

Study of Calculation of Terrain Correction Using square pattern and sloped triangle Method in Karangsambung Area

Studi Perhitungan Koreksi Terrain dengan Komputasi Menggunakan Metode *square pattern* dan *sloped triangle* pada Area Karangsambung

Salam R. A* , Wahyudi E. J, dan Setianingsih

Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesa No 10, Bandung, 40132

*Email: rafifabdussalam2@gmail.com

Submit: ; Revised: ; Accepted:

Abstract: Conventional assessments of terrain correction are carried out by laying out transparent paper containing the Hammer chart on topographic maps, then estimating the elevation for each compartment. But this procedure has disadvantages, the number of compartments are too small for area with many topographic variations, and there is a subjectivity from the observer in estimating the compartments height. This research aim to overcome these problems and get more accurate terrain correction value. In this research, estimation of terrain correction carried out using square pattern and sloped triangle method. This method divides the area around the measurement point into a zone containing a square-shaped and triangle compartment. The research start with testing the program by using synthetic data to see the effect of rock bodies on terrain correction value. Then the program was applied to Karangsambung to see the topographic influence around Karangsambung on terrain correction. The program is then applied to gravity data, and the results are compared with calculations using the Hammer chart. Based on the synthetic data test, it was found that the value of terrain correction from a rock body measuring 10 x 10 km with a height difference of 1000 m from the station no longer significantly affects at the distance of 20 km. The topography around Karangsambung in the form of South Serayu Ranges with altitude of 1000 m at distance of 20-30 km gives effect of 0.05 mGal on terrain correction, while the Quaternary Volcano with an altitude of 3000 m at distance of 30-40 km gives effect of 0.1 mGal. The results of applying program at the gravity data show that the use of the square pattern method is able to correct errors from Hammer chart up to 3 mGal. The difference between the calculation of the two methods is getting bigger in the station located at slope area. It happens because estimation of the height difference in slope area is more difficult to do.

Keywords: Karangsambung, terrain correction, square pattern, sloped triangle

Abstrak: Perhitungan koreksi terrain secara konvensional dilakukan dengan menghamparkan kertas transparan berisi Hammer chart di atas sebuah peta topografi, kemudian ketinggian setiap kompartemen diestimasi. Prosedur ini memi-

liki kelemahan, yaitu jumlah kompartemen yang relatif sedikit untuk daerah dengan variasi topografi yang besar, dan adanya subjektivitas pengamat pada penentuan ketinggian kompartemen. Penelitian ini bertujuan untuk menanggulangi kelemahan tersebut sehingga didapatkan nilai koreksi terrain yang lebih akurat. Pada penelitian ini estimasi koreksi terrain dilakukan dengan metode square pattern dan sloped triangle. Metode ini membagi daerah di sekitar titik pengukuran menjadi zona berisi kompartemen berbentuk persegi dan segitiga. Penelitian dimulai dengan uji coba program perhitungan koreksi terrain dengan data sintetik, untuk melihat pengaruh tubuh batuan pada koreksi terrain. Selanjutnya program diaplikasikan pada data Karangsambung untuk melihat pengaruh topografi di sekitar Karangsambung terhadap nilai koreksi terrain. Kemudian program diaplikasikan pada data gayaberat, dan dibandingkan hasilnya dengan perhitungan menggunakan Hammer chart. Berdasarkan uji coba data sintetik, didapat bahwa nilai koreksi terrain dari tubuh batuan berukuran 10 x 10 km dengan beda tinggi 1000 m dari stasiun, tidak lagi berpengaruh secara signifikan di jarak 20 km. Topografi di sekitar Karangsambung berupa Pegunungan Serayu Selatan dengan ketinggian 1000 m pada jarak 20-30 km memberikan pengaruh sebesar 0.05 mGal terhadap koreksi terrain, sedangkan Gunungapi Kuartar dengan ketinggian 3000 m pada jarak 30-40 km memberikan pengaruh sebesar 0.1 mGal. Hasil penerapan pada data gayaberat menunjukkan bahwa penggunaan metode square pattern dan sloped triangle mampu mengoreksi kesalahan dari Hammer chart sampai dengan 3 mGal. Selisih perhitungan kedua metode ditemukan semakin besar di daerah lereng, hal ini dikarenakan estimasi beda ketinggian topografi di lereng sulit untuk dilakukan.

