

## ANALISA KOREKSI TOPOGRAFI DENGAN MENGGUNAKAN MODEL 3D

Siti Sailah  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

### ABSTRAK

*Pengukuran gayaberat dapat dipengaruhi oleh bentuk topografi. Kondisi topografi yang berelief seperti adanya gunung dan lembah harus dieliminasi/dikoreksi sebelum melakukan interpretasi. Koreksi topografi (koreksi terrain) secara manual membutuhkan waktu dan energi yang besar serta bersifat subyektif. Oleh karena itu dikembangkan metode pendekatan. Pendekatan tersebut dilakukan menggunakan model topografi secara 3D dan diimplementasikan dengan pengolahan berbantuan komputer. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pendekatan tersebut cukup efektif.*

### PENDAHULUAN

Dalam penyelidikan gayaberat, salah satu kendala yang dihadapi adalah bentuk topografi yang tidak datar. Bentuk topografi yang tidak datar tersebut seperti adanya bukit/gunung dan lembah akan mempersulit pengukuran dan mempengaruhi harga gayaberat yang terukur.

Adanya relief seperti di atas mesti dieliminir atau setidaknya diminimalisasi agar harga pengukuran gayaberat yang diperoleh dapat mendekati harga gayaberat dari konfigurasi batuan di lokasi tersebut. Untuk itu perlu dilakukan

koreksi topografi atau yang dikenal sebagai koreksi Terrain.

Pada daerah-daerah yang berelief, koreksi Bouguer saja tidak cukup karena koreksi Bouguer dihitung dengan asumsi bahwa material di sekitar titik stasiun pengukuran dan level referensi (biasanya *Mean Sea-Level*) adalah datar (flat). Bidang datar yang melewati titik stasiun tersebut merupakan batas atas slab Bouguer atau disebut *Bouguer plane*. Dengan asumsi demikian maka terdapat material-material yang diabaikan dan ada material-material-material yang sebenarnya tidak ada malah dianggap ada. Dengan demikian koreksi topografi perlu ditambahkan dalam

perhitungan karena ia memperhitungkan semua material topografi sehingga akan diperoleh nilai anomali Bouguer yang benar.

Adanya bukit dan lembah akan mengurangi nilai gayaberat pengukuran sehingga mengakibatkan pengurangan nilai gaya tarik gayaberat atau disebut efek negatip. Penambahan koreksi topografi berarti penambahan nilai positif yaitu sebesar efek gayaberat bukit dan lembah tersebut. Dengan demikian, hasil pengukuran hanya merupakan cerminan dari efek distribusi densitas bawah permukaan dan bukan karena pengaruh ketidakteraturan topografi disekitar stasiun pengukuran. Setelah hasil pengukuran dikoreksi terhadap berbagai faktor termasuk faktor topografi maka diperoleh nilai gayaberat yang disebut sebagai anomali Bouguer.

Melakukan koreksi topografi untuk gayaberat secara manual sangat membosankan, mahal dan membutuhkan waktu serta energi yang besar. Padahal koreksi tersebut merupakan sesuatu yang sangat penting terutama pada daerah pengukuran dimana ketinggian satu tempat dengan tempat lainnya sangat mencolok. Perhitungan harus dilakukan secara efektif dan akurat. Hal ini dapat dipercepat dengan

menggunakan pendekatan-pendekatan topografi berbantuan komputer.

### MEDAN GAYABERAT BENDA 3D

Bentuk topografi dapat digambarkan sebagai sebuah benda 3D sebarang. Secara singkat tinjauan analitis untuk persoalan medan gayaberat benda homogen 3D yang bentuknya sebarang adalah sebagai berikut.

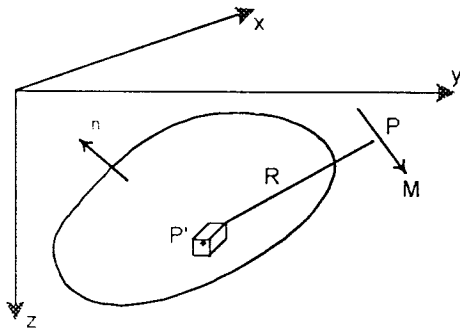
Misalkan potensial gayaberat pada titik  $P(x,y,z)$  yang disebabkan oleh massa densitas  $\rho$  yang ditempatkan pada titik  $P'(x',y',z')$  dinyatakan sebagai berikut :

$$\delta U_p = \frac{G\rho}{R} \delta v \quad (1)$$

dimana  $R$  adalah jarak dari  $P$  ke  $P'$  (gambar 1),  $\delta v$  adalah volume elemen dan  $G$  adalah konstanta gayaberat. Potensial keseluruhan yang diakibatkan benda dengan densitas serbasama dan volume  $V$  dapat diperoleh dengan mengintegrasikan  $V$  sehingga:

$$U_p = G\rho \iiint_V \frac{1}{R} dv \quad (2)$$

Komponen medan gayaberat  $g_{\bar{M}}$  pada arah pengukuran  $\bar{M}$  dapat dinyatakan sebagai :



