

## ANALISIS REDUKSI TOPOGRAFI DATA GAYABERAT DENGAN PENDEKATAN METODE LA FEHR DAN WHITMAN PADA PENENTUAN ANOMALI BOUGUER

Syafriadi dan Alimuddin

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung  
Jl. S. Brojonegoro No.1, Bandar Lampung 35145

Diterima 27 Juli 2006, perbaikan 11 Januari 2007, disetujui untuk diterbitkan 1 Februari 2007

### ABSTRACT

Analysis of the gravity topography reduction data to determine of the anomaly Bouguer has been conducted. The results show that the values of the anomaly correction were difference, i.e. 0.010-0.1.045 mgal for La Fehr approach and 0.00-0.01 mgal for Whitman approach. The anomaly pattern obtained from both approach were equal, this results can be attributed to the difference of the regional topography that is only 500-1000 m.

**Key words** : topography reduction data, Bouguer anomaly, La Fehr and Whitman.method

### 1. PENDAHULUAN

Metode gravitasi adalah metode penyelidikan geofisika yang didasarkan pada variasi percepatan gravitasi di permukaan bumi. Distribusi massa jenis yang tidak seragam dapat disebabkan oleh struktur geologi yang ada di bawah permukaan bumi. Kontribusi struktur geologi terhadap variasi nilai percepatan gravitasi di permukaan bumi sangat kecil dibandingkan dengan nilai absolutnya. Variasi nilai percepatan gravitasi tersebut tidak hanya disebabkan oleh distribusi massa jenis yang tidak merata tetapi juga dipengaruhi oleh posisi titik pengamatan di permukaan bumi. Hal ini disebabkan oleh adanya bentuk bumi yang tidak bulat sempurna dan relief bumi yang beragam<sup>1)</sup>.

Bentuk permukaan bumi kenyataannya tidak menyerupai lempeng horizontal tak hingga yang menjadi acuan geofisikawan, tetapi melengkung dengan bentuk topi berbentuk bola dengan radius permukaan tertentu<sup>2)</sup>. Menurut Swick, reduksi topografi lengkap adalah koreksi lempeng Bouguer, koreksi kelengkungan dan koreksi ketidakteraturan topografi atau koreksi medan<sup>5)</sup>. Sedangkan Whitman<sup>7)</sup>, menyatakan bahwa koreksi kelengkungan sangat sesuai untuk medan tidak datar misalnya untuk eksplorasi di daerah pegunungan.

Massa yang terletak di bawah permukaan antara titik pengamatan dan bidang sferoid pada ketinggian  $h$  sangat mempengaruhi gaya gravitasi. Grant dan West mengatakan bahwa massa yang terletak antara titik ukur dengan bidang sferoid dapat disederhanakan menjadi dua bagian, yaitu<sup>3)</sup>:

1. Bagian lempeng datar dengan ketebalan yang sama dengan ketinggian titik ukur terhadap permukaan sferoid. Tarikan massa ini disebut sebagai efek Bouguer.

2. Bagian yang berada di atas atau bagian yang hilang di bawah permukaan lempeng. Tarikan massa ini disebut sebagai efek Medan.

Karl<sup>4)</sup> merumuskan efek topografi yang berbentuk cangkang bola (*spherical shell*), bahwa model cangkang bola dua kali lebih besar dari model silinder datar terhadap anomali Bouguer. Model ini diajukan dalam rangka mendukung teori lempeng horizontal tak hingga sebagai pendekatan terhadap efek Bouguer. Koreksi kelengkungan adalah perubahan geometri lempeng horizontal tak hingga (*infinite slab*) ke suatu topi sferis (*spherical cap*), dengan radius permukaan 166,735 km<sup>5)</sup>.

Telford *et al.*<sup>6)</sup> merumuskan efek topografi yang berbentuk silinder. Bentuk lempeng silinder datar dipilih karena merupakan bentuk yang paling mudah dihitung. Penyimpangan dari bentuk ini, efeknya dianggap ditampung pada efek medan atau efek topografi.

