

# TEKNIK PENURUNAN DSM MENJADI DEM DARI CITRA SATELIT ALOS UNTUK WILAYAH DATARAN TINGGI DENGAN HITUNG PERATAAN KUADRAT TERKECIL METODE PARAMETER

Susanto\*

Kedeputan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)  
Jl. LAPAN No, 70 Pekayon, Kec. Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710

Diterima: 18 Mei 2009, Disetujui: 17 Juni 2009, Dipublikasikan: Juli 2009

## ABSTRAK

Teknik penurunan *Digital Surface Model* (DSM) menjadi *Digital Elevation Model* (DEM) [DSM2DEM] dapat dilakukan dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Pada studi kasus tersebut, teknik penurunan yang digunakan dibagi menjadi dua kelas, yaitu dataran rendah dan dataran tinggi. Teknik penurunan pada dua kelas tersebut menggunakan metode yang sama, hanya dibedakan dari jumlah titik penelitian yang digunakan. Pada penelitian ini, mengkaji pada dataran tinggi. Pada kelas ini menggunakan 14 titik penelitian. Teknik penurunan tersebut dilakukan pada citra Alos. Pada citra satelit lain, foto maupun video yang mengkaji daerah dataran tinggi juga dapat menggunakan metode ini untuk penurunan DSM2DEM. Tingkat orde yang digunakan sebagai titik penelitian akan mempengaruhi kualitas akurasi dan presisi data.

## ABSTRACT

Reducing technique of Digital Surface Model DSM into Digital Elevation Model DEM DSM2DEM can be made with counting smallest square mean by parameter method. In this case study, reducing technique used was divided into two classes, low plane and plateau. Reducing technique in those two classes uses the same method, only distinguished from the amount of study points. This class uses 14 study points. The reducing technique is done on Alos image. On the other satellite imagery, photos or videos that examine plateau region can also use this method to reduce DSM2DEM. Order level used as study points can affect the quality accuracy and data precision.

© 2009 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

**Keywords:** DSM, DEM, average calculating, plateau

## PENDAHULUAN

Saat ini teknologi penginderaan jauh sudah mengalami kemajuan yang pesat. Perkembangan tersebut ditandai dengan banyaknya satelit yang berada di angkasa. Pada beberapa aplikasi yang bersifat kebumih, kebanyakan menggunakan satelit sumberdaya alam, seperti ALOS, Landsat, Ikonos, SPOT, Beijing 1, CBERS, Quick Bird, Aster, dan lain-lain. Dari sejumlah satelit tersebut, yang dapat dibuat model 3 dimensi (3D) adalah ALOS dan Aster. Pada penelitian ini lebih mengkaji pada satelit ALOS.

ALOS adalah satelit milik Jepang yang diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006 yang membawa 3 instrumen sensor yaitu PRISM, AVNIR dan PALSAR. PRISM (The panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping) adalah sensor untuk merekam citra optis pankromatik pada panjang gelombang 0.52 – 0.77 mm dan mempunyai resolusi spasial 2.5 m. Sensor ini mempunyai 3 teleskop untuk merekam citra stereo dari arah depan (*Forward*), arah tegak lurus (Nadir) dan arah belakang (*Backward*) searah dengan orbit satelit (*along track*). Kombinasi citra stereo tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan DEM dengan akurasi yang cukup untuk memetakan permukaan bumi dalam skala 1:25.000 atau lebih besar. Teleskop pada arah tegak

