

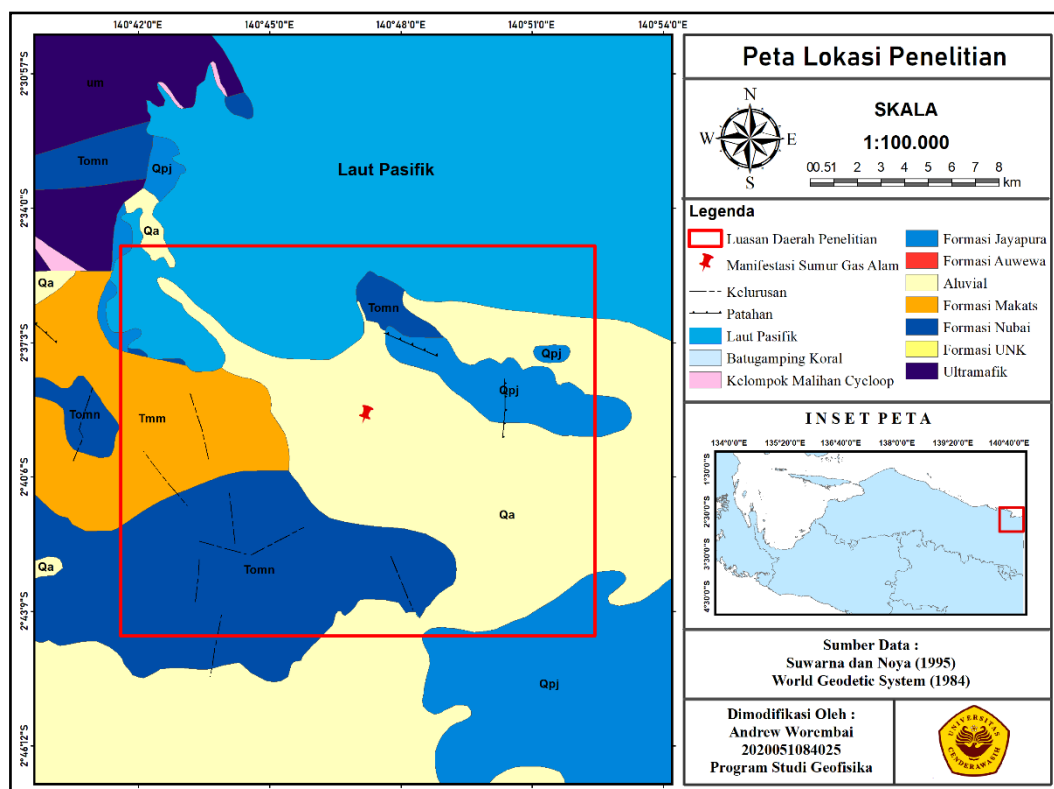
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode gravitasi dengan pendekatan analisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif menggunakan data sekunder anomali gravitasi GGMplus.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan kurang lebih sekitar 8 bulan, mulai dari bulan November 2023 sampai dengan bulan Juni 2024, di Kota Jayapura dengan menggunakan data gravitasi GGMplus. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 dengan luasan wilayah penelitian sekitar 327 km² dan batasan wilayah penelitian berada pada posisi geografis -2° 34' 51,6" LS dan 140° 52' 26,4" BT.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian (Suwarno dan Noya, 1995)

3.3 Data dan Instrument Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut:

- a. Data medan gravitasi observasi dari *Curtin University* Australia, yang dapat

diakses melalui <https://ddfe.curtin.edu.au/models/GGMplus/data/>.

- b. Data *digital elevation model* (DEM) dari *United States Geological Survey* (USGS) yang digunakan dalam koreksi topografi. (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).
- c. Data elevasi titik grid *SRTM 1 ARC-Second* yang digunakan sebagai referensi gravitasi topografi GGMplus (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).
- d. Data geologi regional wilayah penelitian dalam bentuk peta lembar geologi Peg. Cyclop dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Indonesia yang dibuat oleh Suwarno dan Noya (1995), Bandung, Indonesia.
- e. Data densitas sampel batuan yang diambil dari lapangan wilayah penelitian.

