

Intrepetasi Data Gravitasi

Mohammad Istajarul Alim, Dr. rer. nat. Eko Minarto

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jalan Raya ITS, Sukolilo, Surabaya 60111 Indonesia
md_istajarul@yahoo.co.id

Abstrak—Gravitasi merupakan suatu unit besaran yang menyatakan gaya tarik suatu partikel menuju ke pusat massa yang ada. Satuan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari biasanya berupa m/s^2 . Ada satuan lain yang digunakan yaitu gal yang banyak digunakan pada saat penelitian data gravitasi yang membutuhkan nilai keakuratan tinggi. Dalam data yang digunakan pada laporan ini menggunakan lokasi puncak jaya dan tambang Freeport Koperapoka yang berada pada koordinat $136,868131^\circ$ BT – $137,367073^\circ$ BT dan $3,896001^\circ$ LS – $4,162994^\circ$ LS. Pengolahan dilakukan dengan melakukan pemisahan antara data lokal dan regional. Setelah didapatkan data lokal dilakukan metode irisan untuk diteliti lebih lanjut sehingga nilai densitas batuan dibawahnya dapat diketahui.

Kata Kunci—Anomali, gravitasi, lokal, massa, regional.

I. PENDAHULUAN

Gravitasi memiliki peranan yang sungguh luar biasa didalam komponen alam semesta ini. Gravitasi menyebabkan dua buah benda yang berjarak tertentu dapat melakukan interaksi sehingga terdapat gaya tarikan antar kedua benda tersebut. Secara sederhana, tanpa adanya gravitasi, kita akan mengambang tanpa arah di atas bumi ini. Tentunya sebelum kita dapat mengambang tanpa arah, bumi ini akan kehilangan ikatan gravitasinya sehingga akan hancur lebur terbang ke segala arah. Gravitasi juga memiliki peranan dalam berbagai metode geofisika yang ada. Tentunya, karena bumi bukanlah merupakan bola pejal yang memiliki densitas sama, maka akan terdapat perbedaan nilai densitas dipermukaan bumi yang berbeda. Dengan begitu, diperlukan intrepetasi data gravitasi untuk mengetahui nilai gravitasi yang ada.

Dasar metode survei gravitasi adalah Hukum Newton tentang gravitasi, yang menyatakan bahwa kekuatan tarik-menarik F terjadi antara dua massa m_1 dan m_2 yang dimensinya kecil dengan jarak r di antara kedua benda tersebut. Secara persamaan dapat dinyatakan dalam persamaan (1) [1].

$$g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1)$$

Di bumi, gravitasi akan konstan dengan delta yang relatif kecil. Namun, bentuk elipsoidal di Bumi, rotasi, relief permukaan tidak beraturan dan distribusi massa internal menyebabkan gravitasi bervariasi di atas permukaannya. Bidang gravitasi dapat didefinisikan dalam hal potensi gravitasi. Sedangkan percepatan gravitasi g adalah kuantitas vektor, memiliki besaran dan arah (vertikal ke bawah), potensi gravitasi adalah skalar, atau dapat dinyatakan hanya memiliki magnitudo. Turunan pertama potensi gravitasi ke arah manapun memberi komponen gravitasi ke arah itu. Akibatnya, pendekatan potensial memberikan fleksibilitas komputasi. Permukaan ekuipotensial dapat didefinisikan bahwa potensialnya adalah suatu konstanta [2].

Nilai rata-rata gravitasi di permukaan bumi adalah sekitar $9,8m/s^2$. Variasi gravitasi yang disebabkan oleh variasi kepadatan di bawah permukaan ada pada kisaran $100 \mu m/s^2$. Unit ini berupa mikrometer per detik per detik dapat disebut dengan satuan unit gravitasi atau gu. Dalam survei gravitasi di darat keakuratan ada pada kisaran $\pm 0,1$ gu akan sangat mudah dicapai. Sedangkan untuk di laut, akurasi yang tersedia adalah cukup kurang akurasi, ada pada sekitar ± 10 gu [2].