lurus dapat merekam citra dengan lebar 70 Km, sedangkan arah depan dan arah belakang merekam dengan lebar sebesar 35 Km. Sudut yang dibentuk teleskop arah depan dan arah belakang terhadap arah tegak lurus adalah 240, ini bertujuan untuk menghasilkan data stereo dengan rasio lebar/tinggi (*base to height ratio*) yang mendekati nilai 1DSM merupakan model permukaan digital dengan referensi permukaan objek terhadap *Mean Sea Level* (MSL) 18,61 tahun. DEM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap ellipsoid. *Digital Terrain Model* (DTM) merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap koordinat toposentrik dan telah dilakukan koreksi unsur-unsur geodetis terhadap model tersebut. *Digital Geoid Model* (DGM) merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap geoid/rata-rata ekuipotensial yang berimpit dengan MSL.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model 3D (DSM) dari citra ALOS untuk dataran tinggi dengan jumlah titik minimal 14 titik kontrol tanah serta melakukan penurunan DSM menjadi DEM secara hitung perataan.

## METODE

Penelitian ini mengkaji tentang penurunan DSM menjadi DEM dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Ada 14 titik kontrol tanah yang digunakan dalam pembentukan pola dan model wilayah studi.

Hasil koreksi geometrik berupa akurasi dan presisi yang diperoleh dari penelitian sebelumnya digunakan

---

\*Alamat korespondensi:

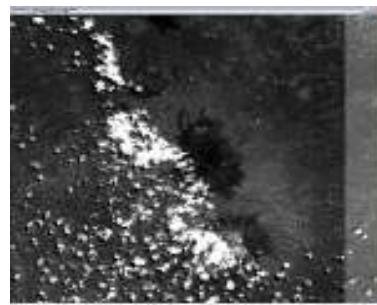
Telp/Fax. -  
Email: verbhakov@yahoo.com

untuk penurunan DSM menjadi DEM (DSM2DEM). Hasil DEM tersebut kemudian akan digunakan sebagai referensi pada penelitian berikutnya, yaitu untuk menurunkan DEM menjadi DTM.

**Pelaksanaan**

Pada penelitian ini kami menggunakan penggabungan citra Alos Nadir dengan Forward dalam pembentukan model 3D. Pada pembentukan model tersebut dilakukan koreksi geometrik dengan empat titik GCP yang diperoleh dari data asli citra satelit ALOS (Julzarika, 2008). Setiap data asli citra satelit mempunyai lima titik GCP yang setara dengan orde 1 dan orde 2 tergantung letak wilayah terhadap orde 0. Lima titik GCP yang disediakan oleh satelit tersebut terletak di empat pojok citra dan satu sebagai titik tengah citra.

Citra satelit tersebut meliputi ALOS, Ikonos, SPOT, Quick Bird, Aster, CBERS, WorldView-1, Beijing-1, Envisat, dan beberapa satelit sumber daya alam lainnya. Empat GCP tersebut akan memiliki akurasi lebih tinggi dan presisi lebih seksama dibanding dengan koreksi GCP dengan titik kontrol tanah level bawah (orde 2, 3, dan 4) (Julzarika, 2008). Penentuan akurasi dan presisi citra Alos dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter menggunakan 14 titik penelitian. Berikut ini posisi dan model 3D citra Alos Nadir+Forward wilayah Merapi-Merbabu dengan 14 titik kontrol tanah (lereng gunung Merbabu).



**Gambar 1.** Citra alos N-F Merapi-Merbabu

Hitung perataan kuadrat terkecil dimaksudkan untuk mendapatkan harga estimasi dari suatu parameter yang paling mendekati harga sebenarnya dengan cara menentukan besaran yang tidak diketahui (parameter) dari sekumpulan data ukuran yang mempunyai pengamatan lebih (Widjajanti, 1997). Prinsip penyelesaian hitung kuadrat terkecil adalah jumlah kuadrat dari residu adalah minimal (Hadiman, 1999).  $\sum V_i^2 = \text{minimal}$