Kata kunci: Karangsambung, koreksi terrain, square pattern, sloped triangle

1 PENDAHULUAN

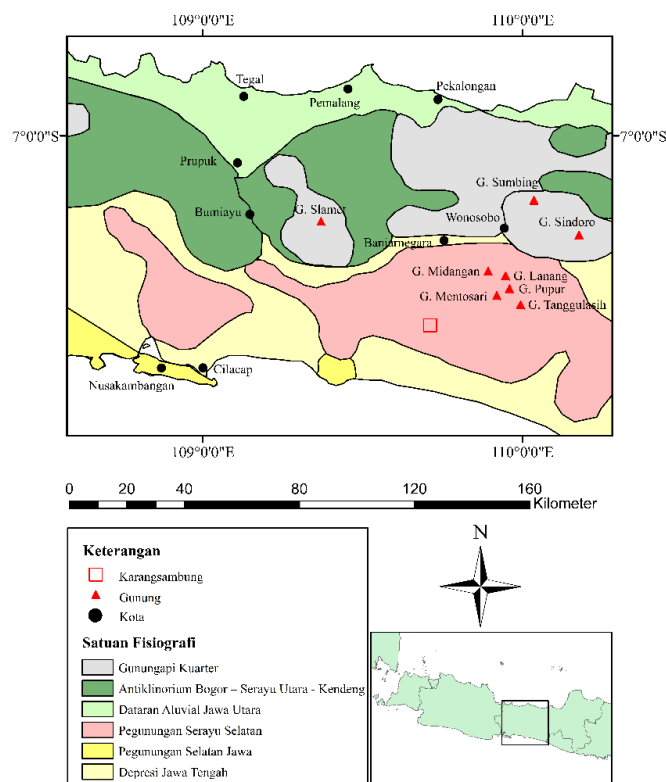
Perhitungan koreksi terrain secara konvensional dilakukan dengan menghamparkan kertas transparan berisi Hammer

chart di atas sebuah peta topografi, kemudian ketinggian rata-rata setiap kompartemen diestimasi. Prosedur ini memiliki kelemahan, yaitu jumlah kompartemen yang relatif sedikit untuk daerah dengan variasi topografi yang besar, dan adanya subjektivitas pengamat pada penentuan ketinggian rata-rata kompartemen (Nowell, 1999). Contoh praktis dari metode Hammer *chart* diterapkan sampai saat ini pada kuliah lapangan Karangsambung Teknik Geofisika ITB. Pembagian zona pada Hammer *chart* disimplifikasi menjadi empat kompartemen berbentuk segmen cincin konsentris dengan radius dalam 2 meter dan radius luar 100 meter. Beda tinggi kompartemen terhadap ketinggian stasiun diestimasi secara visual di lapangan.

Penerapan simplifikasi metode ini dapat menimbulkan kesalahan. Penyebabnya pertama adalah karena kondisi topografi di sekitar Karangsambung relatif bervariasi. Berdasarkan Bemmelen (1949), daerah Karangsambung berada di satuan fisiografi Pegunungan Serayu Selatan dengan beberapa titik tertingginya mencapai lebih dari 1000 meter. Di sebelah barat laut dan timur laut juga terdapat topografi tinggi berupa gunungapi kuartir yang mencapai 3000 m yaitu Gunung Slamet, Gunung Sumbing dan Gunung Sindoro. Ilustrasi fisiografi daerah Karangsambung dapat dilihat pada Gambar 1. Penyebab kedua adalah penentuan beda ketinggian secara visual bergantung pada subjektivitas pengamat. Penyebab ketiga adalah radius perhitungan koreksi terrain yang sempit. Untuk menghitung nilai koreksi terrain secara maksimal, dibutuhkan pengukuran beda ketinggian dengan radius cincin pengukuran yang lebih besar, namun perhitungan koreksi terrain secara konvensional akan memakan waktu yang lama dan tidak mungkin dilakukan selama kuliah lapangan berlangsung.

Saat ini metode perhitungan koreksi terrain telah berkembang. Beberapa diantaranya adalah, Kane (1962) menyajikan sebuah penelitian mengenai perhitungan koreksi terrain menggunakan komputer. Pada penelitian tersebut ia membuat sistem perhitungan koreksi terrain dengan membagi daerah menjadi *grid*. Nagy (1966) memaparkan pada penelitiannya mengenai aplikasi metode pendekatan *body* batuan prisma pada koreksi terrain. Terdapat pula penelitian perhitungan koreksi terrain dengan memanfaatkan data satelit, seperti pada penelitian yang dilakukan Almeida dkk. (2018). Pada penelitian tersebut topografi daerah diambil dari data DEM (*Digital Elevation Model*) dan perhitungan koreksi terrain dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab.

