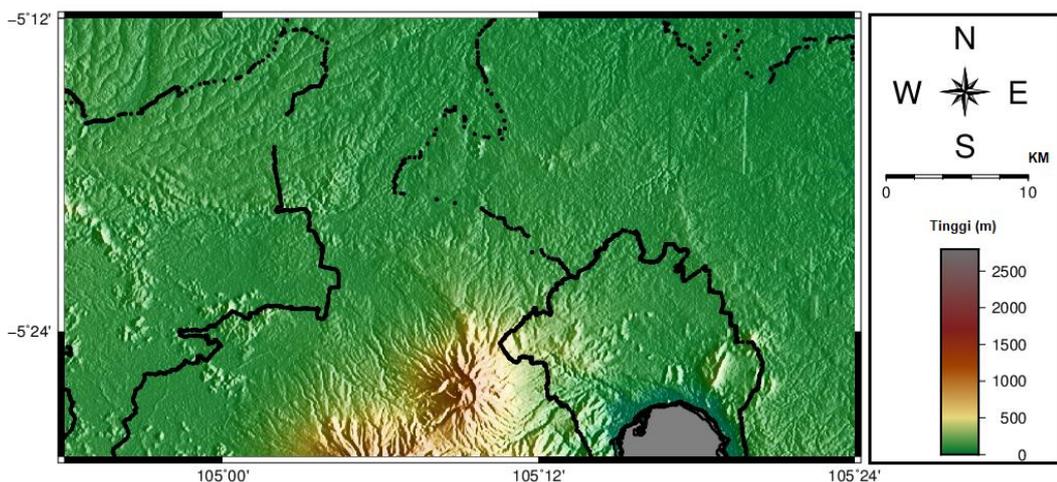


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dalam tugas akhir ini yaitu di Provinsi Lampung. Secara geografis terletak pada koordinat $5^{\circ} 29'$ sampai dengan $5^{\circ} 12'$ Lintang Selatan (LS) dan $104^{\circ} 54'$ sampai dengan $105^{\circ} 24'$ Bujur Timur (BT). Secara topografi, Lampung terdiri atas daerah berbukit sampai bergunung dengan kemiringan lebih besar dari 500 mdpl dan ketinggian 1.000 hingga 2.500 mdpl, daerah berombak sampai bergelombang dengan kemiringan 8% hingga 15% dan ketinggian 300 hingga 500 mdpl dan daerah dataran alluvial dengan kemiringan 0% hingga 3% dan ketinggian 25 hingga 75 mdpl. Meskipun demikian, sebagian besar topografinya berada pada kemiringan kurang dari 15% [20]. Terdapat sistem panas bumi pada wilayah Natar [21] dan terdapat sesar semangko di wilayah penelitian [22]. **Gambar 3.1** menunjukkan lokasi dan topografi pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Lokasi dan Topografi Penelitian

3.2 Data

Data yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini merupakan jenis data sekunder yang penulis dapat dari instansi dan situs resmi. Berikut merupakan data yang penulis gunakan dalam penelitian ini.

3.2.1 Data pengukuran gayaberat terestris

Data pengukuran gayaberat terestris merupakan data utama dalam penelitian ini. Data ini didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Pengukuran gayaberat dilakukan pada tahun 2018 oleh BIG dengan menggunakan alat gravimeter CG-5 dengan metode relatif. Pengukuran tersebar di Provinsi Lampung sebanyak 70 titik yang membentuk *loop* di setiap area pengukurannya. Metode relatif dipilih karena merupakan metode yang mudah dilakukan. Konsep dari metode relatif dapat dilihat pada dasar teori.