Konsep kelengkungan bumi mulai dikembangkan oleh Takin dan Talwani tahun 1966 dengan mengkombinasikan koreksi terrain dan koreksi Bouguer sederhana. Kemudian pada tahun 1991 saat pertemuan tahunan kelompok geofisika eksplorasi, Fehr<sup>5)</sup> melaporkan suatu solusi eksak koreksi kelengkungan topografi Bullard. Pada tahun yang sama Whitman mengembangkan suatu pendekatan dari koreksi kelengkungan topografi.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ini adalah melakukan analisis reduksi topografi data gayaberat untuk menentukan anomali Bouguer lengkap dengan membandingkan dua pendekatan yaitu metode

La Fehr dan Whitman. Data yang akan digunakan adalah data gayaberat gunungapi Ungaran yang diambil pada tahun 2000.

### 1.1. Medan Gravitasi Bumi

Dalam geofisika, medan gravitasi yang disebabkan oleh bumi disebut percepatan gravitasi yang sering diberi simbol  $g_z$  yang besarnya diberikan pada Persamaan (1)<sup>2)</sup>:

$$g_z(x, y, z) = -G \int_V \frac{\rho(\vec{r}') (z' - z) d^3 r'}{\left\{ (x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2 \right\}^{3/2}} \quad (1)$$

dengan

$g_z(x, y, z)$  = medan gravitasi di permukaan bumi (m/s<sup>2</sup>)

$G$  = konstanta gravitasi bumi (6,67 x 10<sup>-11</sup> kg<sup>-1</sup>m<sup>3</sup>s<sup>-2</sup>)

$\rho(\vec{r}')$  = fungsi densitas (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = batas integrasi

Persamaan (1) menunjukkan bahwa percepatan gravitasi  $g$  di permukaan bumi bervariasi dan harganya tergantung pada distribusi massa di bawah permukaan, sebagaimana ditunjukkan oleh fungsi densitas  $\rho(\vec{r}')$  dan bentuk bumi yang sebenarnya sebagaimana ditunjukkan oleh batas integral.

$$g_{st} = 2\pi\rho G \left[ \int_0^B \left( 1 - \frac{z}{(z^2 + R^2 - (R-z)^2)^{1/2}} \right) dz - \int_h^B \left( 1 - \frac{z}{(z^2 + R_0^2 - (R-z)^2)^{1/2}} \right) dz \right. \\ \left. - \int_T^B \left\{ \left( \frac{z}{(z^2 - (R-z)^2 \tan^2 \alpha)^{1/2}} \right) - \left( \frac{z}{(z^2 + R^2 - (R-z)^2)^{1/2}} \right) \right\} dz \right] \quad (5)$$

dengan:

$g_{st}$  : Titik station pada  $z = 0$

$R_0$  : Radius bumi normal sampai permukaan laut

$R$  : Radius bumi sampai titik ukur

$B$  : jarak vertikal yang diukur dari titik amat ke bidang horizontal

$T$  : jarak vertikal yang diukur dari titik amat ke bidang horizontal melalui titik puncak C.

$\alpha$  : sudut dari pusat bumi.

Persamaan (5) dapat dituliskan dengan lebih sederhana menjadi Persamaan (6), yaitu:

$$g = 2\pi\rho G h + [2\pi\rho G (\mu h - \lambda R)] \quad (6) \quad \text{dengan } \mu = \left( \frac{1}{3\eta^2} - \eta \right)$$

$$\lambda = \frac{1}{3} \left[ (d + f\delta + \delta^2) \left[ (f - \delta)^2 + k \right]^{1/2} + p + m \ln \frac{n}{f - \delta + \left[ (f - \delta)^2 + k \right]^{1/2}} \right]$$