Pada penelitian ini, penulis mencoba untuk membuat desain program perhitungan koreksi terrain yang mampu menanggulangi kelemahan dari prosedur perhitungan koreksi terrain konvensional. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode *square pattern* dan *sloped triangle*. Program ini diaplikasikan pada daerah Karangsambung untuk melihat pengaruh topografi terhadap nilai koreksi terrain di area penelitian. Selanjutnya program diaplikasikan pada data gayaberat kuliah lapangan Karangsambung, untuk membandingkan hasil perhitungan CBA (*Complete Bouguer Anomaly*) berdasarkan perhitungan koreksi terrain metode Hammer *chart* yang disimplifikasi, dengan perhitungan berdasarkan metode *square pattern* dan *sloped triangle*.



Gambar 1. Fisiografi regional Jawa Tengah (Bemmelen, 1949).

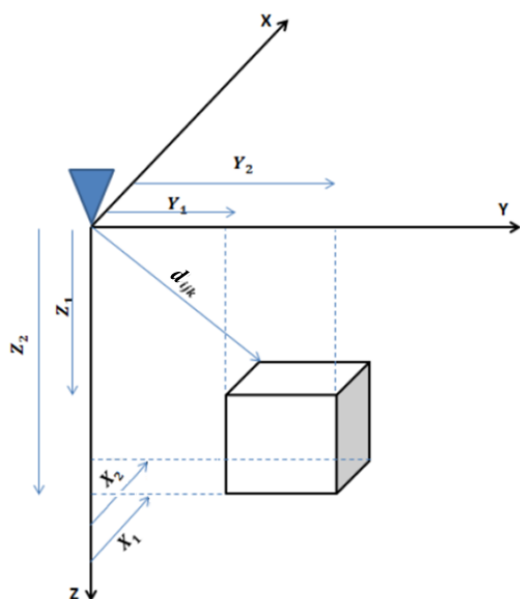
2 DATA DAN METODOLOGI

2.1 Data

Data yang digunakan pada studi ini adalah data topografi dan gayaberat. Data topografi berasal dari model elevasi SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) tahun 2012, dengan resolusi 3 *arcsecond* atau sekitar 90 m, meliputi wilayah berukuran 103 km x 103 km, dengan pusatnya adalah area Karangsambung. Sedangkan data gayaberat yang digunakan merupakan hasil pengukuran kuliah lapangan Karangsambung Teknik Geofisika ITB tahun 2018.

2.2 Metodologi

Pada perhitungan koreksi terrain menggunakan metode *square pattern* dan *sloped triangle*, area dibagi menjadi kompartemen. Pola pembagian area memiliki konsep yang sama dengan pembagian Hammer *chart*, di mana setiap kompartemennya diwakilkan dengan satu nilai ketinggian. Perbedaan terdapat pada kompartemennya yang berpola persegi (*square pattern*) dan segitiga (*sloped triangle*). Pada metode ini tubuh batuan didekati dengan bentuk prisma segiempat yang dipublikasikan oleh Plouff (1976), dan *sloped triangle* yang dipublikasikan oleh Kane (1962).



Gambar 2. Pendekatan tubuh batuan dengan prisma segiempat (Plouff, 1976).

Perumusan gayaberat arah vertikal untuk pendekatan tubuh batuan prisma segiempat adalah sebagai berikut:

$$g(x,y,z) = G\rho \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 s_{ijk} \times [z_k \tan^{-1} \frac{x_i y_j}{z_k r_{ijk}} - x_i \ln(r_{ijk} + y_j) - y_j \ln((r_{ijk} + x_i))] \quad (1)$$

$$d_{ijk} = \sqrt{x_i^2 + y_j^2 + z_k^2},$$

$$\mu = (-1)^i (-1)^j (-1)^k$$

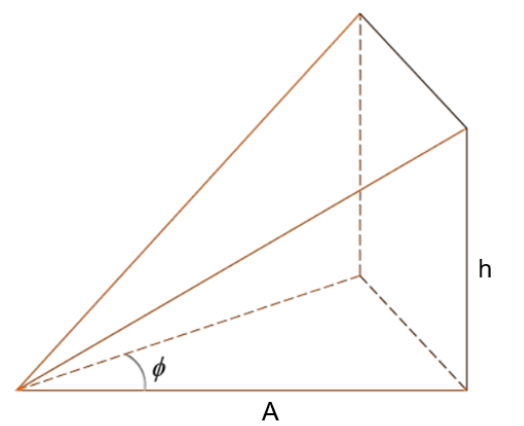
dengan G merupakan konstanta, ρ merupakan densitas batuan, d_{ijk} (m) adalah jarak titik x_i, y_j, z_k , x adalah komponen sumbu x dari jarak titik pengukuran ke tiap sudut prisma, y adalah komponen sumbu y dari jarak titik pengukuran ke tiap sudut prisma, dan z adalah komponen vertikal dari jarak titik pengukuran ke tiap sudut prisma. Ilustrasi dari prisma segiempat dapat dilihat pada Gambar 2.