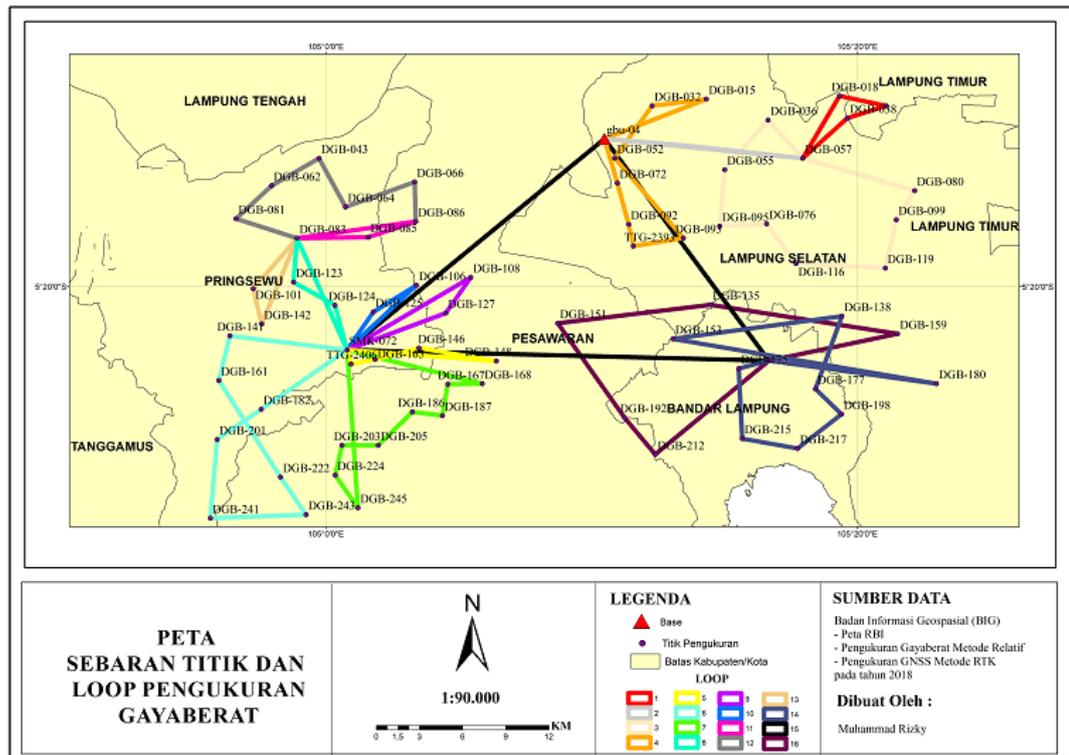
Pada raw data pengukuran gayaberat terestris terdapat informasi posisi titik tiga dimensi (lat long dan lat), waktu pengamatan dan nilai percepatan gayaberat. Percepatan gayaberat tersebut perlu diikat ke titik gayaberat absolut agar mendapat nilai gayaberat observasi di titik tersebut. **Gambar 3.2** menunjukkan peta sebaran titik pengukuran dan *loop* pengukuran gayaberat di Provinsi Lampung.

3.2.2 Data gayaberat absolut

Data gayaberat absolut merupakan data gayaberat yang dijadikan acuan dalam pengukuran gayaberat relatif dan dijadikan sebagai stasiun referensi gayaberat (*base station*) pada suatu provinsi. Data tersebut diberi kode GBU (Gayaberat Utama). Data ini juga didapat dari BIG dari hasil pengukuran metode absolut. **Tabel 3.1** menunjukkan informasi dari stasiun referensi gayaberat di Provinsi Lampung.

Tabel 3.1 Stasiun referensi gayaberat (*base station*)

Nama	Lintang	Bujur	H ortho (m)	g(mGal)
GBU004	-5.2397	105.1746	85.1	978114.10709



Gambar 3.2 Sebaran Titik dan *Loop* Pengukuran Gayaberat

3.2.3 Data pengukuran GNSS

Data GNSS digunakan sebagai informasi posisi tiga dimensi titik-titik pengukuran gayaberat. Data ini didapat juga dari BIG hasil pengukuran GNSS dengan metode RTK. Informasi tinggi yang didapat dari survei GNSS yang sudah direduksi menjadi tinggi orthometrik digunakan dalam proses reduksi gayaberat yang terdapat rumus 2.2.

