

Analisis Deskriptif Perbandingan Data Sekunder Gravitasi GGMplus Terhadap Data Gravitasi Lapangan Panas Bumi Gunung Lawu dan Data Gravitasi Stasiun Referensi (*gravity base station*) di Pulau Papua

Bangkit Sudrajad

Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Cenderawasih
[*bangkitsudrajad@gmail.com](mailto:bangkitsudrajad@gmail.com)

ABSTRACT

Research with the gravity method can be carried out using primary and secondary data. Gravity secondary data is useful for preliminary surveys on large or difficult to reach geological targets in the field. GGMplus secondary gravity data is a global gravity model data that has a very high resolution. However, before utilizing GGMplus secondary gravity data for research purposes, it is necessary to know how accurate the data is compared to direct measurement data in the field. In this study, the authors validated through descriptive analysis a comparison between the GGMplus gravity data and the gravity data from the Mount Lawu geothermal field and the gravity data from the reference station in Papua Island. Based on the results of the analysis performed, it was found that the GGMplus gravity data can provide gravity anomaly values with good accuracy at measurement points that are in locations with less rough topographic contours and less complex lithology conditions. Whereas at the location of the measurement point with the opposite condition, GGMplus gravity data has limitations in capturing shallow anomalies or anomalies from structures that are too local.

Keywords: Gravity Method; Secondary Data; GGMplus; Descriptive Analysis; Accuracy.

ABSTRAK

Penelitian dengan metode gravitasi dapat dilakukan menggunakan data primer maupun data sekunder. Data sekunder gravitasi berguna untuk survei pendahuluan pada target geologi yang besar atau sulit dijangkau di lapangan. Data sekunder gravitasi GGMplus merupakan data model gravitasi global yang memiliki resolusi sangat tinggi. Namun sebelum memanfaatkan data sekunder gravitasi GGMplus untuk tujuan penelitian, perlu diketahui seberapa akurat data tersebut dibandingkan data pengukuran langsung di lapangan. Pada kajian ini penulis melakukan validasi melalui analisis deskriptif perbandingan data gravitasi GGMplus terhadap data gravitasi lapangan panas bumi Gunung Lawu dan data gravitasi stasiun referensi di Pulau Papua. Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh bahwa data gravitasi GGMplus mampu memberikan nilai anomali gravitasi dengan akurasi yang baik pada titik pengukuran yang berada pada lokasi dengan kontur topografi yang tidak kasar dan pada kondisi litologi yang tidak terlalu kompleks. Sedangkan pada lokasi titik pengukuran dengan kondisi sebaliknya, data gravitasi GGMplus memiliki keterbatasan untuk menangkap anomali yang dangkal atau anomali dari struktur yang terlalu lokal.

Kata Kunci: Metode Gravitasi; Data Sekunder; GGMplus; Analisis Deskriptif; Akurasi.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) license



1. Pendahuluan

Metode Gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang sering sekali digunakan di bidang eksplorasi sumber daya alam, vulkanologi, kebencanaan, dan pembuatan spheroida referensi. Metode gravitasi efektif digunakan dalam identifikasi struktur geologi yang memiliki kontras densitas pada arah lateral baik yang bersifat lokal sampai dengan regional. Akuisisi data dalam metode gravitasi dapat dilakukan dengan survei lapangan maupun dengan survei udara dengan menggunakan pesawat, drone, atau satelit. Oleh

karena kelebihan metode gravitasi tersebut maka banyak pihak yang berlomba-lomba melakukan akuisisi data gravitasi global melalui pengukuran satelit dan melakukan pemodelan data gravitasi global. Hal ini dilakukan dalam rangka menyediakan data sekunder gravitasi yang dapat dimanfaatkan di berbagai bidang ilmu kebumihan.

Data sekunder gravitasi sangat berguna untuk survei regional yang biasanya ditujukan untuk survei pendahuluan pada target geologi yang besar seperti cekungan, subduksi, sesar regional, gunung api, ataupun target geologi yang sulit

dijangkau di lapangan karena terbatasnya akses transportasi atau kondisi lapangan yang terlalu ekstrim seperti beberapa daerah di Pulau Papua. Dengan demikian pemanfaatan data sekunder gravitasi menjadi lebih efisien dan dapat menekan biaya operasional dalam melakukan akuisisi data secara regional. Saat ini tersedia data sekunder gravitasi yang dapat diakses secara terbuka seperti data gravitasi satelit Topex, BGI, EGM2008, dan GGMplus 2013 serta data gravitasi SRTM2 2018.

Data sekunder gravitasi GGMplus 2013 merupakan data model gravitasi global (*Global Gravity Model*) yang memiliki resolusi sangat tinggi (*ultra-high resolution*) dengan spasi grid antar titik data ~200 m pada arah utara-selatan [1]. Data ini merupakan hasil kombinasi data satelit GRACE dan GOCE dengan EGM2008 atau GGE (GRACE GOCE EGM2008) yang kemudian ditingkatkan resolusinya dengan mengkombinasikan hasil pemodelan maju (*forward modelling*) dari gravitasi topografi pada suatu bidang geopotensial berdasarkan ekspansi harmonik bola (*spherical harmonic expansion*) [2]. Data gravitasi GGMplus tersedia di daratan dan area dekat pantai dengan cakupan hampir global, dalam 60° LU dan 60LS (Gambar 1). Dengan demikian data GGMplus melingkupi hampir 80% massa permukaan bumi dan 99,7% area berpenduduk sehingga bisa dimanfaatkan untuk survei geofisika di wilayah Indonesia termasuk di Pulau Papua [1].



Gambar 1. Ketersediaan data GGMplus secara global (<https://bgi.obs-mip.fr>).

