

PENERAPAN MODEL PRISMA DAN SILINDER UNTUK MENGHITUNG KOREKSI TERRAIN

Siti Sailah

Abstrak : Pengukuran gravitasi (gayaberat) dapat dipengaruhi oleh bentuk topografi yang tidak datar. Kondisi topografi seperti itu harus dieliminasi/dikoreksi sebelum melakukan interpretasi. Koreksi topografi atau dikenali sebagai koreksi terrain secara manual membutuhkan waktu dan energi yang besar serta bersifat subyektif. Untuk itu dikembangkan suatu perhitungan berbasis komputer dengan menerapkan kombinasi beberapa model topografi. Dan relief topografi yang dibedakan atas inner zone, near zone, intermediate zone dan distant zone dihitung dengan pendekatan model prisma dan silinder. Area perhitungan digrid dengan interval grid yang sama dan setiap titik grid dihitung koordinat dan elevasinya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perhitungan tersebut efektif dan efisien.

Kata Kunci : koreksi terrain, model prisma dan silinder.

Abstract : Topographic relief can effect gravity measurement. This effect must be eliminated/corrected before doing interpretation. Topography correction which is known as Terrain correction manually needs much time and energy and subjective. Thus calculation is done using computer by applying combination of some models. The topographic relief is then approached by prism and cylinder model. The measurement area is grided with same interval and coordinate and elevation of each grid point is calculated. The result shows that the calculation is effective and efficient.

Key word : Terrain correction, prism and cylinder model.

PENDAHULUAN

Dalam penyelidikan gravitasi, salah satu kendala yang dihadapi adalah bentuk topografi yang tidak datar sehingga harga gravitasi yang terukur tidak mencerminkan harga gravitasi yang sebenarnya. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi topografi atau lebih dikenal sebagai *koreksi terrain* (Lopez, 1990).

Melakukan koreksi terrain 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 perbedaan ketinggian satu tempat dengan tempat lainnya sangat mencolok. Sehingga perhitungan harus dilakukan secara efisien dan akurat dan hal ini dapat dipercepat dengan menggunakan pendekatan topo-grafi (Ma & Watts, 1994).

Selama ini telah diajukan beberapa metode koreksi terrain dengan menerapkan satu model pendekatan. Dalam aplikasinya, pendekatan seperti itu masih memberikan kesalahan yang cukup signifikan terutama pada daerah pengukuran yang berelief tajam.

Berangkat dari kendala tersebut dan dengan pertimbangan bahwa bentuk relief topografi pada *inner zone*, *near zone*, *intermediate zone* dan *distant zone* adalah tidak sama maka penelitian ini mencoba untuk menerapkan kombinasi beberapa model untuk mendekati bentuk topografi yang ada. Dengan menggabungkan beberapa model dalam perhitungan, diharapkan mampu mengatasi masalah yang timbul jika kita menggunakan satu model pendekatan saja.

Desain kombinasi beberapa model pendekatan topografi yang akan diterapkan dalam penelitian ini didasarkan pada konsep *Digital Terrain Model (DTM)* dimana topografi digambarkan sebagai sejumlah *elevasi* pada *grid-grid persegi*.

METODE PRISMA SEGITIGA

Dalam penerapannya, kita menggambarkan adanya empat buah prisma segitiga dalam satu kotak di mana stasiun pengukuran berada di dalamnya beserta empat nilai ketinggian pada empat sudut dari kotak tersebut (Gambar 1). Gaya tarik gayaberat masing-masing prisma dapat diperoleh dengan mengintegrasikan gayaberat atas volume setiap prisma segitiga dan efek keempat prisma tersebut dijumlahkan.

Misalkan bahwa empat ketinggian pada empat sudut kotak lebih tinggi dari stasiun. Berdasarkan asumsi ini, efek terrain dari empat prisma segitiga dapat dihitung sebagai berikut.