3.2.4 Data Anomali Gayaberat Model Global EGM2008

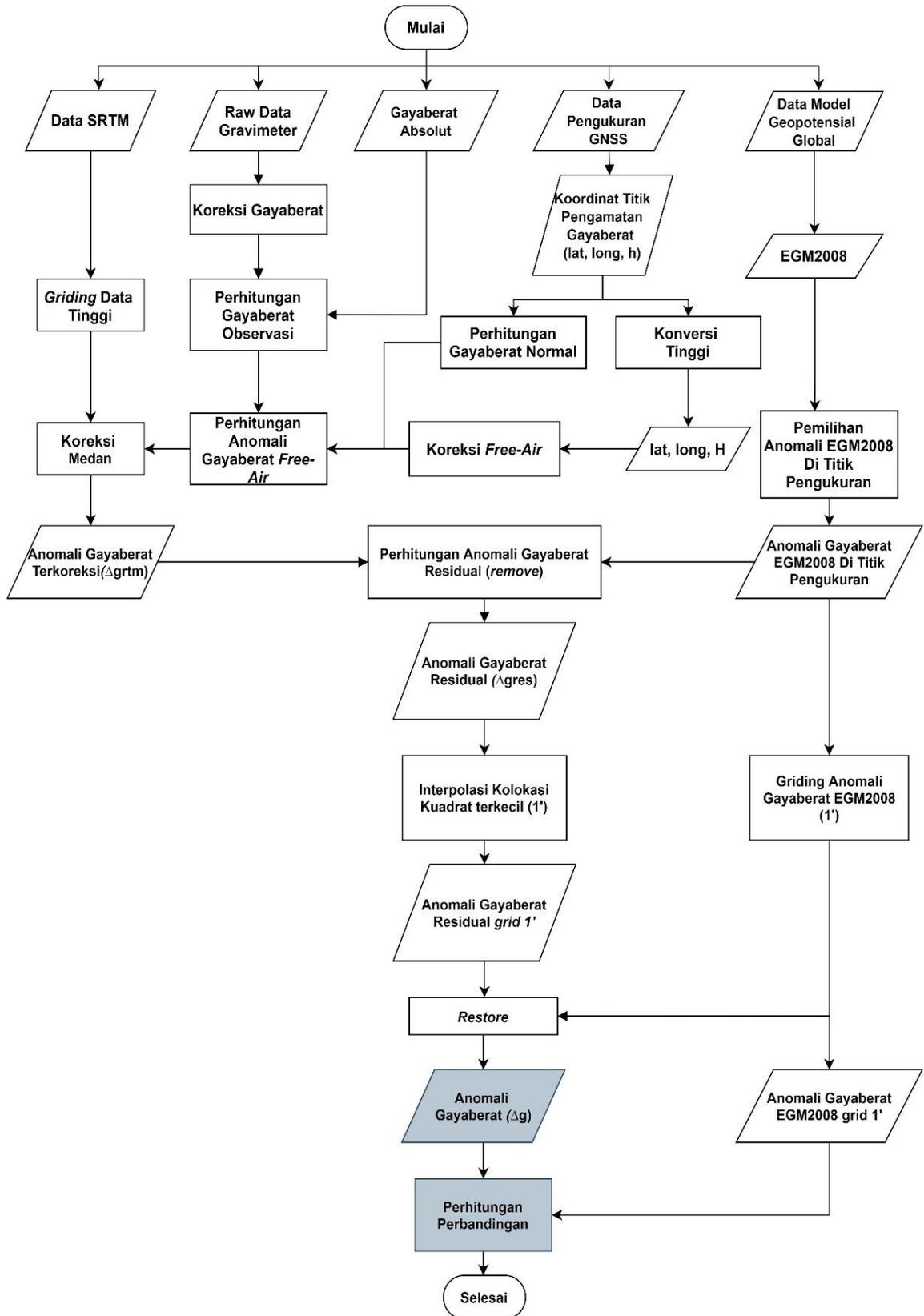
Data anomali gayaberat didapat dari model geopotensial global EGM2008 yang diperoleh secara gratis dan diunduh melalui situs resmi *International Center for Global Earth Model (ICGEM)* yaitu <http://icgem.gfz-potsdam.de/calgrid>. Terdapat banyak jenis anomali gayaberat yang terdapat pada situs resmi ICGEM. Pada penelitian ini, anomali gayaberat yang digunakan merupakan anomali gayaberat yang di definisikan oleh teori Molodensky yaitu sebagai besarnya gradien potensial pada permukaan bumi yang sudah direduksi dikurangi besarnya gradien potensial normal pada permukaan matematis bumi yaitu ellipsoid.