Pada hitung perataan berpengaruh faktor akurasi dan presisi (Wolf, 1981). Akurasi adalah tingkat kedekatan atau konsistensi pengukuran terhadap nilai yang benar (*true value*) sedangkan presisi adalah tingkat kedekatan atau kedekatan pengukuran terhadap nilai rerata. (Soetaa't, 1996). Ada berbagai metode hitung perataan kuadrat terkecil, diantaranya adalah metode parameter, *minimal constraint* dan *more than constraint* yang menganggap titik penelitian fixed (Spiegel, 1975). Metode yang lain adalah metode parameter berbobot dan jaring bebas serta inner constraint yang memperhitungkan kesalahan dari titik penelitian (Widjajanti, 1997). Pada penelitian ini menggunakan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Salah satu perangkat lunak yang bisa digunakan sebagai bahasa komputasi teknis berupa komputasi, visualisasi, dan pemrograman adalah Matlab. Komputasi tersebut dapat berupa hitung perataan.

Metode hitung perataan kuadrat terkecil yang sering dipakai adalah metode parameter dimana besaran pengamatan dinyatakan sebagai fungsi parameter (Widjajanti, 1997).

$$L_a = F(X_a) \tag{1}$$

$$L_b + v = F(X_0 + X_b) \tag{2}$$

linearisasi dengan deret Taylor dapat dibentuk model linear:

$$v = AX + F \tag{3}$$

$$\begin{aligned} X_{1b} &= s.x_{1a}.ds + s.z_{1a}.d\Phi + s.y_{1a}.dk + dX_0 - v_{x1} \\ Y_{1b} &= s.y_{1a}.ds + s.z_{1a}.d\Omega - s.x_{1a}.dk + dY_0 - v_{y1} \\ Z_{1b} &= s.z_{1a}.ds - s.y_{1a}.d\Omega - s.x_{1a}.d\Phi + dZ_0 - v_{z1} \end{aligned}$$

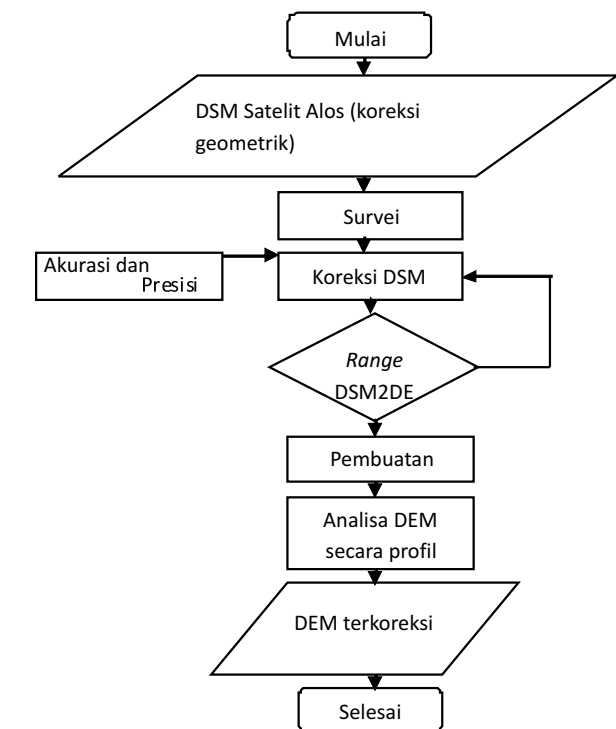
Jika  $s.ds = a$  ;  $s.d\Omega = b$  ;  $s.d\Phi = c$  ;  $s.dk = d$

Maka:

$$\begin{aligned} X_{1b} &= a.x_{1a} + c.z_{1a} + d.y_{1a} + dX_0 - v_{x1} \\ Y_{1b} &= a.y_{1a} + b.z_{1a} - d.x_{1a} + dY_0 - v_{y1} \\ Z_{1b} &= a.z_{1a} - b.y_{1a} - c.x_{1a} + dZ_0 - v_{z1} \end{aligned}$$

Sehingga:  
Matriks F (koordinat (c)) (Uotila, 1985)

$${}_{21}F_1 = \begin{bmatrix} -x_{1c} \\ -y_{1c} \\ -z_{1c} \\ \dots \\ \dots \\ -x_{7c} \\ -y_{7c} \\ -z_{7c} \end{bmatrix}$$



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

Proses selanjutnya dilakukan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Ada beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu membentuk matrik desain/transformatasi (A) dan matrik pengukuran (F) (Julzarika, 2007).