### 1.2. Efek Topografi La Fehr dan Whitman

Efek topografi pada lempeng horizontal tak hingga dengan ketinggian  $h$ , densitas  $\rho$  dan konstanta gravitasi  $G$  adalah <sup>4)</sup>:

$$g = 2\pi\rho G h \quad (2)$$

Model lain dengan menganggap bagian Bouguer berbentuk cangkang bola dengan ketebalan  $h$  seperti pada Persamaan (3):

$$g = G \frac{M}{r^2} = \frac{4}{3}\pi\rho G \left[ \frac{r^3 - (r-h)^3}{r^2} \right] \quad (3)$$

dengan,

$M$  : massa bumi sferis dengan kerapatan  $\rho$

$h$  : ketebalan cangkang

$r$  : jarak pusat bumi ke titik amat

Persamaan (3) dapat ditulis dalam bentuk polinomial orde 2 dalam  $h/r$  seperti dalam Persamaan (4).

$$g = 4\pi\rho G h \left[ 1 - \frac{h}{r} + \frac{h^2}{3r^2} \right] \quad (4)$$

Fehr<sup>5)</sup> mengusulkan suatu model yang lebih eksak untuk efek topografi dengan modifikasi lempeng Bouguer horizontal yang panjang tak hingga ke suatu topi sferis dengan radius permukaan tertentu. Secara matematis Fehr<sup>5)</sup> merumuskan efek gayaberat untuk topografi berbentuk topi sferis yaitu seperti pada Persamaan (5)

$$d = 3\cos^2 \alpha - 2, f = \cos \alpha, k = \sin^2 \alpha, m = -3\sin^2 \alpha \cos \alpha$$

$$p = -6\cos^2 \alpha \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 4\sin^3 \alpha, \text{ dan } n = 2\left[\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]$$

Pada tahun yang sama, Whitman mengadakan suatu pendekatan terhadap koreksi Bullard B, dengan cara interpretasi fisis maka persamaan yang diusulkan oleh Whitman adalah seperti pada Persamaan (7) dan (8).

$$g = 2\pi\rho Gh\left[1 + \alpha/2 - \eta(1 + 1/2\alpha)\right] \quad (7)$$

Selain itu, Whitman mengusulkan juga:

$$g = 2\pi\rho Gh\left[\beta + \alpha/2 - \eta(1 + 1/2\alpha)\right] \quad (8)$$

Dengan  $\beta$  : efek lempeng Bouguer

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Proses Pengambilan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah elevasi, lintang bujur, anomali dan data gaya berat. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan data adalah gravitimeter La Coste & Romberg model G-1118 MVR *feedback system* yang mempunyai ketelitian 0,005 mgal, GPS 2 buah Trimble Navigation 4600. Data posisi (lintang, bujur, dan elevasi) dilakukan dengan menggunakan alat GPS (*global positioning system*). Data Pengukuran gravitasi dengan menggunakan Gravitimeter.

### 2.2. Pengolahan dan Analisis Data

Pada tahap pengolahan dan analisis data digunakan seperangkat PC (*Personal Computer*), dan beberapa software antara lain MATLAB Ver. 6.00., FORTRAN,