Sebagai data sekunder dengan resolusi sangat tinggi GGMplus dapat memberikan gambaran lebih detail tentang kondisi medan gravitasi di suatu tempat yang berarti hasil pengolahan anomali gravitasi dari data GGMplus dapat memberikan bantuan untuk menentukan densitas, kedalaman, bentuk geometri dari struktur atau benda penyebab anomali di bawah permukaan melalui pemodelan [3]. Namun sebelum memanfaatkan data sekunder gravitasi yang ada untuk tujuan penelitian, perlu terlebih dahulu dilakukan validasi untuk memperoleh gambaran seberapa akurat data sekunder gravitasi tersebut dibandingkan data primer hasil pengukuran langsung di lapangan dan data gravitasi referensi (*gravity base station*) yang biasa dijadikan referensi titik ikat pengukuran gravitasi relatif di lapangan.

Berdasarkan penjabaran di atas dalam rangka melakukan validasi data GGMplus maka penulis berinisiatif melakukan analisis deskriptif dengan cara membandingkan data sekunder gravitasi tersebut dengan data gravitasi hasil akuisisi lapangan yang ada di Indonesia. Adapun data lapangan yang dijadikan pembanding adalah data gravitasi lapangan panas bumi gunung lawu yang ada di Pulau Jawa dan data gravitasi stasiun referensi di Pulau Papua. Tujuan dari penggunaan data gravitasi lapangan panas bumi gunung lawu sebagai pembanding adalah guna mengetahui sensitivitas data gravitasi GGMplus terhadap perubahan elevasi, batas kontak struktur dan litologi pada arah lateral melalui data dengan resolusi atau spasi antar datum yang kurang lebih sama. Dengan demikian bisa diperoleh gambaran sensitivitas data terhadap anomali gravitasi yang disebabkan oleh struktur bawah permukaan. Sedangkan penggunaan data gravitasi stasiun referensi di Papua adalah guna mengetahui nilai korelasi antara data GGMplus dan data gravitasi referensi sehingga dapat diperoleh gambaran kelayakan data tersebut untuk digunakan di wilayah Pulau Papua.

Hasil validasi yang diperoleh dari analisis deskriptif perbandingan data gravitasi GGMplus terhadap data gravitasi di lapangan ini diharapkan dapat berguna bagi banyak pihak. Terutama bermanfaat sebagai referensi oleh mahasiswa, dosen, peneliti dan praktisi yang ingin menggunakan data sekunder gravitasi GGMplus dalam aplikasi ilmu kebumiharian di Indonesia khususnya di Pulau Papua. Dengan demikian data sekunder GGMplus dapat diolah dan dimanfaatkan sebagaimana mestinya dengan tetap memperhatikan kelebihan dan keterbatasan data terhadap perubahan elevasi topografi, litologi batuan, dan kedalaman sumber anomaly.

2. Metode Penelitian

2.1 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber. Data tersebut selain digunakan untuk analisis deskriptif perbandingan juga digunakan untuk melakukan koreksi data gravitasi. Adapun data-data yang digunakan beserta sumber penyedia data sebagai berikut:

- Data medan gravitasi (*gravity acceleration*) GGMplus dan quasi geoid, dari Curtin University (Australia) dan University of Munich (German) yang diakses melalui: <http://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/GGMplus/data/>.
- Data medan gravitasi observasi lapangan panas bumi Gunung Lawu, Kabupaten Karanganyar dan Kabupaten Magetan Jawa Timur tahun 2009 dengan spasi ~200 meter yang diperoleh

dari data survei geofisika Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG).

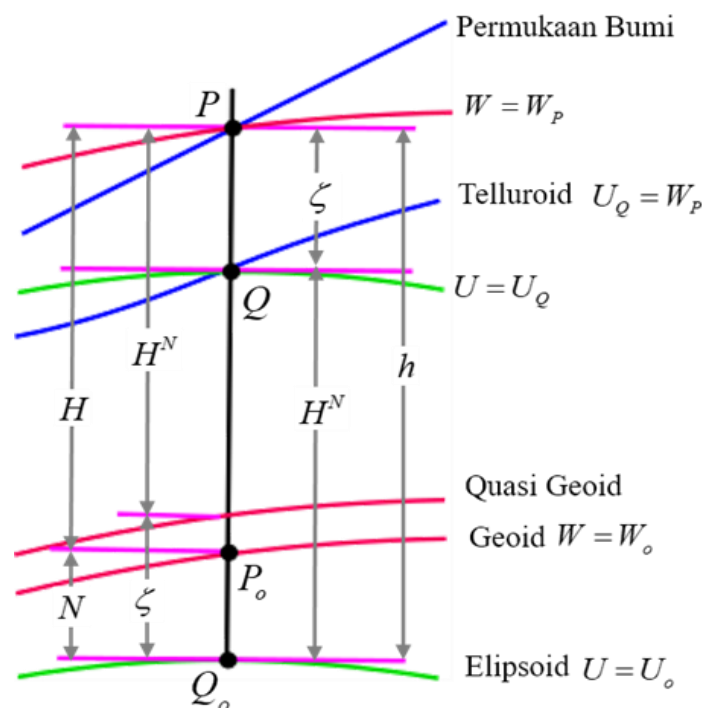
- Data nilai medan gravitasi referensi dan gravitasi absolut di permukaan bumi pada delapan stasiun referensi BGI (*International Gravimetric Bureau*) di Pulau Papua yang diakses melalui: <http://bgi.omp.obs-mip.fr/data-products/Gravity-Databases/Reference-Gravity-Stations/>.
- Data elevasi titik grid data medan gravitasi GGMplus diperoleh dari elevasi ERTM2160 yang merupakan model referensi elevasi gravitasi GGMplus [4] yang diakses melalui: <http://ddfe.curtin.edu.au/gravitymodels/ERTM2160/data>.
- Model Elevasi Digital Global ASTER GDEM dengan resolusi spasial 30 m yang diakses melalui: <http://earthexplore.usgs.gov>.