Dalam melakukan pengukuran data gravitasi dilapangan, maka dapat digunakan alat yang dinamakan dengan gravity meter. Alat ini dapat mengukur gaya gravitasi berdasarkan pegas yang ada pada dalam gravity meter Pegas tersebut akan dikaitkan dengan massa beban. Sehingga ketika nilai gravitasinya semakin besar, maka pegas akan memanjang karena berat pada massa beban semakin besar pula. Hasil dari delta perpindahan pegas tersebut akan digunakan sebagai data gravitasi yang ada. Tentunya, alat gravity meter memiliki banyak variasi diantaranya gravity meter La Coste Romberg yang menggunakan prinsip jatuh bebas. Ketika suatu objek dijatuhkan ke dalam ruang, maka akan diamati dengan menggunakan laser interferometer yang tentunya memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Arah jatuh bebas itu kemudian digunakan dalam prinsip jatuhnya bebas pada pegas. Pada gravity meter jenis ini, memiliki tingkat akurasi yang mencapai $\pm 2 \mu Gal$. Selain gravity meter tipe La Coste Romberg, ada jenis gravity meter yang dinamakan dengan Worden. Gravity ini digunakan untuk pengukuran perbedaan gravitasi bumi yang mencapai 1:100.000.000 dari gravitasi normal bumi. Kelebihan yang ada pada gravity meter jenis ini adalah mudah dibawa kemana mana disamping juga memiliki tingkat akurasi yang tinggi [3].

Dalam melakukan pengukuran gravitasi dilapangan, akan didapatkan berbagai faktor koreksi yang ada. Faktor yang pertama merupakan faktor yang dihasilkan dari alat itu sendiri yang dinamakan dengan koreksi drift. Selanjutnya faktor koreksi yang lain yaitu koreksi latitude yang disebabkan oleh perputaran bumi pada porosnya sehingga mengakibatkan gaya sentrifugal yang ada. Elevasi juga menjadi koreksi selanjutnya, koreksi ini digunakan untuk pengukuran gravitasi dengan ketinggian yang berbeda-beda. Koreksi ini biasanya juga sering disebut dengan koreksi udara bebas [3].

Bumi sejatinya merupakan planet yang berbentuk bulat. Bulat yang dimaksud kali ini bukan bulat dengan jari jari yang serba sama. Melainkan bumi memiliki jari-jari yang lebih besar dibagian ekuatornya dari pada kutub. Selain itu, didalam bumi komposisi penyusunnya tidak hanya memiliki densitas yang sama rata pula. Melainkan, pada suatu titik, terkadang bumi memiliki densitas yang jauh lebih tinggi dari pada di titik lain. Densitas ini sejatinya dipengaruhi oleh komposisi batuan yang ada dibawahnya dengan besarnya bervariasi. Adapun densitas beberapa batuan dibawah muka bumi dapat ditampilkan pada tabel 1 [4].

Tabel 1
Nilai densitas batuan dalam mg/m^3

Alluvium (wet)	1.96–2.00
Clay	1.63–2.60
Shale	2.06–2.66
Cretaceous	2.05–2.35
Triassic	2.25–2.30
Carboniferous	2.35–2.55
Limestone	2.60–2.80
Chalk	1.94–2.23
Dolomite	2.28–2.90
Halite	2.10–2.40
Granite	2.52–2.75
Granodiorite	2.67–2.79
Anorthosite	2.61–2.75
Basalt	2.70–3.20
Gabbro	2.85–3.12
Gneiss	2.61–2.99
Quartzite	2.60–2.70
Amphibolite	2.79–3.14
Chromite	4.30–4.60
Pyrrhotite	4.50–4.80
Magnetite	4.90–5.20
Pyrite	4.90–5.20
Cassiterite	6.80–7.10
Galena	7.40–7.60

II. METODOLOGI

Intrepetasi data gravitasi dapat dilakukan dengan langkah-langkah tertentu. Adapun metode yang digunakan dan langkah kerjanya dapat dilakukan sebagai berikut ini.