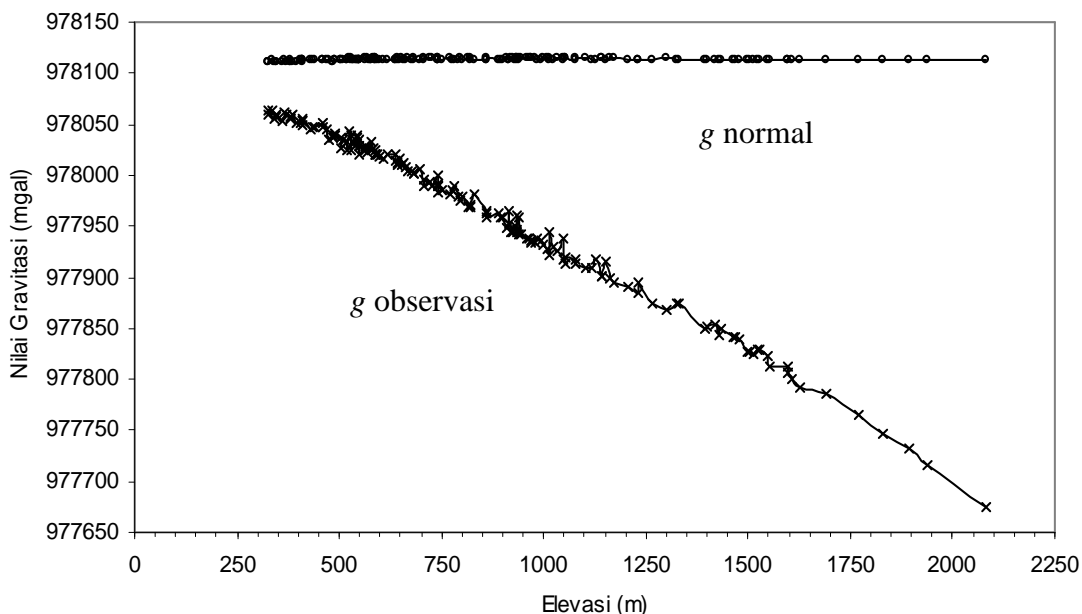
SURFER, dan GRAV2DC. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan penghitungan nilai  $g$  observasi, yaitu nilai pembacaan dari gravitimeter yang dikonversikan ke nilai mgal dan selanjutnya dikoreksi *drift* dan pasang surut. Selanjutnya melakukan koreksi-koreksi dan perhitungan anomali bouguer lengkap (ABL) dan melakukan koreksi topografi.

Analisis data dilakukan perhitungan anomali gaya  $g$  berat dengan pendekatan La Fehr dan pendekatan Whitman. Melihat sebaran anomali dan membandingkan dengan penelitian sebelumnya dan menginterpretasi pola sebaran anomali.

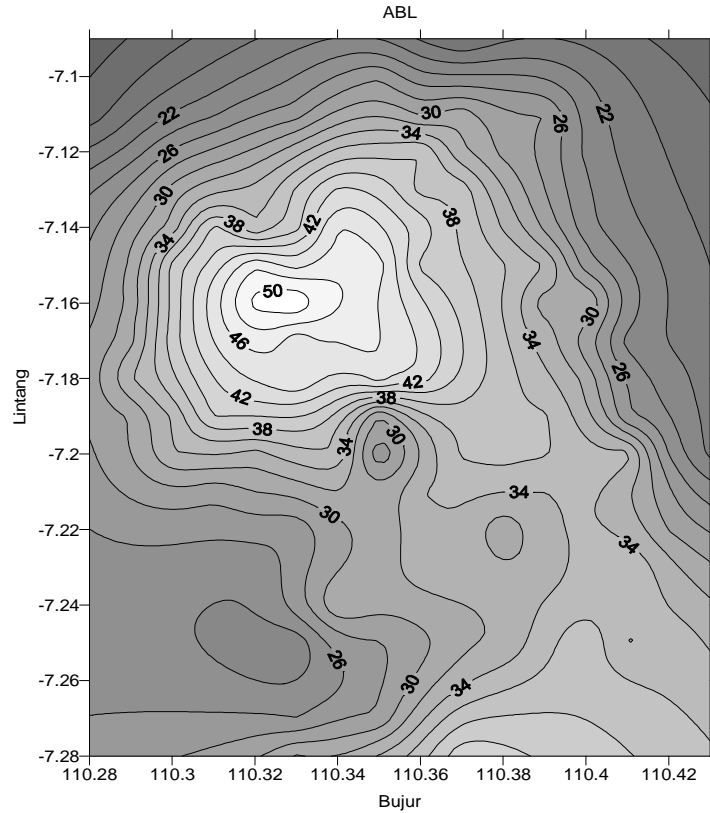
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai medan gravitasi observasi yang didapatkan dari penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 1 menunjukkan adanya penurunan nilai medan gravitasi terhadap kenaikan elevasi. Hal ini sesuai dengan teori medan gravitasi bahwa nilai medan gravitasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Sedangkan grafik  $g$  normal menunjukkan nilai statis karena hanya bergantung pada posisi lintang.

