

BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pulau Pagai dan Sipora, Kabupaten Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat dengan letak geografis 2° - $3^{\circ}45'$ LS dan $99^{\circ}30'$ - $100^{\circ}45'$ BT. Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2020 hingga Juli 2021 dengan proses pengolahan data dilakukan di Laboratorium Fisika Kebumian, Program Studi Fisika, Jurusan Sains, Institut Teknologi Sumatera.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian.

3.2 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari citra satelit TOPEX. Data dapat diakses pada halaman *website* <http://topex.ucsd.edu/>. Data yang diperoleh berupa data anomali udara bebas dengan posisi geografis dan ketinggian dari masing-masing titik pengukuran.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Laptop atau PC
2. Perangkat lunak Microsoft Excel 2016
3. Perangkat lunak Oasis Montaj 8.4
4. Perangkat lunak Surfer 15
5. Perangkat lunak Global Mapper 18
6. Perangkat lunak Grablox 1.6e
7. Perangkat lunak Bloxer 1.6e
8. Perangkat lunak QGIS 3.10

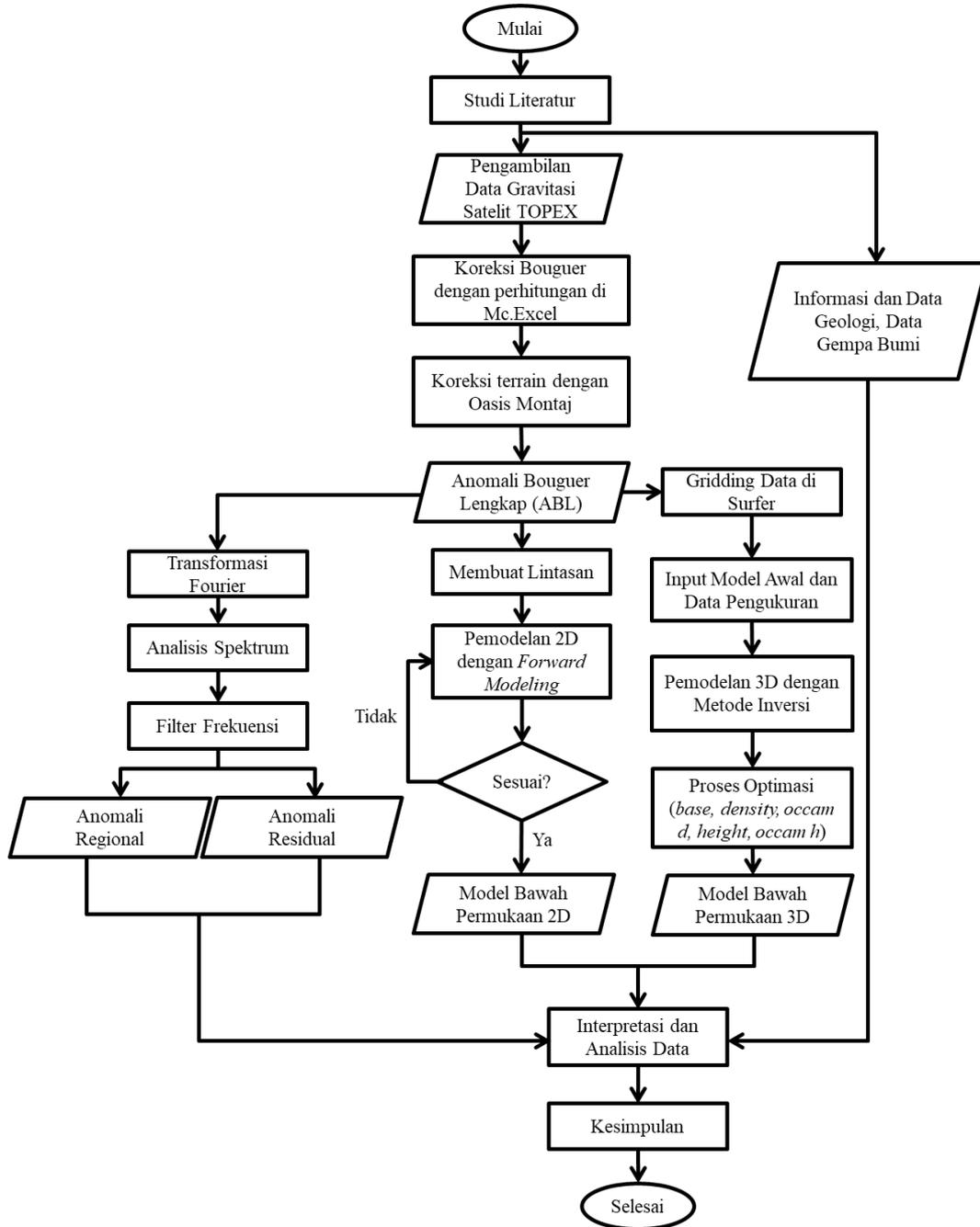
3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Data anomali medan gravitasi daerah penelitian.
2. Data topografi lengkap daerah penelitian.
3. Data geologi lengkap daerah penelitian.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Digram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.