2.2 Koreksi Data Medan Gravitasi

Dalam analisis deskriptif perbandingan data sekunder gravitasi GGMplus terhadap data gravitasi lapangan panas bumi Gunung Lawu untuk melihat sensitivitas data terlebih dahulu dilakukan

beberapa koreksi pada kedua data tersebut untuk memperoleh anomali udara bebas (AFA); anomali bouguer sederhana (ABS); dan anomali bouguer sederhana lengkap (ABL) [5]. Adapun koreksi yang dilakukan meliputi pengurangan nilai gravitasi observasi dengan nilai gravitasi normal; koreksi udara bebas; koreksi bouguer sederhana, dan koreksi medan atau koreksi *terrain*. Pada kasus data gravitasi lapangan panas bumi gunung lawu data medan gravitasi dikoreksi seperti pada umumnya. Sedangkan pada data gravitasi GGMplus koreksi dilakukan dengan beberapa penyesuaian karena data tersebut merupakan model gravitasi global yang dibuat melalui proses sintesis penggabungan beberapa data gravitasi (data satelit, data lapangan, dan data EGM2008).

Penyesuaian koreksi data gravitasi GGMplus yang dilakukan adalah pada koreksi udara bebas, koreksi bouguer sederhana dan koreksi *terrain*. Pada koreksi udara bebas, gravitasi normal diangkat bukan dari geoid ke permukaan (tinggi ortometrik) melainkan dari quasi geoid ke titik pengukuran di permukaan bumi (tinggi normal) (Gambar 2).



Gambar 2. Tinggi elipsoid (h), geoid (N), quasi geoid (ζ), tinggi normal (H^N), dan tinggi ortometrik (H) [6].

Dengan demikian persamaan koreksi udara bebas (δg_{FA}) yang digunakan sebagai berikut:

$$\delta g_{FA} = -0,3085672 H^N,$$

sehingga diperoleh anomali udara bebas (AFA):

$$AFA = \Delta g_P - \delta g_{FA}.$$

Selanjutnya untuk koreksi topografi yang meliputi bouguer sederhana dan koreksi *terrain* dilakukan

penyesuaian dengan menggunakan data elevasi titik pengukuran GGMplus (H^N) sesuai dengan elevasi dari model elevasi ERTM2160. Dengan demikian dapat dihitung nilai anomali bouguer sederhana (ABS) melalui pengurangan anomali udara bebas (AFA) dengan koreksi bouguer [7].

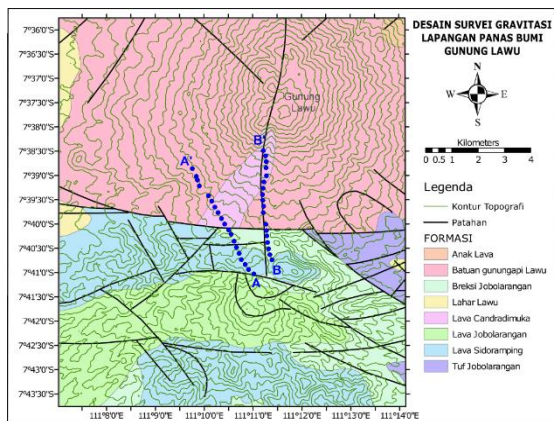
$$ABS = AFA - 0.04192 H^N.$$

Dari nilai anomali bouguer sederhana dengan memanfaatkan data DEM ASTER GDEM dengan resolusi 30 m untuk membuat DEM lokal dan regional menggunakan Komputer Digital [8]. Dari kedua DEM tersebut dapat diperoleh nilai koreksi *terrain* (δg_{TC}) pada titik pengukuran gravitasi sesuai dengan pendekatan koreksi *terrain* menggunakan *Hammer Chart* [9]. Dengan demikian dapat diperoleh anomali bouguer lengkap (ABL) GGMplus dengan cara menambahkan anomali bouguer sederhana (ABS) dengan koreksi *terrain* (δg_{TC}).

$$ABL = ABS + \delta g_{TC}.$$

2.3 Analisis Deskriptif Data Gravitasi

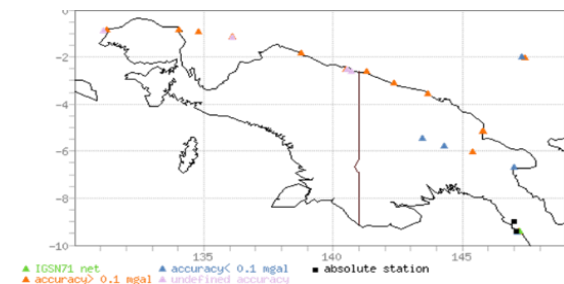
Tahapan analisis deskriptif perbandingan dalam rangka validasi data GGMplus yang pertama dilakukan adalah dengan membandingkan grafik nilai medan gravitasi observasi, anomali udara bebas (AFA), anomali bouguer sederhana, dan anomali bouguer lengkap dari hasil koreksi data gravitasi GGMplus dan data gravitasi lapangan panas bumi pada titik koordinat yang sama. Adapun titik koordinat yang dimaksud adalah titik-titik koordinat pengukuran setiap titik dalam 2 lintasan akuisisi data gravitasi lapangan panas bumi gunung lawu (A-A' dan B-B') (Gambar 3). Dimana lintasan A-A' terdiri atas 19 titik pengukuran dan lintasan B-B' terdiri atas 18 titik pengukuran dengan spasi antar titik ~200 meter. Lintasan A-A' memotong lereng Gunung Lawu yang berkontur kasar dan Lintasan B-B' mengikuti lereng Gunung lawu dari lembah menuju ke puncak gunung.



Gambar 3. Peta koordinat dua lintasan survei data gravitasi lapangan panas bumi Gunung Lawu tahun 2009.