Perhitungan *body* batuan *sloped triangle* berdasarkan hasil penelitian Kane (1962) diilustrasikan pada Gambar 3. Berikut ini adalah persamaannya:

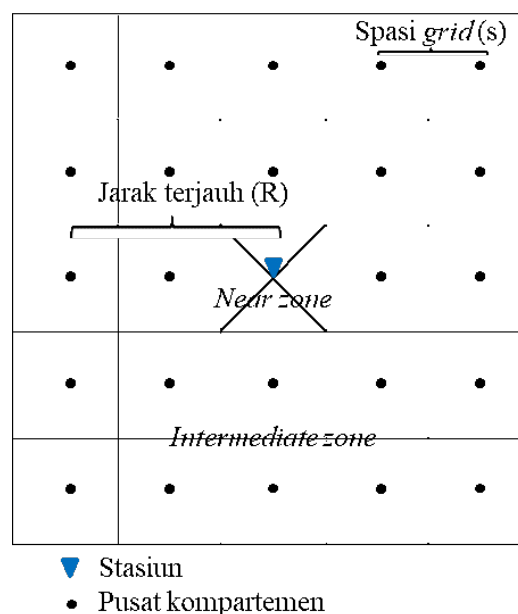
$$g = G\rho\phi(A - \sqrt{A^2 + h^2} + \frac{h^2}{\sqrt{A^2 + h^2}}) \quad (2)$$

dengan G merupakan konstanta gravitasi, ρ merupakan densitas batuan, ϕ (rad) adalah sudut bukaan alas *sloped triangle*, A (m) adalah sisi miring alas *sloped triangle*, h (m) adalah ketinggian *sloped triangle*.

Pola pembagian daerah dapat dilihat pada Gambar 4. Daerah di sekitar titik pengukuran akan dibagi menjadi *grid* berbentuk persegi. Daerah dibagi menjadi dua zona yaitu *near zone* dan *intermediate zone*. *Near zone* mencakup kompartemen lokasi stasiun berada, kompartemen tersebut kemudian dibagi menjadi empat segitiga dan perhitungan koreksi terrainnya menggunakan pendekatan *sloped triangle*.



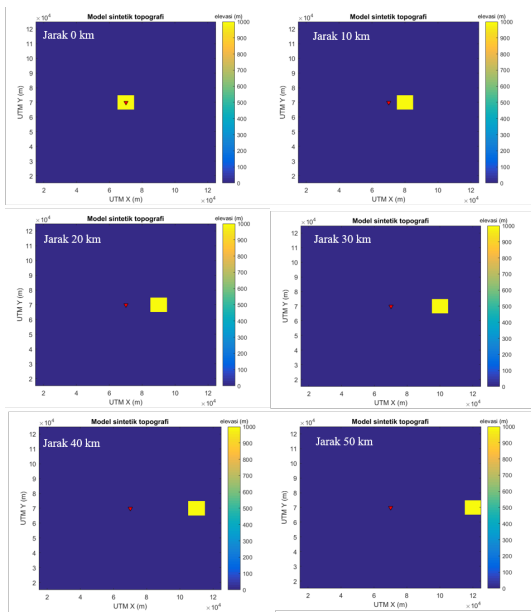
Gambar 3. Pendekatan tubuh batuan dengan *sloped triangle* (Kane, 1962).



Gambar 4. Pola pembagian daerah di sekitar stasiun.

Sementara *intermediate zone* mencakup semua kompartemen kecuali kompartemen *near zone* dan perhitungan koreksi terrainnya menggunakan pendekatan prisma segiempat. Ketinggian setiap kompartemen diwakili oleh satu nilai ketinggian yang merupakan ketinggian titik tengah dari kompartemen. Kompartemen tersebar ke arah utara, timur, selatan dan barat sejauh R dari stasiun, dengan spasi s . Jumlah kompartemen menyesuaikan dengan nilai R dan s yang dimasukkan.