Sedangkan, perangkat keras dan perangkat lunak (*Software*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Laptop Lenovo AMD A9-9425 RADEON R5.
- b. Microsoft Office 2013, digunakan untuk membuat laporan dan perhitungan data.
- c. Geosoft Oasis Montaj 8.5, digunakan untuk melakukan koreksi medan dan pemisahan anomali lokal dan regional.
- d. Surfer 23, digunakan untuk membuat peta kontur dan mengekstrak data grid.
- e. Grablox 1.6 dan Bloxer 1.6, untuk melakukan pemodelan 3D (<https://sites.google.com/view/markkussoftware/home?authuser=0>).
- f. Arcgis 10.8, untuk membuat peta.
- g. Global mapper 23, untuk memotong DEM lokal dan regional, dan untuk mengekstrak data elevasi titik grid *SRTM 1 ARC-Second*.
- h. Matlab R 2007, untuk menyiapkan data medan gravitasi daerah penelitian dari data matriks 5° lintang selatan x 5° bujur timur yang disediakan pada *repository* GGMplus, dan untuk melakukan proyeksi data anomali *bouguer* lengkap ke bidang datar dengan grid yang teratur.

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, dan interpretasi data. Pengumpulan data meliputi data gravitasi observasi GGMplus, data model elevasi digital, data elevasi titik datum, dan data geologi daerah penelitian sebagai tahap awal. Kemudian tahap berikutnya adalah

melakukan pengambilan sampel batuan dari satuan formasi geologi yang berada di wilayah penelitian. Selanjutnya data gravitasi yang sudah dikumpulkan kemudian dilakukan proses pengolahan data untuk mendapatkan nilai anomali *bouguer* lengkap dengan melibatkan koreksi-koreksi pada data gravitasi observasi.

3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data gravitasi dibagi menjadi 3 tahap.

1. Tahap awal, meliputi proses perhitungan nilai densitas sampel batuan yang diambil dari lapangan dan proses perhitungan data gravitasi sampai diperoleh anomali *bouguer* lengkap (ABL), yang dilakukan menggunakan software *Microsoft Excel* dan *Oasis Montaj*. Data gravitasi GGMplus yang diperoleh merupakan data gravitasi observasi sehingga perlu dilakukan koreksi udara bebas, koreksi *bouguer* dan koreksi medan (*terrain correction*). Koreksi udara bebas dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.13). Sedangkan untuk memperoleh nilai anomali udara bebas menggunakan persamaan (2.14). Koreksi *Bouguer* dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.15). Sedangkan untuk memperoleh nilai anomali *bouguer* sederhana menggunakan persamaan (2.17). Koreksi medan (*Terrain Correction*) dilakukan dengan menggunakan software *Oasis Montaj* dengan algoritma perhitungan berdasarkan persamaan (2.16). Untuk memperoleh nilai anomali *bouguer* lengkap menggunakan persamaan (2.18).
2. Tahap kedua, dilakukan proses filterisasi pada anomali *bouguer* lengkap untuk memisahkan anomali regional dan anomali lokal menggunakan software *Oasis Montaj*.
3. Tahap ketiga, dilakukan pembuatan kontur anomali menggunakan software *surfer*. Tahap akhir adalah melakukan proses pemodelan inversi 3D menggunakan Software *Bloxer* dan *Grablox*.

3.4.1 Pemisahan Anomali Regional dan Lokal

Anomali *bouguer* lengkap yang diperoleh setelah koreksi medan masih terdiri dari anomali regional dan anomali lokal yang saling berinteraksi dan menyebabkan anomali yang tumpang tindih, sehingga anomali tersebut harus saling dipisahkan.

Pemisahan anomali dilakukan agar mendapatkan informasi yang terkait dengan kondisi geologi yang diharapkan dan juga untuk memperbaiki kejelasan sebelum diinterpretasikan secara kualitatif. Pemisahan anomali regional dan lokal dilakukan dengan menggunakan metode kontinuitas ke atas.