3.5 Langkah Penelitian

Dalam penelitian ini ada dua tahapan yang perlu dilakukan yaitu pada saat proses pengambilan data dan proses pengolahan data yang dilakukan menggunakan perangkat lunak tertentu.

3.5.1 Pengambilan Data

Dalam pengambilan data gravitasi berikut merupakan tahapan-tahapan yang perlu dilakukan:

1. Sebelum melakukan pengambilan data, dilakukan studi literatur untuk menentukan lokasi penelitian dan diperoleh titik koordinat longitude dan latitude daerah Pulau Pagai dan Sipora. Diperoleh titik koordinat daerah penelitian yaitu $2^{\circ} - 3^{\circ}45'$ LS dan $99^{\circ}30' - 100^{\circ}45'$ BT. Kemudian titik koordinat geografis yang masih dalam satuan DMD (derajat, menit, detik) harus dikonversikan kedalam bentuk desimal, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Koodinat} = \left[\text{Derajat} (^{\circ}) + \frac{\text{menit} (')}{60} + \frac{\text{detik} (' ')}{3600} \right] \quad (3.1)$$

2. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil dari citra satelit TOPEX. Dalam pengambilan data gravitasi dimasukkan titik koordinat daerah penelitian pada *website* TOPEX. Kemudian data yang diperoleh dari *website* TOPEX berupa data posisi geografis latitude, longitude, elevasi dan anomali udara bebas (*Free Air Anomaly*) yang telah tergrid secara teratur dalam format ASCII-XYZ.

3.5.2 Pengolahan Data Pada Microsoft Excel

Pengolahan data dilakukan terhadap data anomali udara bebas pada lokasi penelitian Pulau Pagai dan Sipora. Pengolahan data yang pertama dilakukan dalam perangkat lunak Mc. Excel untuk menghitung koreksi Bouguer hingga didapatkan anomali Bouguer sederhana, densitas Bouguer, koreksi medan (*terrain*) dan anomali Bouguer lengkap (CBA). Tahapan yang perlu dilakukan pada pengolahan data ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang diperoleh disatukan dalam Mc. Excel antara nilai longitude, latitude, elevasi dan anomali udara bebas.

2. Kemudian data yang diperoleh dihitung nilai elevasi (ketinggian topografi) rata-rata (\bar{h}) daerah penelitian dengan menggunakan menu *average* pada Mc. Excel. Selanjutnya mencari perbedaan nilai elevasi terhadap nilai elevasi rata-rata ($h_i - \bar{h}$). Kemudian selanjutnya mengkuadratkan nilai perbedaan nilai elevasi terhadap nilai elevasi rata-rata ($(h_i - \bar{h})^2$).
3. Selanjutnya yaitu menentukan nilai densitas batuan permukaan yang akan digunakan dalam melakukan koreksi Bouguer. Tahapan pertama yaitu menghitung nilai anomali Bouguer sederhana (ABS) menggunakan persamaan (3.2), dengan rentang nilai densitas yang sudah ditentukan mulai dari 1,7 hingga 2,3 g/cm³.

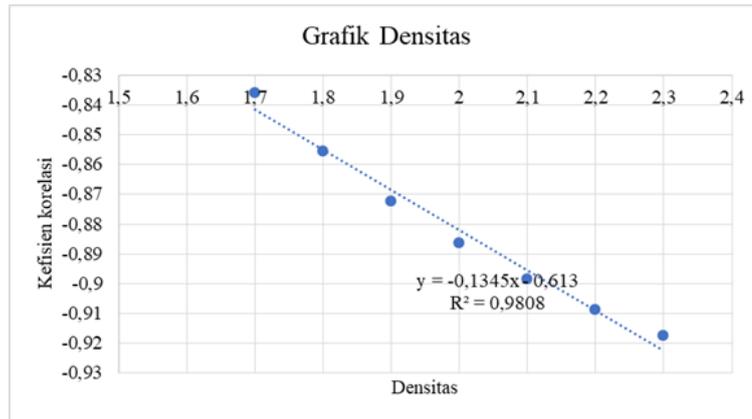
$$\Delta g(\rho) = FAA - 0,04193 \rho h \quad (3.2)$$