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan. Pertama dilakukan uji coba menggunakan data sintetik untuk melihat pengaruh jarak terhadap nilai koreksi terrain dari tubuh batuan yang besar. Tahap kedua uji coba dilanjutkan dengan menggunakan data topografi Karangsambung untuk melihat pengaruh topografi di sekitar Karangsambung terhadap nilai koreksi terrain di area penelitian. Tahapan terakhir adalah mengaplikasikan program pada data gayaberat



Gambar 5. Data sintetis untuk melihat pengaruh beda elevasi yang besar pada berbagai jarak terhadap koreksi terrain..

kuliah lapangan Karangsambung 2018. CBA hasil reduksi menggunakan koreksi terrain metode *square pattern* dibandingkan dengan CBA hasil reduksi metode *Hammer chart* yang disimplifikasi.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

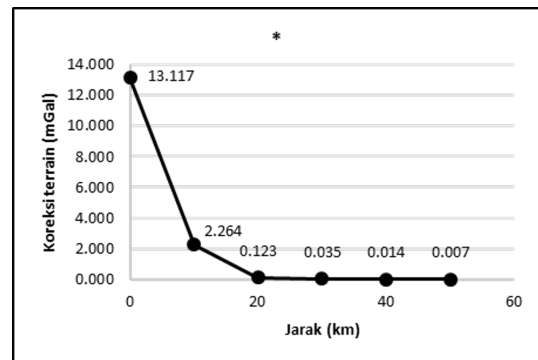
Pada uji coba pertama dibuat sebuah tubuh batuan dengan dimensi 10 x 10 km dan beda ketinggian terhadap stasiun sebesar 1000 m. Tubuh batuan ini divariasikan jaraknya dari stasiun, mulai dari 0 km sampai 50 km, dengan interval 10 km. Parameter yang digunakan adalah Jarak terjauh (R) 50 km, spasis *grid* (s) 10 km, dan densitas batuan 2700 kg m⁻³. Ilustrasi tubuh batuan dapat dilihat pada gambar 5.

Gambar 6 menunjukkan nilai koreksi terrain dari batuan pada berbagai jarak. Hasilnya mengindikasikan pada jarak 20 km nilai koreksi terrain sudah relatif menuju 0. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa tubuh batuan dengan dimensi tersebut sudah tidak berpengaruh lagi pada jarak 20 km, sehingga pengukuran koreksi terrain cukup dilakukan sampai jarak 20 km dari stasiun. Nilai ini cukup dekat dengan batas jarak pengukuran koreksi terrain pada penelitian yang dilakukan oleh [Hammer \(1939\)](#) yaitu 21.9 km.

Tahap kedua menggunakan data topografi yang berasal dari model elevasi SRTM. Peta topografi daerah Karangsambung dan sekitarnya dapat dilihat pada gambar 7. Di sekitar Karangsambung terdapat Pegunungan Serayu Selatan dan Gunungapi Kuarter yang berpotensi memberikan nilai koreksi terrain yang signifikan walaupun jaraknya di atas 20 km.

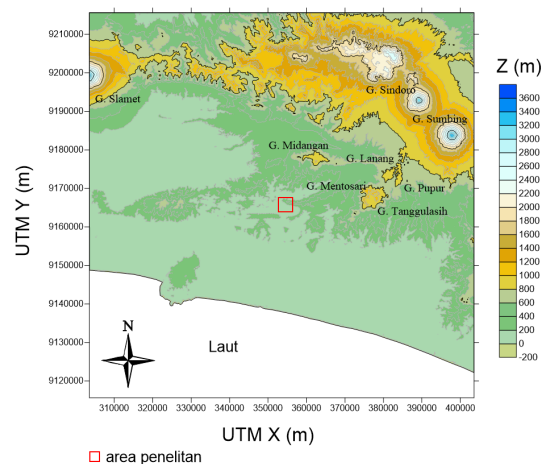
Untuk mengetahui hal tersebut, diambillah 6 titik uji coba yaitu titik A, B, C, D, E dan F yang memiliki variasi elevasi sekitar 40–500 m. ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 8.