Gambar 1. Potensial gayaberat titik P yang disebabkan oleh volume elemen dv pada titik P'.

$$g_M = \nabla U_P \cdot \bar{M} \quad (3)$$

sehingga

$$g_M = G\rho \iiint_V \bar{M} \left( \frac{M}{R} \right) dv \quad (4)$$

Dengan menggunakan teorema divergensi, integral volume di atas diubah menjadi integral permukaan :

$$g_M = -G\rho \iint_S \frac{M \cdot n}{R} dS \quad (5)$$

dimana S adalah permukaan benda dan n adalah vektor normal satuan ke arah luar permukaan dS.

Jika benda didefinisikan sebagai polihedron yang tersusun atas segitiga-segitiga planar, maka persamaan (5) dapat ditulis sebagai sumasi integral sejumlah segitiga yang ada:

$$g_M = -G\rho \sum_i M n_i I_i \quad (6)$$

dimana  $n_i$  adalah vektor satuan ke arah luar terhadap segitiga ke-i  $\Delta S_i$ , dan  $I_i$  adalah pernyataan integral segitiga ke-i, yaitu :

$$I_i = \iint_{\Delta S_i} \frac{1}{R} dS \quad (7)$$

atau

$$I_i = \iint_{\Delta S_i} \frac{ds}{\{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2\}^{1/2}} \quad (8)$$

Dengan melakukan rotasi kedalam sistem koordinat uvw lalu translasi kedalam sistem koordinat pqr maka didapat :

$$I_i = \iint_{\Delta S_i} \frac{dpdq}{\{p^2 + q^2 + r^2\}^{1/2}} \quad (9)$$

Hasil integrasi persamaan (9) di atas akan diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_i = & h_1 \cos \alpha_1 \ln \left[ \frac{(p_1 \sin \alpha_1 + q_1 \cos \alpha_1 + R_1)}{(p_2 \sin \alpha_1 + q_2 \cos \alpha_1 + R_2)} \right] \\ & - h_2 \cos \alpha_2 \ln \left[ \frac{(p_3 \sin \alpha_2 + (q_1 \cos \alpha_2 + R_3))}{(p_2 \sin \alpha_2 + (q_2 \cos \alpha_2 + R_2))} \right] \\ & + q_1 \ln \left[ \frac{(p_1 + R_1)}{(p_3 + R_3)} \right] + 2r_1 \left[ \tan^{-1} \left( \frac{q_1 \cos \alpha_1 + (1 + \sin \alpha_1)(p_1 + R_1)}{r_1 \cos \alpha_1} \right) \right. \\ & - \tan^{-1} \left( \frac{q_2 \cos \alpha_1 + (1 + \sin \alpha_1)(p_2 + R_2)}{r_1 \cos \alpha_1} \right) \\ & - \tan^{-1} \left( \frac{q_1 \cos \alpha_2 + (1 + \sin \alpha_2)(p_3 + R_3)}{r_1 \cos \alpha_2} \right) \\ & \left. + \tan^{-1} \left( \frac{q_2 \cos \alpha_2 + (1 + \sin \alpha_2)(p_2 + R_2)}{r_1 \cos \alpha_2} \right) \right] \quad (10) \end{aligned}$$

### KOREKSI TOPOGRAFI DENGAN HAMMER CHART

Koreksi topografi dapat dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan Hammer Chart. Hammer (1939) telah menyusun sebuah tabel dan chart yang terdiri

dari beberapa zona. Dan setiap zona terdiri dari beberapa kompartemen. Titik pusat chart adalah titik stasiun pengukuran. Dalam setiap kompartemen, ketinggian kontur diratakan dan nilai koreksinya dihitung berdasarkan tabel yang telah disusun.

Perhitungan koreksi dalam tabel tersebut menggunakan harga densitas sebesar  $2.0 \text{ gr/cm}^3$ . Jadi jika densitas yang digunakan adalah  $2.2 \text{ gr/cm}^3$  maka nilai koreksinya adalah  $2.2/2.0$  dikalikan dengan TC pada tabel.