Matriks A (koordinat (a)) (Konecny dan Lehmann, 1984).

$$\begin{matrix}
 \frac{\partial X_{1a}}{\partial a} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial b} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial c} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial d} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial dZ_0} \\
 \frac{\partial Y_{1a}}{\partial a} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial b} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial c} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial d} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial dZ_0} \\
 \frac{\partial Z_{1a}}{\partial a} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial b} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial c} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial d} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial dZ_0} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \frac{\partial X_{7a}}{\partial a} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial b} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial c} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial d} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial dZ_0} \\
 \frac{\partial Y_{7a}}{\partial a} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial b} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial c} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial d} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial dZ_0} \\
 \frac{\partial Z_{7a}}{\partial a} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial b} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial c} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial d} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial dZ_0}
 \end{matrix}$$

**Matriks Bobot (P)**

Jika  $\hat{\sigma}_o^2 = 2,5^2$ , sehingga matrik P = matrik identitas (I), besarnya parameter dapat dicari dengan persamaan:

$$X = -(A^T P A)^{-1} A^T P F \tag{1}$$

Nilai matriks parameter transformasi terdapat pada bagian pembahasan, dalam hal ini,

- La : nilai estimasi pengamatan ; Xa : nilai estimasi parameter
- Lb : nilai pengamatan ; v : matriks residu/ koreksi pengamatan
- X0 : nilai pendekatan parameter ;
- Xb : koreksi parameter
- X = matriks parameter transformasi koordinat (a) terhadap koordinat (c)
- A = matriks desain/model transformasi koordinat (a)
- F = matriks pengukuran koordinat (c) ; P = matriks bobot

Penghitungan nilai matriks residu V

$$V = A * X + F \tag{2}$$

Nilai matriks residu V1 terdapat pada bagian pembahasan matrik varian kovarian parameter dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\Sigma X = (\hat{\sigma}_o^2) * (A^T P A)^{-1}, \tag{3}$$

untuk koordinat (a) dan koordinat (c)  
 Nilai matriks varian kovarian parameter terdapat pada bagian pembahasan a posteriori varian:

$$(\hat{\sigma}_o^2)_2 = \frac{V^T * P * V}{n - u}, \tag{4}$$

untuk koordinat (a) dan koordinat (c)  
 Nilai a posteriori varian terdapat pada bagian pembahasan, dalam hal ini,  
 V = matriks residu ;  $\Sigma X$  = matriks varian kovarian parameter  
 n = jumlah pengamatan ;  
 u = jumlah parameter  
 $\hat{\sigma}_o^2$  = a posteriori varian  
 Penghitungan matriks kovarian hasil hitungan ( $\Sigma v$ ).

$$\Sigma v = \hat{\sigma}_o^2 * (1 - A * (A^T * P * A)^{-1} * A^T) \tag{5}$$

Nilai matriks kovarian hasil hitungan terdapat pada bagian pembahasan.

Penghitungan matriks kovarian pengukuran ( $\Sigma L$ ).

$$\Sigma L = \hat{\sigma}_o^2 * (A * (A^T * P * A)^{-1} * A^T) \tag{6}$$

Iterasi kedua dilakukan jika  $\frac{\hat{\sigma}_{oi} - \hat{\sigma}_{oi+1}}{\hat{\sigma}_{oi}} >$  toleransi atau a posteriori varian  $\hat{\sigma}_o^2 >$  toleransi.