Masing masing titik dihitung nilai koreksi terrainnya



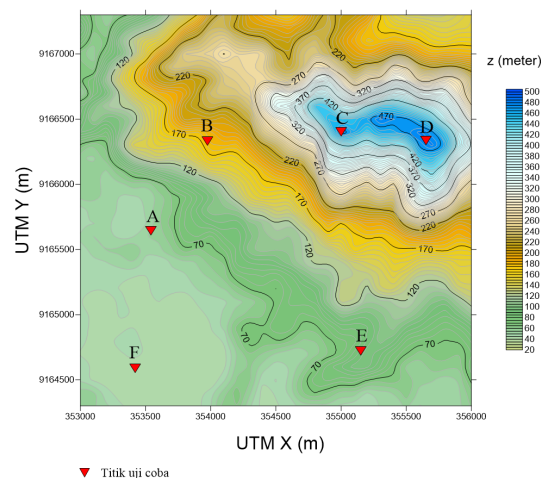
Gambar 6. Nilai koreksi terrain tubuh batuan 10 x 10 km pada berbagai jarak.

Peta DEM area 103 x 103 km

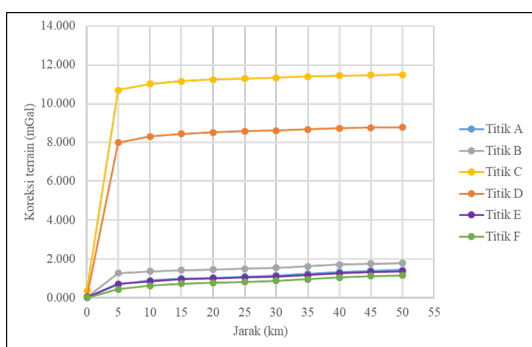


Gambar 7. Peta Topografi daerah Karangsambung dan sekitarnya.

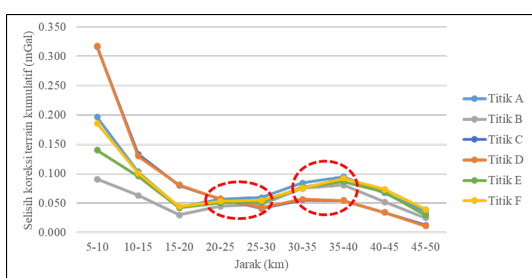
PETA TOPOGRAFI KARANGSAMBUK



Gambar 8. Persebaran titik uji coba pada area penelitian.



Gambar 9. Nilai koreksi terrain perjarak.



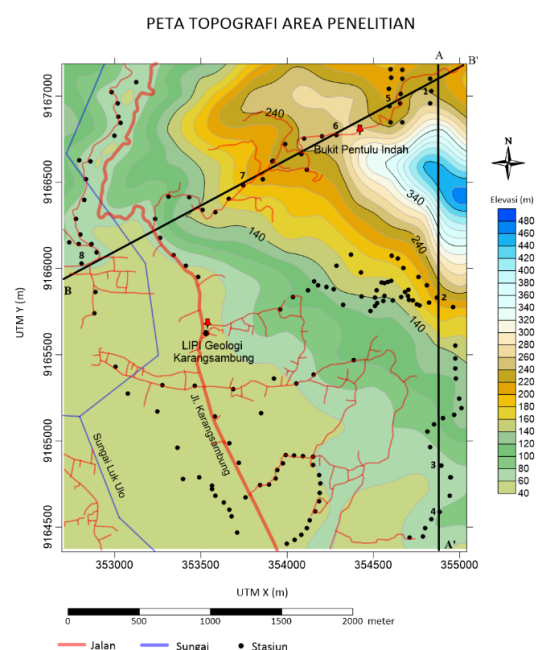
Gambar 10. Selisih nilai koreksi terrain kumulatif perjarak.

kemudian dianalisis kenaikan nilai koreksi terrainnya seiring dengan bertambahnya jarak. Parameter program yang digunakan adalah, besar spasi *grid* 100 m, dan densitas batuan 2400 kg m^{-3} , nilai ini diambil dari densitas batu lempung yang merupakan penyusun matriks dasar batuan daerah Karangsambung. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 9. Hasil plot menunjukkan setelah jarak 20 km masih terjadi kenaikan nilai koreksi terrain. Untuk melihat kenaikan dengan lebih jelas, dibuatlah plot jarak terhadap selisih koreksi terrain kumulatif dengan spasi 5 km. Hasilnya disajikan pada Gambar 10.

