m)</i>	6.526
	<i>Accuracy (m)</i>	10.735
VERTICAL COMPONENT	<i>RMSE (m)</i>	3.106
	<i>Accuracy (m)</i>	5.108

4. Kualitas dan akurasi *Digital Surface Model* yang dihasilkan dari program *Virtual Stereoplotter* ini akan sangat tergantung dari beberapa aspek berikut :
 - a. Kualitas foto yang digunakan, termasuk kualitas hasil koreksi.
 - b. Kualitas GCP
 - c. Kualitas *Tie Points*
 - d. Tingkat kesesuaian permukaan bumi yang dimodelkan terhadap metode interpolasi IDW.
 - e. Ketepatan dalam menentukan konfigurasi median filtering.

DAFTAR PUSTAKA

Childs, Colin. 2004. *Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst*. ESRI Education Service. **Online**. <http://www.esri.com/news/arcuser/0704/files/interpolating.pdf>, diakses tanggal 28 Juli 2011.

Intermap. 2012. *NEXTRMap*. **Online** http://www.intermap.com/Portals/0/doc/Brochures/INTERMAP_NEXTRMap_English.pdf. diakses tanggal 05 Juli 2012.

Kiefer dan Lillisand. 1993. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. **Text Book**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Nugroho, Daniel A. 2003. *Pembuatan Model Permukaan Digital dari Sumber Citra ASTER Secara Semi Otomatis*. **Skripsi**. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Purwanto, Taufik Hery. 2008. *3D-Analyst*. **Materi Kuliah**. Yogyakarta :Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Soeta'at. 1994. *Fotogrametri Analitik*. **Diktat Kuliah**. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Wolf,P.R. 1993, *Elemen Fotogrametri dengan Intepretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh, Edisi Kedua*. **Text Book**. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.