2.1 Perangkat lunak

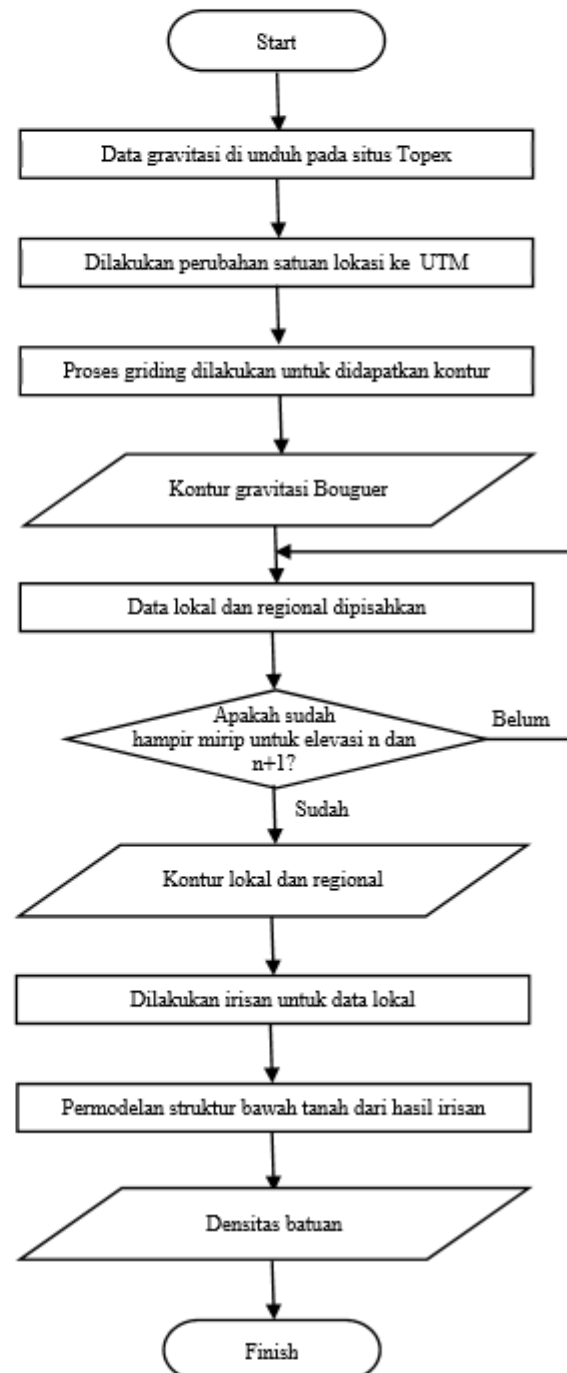
Dalam melakukan intrepetasi data gravitasi digunakan beberapa perangkat lunak yang mendukung dalam analisa yang dilakukan. Adapun perangkat lunak yang pertama digunakan yaitu Surfer. Perangkat lunak ini digunakan untuk menampilkan kontur yang ada pada data gravitasi awal, hasil dari pemisahan data lokal dan regional, serta digunakan dalam melakukan irisan daerah. Perangkat lunak yang digunakan selanjutnya yaitu MagPick. Fungsinya untuk memisahkan data lokal dan regional berdasarkan ketinggian tertentu. Perangkat lunak yang terakhir yaitu Grav2DC yang digunakan untuk analisa permodelan struktur bawah tanah hasil irisan yang telah didapatkan.

2.2 Langkah kerja

Langkah kerja dilakukan intrepetasi data gravitasi dilakukan dengan melakukan pengambilan data gravitasi terlebih dahulu di situs Topex atau berbagai situs yang menyediakan data gravitasi. Kemudian, hasil tersebut disimpan dan dibuka pada perangkat lunak Surfer. Data tersebut kemudian dilakukan perubahan dari bujur dan lintang menjadi ke UTM. File lokasi gravitasi yang telah dirubah ke UTM kemudian dilakukan griding pada perangkat lunak Surfer dan hasilnya dibuka. Hasil tersebut nantinya merupakan data gravitasi Bouguer. Kemudian dilakukan pemisahan data lokal dan regional pada perangkat lunak MagPick. Besarnya elevasi dilakukan pengulangan hingga menunjukkan antara elevasi ke n dan ke $n+1$ (dengan n kelipatan elevasi 100) menunjukkan kemiripan kontur yang ada. Hasil yang didapatkan tersebut merupakan data kontur lokal dan regional yang telah dilakukan pemisahan data. Setelah itu, data lokal yang didapatkan dilakukan prosedur irisan untuk dilakukan analisa densitas batuan dibawah irisan tersebut. Seluruh hasil yang telah didapatkan kemudian dapat dilakukan pembahasan mengenai kontur dan densitas yang telah diperoleh.

