

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian survei metode gayaberat secara garis besar penyelidikan dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu tahap pengukuran lapangan, tahap pemrosesan data, dan tahap interpretasi terhadap data yang telah diproses. Penelitian yang dilakukan penulis adalah dengan cara pengambilan data langsung serta tambahan data sekunder yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran geologi bawah permukaan di sepanjang lintasan Pangalengan - Garut, Jawa Barat.

3.1 Pengukuran lapangan

3.1.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengukuran lapangan dilakukan bersama tim survei Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung pada tanggal 9 - 13 Juli 2010 untuk daerah Garut Selatan dan sekitarnya. Sedangkan untuk daerah Pangalengan menggunakan data mentah yang diperoleh dari survei gayaberat oleh tim survei Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung yang dilakukan pada tanggal 14 - 18 Juli 2010. Secara geografis, daerah penelitian berada pada koordinat antara $7^{\circ}10'12.3''$ LS sampai $7^{\circ}13'46.2''$ LS, dan $107^{\circ}31'35.2''$ BT sampai $107^{\circ}49'45.8''$ BT. Pemrosesan dan interpretasi data hasil survei gayaberat dilakukan di kantor Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI alamat Jl. Sangkuriang - Bandung 40135.

3.1.2 Peralatan Lapangan

Peralatan dan perlengkapan yang digunakan dalam survei lapangan di daerah Garut dan Pangalengan dengan metoda gayaberat terdiri atas :

1. Gravimeter *LaCoste & Romberg* Model G-804
2. Altimeter digital Alpil EI
3. Alat navigasi GPS Navigasi Garmin Vplus
4. Termometer
5. Microbarograph
6. Buku catatan lapangan
7. Peta topografi



Gambar 3.1 Beberapa alat yang digunakan, dari kiri ke kanan: GPS, Altimeter, Lacoste & Romberg model G-804, dan Termometer.

3.1.3 Akuisisi data

Pengukuran metode gayaberat dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu: penentuan titik ikat dan pengukuran titik-titik gayaberat. Sebelum survei dilakukan perlu menentukan terlebih dahulu *base station*, biasanya dipilih pada lokasi yang cukup stabil, mudah dikenal dan dijangkau. *Base station* jumlahnya bisa lebih dari satu tergantung dari keadaan lapangan. Masing-masing *base station* sebaiknya dijelaskan secara cermat dan terperinci meliputi posisi dan nama tempat. *Base* ini dipergunakan sebagai titik tutupan harian dan juga sebagai nilai acuan bagi stasiun gaya berat lainnya. Harga titik amat *Base* di lapangan diikat dengan harga DG.0 Bandung, guna mendapatkan nilai absolut/relatif gayaberat titik amat *base* dilapangan. Letak titik *base* pada penelitian ini berada di penginapan Tirta Darajat untuk daerah Garut, GT 44 dan Hotel Citere untuk daerah Pangalengan, sedangkan untuk pengikatan dilakukan di LIPI Bandung.



Gambar 3.2 Lokasi titik base Tirta Darajat, Garut



Gambar 3.3 Lokasi beberapa titik pengukuran

Pengukuran data lapangan meliputi pembacaan gravimeter juga penentuan posisi, waktu, dan pembacaan altimeter serta suhu. Pengukuran gayaberat pada penelitian ini menggunakan alat Gravimeter *LaCoste & Romberg* Model G-804, yang memiliki kemampuan pembacaan 0 sampai 7000 mGal, dengan tingkat ketelitian 0,01 mgal dan kesalahan apungan (*drift*) 1 mgal per bulan atau 0,03 mgal per hari. Penentuan posisi dan waktu menggunakan *Global Positioning System* (GPS) Garmin, sedangkan pengukuran ketinggian menggunakan altimeter, termometer, dan microbarograph.