Kemudian mencari perbedaan nilai anomali Bouguer sederhana terhadap nilai anomali Bouguer sederhana rata-rata ($\Delta g_k(\rho_i) - \Delta \bar{g}(\rho)$) dari masing-masing nilai densitas yang digunakan, yang selanjutnya perbedaan nilai anomali Bouguer sederhana ini dikuadratkan ($(\Delta g_k(\rho_i) - \Delta \bar{g}(\rho))^2$). Selanjutnya mencari perkalian antara perbedaan nilai anomali Bouguer sederhana dengan perbedaan nilai elevasi ($(\Delta g_k(\rho_i) - \Delta \bar{g}(\rho))(h_k - \bar{h})$).

4. Pada nilai $(\Delta g_k(\rho_i) - \Delta \bar{g}(\rho))^2$ dan $(\Delta g_k(\rho_i) - \Delta \bar{g}(\rho))(h_k - \bar{h})$ dihitung penjumlahan dari keseluruhan data berdasarkan masing-masing densitasnya. Selanjutnya mencari nilai koefisien korelasi k yang akan digunakan untuk mengetahui nilai densitas batuan permukaan yang akan digunakan dalam koreksi Bouguer dengan menggunakan persamaan (3.3).

$$k = \frac{\sum_{k=1}^n ((\Delta g_k(\rho_i) - \Delta \bar{g}(\rho))(h_k - \bar{h}))}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (\Delta g_k(\rho_i) - \Delta \bar{g}(\rho))^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (h_k - \bar{h})^2}} \quad (3.3)$$

Kemudian dibuatkan grafik hubungan antara nilai densitas terhadap koefisien korelasi k dan akan diperoleh persamaan garis lurus $y=mx+c$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik hubungan densitas terhadap konstanta Bouguer.

Untuk memperoleh nilai densitas yang akan digunakan dalam koreksi Bouguer dengan cara membagi nilai gradien (m) terhadap konstanta. Pada penelitian ini nilai densitas yang digunakan untuk melakukan koreksi Bouguer yaitu $4,55 \text{ g/cm}^3$.

5. Koreksi Bouguer digunakan untuk memperhitungkan massa antara datum dengan titik ukur. Dalam melakukan koreksi Bouguer menggunakan persamaan (3.4), dengan nilai densitas yang digunakan yaitu sebesar $4,55 \text{ g/cm}^3$.

$$g_B = 0,04193 \rho h \quad (3.4)$$

6. Setelah dilakukan koreksi Bouguer, maka diperoleh nilai anomali Bouguer sederhana (ABS). Nilai anomali Bouguer sederhana merupakan pengurangan antara nilai anomali udara bebas terhadap nilai koreksi Bouguer, seperti yang dirumuskan pada persamaan (3.5).

$$SBA = FAA - g_B \quad (3.5)$$

7. Anomali Bouguer sederhana yang diperoleh masih dipengaruhi oleh topografi dengan ketinggian yang bervariasi akibat adanya bukit dan lembah disekitar titik pengukuran sehingga mempengaruhi nilai pembacaan medan gravitasi. Untuk itu perlu dilakukan koreksi *terrain* (medan) untuk menghilangkan pengaruh topografi di sekitar titik pengukuran. Koreksi *terrain* ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj. Data yang diperlukan untuk koreksi ini yaitu data topografi SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) daerah penelitian yang diperoleh dari *website* USGS (*United States Geological Survey*).

Kemudian data SRTM dimasukkan ke dalam Global Mapper dan diambil ketinggian topografi pada daerah penelitian dalam format “*Surfer Grid (Binary v7 Format)*”. Koreksi *terrain* yang telah dilakukan pada perangkat lunak Oasis Mintaj, kemudian nilainya di salin ke dalam Mc. Excel.

8. Setelah dilakukan koreksi Bouguer dan koreksi *terrain* maka akan diperoleh anomali Bouguer lengkap. Anomali Bouguer lengkap merupakan anomali yang sangat penting dalam pengukuran menggunakan metode gravitasi. Untuk memperoleh nilai anomali Bouguer lengkap dengan mengurangi nilai anomali Bouguer sederhana dengan nilai koreksi *terrain*. Secara matematis dapat dituliskan menggunakan persamaan 3.6.

$$ABL = SBA - TC \quad (3.6)$$

Dimana *ABL* merupakan anomali Bouguer lengkap, *SBA* merupakan anomali Bouguer sederhana dan *TC* merupakan koreksi *terrain*. Kemudian semua data disimpan dalam bentuk *Excel 97-2003 Workbook, untuk dilakukan pengolahan data selanjutnya.