Tahapan analisis deskriptif perbandingan berikutnya adalah dengan menghitung nilai korelasi dan *misfit* atau *error* data antara data gravitasi GGMplus dengan data medan gravitasi lapangan panas bumi gunung lawu (Gambar 3) dan data medan gravitasi lapangan stasiun referensi BGI di Pulau Papua (Gambar 4). Adapun dalam hal ini

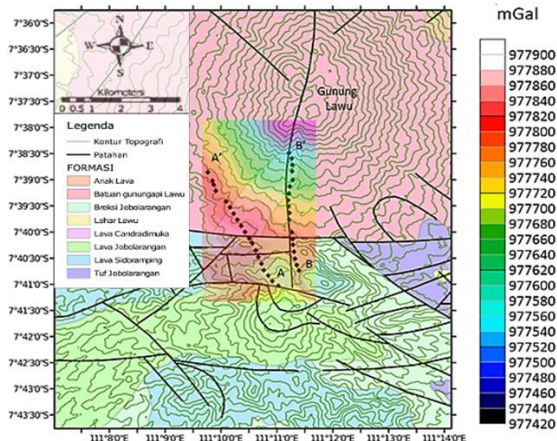
pengambilan data gravitasi GGMplus untuk setiap koordinat yang sama pada data gravitasi lapangan panas bumi Gunung Lawu (Gambar 3) dan data gravitasi referensi BGI yang tersebar di Pulau Papua (Gambar 4) dilakukan dengan cara digitasi interpolasi peta kontur medan gravitasi GGMplus pada setiap wilayah. *Misfit* atau *error* data yang dihitung adalah nilai *root mean square error* (RMSE) digunakan sebagai parameter untuk mengevaluasi tingkat akurasi data model gravitasi GGMplus terhadap data gravitasi hasil pengukuran relatif di lapangan dan data gravitasi stasiun referensi.



Gambar 4. Posisi stasiun gravitasi referensi BGI dan gravitasi absolut di Pulau Papua

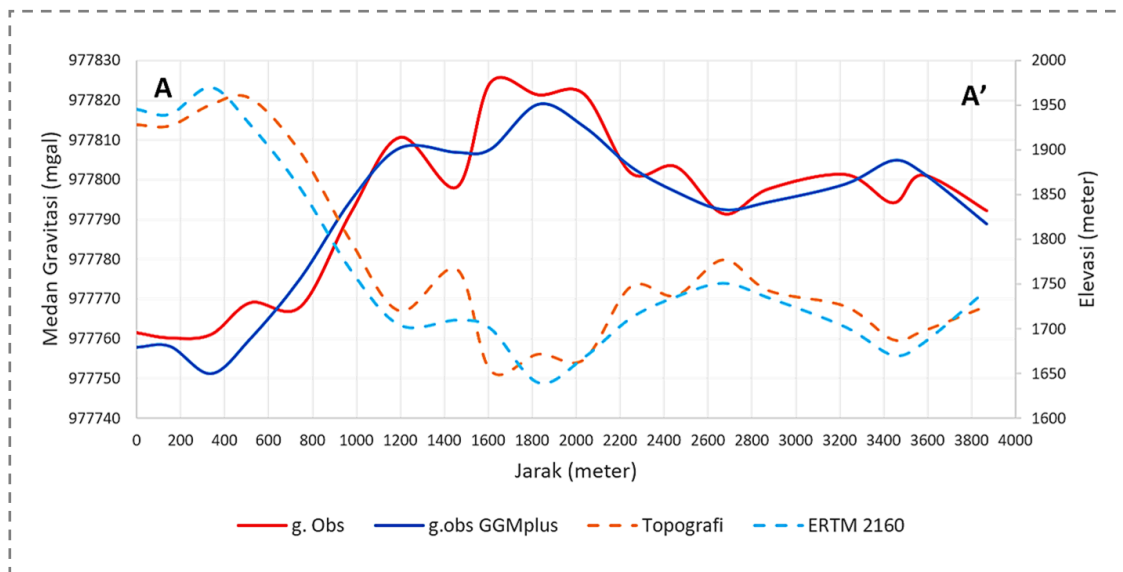
3. Hasil dan Pembahasan

Analisis deskriptif perbandingan data medan gravitasi GGMplus dengan data medan gravitasi lapangan panas bumi Gunung Lawu dilakukan untuk masing-masing lintasan A-A' dan B-B'. Data medan gravitasi GGMplus diperoleh melalui proses digitasi peta kontur hasil interpolasi dari grid data medan gravitasi GGMplus pada setiap titik ukur di dalam lintasan A-A' dan B-B' di lapangan panas bumi Gunung Lawu (Gambar 5). Adapun perbandingan dilakukan dengan membuat plot grafik perbandingan kedua data medan gravitasi (*g*), anomali udara bebas (AFA), anomali bouguer sederhana (ABS), dan anomali bouguer lengkap (ABL) terhadap perubahan jarak atau spasi titik koordinat pengukuran pada tiap lintasan. Selain itu guna mengetahui pengaruh elevasi terhadap pola kedua medan gravitasi juga dilakukan perbandingan terhadap pola elevasi topografi data gravitasi lapangan dan elevasi ERTM2160 data gravitasi GGMplus.