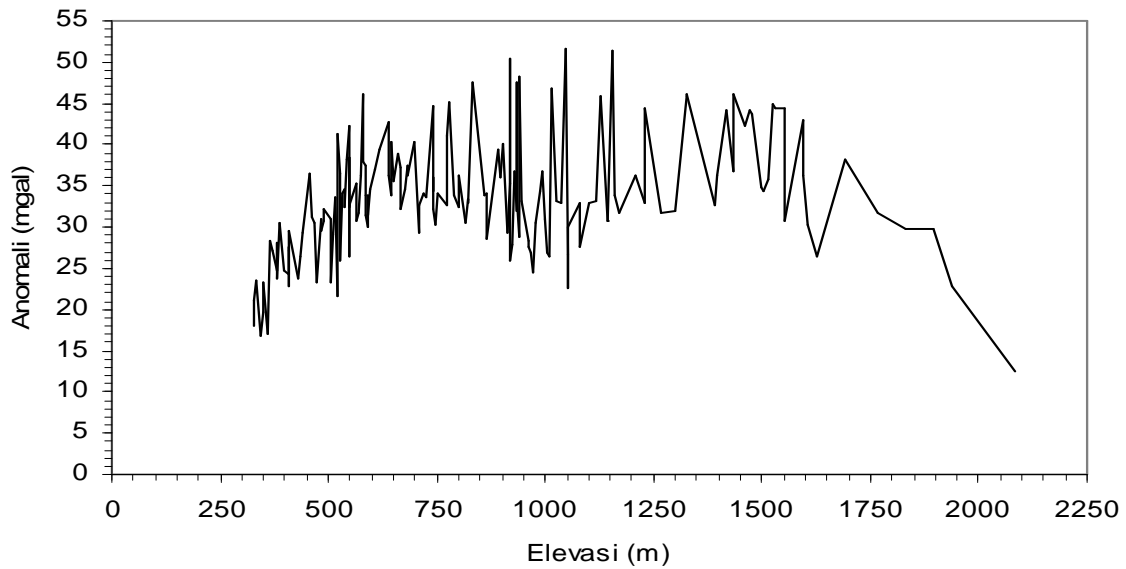
Selanjutnya nilai  $g$  observasi ini di koreksi terhadap  $g$  normal, udara bebas, koreksi bouguer, dan koreksi medan. Dari hasil koreksi ini dihasilkan anomali bouguer lengkap, disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 1. Perbandingan  $g$  observasi dan  $g$  normal terhadap elevasi