3.2.5 Data Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)

SRTM merupakan data yang diperoleh dari data satelit *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)* yang diluncurkan pada bulan Februari tahun 2000. Data SRTM diunduh dari situs resmi *Topex* yaitu http://topex.ucsd.edu/WWW_html/srtm.html. Dalam penentuan geoid lokal atau regional membutuhkan adanya komponen gelombang pendek (*shortwavelength*). Komponen ini dapat diperoleh dari data *digital terrain model (DTM)* seperti data SRTM. Data ini digunakan untuk menghitung pengaruh efek topografi terhadap nilai gayaberat yang dalam pengolahannya digunakan untuk koreksi medan dalam perhitungan anomali gayaberat.

3.3 Pelaksanaan

Terdapat beberapa tahap dalam diagram alir penelitian yang kemudian akan dibahas secara detail mengenai koreksi gayaberat, perhitungan gayaberat observasi, perhitungan anomali gayaberat, metode Interpolasi kolokasi kuadrat terkecil dan perbandingan nilai anomali gayaberat dengan model geopotensial global EGM2008. Diagram alir pelaksanaan penelitian dapat dilihat dengan jelas pada **gambar 3.3**.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Koreksi Gayaberat

Hasil pengukuran gayaberat terestris dengan menggunakan metode relatif pada alat gravimeter menghasilkan data percepatan gayaberat dan waktu pengamatan gayaberat yang disimpan dalam data mentah gravimeter. Dalam satu titik pengukuran gayaberat terdapat 10 data pengukuran yang dilakukan berulang sebagai ukuran lebih. Kemudian 10 data percepatan gayaberat tersebut dilakukan seleksi dengan memperhitungkan nilai toleransi minimum dan nilai toleransi maksimum. Nilai toleransi minimum dan maksimum dihitung dengan rumus 3.1 dan 3.2.

$$B_{min} = \bar{X} - 2\sigma \quad (3.1)$$

$$B_{mak} = \bar{X} + 2\sigma \quad (3.2)$$

Dengan \bar{X} merupakan nilai rerata dari 10 data percepatan gayaberat di satu titik; σ merupakan nilai standar deviasi dari 10 data percepatan gayaberat; B_{min} merupakan batas minimum toleransi; B_{mak} merupakan batas maksimum toleransi. Nilai percepatan gayaberat yang tidak berada pada rentang toleransi minimum dan maksimum tidak digunakan ke tahap pengolahan selanjutnya.

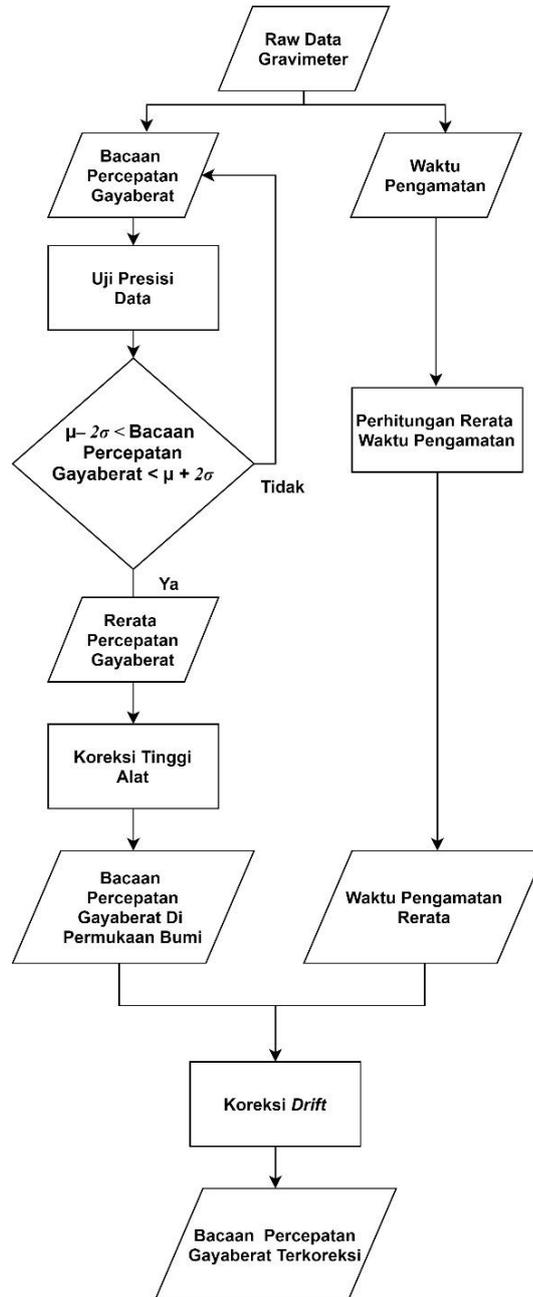
Nilai percepatan gayaberat yang masuk dalam toleransi kemudian dilanjutkan ke tahap pengolahan selanjutnya. Tahap selanjutnya, data percepatan gayaberat dilakukan koreksi tinggi instrumen alat gravimeter. Koreksi tinggi instrumen dilakukan karena nilai percepatan gayaberat yang didapat merupakan nilai gayaberat pada posisi alat, sedangkan nilai percepatan gayaberat yang dibutuhkan yaitu nilai percepatan gayaberat pada permukaan bumi sehingga nilai percepatan gayaberat diberikan koreksi tinggi instrument dengan rumus 3.3.