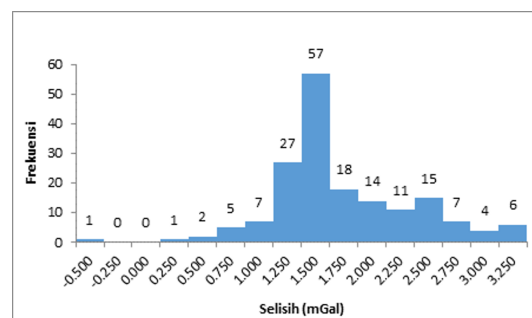
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa selisih koreksi terrain kumulatif akan turun seiring dengan bertambahnya jarak, terkecuali pada jarak 20–30 km dan pada jarak 30–40 km. Kenaikan pada jarak 20–30 km berasosiasi dengan adanya Pegunungan Serayu Selatan, sementara itu kenaikan pada jarak 30–40 km berasosiasi dengan hadirnya deretan Gunungapi Kuartir. Pegunungan Serayu Selatan di jarak 20–30 km dengan ketinggian 1000 m memberikan pengaruh terhadap nilai koreksi terrain berkisar 0.05 mGal, sedangkan Gunungapi kuartir di jarak 30–40 km dengan ketinggian 3000 m berpengaruh berkisar 0.1 mGal. Penambahan tersebut dapat dijadikan bahan pertimbangan ketika menentukan jarak terjauh pada perhitungan koreksi terrain.

Pada tahapan terakhir program diaplikasikan pada data kuliah lapangan Karangsambung Teknik Geofisika ITB 2018. Gambar 11 menunjukkan persebaran stasiun.

Estimasi koreksi terrain dilakukan dengan menggunakan dua metode, metode pertama mengestimasi koreksi terrain berdasarkan pengamatan visual di lapangan dengan menggunakan metode Hammer *chart* yang disimplifikasi, sementara metode kedua mengestimasi koreksi terrain berdasarkan model elevasi SRTM dengan menggunakan



Gambar 11. Persebaran stasiun di area penelitian.

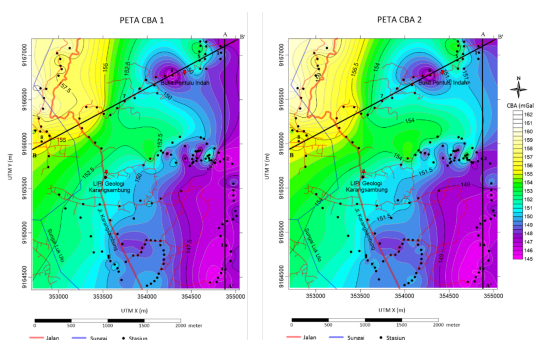


Gambar 12. Histogram selisih TC 2 dan TC 1.

metode *square pattern* dan *sloped triangle*. Hasil koreksi metode pertama kemudian disebut sebagai TC 1, dan koreksi metode kedua disebut sebagai TC 2.

Perbedaan keduanya dianalisis dengan cara melihat selisih TC 2 dan TC 1 ($TC\ 2 - TC\ 1$). Hasil yang didapat menunjukkan bahwa nilai TC 2 relatif lebih besar dari TC 1. Dari 175 data yang diambil hanya terdapat 1 data yang memiliki nilai negatif. Nilai selisih bervariasi dari -0.518 sampai dengan 3.176. Histogram data tersebut dapat dilihat pada gambar 12. Berdasarkan hal tersebut, perhitungan dengan menggunakan metode ini mampu mendapatkan nilai koreksi terrain lebih baik dari simplifikasi metode Hammer *chart* sampai dengan sekitar 3 mGal.

Data gayaberat observasi kemudian diolah untuk mendapatkan nilai anomali Bouguer lengkap (CBA). Anomali Bouguer yang diolah menggunakan koreksi terrain TC 1 disebut sebagai CBA 1, sedangkan anomali Bouguer yang diolah menggunakan koreksi terrain TC 2 disebut sebagai CBA 2. Hasil pemetaannya ditunjukkan pada Gambar 13. Terdapat kemenerusan dengan orientasi sama, yaitu berarah timur laut - barat daya dan utara selatan pada kedua



Gambar 13. Peta CBA 1 dan CBA 2.

peta. Perbedaan terdapat pada nilai CBA 2 yang lebih besar dibandingkan dengan CBA 1. Namun dalam pemodelan suatu struktur, nilai tersebut kemungkinan tidak berpengaruh besar kepada model akhir bawah permukaan yang dihasilkan.