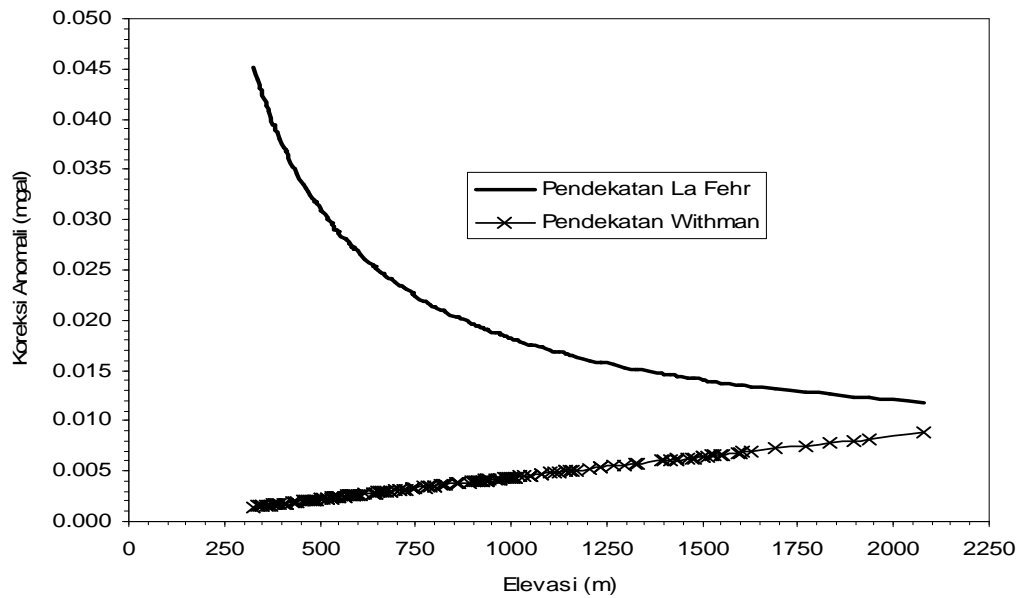
Gambar 2. Kontur sebaran anomali Bouguer lengkap



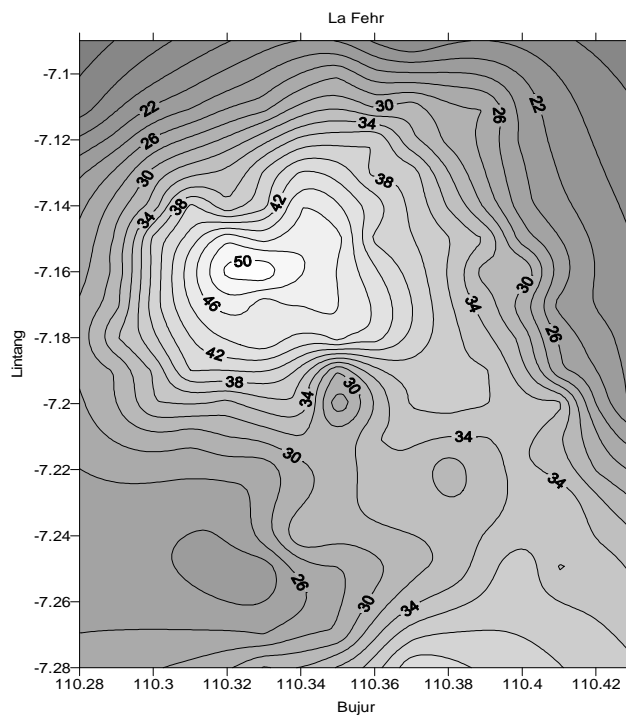
Gambar 3. Grafik nilai anomali terhadap elevasi

Gambar 3 di atas menunjukkan pola hubungan antara anomali Bouguer lengkap terhadap topografi yang kenaikannya beragam, dan tidak mengikuti pola pada Gambar 1. Anomali membesar pada ketinggian sekitar 1000 m dan mengecil pada ketinggian 2000 m.

Nilai anomali Bouguer lengkap yang telah diperoleh selanjutnya dikoreksi dengan dua pendekatan yaitu metode eksak La Fehr dan metode Whitman. Hasil pengolahan data koreksi topografi dengan pendekatan La Fehr dan whitman disajikan dalam Gambar 4.