Anomali regional yang merupakan hasil kontinuitas ke atas kemudian dihitung selisihnya dengan anomali *bouguer* lengkap untuk memperoleh anomali lokal. Anomali regional dicirikan dengan kontur yang lebih halus yang disebabkan oleh batuan-batuan dengan kedalaman yang dalam, sedangkan anomali lokal dicirikan dengan kontur yang kasar dan terlihat tertutup yang menunjukkan variasi batuan-batuan yang dangkal.

3.4.2 Pemodelan 3D

Pemodelan dilakukan untuk mengetahui atau menginterpretasi secara kuantitatif bentuk model 3D bawah permukaan di wilayah penelitian, sehingga dapat diketahui kondisi struktur bawah permukaan dari wilayah penelitian. Pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan pemodelan inversi 3D. Pemodelan inversi 3D dilakukan menggunakan program *bloxer 1.6* dan *grablox 1.6*. Peneliti menggunakan program *grablox 1.6* karena versi terbaru dari program *grablox* yaitu, *grablox 2.0* tidak dapat digunakan untuk mengoptimalkan ketinggian balok. Pemodelan inversi 3D dilakukan berdasarkan nilai densitas batuan yang diperoleh dari hasil pengukuran densitas sampel batuan di laboratorium, dan data anomali gravitasi lokal yang didapatkan. Tahapan pemodelan terdiri dari dua tahap, yaitu pemodelan maju dan pemodelan inversi.

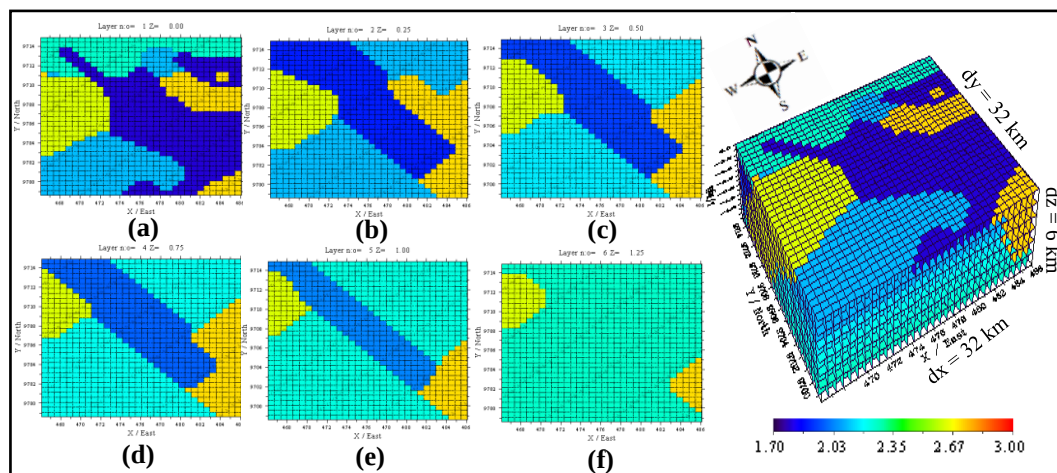
Pemodelan maju dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan sebuah data teoritik di lapangan dari nilai parameter model bawah permukaan tertentu. Data teoritik yang dihasilkan kemudian akan digunakan dalam pemodelan inversi. Pemodelan inversi dilakukan untuk mendapatkan sebuah parameter model berdasarkan data anomali gravitasi lokal.

Tahap pemodelan dilakukan terlebih dahulu dengan membangun model awal menggunakan program *bloxer*, yang dibuat berdasarkan informasi pendukung seperti informasi batas litologi, stratigrafi batuan, data densitas batuan, dan data anomali lokal (Sudrajat, 2018). Informasi densitas disesuaikan dengan nilai densitas batuan yang disusun oleh Telford (1990) (tabel 2.1). Hal ini dilakukan

untuk menentukan batasan nilai densitas minimum dan maksimum batuan di wilayah penelitian, serta untuk menyusun blok-blok minor dengan densitas yang sesuai dengan formasi batuan. Pembuatan model awal atau inisial model dilakukan secara coba-coba (*trial and error*) dengan maksud untuk mendapatkan sebuah bentuk geometri blok yang disesuaikan dengan geometri grid anomali gravitasi lokal. Geometri blok tersusun dari 32 blok minor dalam arah x (dx) dan 32 blok minor dalam arah y (dy), sehingga membentuk 1.024 blok minor pada setiap lapisan. Blok model awal ini dibuat terdiri dari 6 lapisan dengan mengacu pada lapisan stratigrafi daerah penelitian. Sehingga keseluruhan bentuk model ini terdiri dari 6.144 blok minor. Kedalaman blok model adalah 1,5 km.