2.3 Diagram Alir

Prosedur dalam melakukan analisa data gravitasi dapat ditulis dalam bentuk diagram alir. Adapun diagram alir yang dimaksud seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir Intrepetasi data gravitasi

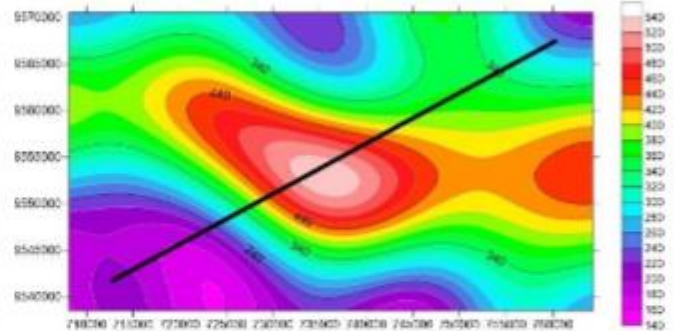
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisa Peta

Berdasarkan laporan ini, area yang diteliti merupakan daerah pertambangan Freeport Koperapoka dan gunung puncak Jaya. Secara lintang dan bujur berada pada koordinat $136,868131^\circ$ BT – $137,367073^\circ$ BT dan $3,896001^\circ$ LS – $4,162994^\circ$ LS. Daerah ini merupakan daerah pegunungan dengan ketinggian bervariasi. Karena merupakan area pertambangan Freeport, area ini memiliki berbagai jenis batuan dibawah permukaannya sebagai bahan tambang. Sehingga dapat dipastikan bahwa akan memiliki gravitasi yang besar karena pengaruh densitasnya.



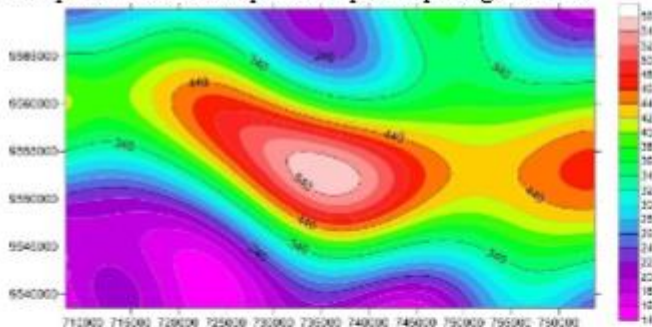
Gambar 2. Daerah yang akan dilakukan analisa gravitasi



Gambar 6. Daerah yang akan dilakukan irisan

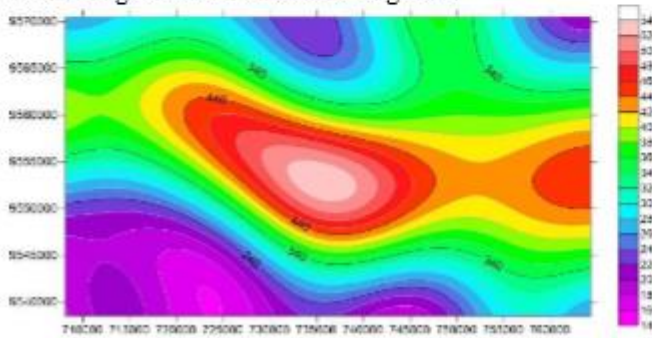
3.2 Hasil Data

Data yang telah diintegrasikan untuk gravitasi awal merupakan hasil dari gravitasi yang belum dilakukan pemisahan secara lokal dan regional Adapun kontur yang didapatkan tersebut dapat ditampilkan pada gambar 3.