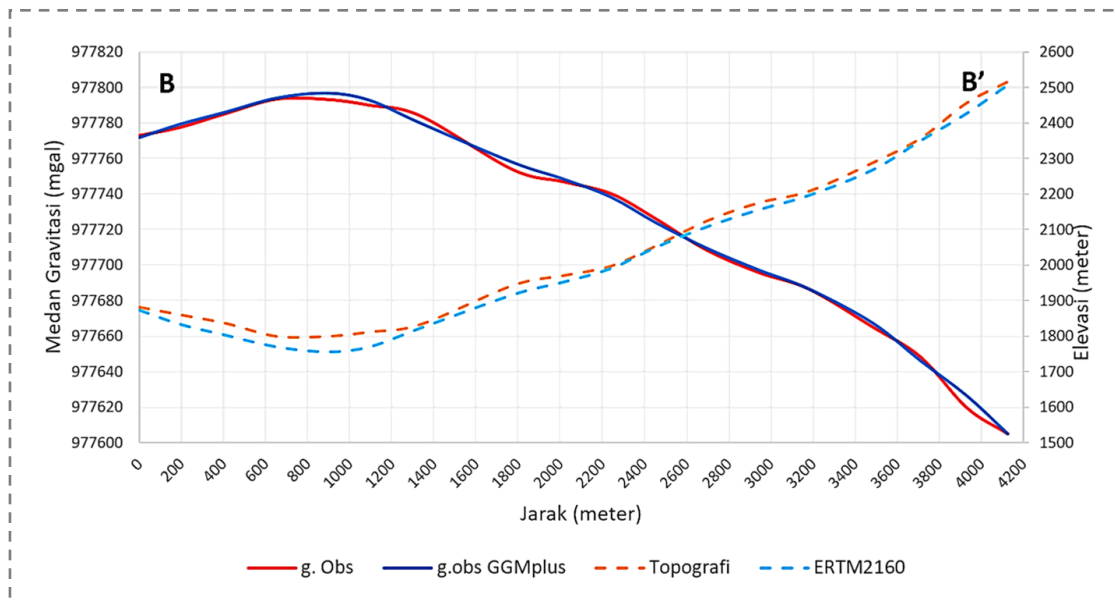


Gambar 5. Peta kontur medan gravitasi observasi GGMplus di lapangan panas bumi Gunung Lawu.

Grafik perbandingan medan gravitasi observasi dan elevasi pada lintasan A-A' (Gambar 6) menunjukkan bahwa pola medan gravitasi observasi GGMplus sesuai dengan pola elevasi ERTM2160 dan pola medan gravitasi observasi lapangan panas bumi gunung lawu sesuai dengan pola elevasi topografi. Medan gravitasi observasi GGMplus menunjukkan nilai yang rendah untuk elevasi tinggi dan nilai tinggi untuk elevasi yang rendah sesuai model elevasi ERTM2160. Sedangkan medan gravitasi observasi lapangan menunjukkan nilai yang rendah untuk elevasi tinggi dan nilai tinggi untuk elevasi yang rendah sesuai elevasi topografi titik pengukuran. Adapun nilai korelasi antara kedua data medan gravitasi observasi tersebut pada lintasan A-A' adalah 0.95. Sedangkan *misfit* atau *error* data berdasarkan perhitungan RMSE adalah 42.38 mGal atau sebesar 0.004%.



Gambar 6. Perbandingan data medan gravitasi observasi GGMplus terhadap data medan gravitasi observasi lapangan di Gunung Lawu pada lintasan A-A'.

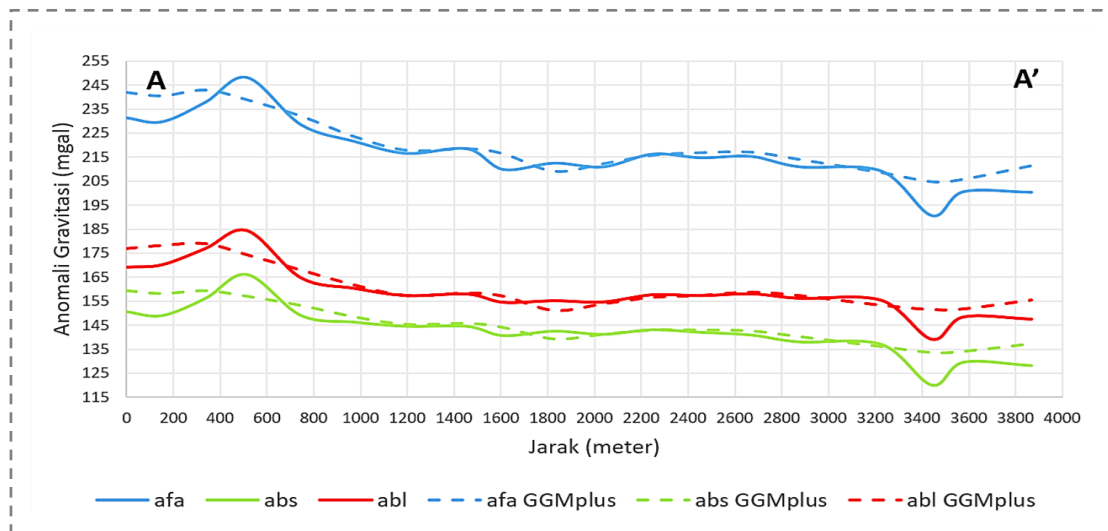


Gambar 7. Perbandingan data medan gravitasi observasi GGMplus terhadap data medan gravitasi observasi lapangan di Gunung Lawu pada lintasan B-B'.

Berdasarkan grafik perbandingan medan gravitasi dan elevasi pada lintasan B-B' (Gambar 6) terlihat bahwa pola medan gravitasi GGMplus juga sesuai dengan pola elevasi ERTM2160 dan pola medan gravitasi lapangan panas bumi gunung lawu sesuai dengan pola elevasi topografi. Pada kedua data medan gravitasi observasi lapangan menunjukkan nilai yang rendah untuk elevasi tinggi dan nilai tinggi untuk elevasi yang rendah sesuai referensi elevasi titik pengukurannya masing-masing. Apabila diperhatikan medan gravitasi observasi GGMplus dan medan gravitasi observasi lapangan lintasan B-B' (Gambar 7) memiliki kecocokan yang lebih baik dibandingkan lintasan A-A' (Gambar 6). Hal ini dibuktikan dengan nilai korelasi antara data medan gravitasi observasi GGMplus dan data medan gravitasi observasi lapangan yang lebih tinggi pada lintasan B-B' adalah 0,99. selain nilai korelasi yang lebih tinggi juga diperoleh *misfit* atau *error* data (RMSE) yang lebih rendah yaitu 2,66 mGal atau sebesar 0.00027%.