### **PENGOLAHAN DATA**

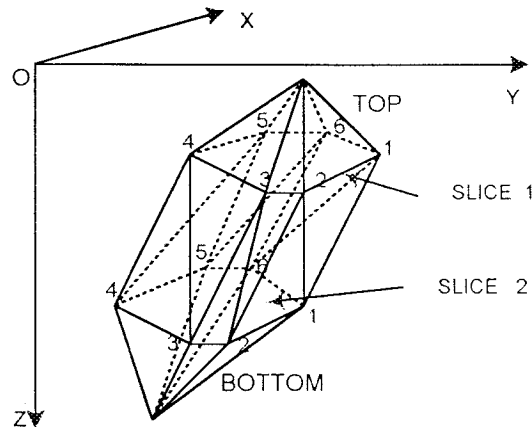
Ada dua tipe data yang digunakan. Yang pertama adalah data sekunder berupa peta topografi Cepu Jawa Tengah dalam UTM skala 1 : 50.000 dengan panjang real (axis) sekitar 50 km dan lebar (ordinat) sekitar 70 km. Peta topografi tersebut didigit untuk masing-masing kontur. Digital kontur inilah yang digunakan sebagai input. Umumnya digital kontur tersebut memerlukan kapasitas yang besar dan digital kontur yang sederhana adalah untuk kontur 500 m (tabel 1). Yang kedua adalah data line stasiun pengukuran berupa absis, ordinat dan elevasi. Dalam hal ini line stasiun pengukuran yang digunakan adalah line 14 karena line ini melewati daerah prospek minyak. Banyaknya titik stasiun pada line ini adalah 166 titik. Densitas yang digunakan adalah  $2.0 \text{ gr cm}^{-3}$ .

Langkah pertama dilakukan pendekatan bentuk polihedron dengan geometri facet-facet segitiga untuk semua jenis data digital

kontur. Facet segitiga dipilih bertujuan untuk efisiensi perhitungan.

Untuk membentuk berbagai facet polihedron didefinisikan pertama oleh koordinat ujung-ujung slice, dan kedua oleh penyusunan ujung-ujung tersebut. Ada beberapa cara dalam menerapkan sebuah polihedron. Salah satu cara yang terbukti sederhana dan efektif adalah model didefinisikan oleh rangkaian 'slice'. Slice-slice ini tidak mesti horizontal maupun planar tetapi mesti memenuhi satu syarat yaitu setiap potongan harus mempunyai ujung dengan jumlah yang sama (gambar 2).

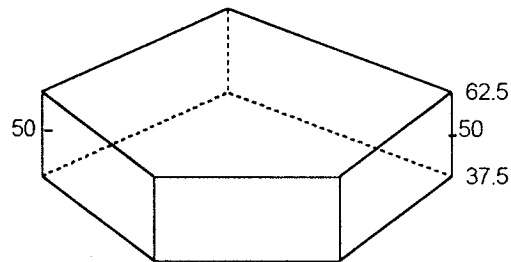
Dengan metode ini koordinat setiap ujung dicirikan oleh sejumlah ujung slice atau oleh simbol yang menunjukkan ujung puncak (top apex) atau ujung dasar (bottom apex). Dengan demikian polihedron tersebut disusun sebagai berikut. 'Top apex' dihubungkan dengan masing-masing ujung ujung pada slice pertama dan 'bottom apex' dihubungkan dengan masing-masing ujung ujung pada slice terakhir. Di antara slice-slice itu, dibentuk dua set facet dengan cara menghubungkan ujung-ujung  $j$  dan  $j+1$  pada slice  $i$  dengan ujung  $j$  pada slice  $i+1$ , dan dengan menghubungkan ujung  $j+1$  pada slice  $i$  dengan ujung-ujung  $j$  dan  $j+1$  pada slice  $i+1$ . Dan untuk tujuan penyederhanaan, semua facet berbentuk segitiga.



Gambar 2. Model polihedron yang tersusun atas slice-slice

Dalam penerapannya, pemodelan 3D ini mengikuti pola kontur dari topografi yang ada. Setiap kontur direpresentasikan oleh sebuah polihedron (prisma) dengan geometri facet-facet segitiga. Syarat untuk program ini adalah kontur harus menutup sehingga bisa didekati dengan bentuk seperti dimaksud di atas. Program secara otomatis menentukan ketinggian atas dan alas prisma, jumlah titik puncak prisma, koordinat (x,y) dan elevasi titik-titik pada atas dan alas prisma serta jumlah facet prisma sesuai dengan input data digital konturnya. Sebagai gambaran, ketinggian atas dan alas prisma

adalah ketinggian slice 1 dan slice 2, jumlah titik puncak prisma adalah jumlah titik-titik ujung slice, koordinat (x,y) dan elevasi titik-titik pada atas dan alas prisma adalah koordinat (x,y) dan elevasi titik-titik ujung slice 1 dan slice 2. Pendekatan prisma dan penentuan koordinat beserta ketinggian untuk kontur 50 m diilustrasikan seperti gambar 3. Perhitungannya terlebih dahulu dilakukan untuk masing-masing kontur. Algoritma dari program ini menerangkan proses komputasi koreksi terrain untuk gayaberat dari hasil digitasi kontur topografi.