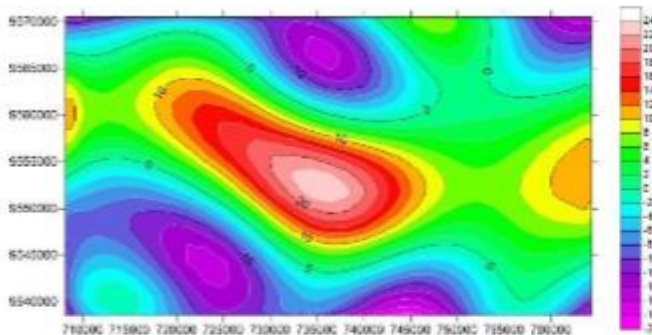


Gambar 3. Peta kontur gravitasi Bouguer

Hasil tersebut kemudian dilakukan pemisahan data lokal dan regional dengan dilakukan pengaturan elevasi. Adapun elevasi yang digunakan merupakan 500. Hasil yang telah didapatkan dapat ditampilkan pada gambar 4 untuk kontur lokal dan gambar 5 untuk kontur regional.

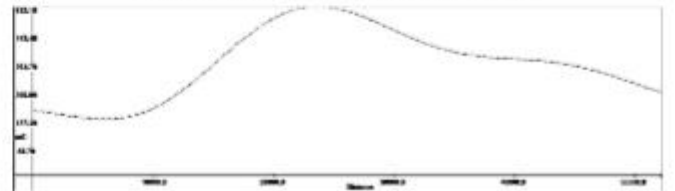


Gambar 4. Peta kontur anomali lokal elevasi 500



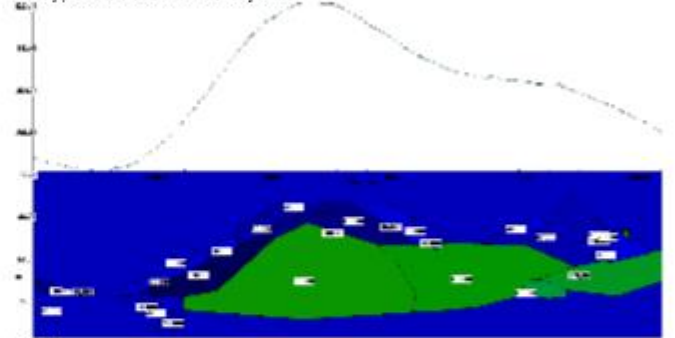
Gambar 5. Peta kontur anomali regional elevasi 500

Hasil kontur anomali lokal yang telah didapatkan kemudian dilakukan irisan atau slice. Dimana irisan yang digunakan pada laporan ini digunakan wilayah pada gambar 6. Hasil irisan tersebut dapat dibuat dilihat secara penampang seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Penampang hasil irisan

Setelah penampang hasil irisan dapat ditampilkan pada perangkat lunak Grav2DC, selanjutnya dapat dilakukan permodelan untuk menentukan struktur densitas yang ada dibawah permukaan penampang tersebut. Adapun hasil permodelan yang diperoleh dapat ditampilkan pada gambar 8 dengan nilai misfit 24,25.



Gambar 8. Permodelan struktur bawah tanah hasil irisan

3.3 Diskusi

Intrepetasi data gravitasi merupakan suatu bentuk dalam melakukan analisa gravitasi berdasarkan hasil observasi. Hasil tersebut tentunya merupakan data gravitasi apa adanya pada saat area tersebut dilakukan analisa. Namun, sejatinya kita tidak tahu bagaimana sejatinya penampang bawah permukaannya tersebut. Tentunya yang dimaksud demikian merupakan struktur batuan yang dapat menyebabkan adanya faktor koreksi gravitasi.

Berdasarkan data gravitasi yang telah diperoleh, didapatkan bahwa nilai gravitasi yang ada cukup besar. Hal ini tentunya sudah dapat diketahui karena area yang digunakan pada hasil laporan ini adalah Puncak Jaya. Dan dimana dibagian kiri dari Puncak Jaya merupakan daerah pertambangan Freeport. Berdasarkan hal tersebut tentunya dapat disimpulkan bahwa penyebab gravitasi yang tinggi diakibatkan adanya berbagai bahan tambang yang nilai densitasnya sangat besar. Sehingga, menyebabkan gaya gravitasi disekitar are Puncak Jaya memiliki gravitasi yang besar.