Dari hasil penelitian sebelumnya pada (Julzarika, 2008) diperoleh kesimpulan bahwa nilai koordinat pada arah sumbu x memiliki akurasi tinggi sebesar

$X_0 \pm \sigma_x$  atau  $0.671857454108123 \pm 0.6529571338124070$  m, sehingga akan mengurangi bias yang ditimbulkan terhadap pola dan model akurasi dan presisi terhadap tujuh titik penelitian.

Nilai koordinat pada arah sumbu y memiliki akurasi sangat tinggi sebesar

$Y_0 \pm \sigma_y$  atau  $0.233028981951454 \pm 0.6529552888307150$  m, sehingga akan mengurangi bias yang ditimbulkan terhadap pola dan model akurasi dan presisi terhadap tujuh titik penelitian (Julzarika, 2008).

Nilai koordinat pada arah sumbu z memiliki akurasi lebih rendah sebesar  $Z_0 \pm \sigma_z$  atau  $2.52733193815344 \pm 0.7378906512590360$  m, sehingga bias yang ditimbulkan terhadap pola dan model akurasi dan presisi terhadap tujuh titik penelitian akan lebih besar. Hal ini akan berpengaruh terhadap besar bias yang terjadi pada arah sumbu x dan sumbu y (Julzarika, 2008).

Nilai koordinat pada arah sumbu x mempunyai presisi kurang seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai |w| memiliki nilai lebih besar sehingga akan mempengaruhi pola dan model tujuh titik penelitian terhadap tujuh titik penelitian.

Nilai koordinat pada arah sumbu y mempunyai presisi seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai |w| memiliki nilai kecil sehingga akan mempengaruhi pola dan model tujuh titik penelitian terhadap tujuh titik penelitian.

Nilai koordinat pada arah sumbu z mempunyai presisi lebih seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai |w| memiliki nilai lebih kecil sehingga akan mempengaruhi pola dan model tujuh titik penelitian terhadap tujuh titik penelitian.

**Pembuatan dan koreksi DSM**

Penelitian ini mengkaji tentang pemodelan 3D pada Gunung Merapi-Merbabu. Untuk pemodelan tersebut menggunakan citra ALOS Prism Nadir dengan forward. Proses pertama yang dilakukan adalah melakukan konversi format data berupa RAW data menjadi format data \*.ers dengan bantuan perangkat lunak ENVI. Proses selanjutnya adalah koreksi geometrik citra satelit Alos, baik yang nadir maupun yang forward. Proses ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ER Mapper. Titik Ground Control Point (GCP) yang digunakan adalah empat titik pojok hasil data asli perekaman satelit Alos. Metode yang digunakan dalam koreksi geometrik tersebut adalah polinomial linear. Sedangkan untuk sistem proyeksi yang digunakan adalah Geographic dengan datum WGS'84.

Proses selanjutnya adalah pembuatan DEM wilayah gunung Merbabu. Pada proses ini dibuat dengan menggunakan 14 titik kontrol tanah. Semua titik tersebut dibuat sebuah jaring kontrol geodesi untuk mengetahui tingkat akurasi dan presisi serta pembentukan model dan pola jaringan tersebut.

14 titik kontrol tanah tersebut berpengaruh dalam proses penentuan kisaran yang digunakan dalam penurunan DSM ke DEM. Range tersebut menggunakan kisaran (Julzarika & Sudarsono, 2009).

- Tinggi masing-masing titik penelitian adalah  $h_i$  meter, di mana  $h_i$  adalah elevasi diatas ellipsoid
- Kisaran arah sumbu  $x$ :  $X-dx_i$  s/d  $X+dx_i$ ,

Maka kisaran arah  $X = X$  (pada penelitian ini lebih mengutamakan elevasi/sumbu  $z$ )

- Kisaran arah sumbu  $y$ :  $Y-dy_i$  s/d  $Y+dy_i$ ,

Maka kisaran arah  $Y = Y$  (pada penelitian ini lebih mengutamakan elevasi/sumbu  $z$ )

- Kisaran arah arah sumbu  $z$ :  $Z-dz_i$  s/d  $Z+dz_i$ ,

$dx_i, dy_i,$  dan  $dz_i$  merupakan simpangan baku yang diperoleh dari hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter dengan mencari korelasi parameter antara dua jenis transformasi koordinat yang digunakan.