Untuk menunjukkan bagaimana efek terrain diperoleh kita misalkan prisma segitiga yang pertama $OP_1P_2Z_2Z_1$. Perhitungannya berupa integrasi volume. Batas integrasi ditunjukkan pada Gambar 1.a dan 1.b. Persamaan garis OP_1 dan OP_2 dan bidang OZ_1Z_2 adalah $y=k_1x$, $y=k_2x$ dan $z=a_1x+b_1y$. Sehingga integrasinya dapat ditulis (Ma & Watts, 1994) :

$$g_1 = G\rho \int_0^{x_1} dx \int_{a_1x}^{k_2x} dy \int_0^{a_1x+b_1y} \frac{zdz}{(x^2 + y^2 + z^2)^{3/2}} \dots\dots\dots(1)$$

Setelah diintegrasikan diperoleh untuk setiap prisma:

$$g_1 = G\rho x_1 f(m,n,u,v) \Big|_{m=k_1, n=k_2, u=a_1, v=b_1} \quad (2.1)$$

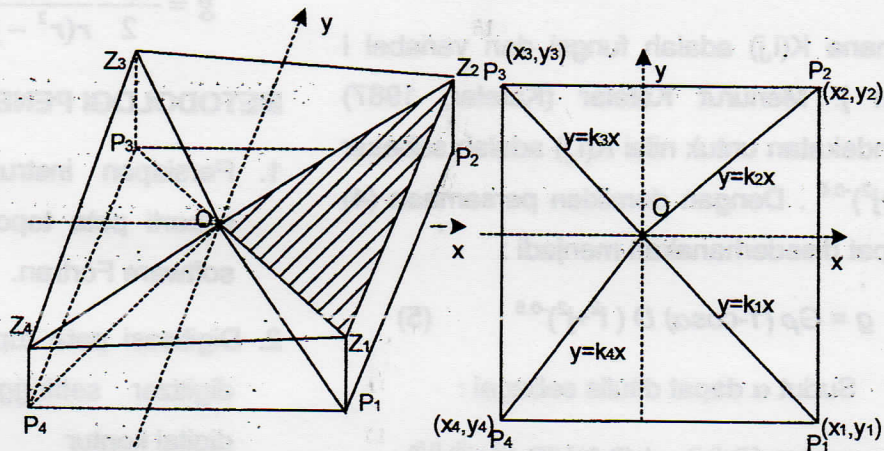
$$g_2 = G\rho y_2 f(m,n,u,v) \Big|_{m=k_3, n=k_2, u=b_2, v=a_2} \quad (2.2)$$

$$g_3 = G\rho x_3 f(m,n,u,v) \Big|_{m=k_4, n=k_3, u=a_3, v=b_3} \quad (2.3)$$

$$g_4 = G\rho y_4 f(m,n,u,v) \Big|_{m=k_4, n=k_1, u=b_4, v=a_4} \quad (2.4)$$

dimana

$$f(m,n,u,v) = \ln \frac{n + \sqrt{1+n^2}}{m + \sqrt{1+m^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+v^2}} \cdot \frac{n + \frac{uv}{1+v^2} + \sqrt{\left(\frac{n + \frac{uv}{1+v^2}}{1+v^2}\right)^2 + \frac{1+u^2}{1+v^2} - \frac{u^2v^2}{(1+v^2)^2}}}{m + \frac{uv}{1+v^2} + \sqrt{\left(\frac{m + \frac{uv}{1+v^2}}{1+v^2}\right)^2 + \frac{1+u^2}{1+v^2} - \frac{u^2v^2}{(1+v^2)^2}}} \dots\dots\dots(2.5)$$



Gambar 1 . Empat prisma segitiga dalam satu kotak : (a) tampilan perspektif inner zone dengan empat sudut diatas level stasiun dan (b) tampilan bidang inner zone

dan $a_i = \frac{z_i y_{i+1} - z_{i+1} y_i}{x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i}$,

$b_i = \frac{x_i z_{i+1} - x_{i+1} z_i}{x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i}$,

$k_1 = \frac{y_1}{x_1}, k_2 = \frac{y_2}{x_1}, k_3 = \frac{y_2}{x_3}$,

$k_4 = \frac{y_4}{x_3}, k'_1 = \frac{1}{k_1}, k'_2 = \frac{1}{k_2}, k'_3 = \frac{1}{k_3}$,

$k'_4 = \frac{1}{k_4}$.

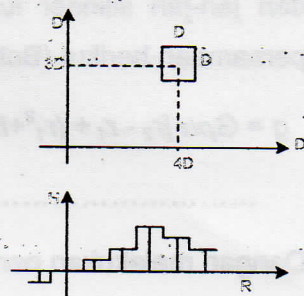
Koreksi terrain inner zone diperoleh dengan menjumlahkan keempat kontribusi prisma segitiga . Sehingga koreksi total untuk inner zone menjadi :

$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4$ (3)

METODE PRISMA SEGIEMPAT

Model topografi yang dekat stasiun pengukuran (near zone) dapat didekati dengan bentuk prisma segiempat baik prisma segiempat dengan muka bagian

atas horizontal maupun prisma segiempat dengan muka bagian atas miring. Model kedua merupakan penyempurnaan model pertama karena pada umumnya topografi tidaklah datar. Gambar 2 memperlihatkan model pertama (muka atas horizontal).