$$\delta g_i = 0.3086 * H_{ins} \quad (3.3)$$

Dengan δg_i merupakan besaran koreksi tinggi instrumen dan H_{ins} merupakan tinggi alat gravimeter terhadap permukaan bumi.

Nilai percepatan gayaberat yang sudah berada pada permukaan bumi selanjutnya dilakukan koreksi apung atau *drift correction*. Pada gravimeter relatif dengan sistem pegas dilengkapi dengan massa yang tergantung bebas pada ujungnya. Karena sifat elastis pegas, maka sistem pegas tidak kembali ke kedudukan semula. Koreksi karena sifat pegas ini dinamakan koreksi apungan (*drift*

correction), dan selalu menunjukkan perubahan setiap waktu dari nilai pembacaan pada titik ukur yang sama. Persamaan dari koreksi apung ditunjukkan pada rumus 2.4. Hasil dari koreksi apung adalah nilai percepatan gayaberat terkoreksi. Proses koreksi gayaberat dapat dilihat secara jelas melalui diagram alir pada **gambar 3.4**.



Gambar 3.4 Diagram Alir Koreksi Gayaberat

3.3.2 Perhitungan Gayaberat Observasi

Setelah mendapatkan nilai percepatan gayaberat yang sudah dikoreksi, selanjutnya dilakukan perhitungan gayaberat observasi. Nilai gayaberat observasi dihitung berdasarkan *loop* pengukuran dengan menggunakan titik ikat absolut yang nilainya dapat dilihat pada **tabel 3.1**. Nilai gayaberat observasi didapat dengan menjumlahkan nilai gayaberat absolut dengan perbandingan percepatan gayaberat di titik ikat dan titik yang dicari gayaberat observasinya. Persamaan mencari nilai gayaberat observasi dituliskan pada rumus 3.4.

$$Gobs = Gabs + (aGn - aGbase) \quad (3.4)$$

Dengan *Gobs* adalah nilai gayaberat observasi yang dicari; *Gabs* adalah nilai gayaberat absolut di titik base; *aGn* adalah nilai bacaan percepatan gayaberat di titik n dan *aGbase* adalah nilai bacaan percepatan gayaberat di titik ikat. Output dari proses pengolahan ini adalah gayaberat observasi pada 70 titik pengukuran.

3.3.3 Konversi Tinggi Data GNSS

Data GNSS digunakan untuk mengetahui posisi tiga dimensi dari suatu titik pengukuran gayaberat. Nilai tinggi yang didapat dari survei GNSS merupakan tinggi geometrik yaitu tinggi dari bidang ellipsoid. Pada tahapan ini tinggi geometrik hasil pengukuran GNSS akan diubah ke tinggi orthometrik dengan nilai undulasi geoid. Tinggi orthometrik diperlukan untuk tahapan reduksi gayaberat yang terdapat pada rumus 2.2. Untuk mendapatkan tinggi orthometrik ini digunakan metode geometrik, yaitu dengan menghitung selisih antara tinggi ellipsoid hasil pengukuran GNSS dengan undulasi geometrik yang didapat dari situs srgi.big.go.id. Rumus 3.5 merupakan Persamaan yang digunakan dalam perhitungan tinggi orthometrik dengan menggunakan metode geometrik.