### Penurunan DEM

DEM yang dibuat merupakan hasil penurunan dari DSM yang dibuat dengan citra *Alos Prism Nadir* dengan Forward. Model 3D yang terbentuk dari kedua citra ini digunakan sebagai referensi dalam penurunan model. Sedangkan 14 titik penelitian merupakan titik kontrol tanah yang diperoleh dari peta rupa Bumi Indonesia skala 1:25000. Berikut ini merupakan hasil pemodelan 3D wilayah Merapi-Merbabu dengan nadir-forward



**Gambar 3.** Pemodelan #D Wilayah Gunung Merbabu (Nadir-Forward)

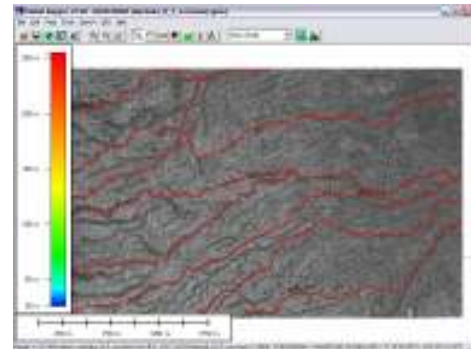
Penentuan DAS lereng Gunung Merbabu secara otomatis dengan menggunakan metode digital number. Citra satelit Alos tersebut dapat menentukan pola DAS lereng gunung Merbabu, nilai terendah menunjukkan pola aliran DAS, sedangkan nilai tertinggi menunjukkan pola igir.

### Uji Tampilan DEM Secara Profil Melintang

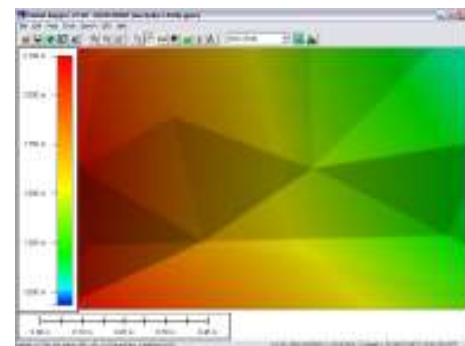
Penurunan DEM dari DSM pada masing-masing titik penelitian mempunyai syarat mutlak, yaitu nilai DEM dari DSM hanya terdapat pada kisaran  $Z$  ( $Z-dz_i$  s/d  $Z+dz_i$ , meter), sedangkan nilai yang berada diluar range merupakan *Bull Eye's*. Istilah ini sering digunakan dalam interpolasi kontur.

*Bull Eye's* bisa disebabkan oleh interpolasi kontur yang salah akibat penyebaran titik tinggi yang tidak merata atau bisa juga disebabkan oleh nilai titik tinggi yang tidak sesuai dengan yang sebenarnya. *Bull Eye's* merupakan titik, garis, atau area yang mempunyai nilai ketinggian, akan tetapi nilai tersebut tidak mempresentasikan keadaan sebenarnya di lapangan

Penurunan DEM lereng gunung Merbabu menggunakan 14 titik kontrol tanah dan pembuatan kontur, 14 titik kontrol tanah akan membuat suatu jaring kontrol geodetis dengan pola mirip dengan *Triangular Irregular Network* (TIN), tapi berbeda dalam pemodelan data. DEM hasil penurunan DSM citra ALOS (*Nadir-Forward*) dengan 14 titik kontrol tanah.