Nilai gravitasi yang didapatkan berdasarkan situs penyedia data gravitasi Topex, terlihat bahwa nilai gravitasinya berada dikisaran nilai 140 hingga 540 mGal (pada gambar 3). Area yang memiliki nilai gravitasi tertinggi tidak berada pada aera Puncak Jaya, melainkan ada pada daerah pertambangan Freeport dengan nilai gravitasi sekitar 540 mGal. Sedangkan

untuk puncak jaya sendiri, memiliki nilai gravitasi sekitar 500 mGal. Secara keseluruhan, memang nilai gravitasi pada deretan pegunungan Jaya Wijaya berada lebih dari 340 mGal. Sedangkan untuk daerah sekitarnya ada pada nilai dibawah 300 mGal.

Dalam melakukan proses irisan atau slicing, digunakan mulai dari barat daya hingga timur laut pada koordinat yang digunakan laporan ini. Proses pemilihan irisan ini tidak dilakukan secara sembarangan, melainkan dikandung maksud hasil irisan ini dapat mewakili seluruh nilai gravitasi yang telah didapatkan. Irisan yang telah dilakukan pada laporan ini mulai dari nilai gravitasi rendah, kemudian dilanjutkan ke paling tinggi yang ada pada daerah pertambangan Freeport dan yang terakhir didaerah yang lebih rendah lagi. Sehingga, penampang data gravitasi untuk area irisan yang didapatkan dapat digambarkan seperti pada gambar 7. Terlihat bahwa pada area puncak kurva yang terbentuk merupakan daerah dengan gravitasi yang paling tinggi, yaitu area Freeport.

Hasil dari penampang irisan yang telah didapatkan, kemudian dapat dilakukan permodelan untuk mengetahui, ada apakah susunan dibawah lapisan area yang dilakukan irisan. Berdasarkan permodelan yang diperoleh, untuk hasil misfit didapatkan nilai 24,25. Artinya masih terdapat eror berdasarkan permodelan yang ada sebesar 24,25% dari prediksi struktur permukaan bawah tanah. Untuk hasilnya sendiri didapatkan bahwa nilai densitas 0,35 hingga 2 mg/m³. Apabila dilakukan perbandingan dengan tabel 1, maka didapatkan bahwa komposisi batuan dengan nilai densitas tersebut merupakan jenis Alluvium (wet), Clay, Shale, dan Cretaceous. Selain itu, berbagai jenis batuan bahan tambang juga akan mempengaruhi terhadap nilai densitas yang telah didapatkan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil yang telah diperoleh pada laporan ini, dapat disimpulkan bahwa

- Nilai percepatan gravitasi pada area yang dilakukan analisa pada laporan ini berada pada rentang 140 hingga 540 mGal.
- Besarnya nilai gravitasi yang didapatkan dikarenakan area yang dilakukan analisa merupakan area pegunungan serta pertambangan Freeport yang notabnya memiliki jenis-jenis batuan tambang berat sehingga akan mempengaruhi densitas bawah permukaan tanah.
- Berdasarkan data irisan yang dilakukan, didapatkan bahwa nilai densitas dibawah permukaan irisan tersebut berada pada 0,35 hingga 2 mg/m³ yang dapat diindikasikan sebagai material Alluvium (wet), Clay, Shale, dan Cretaceous, serta berbagai material bahan tambang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kearey P, Brooks M. "An Introduction to Geophysical Exploration". New York : Blackwell Science Ltd (2002)
- [2] Blakely R J. "Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications". New York : Cambridge University Press (1986)
- [3] Grant F S, West G.F. "Interpretation Theory in Applied Geophysics". New York : McGraw-Hill, Inc (1965)
- [4] Woflgang, Torge. "The Gravity Field of the Earth". Berlin : Walter de Gruyter GmbH & Co (1989)