Dari hasil perbandingan grafik medan observasi di atas dapat diinterpretasi bahwa medan

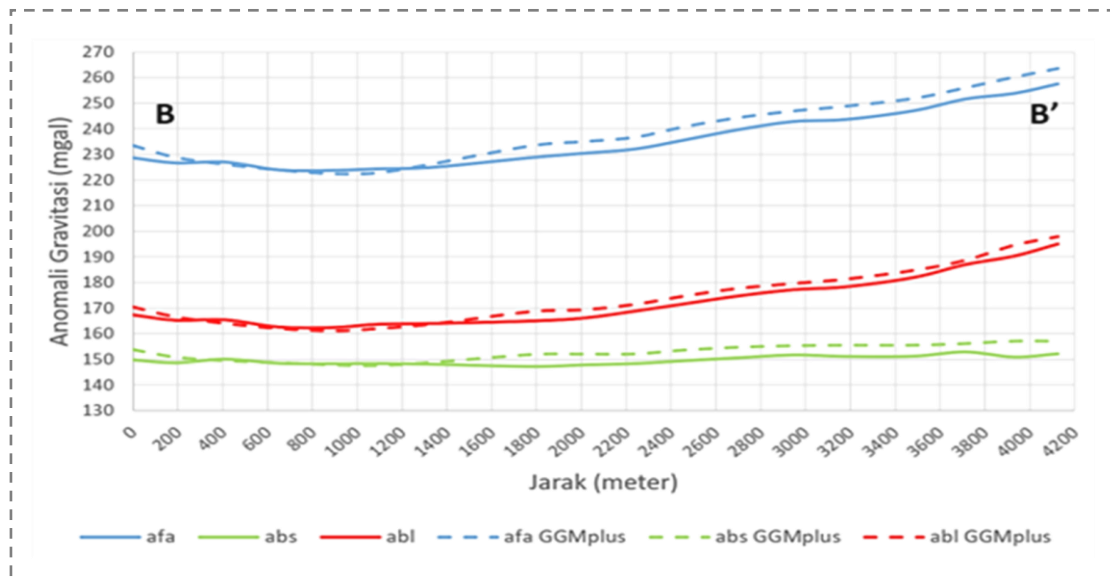
gravitasi GGMplus pada lintasan B-B' (Gambar 7) memiliki tingkat kecocokan yang tinggi dibandingkan pada lintasan A-A' (Gambar 6). Hal ini juga berlaku pada pola elevasi datanya. Dengan demikian data medan gravitasi observasi GGMplus akan memiliki kecocokan yang kuat dengan data lapangan ketika model elevasi ERTM2160 memiliki tingkat kecocokan yang tinggi terhadap elevasi pengukuran di lapangan. Dengan kata lain data GGMplus akan memiliki tingkat kecocokan yang kuat untuk kasus daerah pengukuran dengan topografi yang tidak terlalu terjal. Selanjutnya untuk memperoleh deskriptif lebih detail dari data gravitasi GGMplus maka dilakukan perbandingan setelah dilakukan beberapa koreksi. Hal ini dilakukan mengingat dalam metode gravitasi yang diinterpretasi adalah anomali gravitasi yang sudah terkoreksi. Adapun anomali gravitasi yang dibandingkan meliputi anomali udara bebas (AFA); anomali Bouguer Sederhana (ABS), dan anomali Bouguer Lengkap (ABL). Grafik perbandingan anomali pada kedua lintasan (A-A' dan B-B') disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Perbandingan anomali gravitasi GGMplus terhadap anomali gravitasi pengukuran lapangan di Gunung Lawu pada lintasan A-A'.

Berdasarkan grafik perbandingan anomali gravitasi GGMplus dan anomali gravitasi lapangan pada lintasan A-A' (Gambar 8) nilai korelasi antara anomali udara bebas (AFA dan AFA GGMplus) adalah 0,91 sedangkan nilai *misfit* atau *error* (RMSE) antara kedua data adalah 6,35 mGal atau 2,93%. Korelasi antara anomali bouguer sederhana (ABS dan ABS GGMplus) adalah 0.87 sedangkan nilai *misfit* atau *error* (RMSE) antara kedua data adalah 5,55mGal atau 3,89%. Korelasi antara anomali bouguer lengkap (ABL dan ABL GGMplus) adalah 0.88 sedangkan nilai *misfit* atau *error* (RMSE) antara kedua data adalah 5,14mGal atau 3,23%. Hasil korelasi dan *misfit* data anomali gravitasi menunjukkan bahwa meskipun kedua data anomali memiliki pola atau tren nilai yang cenderung sama tetapi terdapat perbedaan pola dan nilai di beberapa titik ukur. Perbedaan pola atau nilai ini terlihat pada titik ukur ke 1,2, 4,17, 18, dan 19.

Perbedaan pola profil atau nilai anomali gravitasi pada keenam titik pengukuran pada lintasan A-A' terjadi pada ketiga anomali yaitu anomali udara bebas, anomali bouguer sederhana, dan anomali bouguer lengkap. Adapaun perbedaan terjadi pada titik ukur ke 1-2 (jarak 0-339 meter) dan titik ukur 18-19 (jarak 3578-3868 meter) adalah nilai anomali GGMplus menunjukkan anomali yang sedikit lebih tinggi dibandingkan anomali data lapangan. Pada titik ukur 4 (jarak 517 meter) diperoleh perbedaan sebaliknya dimana data lapangan menunjukkan puncak profil anomali tinggi (anomali positif) sedangkan anomali GGMplus menunjukkan nilai lebih rendah dengan grafik nilai yang landai. Pada titik ukur ke 17 (jarak 3443 meter) diperoleh perbedaan dimana data lapangan menunjukkan lembah profil anomali rendah (anomali negatif) sedangkan anomali GGMplus menunjukkan nilai lebih tinggi dengan grafik nilai yang landai.