Gambar 3. Ilustrasi ketinggian atas dan alas prisma untuk kontur 50 m.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah model pendekatan terhadap bentuk topografi dirancang, program perhitungan koreksi disusun. Program merupakan program modifikasi dari program yang telah disusun berdasarkan teori M.E. Chapman. Program terbagi dua. Program pertama adalah program untuk menghitung efek massa untuk masing-masing kontur. Sedangkan program kedua untuk menghitung koreksi terrain yang mewakili semua kontur. Program dibuat dalam bahasa Fortran.

Perhitungan hanya dapat dilakukan setelah data yang berupa peta topografi didigit terlebih dahulu. Sesuai dengan model awal yang dibuat, kontur yang dapat dihitung adalah kontur yang menutup. Dalam penelitian ini perhitungan koreksi dilakukan untuk kontur 25 m hingga kontur 625 m dengan interval kontur 25 m. Terlebih dahulu perhitungan dilakukan untuk setiap kontur dengan program pertama. Setelah diperoleh barulah dilakukan perhitungan untuk seluruh

kontur. Sehingga hasil akhir yang didapatkan adalah nilai koreksi terrain keseluruhan untuk setiap posisi stasiun pengukuran.

Dalam perhitungan untuk setiap kontur terdapat nilai koreksi yang bertanda negatif. Hal ini disebabkan dalam menghitung efek massa topografi pengaruh perbedaan ketinggian stasiun terhadap ketinggian kontur akan menimbulkan perbedaan tanda positif dan negatif pada hasil perhitungan. Tanda negatif pada hasil koreksi menunjukkan bahwa posisi stasiun pengukuran lebih rendah dari posisi kontur sehingga efek gaya berat oleh prisma pada stasiun akan berarah negatif. Dengan demikian efek total akan bertanda negatif. Begitu pun sebaliknya. Tetapi dalam aplikasi, nilai yang digunakan adalah harga mutlak dari hasil perhitungan tersebut.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terdapat beberapa nilai koreksi yang cukup besar pada kontur yang rendah. Hal

ini disebabkan oleh pengaruh luasan kontur. Karena program ini menghitung efek massa topografi maka luasan massa yang besar akan menghasilkan nilai yang besar meskipun bukan merupakan kontur yang tinggi. Sebaliknya luasan massa yang kecil menghasilkan nilai yang kecil meskipun bukan merupakan kontur yang rendah. Selain itu jarak kontur terhadap stasiun juga berpengaruh terhadap perhitungan. Sehingga makin jauh kontur tersebut terhadap titik stasiun maka harga efek massanya akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya.

Karena kapasitas data dan hasil yang diperoleh sangat banyak dan menyita tempat maka input data yang ditulis dalam tulisan ini hanya salah satu dari banyak data yang digunakan (tabel 1). Angka 1 menunjukkan arah digitasi positif. Hasil perhitungan juga ditampilkan hanya untuk beberapa titik stasiun saja (tabel 2).

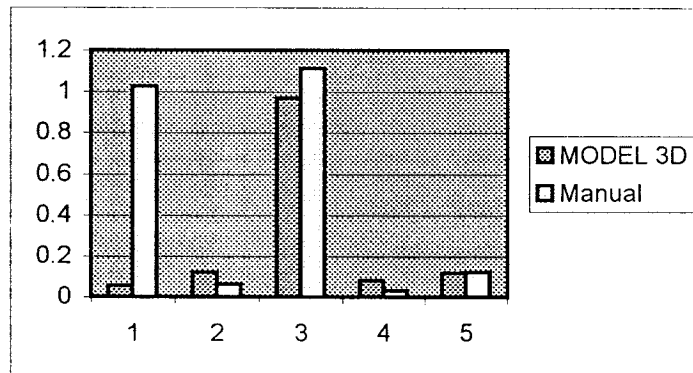
1	
557058.990	9244717.763
557072.805	9244901.180
557013.994	9244998.079
556771.727	9245157.301
556726.731	9245115.740
556460.268	9245195.351
556283.797	9245133.067
556051.911	9245136.501
555806.209	9245188.443
555626.226	9245229.966
555525.893	9245205.731
555512.039	9245088.071
555633.173	9244991.172
555975.773	9244966.937
555982.720	9244783.520
56086.526	9244707.382
556207.660	9244655.479
556487.976	9244323.259
556705.970	9244337.074
556768.293	9244399.397
556937.856	9244378.635
557058.990	9244638.191
557058.990	9244717.763
END	
1	
556702.536	9245513.717
556733.678	9245513.717
556747.532	9245423.764
556716.351	9245423.764
556702.536	9245513.717
END	