Gambar 2. Model prisma segiempat dengan muka atas horizontal

Panjang dan lebar prisma dinyatakan oleh D yang dikenal sebagai interval grid. Ketinggian dan jarak prisma terhadap titik stasiun dilambangkan dengan H dan R (Olivier, 1981). Maka anomali gayaberasat yang disebabkan oleh prisma dimana kemiringannya terhadap titik stasiun, α , adalah sebesar :

$$g = G\rho D (1-\cos\alpha) K(i,j) \quad (4)$$

dimana $K(i,j)$ adalah fungsi dari variabel i dan j . Menurut Katelar (Katelar, 1987) pendekatan untuk nilai $K(i,j)$ adalah sebesar $(i^2+j^2)^{-0.5}$. Dengan demikian persamaan (4) dapat disederhanakan menjadi :

$$g = G\rho (1-\cos\alpha) D (i^2+j^2)^{-0.5} \quad (5)$$

Sudut α dapat ditulis sebagai :

$$\alpha = \arctan \left\{ \frac{h(i,j) - h(0,0)}{D (i^2+j^2)^{0.5}} \right\} \quad (6)$$

Dengan mengambil $R = D (i^2+j^2)^{0.5}$ maka persamaan (6) menjadi :

$$g = G\rho (1-\cos\alpha) D^2/R \quad (7)$$

METODE SILINDER VERTIKAL

Komponen vertikal gaya tarik gayaberat dari segmen silinder konsentris dengan sudut α , jari-jari silinder dalam r_1 , dan jari-jari silinder luar r_2 diberikan oleh persamaan berikut (Bott, 1959) :

$$g = G\rho\alpha [r_2 - r_1 + (r_1^2+h^2)^{1/2} - (r_2^2+h^2)^{1/2}] \quad (8)$$

Dengan melakukan pendekatan seperti :

$$(r^2+h^2)^{1/2} = r \left(1 + \frac{1}{2} \frac{h^2}{r^2} \right) \quad (9)$$

dan kalau kita ganti r_2 dan r_1 dengan $r+p$ dan $r-p$, α dengan $A/2rp$ (A adalah luas kotak, r adalah jarak pusat kotak ke titik stasiun, dan p adalah setengah dari panjang sisi kotak) maka koreksi terrain dalam hal ini dapat didekati dengan persamaan :

$$g = \frac{G\rho A}{2} \frac{h^2}{r(r^2-p^2)} \quad (10)$$

METODOLOGI PENELITIAN

1. Persiapan instrumentasi penelitian seperti peta topografi, digitizer dan software Fortran.
2. Digitisasi peta topografi dengan alat digitizer sehingga diperoleh data digital kontur
3. Merancang Diagram alir penelitian
 - ↗ Membuat grid-grid dengan sisi-sisi yang sama panjang (interval grid 1 km) terhadap data digital kontur. Satu blok besar terdiri dari 16 grid persegi.
 - ↗ Menentukan 16 elevasi dari grid-grid persegi.
 - ↗ Menentukan elevasi empat titik sudut yang melingkupi titik pengukuran gravitasi
 - ↗ Menghitung jarak dari titik pengukuran untuk masing-masing grid persegi karena penerapan model berdasarkan jarak grid persegi tersebut terhadap titik pengukuran.
 - ↗ Lakukan cek secara berulang terhadap inner zone karena inner zone mempunyai pengaruh yang sangat besar pada perhitungan. Jika kesalahan terjadi pada inner zone maka *error* yang timbul akan menjadi sangat signifikan.

↗ Hitung nilai koreksi topografi (TC)

4. Pengolahan dan Analisis Data :

↗ Parameter input: *Koordinat titik pengukuran (x,y, z dimana z adalah elevasinya), densitas rata-rata (ρ), dan data blok (g_1, \dots, g_{16}) serta elevasi 4 titik sudut grid titik-pengukuran (h_1, \dots, h_4)*

↗ Parameter output: *nilai koreksi topografi (TC untuk 166 titik pengukuran).*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian adalah berupa program dalam bahasa Fortran untuk menghitung koreksi terrain dengan melakukan penerapan beberapa mode topografi yang berbeda berdasarkan jaraknya terhadap titik stasiun pengukuran gravitasi (terlampir).