Dari pengukuran tersebut dihasilkan 94 titik pengukuran pada sepanjang lintasan Pangalengan - Garut dengan interval tiap titik sekitar 500 meter. Pengambilan data pada titik-titik survei dilakukan dengan sistem Loop, yaitu sistem pengukuran yang dimulai dan diakhiri pada titik gayaberat yang sudah

diketahui nilainya. Sistem Loop diharapkan dapat menghilangkan kesalahan yang disebabkan oleh pergeseran pembacaan gravimeter. Metode ini muncul dikarenakan alat yang digunakan selama melakukan pengukuran akan mengalami guncangan, sehingga menyebabkan bergesernya pembacaan titik nol pada alat tersebut.

Data-data yang diambil pada saat pengukuran adalah:

1. Tanggal dan hari pembacaan

Data ini berguna untuk koreksi pasang surut

2. Waktu pembacaan

Data ini berguna untuk koreksi apungan dan penentuan pasang surut.

3. Pembacaan alat

4. Koordinat stasiun pengukuran dengan menggunakan GPS

5. Data inner zone untuk koreksi Terrain

6. Ketinggian titik pengukuran

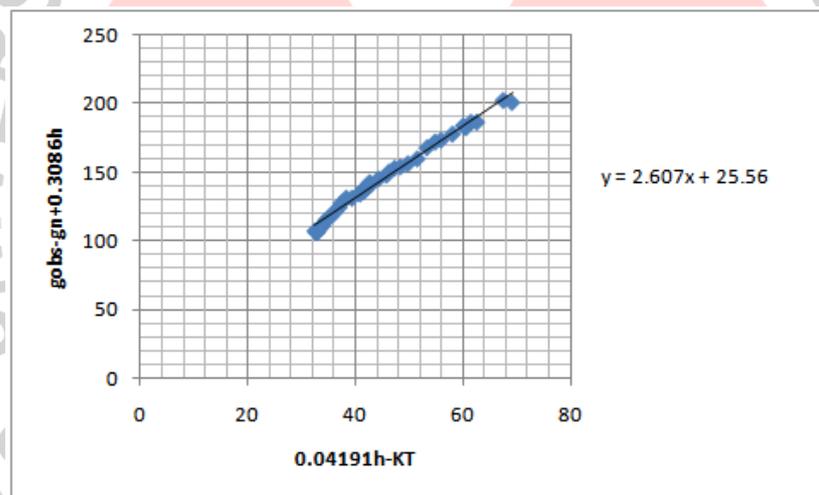
Pada penelitian ini penulis mengolah dari konversi harga bacaan ke miliGal dari tiap stasiun untuk mendapatkan nilai anomali Bouguer hingga dilakukan pemodelan 2D yang kemudian dianalisa untuk menentukan keadaan geologi daerah penelitian.

3.2 Analisis Densitas Batuan Rata-rata

Hasil densitas yang digunakan dalam perhitungan ini adalah harga densitas rata-rata. Untuk menentukan harga densitas rata-rata dapat digunakan cara metode Parasnis.

Pada metode ini, densitas batuan dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan profil topografi yang konsisten naik.
2. Menghitung selisih antara medan gayaberat observasi dengan gayaberat normal lalu dijumlahkan dengan KUB untuk y-nya.
3. Menghitung selisih antara KB sebelum dikalikan densitas dengan koreksi terrain sebelum dikalikan densitas untuk x-nya.
4. Rapat massa batuan diperoleh dari kemiringan garis lurus regresinya.



Gambar 3.4 Penentuan densitas rata-rata metode Parasnis sepanjang lintasan Pangalengan - Garut

Berdasarkan persamaan garis lurus regresi, diperoleh densitas rata-rata batuan untuk daerah sepanjang lintasan Pangalengan - Garut, Jawa Barat adalah sebesar $2,607 \text{ g/cm}^3$.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data gayaberat yang sering disebut juga dengan reduksi data gayaberat, secara umum dapat dipisahkan menjadi dua macam, yaitu: proses dasar dan proses lanjutan. Proses dasar mencakup seluruh proses berawal dari nilai pembacaan alat di lapangan sampai diperoleh nilai anomali Bouguer di setiap titik amat. Proses tersebut meliputi tahap-tahap sebagai berikut: konversi pembacaan gravimeter ke nilai milligal, koreksi apungan (*drift correction*), koreksi pasang surut (*tidal correction*), koreksi lintang (*latitude correction*), koreksi udara bebas (*free-air correction*), koreksi Bouguer, dan koreksi medan (*terrain correction*).