3.5.3 Pengolahan Data Pada Oasis Montaj

Pengolahan data selanjutnya dilakukan dalam perangkat lunak Oasis Montaj menggunakan data anomali Bouguer lengkap untuk pembuatan peta anomali, transformasi Fourier, analisis spektrum, pemisahan anomali regional dan residual serta melakukan pemodelan dua dimensi. Tahapan yang perlu dilakukan dalam pengolahan data ini adalah sebagai berikut:

1. Data anomali Bouguer lengkap yang diperoleh dimasukkan ke dalam Oasis Montaj. Data dikonversi ke dalam koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) dengan satuan meter karena data masih dalam koordinat geografis dengan satuan derajat. Perubahan titik koordinat dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan pengolahan dan interpretasi data. Pada daerah Pulau Pagai dan Sipora termasuk ke dalam zona koordinat UTM 47S.
2. Tahap selanjutnya melakukan analisis spektrum. Analisis spektrum dilakukan pada data anomali Bouguer lengkap yang berfungsi untuk mengetahui kedalaman dari sumber anomali residual dan regional, dengan mentransformasikan domain jarak ke dalam bilangan gelombang

menggunakan deret Fourier. Secara matematis transformasi Fourier menggunakan persamaan (3.7).

$$f(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-ikx} dx \quad (3.7)$$

Data anomali Bouguer dilakukan transformasi Fourier dengan memanfaatkan perangkat lunak Oasis Montaj dan didapatkan bilangan gelombang (k) dan logaritma dari amplitudo ($\ln A$). Untuk hasil dari transformasi Fourier dapat dilihat pada Lampiran C. Kemudian dibuat grafik hubungan antara bilangan gelombang terhadap $\ln A$. Dalam menentukan zona regional dan zona residual dapat dilihat dari besar koefisien determinasi (R^2) sebagai variabel kontrol, yang mengontrol antara variabel bebas x (bilangan gelombang) dan variabel terikat y ($\ln A$). Kemudian akan didapatkan bilangan gelombang potong (*cutoff*) atau bilangan gelombang pemisah antara zona regional dan zona residual. Bilangan gelombang potong ini selanjutnya akan disesuaikan dengan data analisis spektrum yang diperoleh saat pengolahan data di Oasis Montaj untuk memperoleh estimasi kedalaman dari sumber anomali.

3. Selanjutnya adalah pemisahan anomali regional dan anomali residual dengan metode *lowpass* dan *bandpass filter* menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj. Anomali Bouguer lengkap yang diperoleh merupakan gabungan dari anomali regional, anomali residual dan *noise*. Untuk kepentingan interpretasi, anomali residual yang disebabkan oleh sumber dangkal dipisahkan terhadap anomali regional oleh sumber yang lebih dalam menggunakan metode *lowpass* dan *bandpass filter*. Metode ini dalam melakukan pemisahan anomali berdasarkan tinggi rendahnya bilangan gelombang yang ada pada anomali Bouguer lengkap. Bilangan gelombang potong yang diperoleh dari analisis spektrum digunakan untuk melakukan pemisahan anomali dengan menyesuaikan lebar jendela dengan menggunakan metode *lowpass filter* dan *bandpass filter*. Metode *lowpass filter* membuang frekuensi atau bilangan gelombang tinggi dan menampilkan anomali dengan frekuensi atau bilangan gelombang rendah yang berasosiasi dengan anomali regional. Sedangkan metode *bandpass*

filter membuang frekuensi atau bilangan gelombang pada range tertentu sesuai dengan kebutuhan saat pengolahan data yang memunculkan anomali residual.

4. Pemodelan dua dimensi dilakukan pada data anomali Bouguer lengkap menggunakan perangkat lunak Oasis Montaj. Pemodelan dua dimensi bertujuan untuk mengetahui jenis batuan struktur bawah permukaan atau model benda geologi berdasarkan nilai densitas batuan. Dalam melakukan pemodelan dua dimensi dibuatkan lintasan pada peta anomali Bouguer lengkap yang mengenai semua warna anomali. Dalam pemodelan dua dimensi terdiri dari satu tahapan yaitu pemodelan ke depan (*forward modeling*). Proses pemodelan ke depan dilakukan secara coba-coba (*trial and error*) dengan didukung oleh data geologi hingga didapatkan nilai *error* dibawah 5%. Nilai *error* yang kecil pada pemodelan dua dimensi dapat mewakili kondisi struktur bawah permukaan daerah penelitian. Kemudian nilai minimum dan maksimum densitas yang diperoleh pada pemodelan dua dimensi akan digunakan sebagai parameter densitas dalam pembuatan model tiga dimensi.