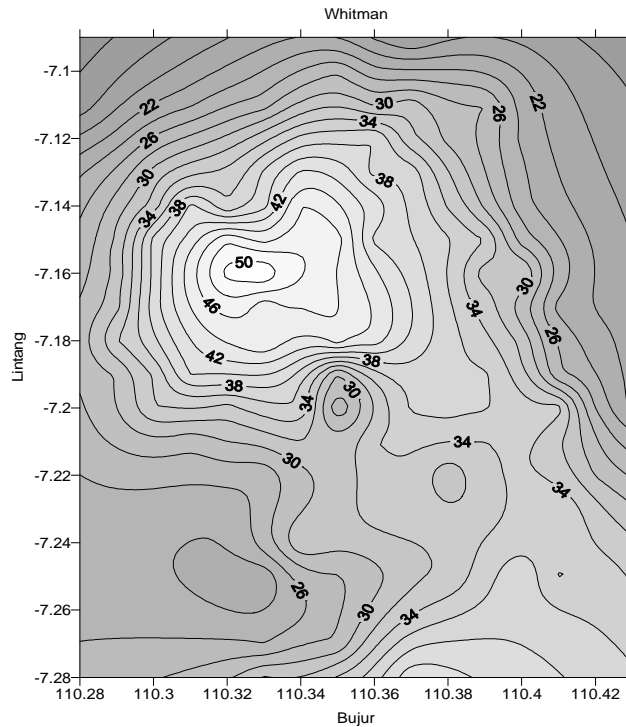
Gambar 4. Perbandingan pendekatan terhadap ketinggian untuk koreksi yang dirumuskan oleh La Fehr dan Withman



Gambar 5. Kontur anomali Bouguer lengkap terkoreksi topografi dengan pendekatan La Fehr

Gambar 4 menunjukkan bahwa grafik koreksi topografi dengan pendekatan La Fehr mengalami penurunan nilai koreksi anomali terhadap kenaikan elevasi, sedangkan grafik dengan pendekatan Whitman, nilai koreksi anomali mengalami kenaikan terhadap kenaikan elevasi. Nilai koreksi anomali pada pendekatan La Fehr berkisar antara 0,045-0,010 mgal, sedang pendekatan Whitman memberikan nilai 0 – 0,01 mgal.

Gambar 5 dan 6 memperlihatkan kontur anomali yang telah dikoreksi dengan pendekatan La Fehr dan Whitman, dari kedua gambar kontur tersebut hampir memiliki kesamaan pola, hal ini disebabkan karena nilai koreksi pada dua pendekatan tersebut relatif kecil. Hal ini mungkin disebabkan oleh keadaan topografi dari wilayah pengukuran yang tidak terlalu memiliki elevasi yang cukup tajam karena hanya kisaran 500-1000 m.



Gambar 6. Kontur anomali Bouguer lengkap terkoreksi topografi dengan pendekatan Whitman

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Koreksi Topografi pendekatan La Fehr memberikan nilai anomali yang menurun terhadap kenaikan elevasi pada topografi, sedang pada pendekatan Whitman nilai koreksi anomali mengalami kenaikan terhadap kenaikan elevasi.
2. Kontur anomali dari pendekatan La Fehr dan Whitman memiliki kemiripan, hal ini karena perbedaan topografi daerah pengukuran hanya pada kisaran 500 - 1000 m.

Dari hasil penelitian ini disarankan untuk mengkaji daerah penelitian untuk perbedaan topografi yang lebih tinggi dalam menerapkan koreksi topografi La Fehr atau Whitman.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan HEDS Project yang telah membiayai penelitian ini pada Proyek Pengembangan Diri (PPD) Tahun Anggaran 2005

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Alimuddin. 2002. *Penyelidikan Struktur Bawah Permukaan Gunungapi Ungaran Dengan Analisis Anomali Medan gravitasi*, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

2. Blakely, R.J. 1995. *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. USA.
3. Grant, F.S., and West, G.F. 1965. *Interpretations Theory in Applied Geophysics*. Mc Graw-Hill. New York.
4. Karl, J.H. 1971. The Bouguer Correction for the Spherical Earth. *Geophysics*. vol.36. no.8, p. 761-762.
5. La Fehr, T.R. 1991. An Exact Solution for The Gravity Curvature (Bullard B) Correction. *Geophysics*. vol.56, no.8, p. 1179-1184.
6. Telford, M.W., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., and Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
7. Whitman, W.W. 1991. A Microgal Approximation for The Bullard B Earth Curvature Gravity Correction. *Geophysics*. **52** (12): 1980 – 1985.