Prosedur pengolahan data yang dilakukan penulis adalah mengolah dari konversi bacaan hingga menjadi model penampang 2-D. Pada pelaksanaannya, pengolahan data tersebut dibantu oleh perhitungan komputer dengan menggunakan *software MS. Excel*. Proses lanjutan merupakan proses untuk mempertajam kenampakan/gejala geologi pada daerah penyelidikan yaitu pemodelan dengan menggunakan *software Surfer 8* dan *GMSys 2-D*. Beberapa koreksi dan konversi yang dilakukan dalam pemrosesan data metoda gayaberat, dapat dinyatakan sebagai berikut :

3.3.1 Konversi Harga Bacaan Gravimeter

Pemrosesan data gayaberat dilakukan terhadap nilai pembacaan gravimeter untuk mendapatkan nilai anomali Bouguer. Untuk memperoleh nilai anomali Bouguer dari setiap titik amat, maka dilakukan konversi pembacaan gravimeter menjadi nilai gayaberat dalam satuan milligal. Untuk melakukan konversi

memerlukan tabel konversi dari gravimeter tersebut. Setiap gravimeter dilengkapi dengan tabel konversi.

Cara melakukan konversi adalah sebagai berikut:

1. Misal hasil pembacaan gravimeter pada GT35 adalah 1434.2. Nilai ini diambil nilai bulat sampai ratusan yaitu 1400. Dalam tabel konversi (Tabel 3.1) nilai 1400 sama dengan 1425.09 mGal.
2. Sisa dari hasil pembacaan yang belum dihitung yaitu 34.2
3. Kedua perhitungan diatas dijumlahkan, hasilnya adalah $1425.09 + (34.2 \times 1.01778) = 1459.89808$ mGal.

Tabel 3.1 Kutipan contoh tabel konversi gravimeter tipe G.804.

Pembacaan Counter	Nilai dalam mGal	Interval Faktor
1400	1425.09	1.01778
1500	1526.87	1.01782
1600	1628.65	1.01786

3.3.2 Posisi dan Ketinggian

Penentuan posisi menggunakan GPS, sedangkan pengukuran ketinggian menggunakan altimeter, microbarograph, dan termometer. Pengukuran ketinggian dilakukan secara diferensial yaitu dengan menggunakan microbarograph, altimeter dan termometer. Pengukuran tersebut dilakukan dengan menempatkan microbarograph di *base station* sedangkan altimeter dan termometer dibawa untuk melakukan pengukuran pada setiap titik amat. Adapun pemrosesan data posisi dan ketinggian sebagai berikut.

3.3.2.1 Pemrosesan Data GPS

Setiap kali pembacaan posisi titik amat langsung dapat diketahui dari bacaan tersebut, yaitu berupa bujur (*longitude*) dan lintang (*latitude*). Posisi yang ditunjukkan GPS dalam satuan derajat, menit, dan detik. Maka perlu melakukan konversi posisi dari satuan waktu ke dalam satuan derajat. Posisi ini selanjutnya digunakan untuk menghitung koreksi lintang.

3.3.2.2 Pemrosesan Data Microbarograph

Microbarograph merupakan alat ukur tekanan udara yang secara tidak langsung digunakan untuk mengukur beda tinggi suatu tempat di permukaan bumi. Prinsip pengukuran ketinggian dengan microbarograph didasarkan pada suatu hubungan antara tekanan udara di suatu tempat dengan ketinggian tempat lainnya.