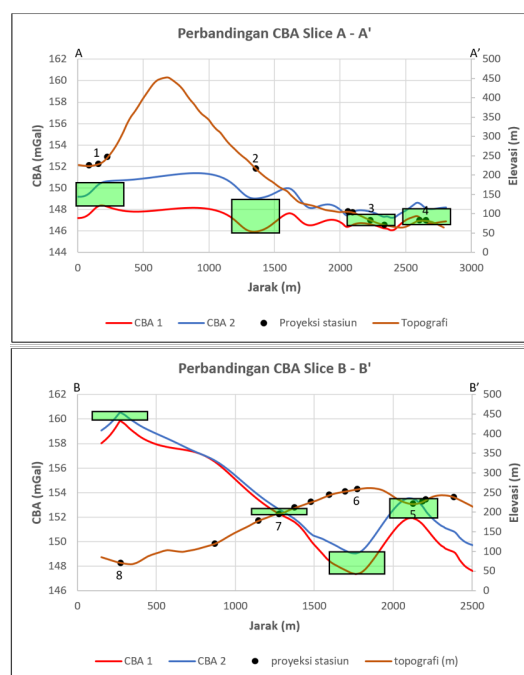
Sementara itu apabila ditinjau pada penampang A-A dan B-B, terlihat bahwa selisih CBA 1 dan CBA 2 relatif lebih tinggi pada daerah berelevasi tinggi khususnya di daerah lereng. Penampang A-A dan B-B dapat dilihat pada gambar 14. Pada penampang A-A, proyeksi stasiun 1 dan 2 yang berada di daerah lereng memiliki nilai selisih CBA sekitar 2-3 mGal. Sementara itu proyeksi stasiun 3 dan 4 yang berada pada daerah relatif landai memiliki selisih CBA hanya sekitar 1 mGal. Hal serupa ditemukan pula pada penampang B-B. Pada proyeksi stasiun 5 dan 6 selisih CBA berkisar 1.5 mGal sedangkan di proyeksi stasiun 7 dan 8 selisih CBA hanya berkisar 0.5 mGal.

Perbedaan selisih CBA kedua metode dapat terjadi karena nilai koreksi terrain bergantung pada variasi topografi di sekitar stasiun. Stasiun yang berada di daerah lereng memiliki variasi topografi yang lebih besar dibandingkan stasiun yang berada di daerah yang landai. Metode simplifikasi Hammer *chart* bergantung pada pengamatan visual, estimasi beda ketinggian topografi secara visual di sekitar daerah lereng akan jauh lebih sulit dibandingkan dengan estimasi pada daerah yang relatif datar.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data serta pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut, Tubuh batuan berukuran 10 x 10 km dengan beda elevasi 1000 m dari stasiun hanya berpengaruh sampai jarak 20 km. Pegunungan Serayu Selatan dengan ketinggian 1000 m pada jarak 20-30 km memberikan pengaruh sebesar 0.05 mGal terhadap koreksi terrain, sedangkan Gunungapi Kuartar dengan ketinggian 3000 m pada jarak 30-40 km memberikan pengaruh sebesar 0.1 mGal.

Perhitungan menggunakan metode *square pattern* dan *sloped triangle* mampu mendapatkan nilai koreksi terrain lebih baik dibandingkan simplifikasi metode Hammer *chart* sampai dengan sekitar 3 mGal. Peta CBA dengan menggunakan metode *square pattern* dan metode Hammer *chart* memiliki kemiripan pola anomali dengan orientasi kemenerusan timur-laut - barat-daya dan utara-selatan. Selisih perhitungan kedua metode semakin besar pada



Gambar 14. Penampang A-A dan B-B.

daerah lereng karena terdapat variasi topografi yang lebih besar, serta estimasi beda ketinggian topografi yang semakin sulit untuk dilakukan.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Teknik Geofisika ITB yang telah mendukung selama pengambilan data di Kuliah Lapangan Karangasambung 2018, serta mempernankan penggunaannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Nowell, D. (1999). Gravity terrain corrections an overview. *Journal of Applied Geophysics*, 42, 117-134.
- Bemmelen, V. R. W. (1949). *The geology of Indonesia*. Martinus Nyhoff, The Hague, Nederland, 28.
- Kane, M. F. (1962). A comprehensive system of terrain correction using a digital computer. *Geophysics*, 27, 455-462.
- Nagy, D. (1966). The prism method for terrain correction using digital computers. *Pure and applied geophysics*, 63, 31-39.
- Almeida, F., Lourenco, M., Matias, M., dan Martins, A. (2018). A Matlab script to perform gravity terrain corrections using DEM-EU digital elevation model in a teaching lab. *Proc. Conference & Exhibition Near Surface Geoscience 2018*.
- Plouff, D. (1976). Gravity and magnetic fields of polygonal prisms and application to magnetic terrain correction. *Geophysics*, 41, 727-741.
- Hammer, S. (1939). Terrain corrections for gravimeter stations. *Geophysics*, 4, 184-194.