Program memerlukan dua file input yaitu file stasiun pengukuran gravitasi dan file grid data. File stasiun yang terdiri dari jumlah titik stasiun, koordinat grid (x,y), elevasi stasiun, elevasi pada empat sudut persegi yang melingkupi titik stasiun ($z_1, z_2, z_3, \text{ dan } z_4$). Sedangkan file grid data terdiri dari jumlah blok, koordinat blok (x,y) densitas rata-rata dan enambelas nilai elevasi (h_1, \dots, h_{16}) dari titik pusat persegi. Perhitungan koreksi topografi dengan menggunakan kombinasi model prisma dan silinder dilakukan untuk 166 titik stasiun pengukuran.

Susunan enambelas kotak persegi dalam blok diperlihatkan seperti gambar 4 berikut.

11	12	15	16
9	10	13	14
3	4	7	8
1	2	5	6

Gambar 4. Blok terrain yang menggambarkan 16 kotak persegi dalam file *blok.dat*.

Program membaca stasiun dan data blok serta menghitung jarak dari stasiun untuk setiap kotak persegi. Kotak persegi dan blok diklasifikasikan menurut jaraknya dari stasiun sehingga algoritma yang sesuai dapat diterapkan. Untuk inner zone, diperlukan banyak perhitungan dan pengecekan terhadap elevasi karena zona ini sangat besar pengaruhnya terhadap hasil perhitungan. Sekecil apapun bukit maupun lembah diperhitungkan (Nettleton, 1971 & Katelaar, 1976). Untuk mengatasi *underflow* dan *overflow* (akibat topografi sekitar stasiun betul-betul datar), dilakukan asumsi adanya ketinggian *artificial* yang cukup kecil untuk zone ini.

Zona yang didefinisikan untuk pendekatan tersebut adalah :

◆ Inner Zone

Pendekatan yang digunakan adalah metode prisma segitiga dengan ide dasar adanya empat prisma segitiga dalam setiap kotak.

Perhitungannya adalah dengan menjumlahkan integral volume untuk setiap prisma segitiga tersebut.

◆ *Near Zone*

Pada zone ini, topografi direpresentasikan dengan pendekatan prisma segiempat bagian atas miring dimana sisi-sisi kotak grid dilambangkan sebagai D ($D = 1 \text{ km}$).

◆ *Intermediate Zone*

Pendekatan sebuah prisma sebagai sebuah segmen dari silinder vertikal diterapkan pada zone ini. Pada zone ini, perlakuan grid adalah sebagai berikut :

- Untuk $20 < r < 30 \text{ km}$, 16 kotak diperlakukan sebagai satu kotak persegi ($4 \times 4 \text{ km}$)
- Untuk $15 < r < 20 \text{ km}$, 4 kotak diperlakukan sebagai satu kotak persegi ($2 \times 2 \text{ km}$)
- Untuk $2 < r < 15 \text{ km}$, satu kotak persegi sebesar $1 \times 1 \text{ km}$.

◆ *Distant Zone*

Seperti halnya pada zone near zone, pada zone ini pun topografi direpresentasikan dengan bentuk prisma segiempat bagian atas horizontal. Untuk zone $30 \text{ km} < r < 50 \text{ km}$ setiap kotak persegi memiliki jarak $4 \times 4 \text{ km}$.

Sedangkan untuk zone $r > 50 \text{ km}$ efek topografi diabaikan.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian disimpulkan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi perhitungan maka pendekatan bentuk

topografi mesti dibedakan berdasarkan jaraknya terhadap stasiun pengukuran. Perhitungan dengan menggunakan kombinasi beberapa model ini sangat efektif karena dalam hitungan detik dapat menghitung koreksi terrain untuk 166 titik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bott, M.H.P., The Use of electronic digital computer for the calculation of gravimetric terrain correction, *Geophysical Prospecting*, V.8 No.1, 1959
- 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 & 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.
- Olivier, R.J. & R.G. Simard, *Improvement of Conic Prism Model for Terrain Correction in Rugged Topography*, *Geophysics*, Vol. 46, p. 1054-1056, 1981.
- Zhou, A., B. Zhong & X. Li, *Gravimetric Terrain Corrections by Triangular-Element Method*, *Geophysics*, Vol. 55, p. 232-238, 1990.