Ketelitian pengukuran tinggi mikrobarograph sangat tergantung pada kondisi cuaca, sebab keadaan tersebut akan mempengaruhi tekanan udara di suatu tempat. Perbedaan temperatur udara dan kecepatan angin di suatu tempat akan menyebabkan tekanan udara naik turun (berfluktuasi), sehingga akan menimbulkan kesalahan dalam beda tinggi antara dua tempat yang berbeda. Menurut Subagio (Putra, 2008), perlu dilakukan pengukuran temperatur udara untuk menentukan koreksi temperatur yang harus diperhitungkan dalam penentuan beda tinggi, sehingga akan memperkecil kesalahan.



Gambar 3.5 Microbarograph

3.3.3 Menghitung nilai g_{obs}

3.3.3.1 Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*)

Pada proses akuisisi data, tidak dilakukan pengukuran terhadap variasi harian akibat pasang surut di *base*, sehingga untuk menghitung besarnya pasang surut dilakukan menggunakan *software Tide*. Dalam *software* tersebut data yang dimasukkan secara berurutan berupa data bujur, lintang, tinggi (h), jam, menit, tanggal, bulan, dan tahun. Hasil dari input tersebut berupa data pasang surut. Tahap selanjutnya lalu dilakukan pembacaan percepatan gravitasi dalam miligal terkoreksi pasut dengan rumus :

$$GST = \text{konversi} + \text{Tide}$$

3.3.3.2 Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Pada akuisisi pengukuran dimulai di *base* dan diakhiri di *base*, sehingga besarnya koreksi apungan dapat dihitung dengan asumsi bahwa besarnya penyimpangan berbanding lurus terhadap waktu.

$$drif = \frac{(GST_{akhir} - GST_0)}{(t_{akhir} - t_0)}(t_n - t_0)$$

GST_0 = bacaan gravitasi terkoreksi pasut di BS awal

GST_{akhir} = bacaan gravitasi terkoreksi pasut di BS akhir

t_n = waktu pembacaan pada stasiun ke n

t_0 = waktu pembacaan pada BS_0

t_{akhir} = waktu pembacaan pada BS_{akhir}

3.3.3.3 Medan Gayaberat Terkoreksi

Medan gayaberat terkoreksi yaitu nilai gayaberat hasil pengukuran di lapangan setelah melalui konversi ke miligal dan telah terkoreksi dari pengaruh pasang surut dan apungan. Persamaan yang digunakan adalah:

$$g \text{ terkoreksi (GSTD)} = GST - \text{drift}$$

3.3.3.4 *Different in Reading* (g_{diff})

Different in Reading yaitu menghitung perbedaan harga gayaberat di setiap stasiun pengamatan dengan harga gayaberat di *base station*.

$$g_{diff} = GSTD - GSTD_{BS}$$

3.3.3.5 Medan Gayaberat Observasi

Pengukuran gayaberat menggunakan gravimeter adalah relatif terhadap BS, sehingga dalam pengukuran diperoleh beda nilai antara stasiun pengamatan dengan BS.