Tabel 1. Salah satu input untuk Kontur 500 m

#### RASIO HASIL KOREKSI DENGAN MODEL 3D DAN MANUAL UNTUK 5 TITIK STASIUN

No. Stasiun	Koordinat Stasiun			Hasil Koreksi	
	X (m)	Y(m)	Z(m)	MODEL 3D	Manual
GRV14-004	574244.3	9188947	230.89	0.057	1.024
GRV14-016	575993.5	9192089	85.7	0.121	0.061
GRV14-103	577986.4	9218072	232.46	0.968	1.112
GRV14-142	578832.9	9229742	47.34	0.082	0.032
GRV14-166	579350.6	9236925	63.67	0.118	0.122





abel 2. Rasio hasil koreksi untuk 5 titik stasiun antara model 3D dengan manual (Hammer Chart).

Sebagai perbandingan, dilakukan perhitungan secara manual yaitu dengan Hammer Chart hanya dilakukan untuk 5 titik stasiun pengukuran. Dari 5 titik stasiun saja sebenarnya tidak cukup mewakili jumlah perhitungan yang sebanyak 166 titik stasiun. Sehingga tingkat ketelitian dari program ini belum terlihat jelas. Namun sebagai kelebihan dari metode dan program ini, perhitungan dapat dilakukan secara cepat sehingga waktu lebih efektif. Dan perhitungan tidak lagi secara analog tetapi secara digital. Data yang telah didigit tersebut dapat dipergunakan untuk keperluan interpretasi yang lain.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa :

- ◆ kesalahan-kesalahan yang muncul dalam perhitungan koreksi topografi berbantuan komputer dapat disebabkan oleh tiga hal utama seperti ketidakcocokkan pola kontur, perumusan matematis, dan komputasi komputer.
- ◆ untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi perhitungan maka pendekatan bentuk topografi mesti dibedakan
- ◆ berdasarkan jaraknya terhadap stasiun pengukuran.

## Saran

Untuk hasil yang lebih baik, diharapkan program dapat dikembangkan dan dimodifikasi kembali agar penyederhanaan kontur dapat dilakukan secara otomatis oleh program sehingga kelemahan-kelemahan program seperti diuraikan diatas dapat dihindari. Akan lebih baik lagi jika beberapa metode dikombinasikan dalam mendekati bentuk topografi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barnett, C.T., *Theoretical Modelling of the Magnetic and Gravitational Fields of an Arbitrarily Shaped Three-Dimensional Body*, Geophysics, Vol. 41, No. 6, p. 1353-1363, 1976.
- Chapman, M.E., *Techniques for Interpretation of Geoid Anomalies*, Journal of Geophysical Research, Vol. 84, No. B8, 1979.
- Grant, F.S., & G.F. West, *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, McGraw-Hill Book Company, 1965.
- Herrera-Barrientos, J. & R. Fernandez, *Gravity Corrections using Gaussian Surfaces*, Geophysics, Vol. 56, p. 724-730, 1991.
- Ketelaar, A.C.R., *A System for Computer-Calculation of the Terrain Correction in Gravity Surveying*, Geoexploration, Vol. 14, p. 57-65, 1976.
- Ketelaar, A.C.R., *Terrain Correction for Gravity Measurements Using a Digital Terrain Model (DTM)*, Geoexploration, Vol. 24, p. 109-124, 1987.
- Lopez, H.R.B., *Fortran Program for Automatic Terrain Correction of Gravity Measurements*, Computer & Geosciences, Vol. 16, No. 2, p. 237-244, 1990.
- Ma, X.Q. & D.R. Watts, *Terrain Correction Program for Regional Gravity Surveys*, Computer and Geosciences, Vol. 20, No. 6, p. 961-972, 1994.
- Nettleton, L.L., *Elementary Gravity and Magnetic for Geologists and Seismologists*, Society of Exploration Geophysics, 1971.
- Telford, W.M., et. al., *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, 1990.