Gambar 9. Perbandingan anomali gravitasi GGMplus terhadap anomali gravitasi pengukuran lapangan di Gunung Lawu pada lintasan B-B’.

Berdasarkan grafik perbandingan anomali gravitasi GGMplus dan anomali gravitasi lapangan pada lintasan B-B' (Gambar 9) nilai korelasi antara anomali udara bebas (AFA dan AFA GGMplus) adalah 0,99 sedangkan nilai *misfit* atau *error* (RMSE) antara kedua data adalah 4,02 mGal atau 1,71%. Korelasi antara anomali bouguer sederhana (ABS dan ABS GGMplus) adalah 0.79 sedangkan nilai *misfit* atau *error* (RMSE) antara kedua data adalah 3,58mGal atau 2,39%. Korelasi antara anomali bouguer lengkap (ABL dan ABL GGMplus) adalah 0.99 sedangkan nilai *misfit* atau *error* (RMSE) antara kedua data adalah 2,50mGal atau 1,45%. Hasil korelasi dan *misfit* data anomali gravitasi menunjukkan bahwa pada lintasan B-B' yang memiliki kontur elevasi landai diperoleh

kecocokan anomali gravitasi yang tinggi dan perbedaan atau *misfit* data yang kecil. Bahkan tidak hanya pola profil medan gravitasi yang mirip (Gambar 7) tetapi hasil anomali bouguer lengkap (ABL) juga menunjukkan kecocokan yang tinggi (Gambar 9). Berkaitan dengan hasil perbandingan yang telah diperoleh, maka selanjutnya dilakukan analisis perbandingan antara data medan gravitasi stasiun referensi lapangan dan medan gravitasi GGMplus di Pulau Papua. Hal ini dilakukan mengingat dalam metode gravitasi nilai medan gravitasi stasiun referensi lapangan (*gravity base station*) adalah nilai yang dijadikan referensi pembuatan titik ikat di lapangan. perbandingan kedua data tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan dan korelasi data medan gravitasi stasiun referensi lapangan (*gravity base station*) dan medan gravitasi GGMplus di Pulau Papua.

| No. | Stasiun Referensi | Bujur (°) | Lintang (°) | Elevasi (m) | g referensi (mGal) | g GGMplus (mgal) |
|----------|------------------------------|-----------|-------------|-------------|--------------------|------------------|
| 1. | Pulau Biak | 136,10667 | -1,19000 | 11,4 | 978108,98 | 978110,23 |
| 2. | Bandara Mokmer Biak | 136,11833 | -1,20000 | 14,0 | 978108,30 | 978108,40 |
| 3. | Biak Numfoor | 134,80667 | -0,95167 | 4,0 | 978126,18 | 978113,01 |
| 4. | Hollandia | 140,48167 | -2,56167 | 96,0 | 978157,37 | 978133,01 |
| 5. | Bandara Sentani Jayapura | 140,51667 | -2,56667 | 89,0 | 978158,03 | 978140,86 |
| 6. | Manokwari | 134,05333 | -0,88833 | 3,0 | 978072,18 | 978077,33 |
| 7. | Sorong | 131,25000 | -0,90000 | 12,5 | 978125,37 | 978122,18 |
| 8. | Bandara Pulau Jeffman Sorong | 131,11667 | -0,93333 | 3,1 | 978116,26 | 978129,05 |
| 9. | Sarmi | 138,75500 | -1,87333 | 0,9 | 978131,37 | 978127,36 |
| 10. | Wewak, Papua Nugini | 143,66667 | -3,58333 | 4,9 | 978081,58 | 978092,30 |
| Korelasi | | | | | : | 0,93537574 |

Berdasarkan hasil korelasi dan perbandingan nilai medan gravitasi pada Tabel 1 di

atas, diperoleh nilai korelasi sebesar 0,93. Adapun *misfit* atau *error* (RMSE) kesepuluh data medan

gravitasi GGMplus terhadap medan gravitasi referensi tersebut adalah 11,81 mGal atau 0,001%. Hasil yang diperoleh ini tidak jauh berbeda dengan hasil korelasi medan gravitasi GGMplus terhadap medan gravitasi lapangan panas bumi Gunung Lawu, Jawa Tengah. Hal ini memberikan gambaran bahwa data gravitasi GGMplus juga layak dimanfaatkan untuk survei geofisika di wilayah Pulau Papua. Lebih lanjut dari Tabel 1 terlihat bahwa terdapat variasi perbedaan nilai medan gravitasi stasiun referensi lapangan dengan nilai medan gravitasi GGMplus pada masing-masing stasiun referensi di Pulau Papua. Perbedaan atau selisih medan gravitasi paling besar berada pada stasiun referensi Hollandia dengan nilai 24,36 mGal. Sedangkan perbedaan atau selisih medan gravitasi paling kecil berada pada stasiun referensi Bandara Mokmer Biak dengan nilai 0,1 mGal. Dengan memperhatikan 8 data gravitasi stasiun referensi lainnya dan berdasarkan hasil perbandingan sebelumnya, variasi nilai ini mungkin disebabkan oleh pengaruh elevasi dan kondisi kontur topografi di sekitar masing-masing stasiun referensi.