Parameter fisis yang digunakan dalam membuat model awal adalah nilai densitas batuan dari satuan formasi-formasi geologi yang mencakup wilayah penelitian, diantaranya adalah batuan gamping dari Formasi Jayapura dengan densitas rata-rata 2,7 gr/cm³, batugamping dari Formasi Nubai dengan densitas rata-rata 2,03 gr/cm³, endapan aluvium dari Formasi Aluvium dengan densitas rata-rata 1,7 gr/cm³, dan batuan dari Formasi Makats dengan densitas rata-rata 2,6 gr/cm³.

Dalam membangun model awal, terdapat beberapa data yang harus diinput, diantaranya adalah posisi blok dalam arah xyz (*x-posit*, *y-posit*, *z-posit*), ukuran blok dalam arah xyz (*x-size* = 20 km, *y-size* = 16,3 km, *z-size* = 1,5 km), nilai diskritasi dalam arah xyz (*x-divis* = 32, *y-divis* = 32, *z-divis* = 6), densitas *bouguer* (2,67 gr/cm³), spasi grid data xy (*x-step* = 200 m, *y-step* = 200 m), posisi awal pengukuran (*x-start*, *y-start*) dan posisi akhir pengukuran (*x-ending*, *y-ending*) (Pirttijärvi, 2008).



Gambar 3. 2 Tampilan model awal 3D: lapisan 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d), 5 (e), 6 (f)

Model awal yang telah dibuat menggunakan program *bloxer* kemudian diinput ke dalam program *grablox* untuk selanjutnya akan dikalkulasikan dengan data anomali observasi untuk melihat nilai *misfit* datanya terhadap data observasi. Jika sudah ada cukup kesesuaian dari hasil kalkulasinya, maka model awal yang sudah dibuat akan langsung digunakan dalam pemodelan inversi tiga dimensi (3D). Namun jika belum ada kesesuaian maka akan dilakukan perbaikan lagi secara manual menggunakan program *bloxer*.

Tahap pemodelan inversi dengan program *grablox* dilakukan dengan mengamati nilai *error* pada data dan model yang dihasilkan dari proses inversi. Jika model hasil inversi sudah memiliki nilai *error* yang kecil antara data dan model maka model hasil inversi yang didapatkan dianggap sudah dapat digunakan sebagai model akhir untuk melakukan interpretasi kondisi geologi bawah permukaan. Hal ini dikarenakan semakin kecil nilai *error* yang didapatkan, maka model akhir 3D hasil inversi yang diperoleh akan semakin mendekati kondisi geologi sebenarnya.