$$H = h - N \quad (3.5)$$

Dengan *H* adalah tinggi orthometrik; *h* adalah tinggi ellipsoid dan *N* adalah undulasi geoid. Tinggi orthometrik ini yang selanjutnya digunakan untuk proses perhitungan nilai koreksi udara bebas yang kemudian digunakan untuk menghitung anomali gayaberat.

3.3.4 Perhitungan Koreksi Udara Bebas (*Free-air correction*)

Koreksi udara bebas dilakukan untuk menghilangkan efek udara bebas pada pengukuran. Rumus yang digunakan dalam koreksi ini yaitu rumus 2.6. Nilai koreksi *free-air* digunakan untuk mereduksi nilai gayaberat dari permukaan bumi ke bidang geoid dengan menggunakan rumus 2.2. Setelah pengolahan reduksi udara bebas selanjutnya digunakan untuk perhitungan nilai anomali gayaberat *free air*.

3.3.5 Perhitungan Anomali Gayaberat *Free-Air*

Perhitungan anomali gayaberat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.3. Pada penelitian ini anomali gayaberat didapat dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah Gravsoft. Terdapat tiga tahapan pada pengolahan data gayaberat untuk mendapatkan nilai anomali gayaberat. Tahap pertama yaitu tahap “*gedu*” pada tahap ini akan dilakukan reduksi gayaberat di permukaan bumi ke permukaan geoid, tahap kedua yaitu “*gradj*” dimana pada tahap ini dilakukan *adjustment* dari data observasi untuk mendapatkan nilai gayaberat, dan terakhir adalah “*grano*” pada tahapan ini akan didapatkan nilai anomali gayaberat.

3.3.6 Perhitungan Koreksi Medan

Perhitungan koreksi medan menggunakan data *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) sebagai komponen gelombang pendek (*short wavelength*) dalam menentukan nilai residual anomali gayaberat. Untuk menghitung nilai kontribusi anomali gayaberat dengan menggunakan metode Residual *Terrain Model* (RTM) dapat dinyatakan dengan persamaan integral pada rumus 3.6.

$$\Delta g_{RTM} = G \int_{-\infty}^{\infty} \iint_{Z=H_{ref}(x,y)}^{z=h(x,y)} \frac{Z - H h_p dx_Q dy_Q dz_Q}{[(X_Q - X_P)^2 + (Y_Q - Y_P)^2 + (Z_Q - Z_P)^2]^{3/2}} \quad (3.6)$$

Dalam hal ini, h merupakan nilai ketinggian yang diperoleh dari data Digital *Terrain Model* (DTM); H merupakan tinggi orthometrik; $X_P Y_P Z_P$ merupakan informasi koordinat di titik P pada permukaan bumi; $X_Q Y_Q Z_Q$ merupakan informasi koordinat di titik Q pada bidang geoid. Pada pelaksanaannya, data DTM yang dipergunakan adalah data SRTM untuk cakupan wilayah penelitian.

3.3.7 Perhitungan Anomali Gayaberat Residual

Terdapat dua tahap dalam perhitungan residual anomali gayaberat. Tahap pertama adalah penghilangan pengaruh MGG terhadap anomali gayaberat terestris.

Penghilangan pengaruh MGG tersebut dilakukan dengan mengurangi nilai anomali gayaberat free-air dengan anomali MGG. Tahap kedua adalah penghilangan pengaruh topografi dengan cara mengurangi nilai koreksi RTM terhadap hasil dari tahap pertama. Secara matematis dituliskan dengan rumus 3.7.

$$\Delta g_{res} = \Delta g_{FA} - \Delta g_{GM} - \Delta g_H \quad (3.7)$$

Dengan Δg_{FA} merupakan anomali gayaberat *free-air* yang didapat pada tahap 3.3.4, Δg_{GM} merupakan anomali gayaberat dari model geopotensial global yang dalam penelitian ini adalah EGM2008 dan Δg_H merupakan nilai koreksi medan yang didapat dari tahap 3.3.5.