3.5.4 Pengolahan Data Pada Grablox 1.6e

Pengolahan data selanjutnya dilakukan dalam perangkat lunak Grablox 1.6e untuk membuat pemodelan tiga dimensi dan dibuka menggunakan perangkat lunak Bloxer 1.6e untuk interpretasi lanjutan dengan menggunakan data anomali Bouguer lengkap. Adapun tahapan yang perlu dilakukan yaitu:

1. Pemodelan anomali Bouguer lengkap bertujuan untuk memodelkan struktur bawah permukaan pada daerah penelitian. Dalam penelitian ini, terdapat dua tahapan dalam pembuatan model tiga dimensi yaitu *forward modeling* (pemodelan ke depan) dan *inverse modeling* (pemodelan inversi).
2. Pemodelan ke depan dilakukan untuk membuat model awal yang menggambarkan luas daerah penelitian. Pemodelan inversi bertujuan untuk memperoleh parameter model berdasarkan data di lapangan. Pemodelan tiga dimensi menggunakan data anomali Bouguer lengkap

yang sudah tergrid menggunakan perangkat lunak Surfer 15 dan didapatkan data yang digunakan dalam pembuatan blok mayor dan blok minor. Data yang diperoleh yaitu data posisi daerah penelitian dalam arah x dan y, titik awal dan titik akhir daerah penelitian serta spasi antara titik pengukuran. Pemodelan tiga dimensi diawali dengan pembuatan blok, baik itu blok minor maupun blok mayor yang dilakukan pada perangkat lunak Grablox 1.6e dengan memasukkan data yang diperoleh dari Surfer 15. Luas dari daerah penelitian yaitu 139,1251 km dalam arah x dan 193,37 km yang memanjang dalam arah y. Kemudian dibagi menjadi 20 blok minor dalam arah x dan 20 blok minor dalam arah y, sehingga membentuk 400 blok minor untuk setiap lapisan. Kedalaman blok dalam arah z vertikal yaitu 32 km yang dibagi menjadi 10 blok minor. Sehingga total blok minor dari seluruh lapisan sebanyak 4000 blok. Kemudian mengganti nilai minimum dan maksimum parameter densitas batuan yang akan digunakan, nilai densitas ini diperoleh dari pemodelan dua dimensi pada perangkat lunak Oasis Montaj.

3. *Inverse modeling* atau pemodelan inversi merupakan pemodelan yang dilakukan untuk menyesuaikan atau mencocokkan antara data geometri pengukuran dengan data geometri perhitungan. Data yang ditampilkan dalam pemodelan inversi yaitu dalam bentuk peta pola kontur anomali. Dalam tahapan ini, sebelum dilakukannya proses optimasi maka akan ditampilkan peta pola kontur dari data anomali yang diperoleh pada saat pengukuran. Setelah data pengukuran dengan bentuk model disesuaikan maka selanjutnya dilakukan proses optimasi. Terdapat lima tahapan proses optimasi yaitu optimasi *base*, densitas, *Occam d* (densitas), ketinggian dan *Occam h* (ketinggian). Proses optimasi dimulai dari optimasi *base*, densitas, *Occam d* (densitas), ketinggian dan yang terakhir yaitu *Occam h* (ketinggian). Dilakukannya proses optimasi pada data bertujuan untuk mengurangi nilai *error* atau nilai kesalahan antara data perhitungan dengan data pengukuran sehingga didapatkan bentuk model yang sesuai. Hasil dari pemodelan tiga dimensi selanjutnya dibuka menggunakan perangkat lunak Bloxer 1.6e untuk dilakukan interpretasi lanjutan.

3.6 Interpretasi Data

Interpretasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dilakukan pada hasil anomali Bouguer lengkap, anomali regional serta anomali residual dengan menganalisis variasi warna dari anomali. Interpretasi kuantitatif dilakukan pada pemodelan 2D dan pemodelan 3D. Interpretasi struktur bawah permukaan pada model 2D dilakukan dengan menggunakan informasi data geologi dan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Interpretasi bawah permukaan pada model 3D menyesuaikan nilai densitas batuan menurut Telford dkk (1990) dan informasi data geologi daerah penelitian.