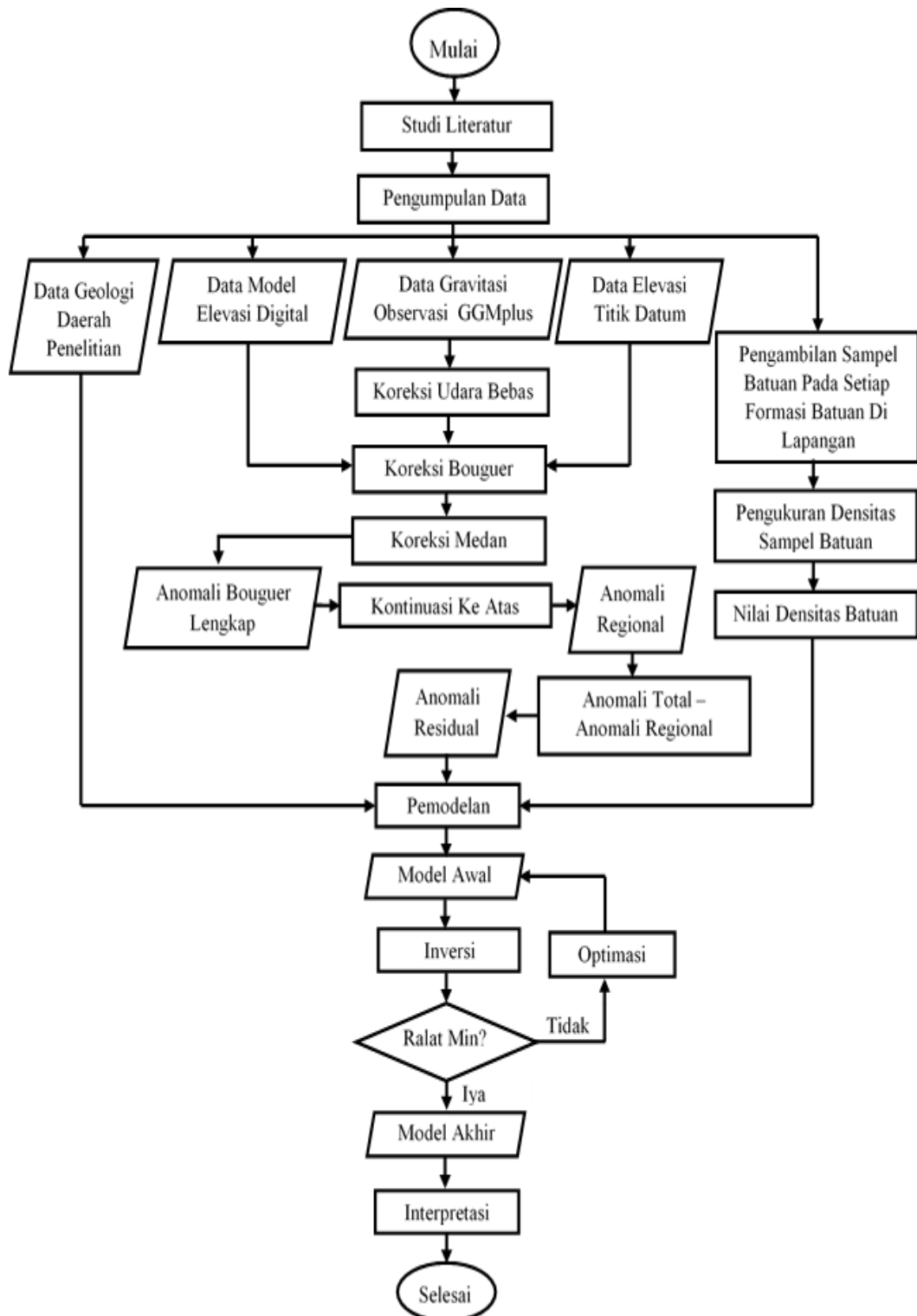
Kedalaman objek anomali pada model awal yang terdiri dari blok-blok minor dengan mengacu pada prinsip-prinsip geologi, akan dicocokkan berdasarkan karakteristik kontur anomali. Jika kontur anomalnya cukup panjang (lebih dari 2,5 kali lebar anomali), maka benda anomali di bawah permukaan akan didekati dengan bentuk benda silinder sehingga kedalaman benda anomalnya adalah $0,5W^{1/2}$, sebaliknya apabila kontur anomalnya cenderung bulat (lebih dari 2,5 kurang lebar anomali), maka benda anomali di bawah permukaan akan didekati dengan bentuk bola sehingga kedalaman benda anomalnya $0,65W^{1/2}$ (Sudrajat, 2018).

3. 6 Interpretasi Data

Interpretasi data dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi secara kualitatif adalah proses pengamatan data secara visual dan deskriptif tanpa melibatkan perhitungan matematis yang mendalam. Pendekatan ini berfokus pada pengenalan pola dan karakteristik umum dari data yang diamati, seperti mengamati pola kontur anomali yang dihasilkan dari proses pengolahan data. Sedangkan interpretasi secara kuantitatif adalah proses pengamatan data melalui analisis matematis dan pemodelan numerik yang mendalam. Teknik ini bertujuan untuk memberikan estimasi numerik yang akurat dari parameter fisik bawah permukaan, seperti mengamati model inversi 3D.

3.7 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Adapun diagram alir dari prosedur penelitian diatas dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Prosedur Penelitian