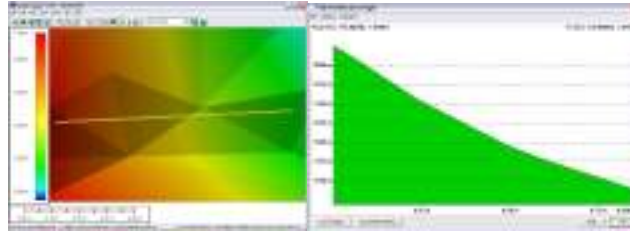


**Gambar 4.** DAS+igir lereng gunung Merbabu



**Gambar 5.** DEM citra Alos N-F Merbabu

DEM yang telah dibuat harus diuji, baik secara statistik maupun secara non statistik. Uji secara non statistik bisa berupa tampilan. Uji tampilan DEM ini menggunakan metode profil melintang. Profil merupakan kenampakan objek baik secara topografi maupun non topografi. Profil terbagi atas dua macam, yaitu profil



**Gambar 6.** DEM citra Alos N-F Merbabu (profil melintang)

memanjang dan profil melintang. Profil melintang merupakan kenampakan objek secara melintang secara tegak lurus terhadap sumbu objek tersebut. Contoh profil melintang adalah kenampakan melintang dari jalan, profil melintang sungai, *continental shelf*, pegunungan, perbukitan, dan lain-lain.

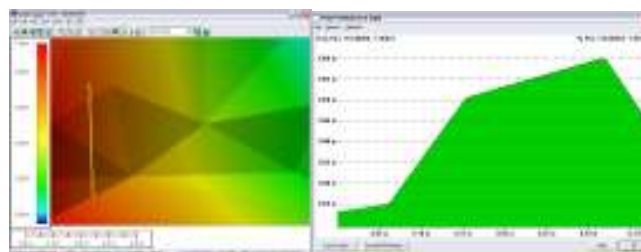
Profil memanjang merupakan kenampakan objek memanjang mengikuti sumbu objek tersebut, misal profil as jalan, breakline, garis antar thalweg sungai (Arsana dan Julzarika, 2006). Analisa DEM dengan metode profil melintang.

Pada proses ini dilakukan dengan cara membuat garis secara melintang pada lereng dari timur ke barat. Dari hasil tersebut bisa dilihat bagaimana kenampakan DEM yang berada pada lereng tersebut. Profil tersebut sudah meliputi hutan dan sungai yang ada di lereng tersebut.

Selanjutnya perlu dilakukan pembuatan garis melintang pada lereng dari arah utara ke selatan. Pada profil ini juga dilakukan analisa visual bagaimana kenampakan DEM yang berada pada lereng tersebut. Profil yang dianalisa meliputi kenampakan hutan dan sungai (*hidrology flow*) pada lereng tersebut. Berikut Analisa DEM dengan metode profil melintang.

### SIMPULAN

Penelitian tentang penurunan DSM menjadi DEM



**Gambar 7.** DEM citra Alos N-F Merbabu (profil melintang)

dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter untuk wilayah dataran tinggi mempunyai beberapa kesimpulan sebagai berikut. DSM dapat diubah menjadi DEM dengan menggunakan metode hitung perataan kuadrat terkecil. DEM yang dibuat merupakan hasil range z sebesar  $(Z-dz, s/d Z+dz)$  sedangkan nilai titik tinggi di luar range z merupakan Bull Eye's. Pembuatan DEM dilakukan dengan menggunakan 14 titik penelitian dalam penentuan model dan pola dalam mempengaruhi akurasi dan presisi data.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arsana, I.M.A., dan Julzarika, A. 2006. *Liscad-Surveying & Engineering Soft-ware, Jurusan Teknik Geodesi & Geomatika Fakultas Teknik UGM dan PT. Leica/Almega Geosystem, Yogyakarta.*
- Hadiman. 1999, Hitung Perataan, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Julzarika, A., 2007, *Analisa Perubahan Koordinat Akibat Proses Perubahan Format Tampilan Peta pada Pembuatan Sistem Informasi Geografis Berbasis Internet*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UGM, Yogyakarta.