Berdasarkan keterangan dalam literatur penyedia data GGMplus, perbedaan nilai ini disebabkan oleh *error* yang berasal dari nilai elevasi SRTM V.4.1 yang berkisar ± 10 meter yang ekuivalen dengan kesalahan ± 3 mGal. Namun dari perbandingan nilai pada Tabel 1 diketahui bahwa terdapat perbedaan medan gravitasi paling besar 24,36 mGal. Adapun dari perbandingan lintasan A-A' dan B-B' diperoleh selisih atau perbedaan masing-masing adalah 56,71 mGal dan 6,74 mGal. Hal ini kemungkinan terjadi karena keterbatasan data GGMplus untuk menampilkan anomali gravitasi pada wilayah dengan topografi yang terlalu kasar dan perubahan kontras densitas yang terlalu lokal atau dangkal. Sedangkan profil anomali GGMplus pada lintasan B-B' memiliki tingkat kecocokan yang tinggi terhadap anomali pengukuran di lapangan dibandingkan pada lintasan A-A'. Hal ini terjadi karena lintasan B-B' memiliki perubahan elevasi lintasan yang lebih halus (Gambar 7) dan anomali yang mendominasi pada lintasan tersebut tentu anomali yang bersifat lebih dalam dibandingkan lintasan A-A' karena lintasan B-B' memotong tegak lurus kontur topografi lereng Gunung Lawu.

Dari analisis deskriptif perbandingan secara umum terlihat bahwa dibandingkan data lapangan, data gravitasi GGMplus bersifat lebih regional meskipun memiliki spasi titik pengukuran dan elevasi yang relatif sama. Hal ini sesuai dengan teori sintesis data gravitasi GGMplus dimana data gravitasi yang dikombinasikan merupakan data satelit GRACE-GOCE dan EGM2008 yang bersifat regional, serta *forward modelling* gravitasi topografi yang bersifat lokal (Hirt, 2013) Dengan demikian

fitur anomali lokal yang dapat ditampilkan pada data GGMplus terbatas oleh seberapa akurat dan presisi informasi geometri dari model elevasi SRTM V.4.1 resolusi 250 meter dan estimasi nilai densitas yang digunakan dalam membuat model sumber massa pada perhitungan gravitasi topografinya. Dari semua hasil yang telah diperoleh dan mengingat algoritma sintesis dan sumber data yang digunakan dalam membangun data gravitasi GGMplus untuk seluruh wilayah adalah sama. Maka hasil validasi dari analisis deskriptif perbandingan data gravitasi di atas secara tidak langsung dapat menjadi acuan untuk memberikan referensi tentang pemanfaatan data gravitasi GGMplus di lapangan. Data gravitasi GGMplus akan memberikan akurasi yang baik apabila digunakan untuk identifikasi atau pemodelan target geologi yang tidak terlalu lokal pada lokasi survei dengan kondisi kontur topografi yang tidak terlalu kasar. Adapun dalam pemanfaatan data gravitasi GGMplus di Pulau Papua sebaiknya memperhatikan selisih nilai medan gravitasi GGMplus dengan nilai medan gravitasi referensi titik ikat di masing-masing stasiun referensi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis deskriptif perbandingan data gravitasi GGMplus terhadap data gravitasi lapangan panas bumi Gunung Lawu dan data gravitasi stasiun referensi di Pulau Papua dapat disimpulkan bahwa data gravitasi GGMplus mampu memberikan nilai anomali gravitasi dengan tingkat kecocokan atau akurasi yang tinggi dengan *error* yang kecil pada titik pengukuran yang berada pada lintasan atau luasan wilayah dengan kontur topografi yang tidak kasar serta pada kondisi litologi yang tidak terlalu kompleks. Sebaliknya pada lokasi dengan kondisi kontur topografi yang kasar dan kondisi litologi yang kompleks, data gravitasi GGMplus memiliki keterbatasan untuk menangkap anomali yang dangkal atau dari struktur yang terlalu lokal. Adapun dalam melakukan penelitian di suatu wilayah dengan memanfaatkan data GGMplus sebaiknya memperhatikan selisih nilai medan gravitasi referensi di wilayah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hirt, C., S.J. Claessens, T. Fecher, M. Kuhn, R. Pail, M. Rexer. 2013. New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field. *Geophysical Research Letters*, Vol40(16), 4279-4283, doi: 10.1002/grl.50838.
- [2] Hirt, C. 2012. Efficient and accurate high-degree spherical harmonic synthesis of gravity field functionals at the Earth's surface using the gradient approach. *J. Geod.*, 86(9), 729-744, doi:78610.1007/s00190-012-0550-y.
- [3] Sudrajad, B. 2018. *Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Wilayah Kabupaten Nabire di Bagian Utara Leher Burung Pulau Papua Menggunakan Pemodelan Inversi Tiga Dimensi (3D) dan Analisis*

Horisontal Derivatif Berdasarkan Data Anomali Gravitasi GGMplus. Tesis, Universitas Gadjah Mada.

- [4] Albayrak, Muge, dkk. 2021. Validations of Three Global Gravity Field Models Using the QDaedalus System Observed Astrogeodetic Vertical Deflections in the Munich Region, Germany. *EGU General Assembly*, 21-128, doi: 10.5194/EGUSPHERE-EGU21-128.
- [5] Telford, W.M., Geldart, L.P., Sherrif, R.E., dan Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, London.
- [6] Torge W. 2001. *Geodesy, Third Completely Revised and Extended Edition*. Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- [7] Karl, J. H. 1971. The Bouguer Correction for the Spherical Earth, Short Notes, *J. Geophysics*, 36(4), 761-762.
- [8] Kane, M. F. 1962. A Comprehensive System of Terrain Corrections Using a Digital Computer. *J. Geophysics*, 26(4), 455-462.
- [9] Hammer, S., 1939. Terrain corrections for gravimeter stations. *J. Geophysics*, v.4, 184-194.