3.3.8 Interpolasi Anomali Gayaberat Residual Menggunakan Metode KKT

Nilai anomali gayaberat residual pada pengolahan sebelumnya masih bernilai di setiap titik pengukuran. Maka untuk mendapatkan nilai anomali gayaberat residual yang merata di wilayah pengukuran dilakukan interpolasi dengan menggunakan metode KKT dengan interval sebesar 1' atau setara dengan 0.016°. Resolusi spasial dari data pengukuran gayaberat terestris berdasarkan sebaran data pengukuran sebesar 5 menit karena jarak antar titik pengukuran sampai 10 KM. Alasan Penggunaan grid 1 menit untuk mendapatkan hasil visualisasi yang lebih halus dalam peta kontur anomali gayaberat.

Penggunaan KKT lebih sesuai untuk kondisi data gayaberat di Indonesia, sebab dapat melakukan hitungan interpolasi dan ekstrapolasi titik yang ada pada daerah jangkauan data dengan memperhitungkan bobot dari setiap data. Hal ini dimungkinkan sebab KKT menggunakan fungsi kovarian yang menggambarkan karakteristik dari suatu objek. Maka KKT sangat tergantung dari fungsi kovariannya sehingga nilai suatu objek dapat dilakukan prediksi dari objek lain yang telah diketahui sebelumnya.

3.3.9 Perhitungan Anomali Gayaberat (*restore*)

Penentuan anomali gayaberat dengan metode *restore* yaitu dengan menjumlahkan kembali nilai anomali gayaberat model geopotensial global

EGM2008 dengan nilai anomali gayaberat residual yang sudah diinterpolasi dengan metode KKT. Persamaan dalam metode *restore* pada penelitian ini dituliskan dengan rumus 3.12.

$$\Delta g = \Delta g_{res} + \Delta G_{gm} \quad (3.8)$$

Dengan Δg merupakan nilai anomali gayaberat hasil *restore*; Δg_{res} merupakan nilai anomali gayaberat residual; ΔG_{gm} merupakan anomali gayaberat dari model geopotensial global EGM2008.

3.3.10 Visualisasi Anomali Gayaberat

Visualisasi anomali gayaberat merupakan tahapan untuk menampilkan pola-pola anomali gayaberat dalam bentuk peta kontur untuk mempermudah tahap analisis data. Visualisasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ilmiah *Generic Mapping Tools* (GMT).

3.3.11 Perbandingan Anomali Gayaberat Hasil KKT dan EGM2008

Metode perbandingan anomali gayaberat dalam penelitian ini yaitu dengan membandingkan nilai anomali gayaberat terestris hasil KKT dengan anomali gayaberat dari model geopotensial global EGM2008. Dimana nilai yang dibandingkan yaitu nilai minimum, maksimum, rata-tata dan standar deviasi dari masing-masing nilai anomali gayaberat. Selanjutnya dihitung sebaran datanya dengan menggunakan konsep distribusi normal dengan selang kepercayaan 95%, dimana nilai batas minimum dan maksimumnya dihitung berdasarkan rumus 3.14 dan rumus 3.15.

$$Bmin = \bar{X} - 2\sigma \quad (3.14)$$

$$Bmak = \bar{X} + 2\sigma \quad (3.15)$$

Dengan \bar{X} adalah nilai rata-rata nilai perbandingan anomali gayaberat; σ merupakan simpangan baku; $Bmin$ merupakan batas minimum toleransi; $Bmak$ merupakan batas minimum toleransi. Dari sebaran data perbandingan. Selanjutnya dihitung kesesuaian nilai anomali gayaberat EGM2008 terhadap anomali gayaberat terestris

$$kes = \frac{n - n_t}{n} \times (100\%) \quad (3.16)$$

Dengan *kes* merupakan nilai kesesuaian dalam satuan persen; *n* merupakan jumlah data; *n_t* merupakan nilai yang di luar rentang selang kepercayaan 95%. Selain itu perbandingan juga dilakukan secara visual dengan melihat gambar visualisasi anomali gayaberat dari perangkat lunak GMT yang sudah dibuat [23].