$$g_{obs} = g_{absolut\ BS} + g_{diff}$$

Tabel 3.2 Format pengolahan g_{obs} dalam tabel

No	Nama Stasiun	Koordinat		Waktu	Bacaan	Conversion	tide	corrected/GST	drift	value/GSTD	g.diff	g.obs
		Lintang	Bujur			(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)
1	Tirta Darajat	-7.21781	107.7536	8.50	1422.65	1448.142717	0.126156	1448.268873	0	1448.269	0	977827.574
2	GT35	-7.21707	107.7587	8.20	1434.2	1459.898076	0.097846	1459.995922	0.024	1459.972	11.703	977839.276
3	GT36	-7.21233	107.7572	9.33	1444.835	1470.722166	0.08459	1470.806756	-0.035	1470.841	22.573	977850.146
4	GT37	-7.20965	107.7609	9.44	1441.96	1467.796049	0.073055	1467.869104	-0.044	1467.913	19.644	977847.217
5	GT38	-7.21132	107.7654	9.57	1449.78	1475.755088	0.059142	1475.814231	-0.054	1475.868	27.599	977855.173
6	GT39	-7.21138	107.7699	10.05	1458.53	1484.660663	0.050545	1484.711208	-0.061	1484.772	36.503	977864.077
7	GT40	-7.21161	107.7746	10.20	1469.66	1495.988555	0.034445	1496.023	-0.073	1496.096	47.827	977875.400
8	GT41	-7.21404	107.7784	10.36	1476.41	1502.85857	0.017491	1502.876061	-0.086	1502.962	54.693	977882.266
9	GT42	-7.21512	107.783	10.44	1483.36	1509.932141	0.009225	1509.941366	-0.092	1510.033	61.765	977889.338
10	GT43	-7.21798	107.7492	11.05	1414.01	1439.349098	-0.01143	1439.337666	-0.109	1439.447	-8.822	977818.751
11	Tirta Darajat	-7.21781	107.7536	11.42	1422.68	1448.17325	-0.0433	1448.129951	-0.139	1448.269	0	977827.574

3.3.4 Menghitung Nilai Anomali Bouguer

3.3.4.1 Medan Gayaberat Teoritis (Lintang/Normal)

Koreksi lintang merupakan koreksi pembacaan gravitasi akibat letak atau perbedaan derajat lintang bumi. Koreksi lintang menggunakan persamaan WGS

84:

$$g_{theo} = 9.7803267714 \left(\frac{1 + 0.00193185138639 \sin^2 \lambda}{\sqrt{1 - 0.00669437999013 \sin^2 \lambda}} \right)$$

3.3.4.2 Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Karena Indonesia berada pada lintang antara -45^0 - 45^0 maka besarnya koreksi udara bebas adalah 0,3086 dikalikan elevasi titik pengukuran.

$$KUB = 0.3086 \times h.$$

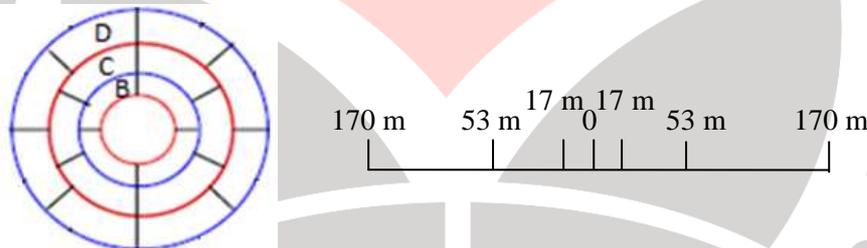
3.3.4.3 Koreksi Bouguer

Dalam perhitungan koreksi Bouguer, besarnya $2\pi G$ adalah 0,04191 dan densitas yang digunakan adalah densitas hasil perhitungan menggunakan metode parasnis $\rho = 2,607 \text{ g/cm}^3$.

Sehingga dalam perhitungan $KB = 0.04191\rho h = 0.109259 h$

3.3.4.4 Koreksi Topografi (*Terrain Correction*)

Dalam perhitungan koreksi topografi harus diketahui terlebih dahulu besarnya perbedaan ketinggian antara titik pengukuran dan kompartemen rata-rata. Untuk menghitung besarnya koreksi topografi pada inner zone, dilakukan pengukuran langsung dengan radius 170 m dari titik pengukuran.



Gambar 3.6 *Hammer chart* yang digunakan

3.3.4.5 Anomali Bouguer

Setelah data bacaan gayaberat dikoreksi maka didapat nilai anomali Bouguer lengkap, dimana

$$ABL = g_{\text{obs}} - g_{\text{lintang}} + KUB - KB + KT$$

Kemudian nilai anomali tersebut dipetakan dan diambil penampang yang dapat mewakili daerah yang diteliti.

Tabel 3.3 Format pengolahan nilai Anomali Bouguer Lengkap dalam tabel

No	Nama Stasiun	Koordinat		tinggi (m)	g.obs	g. theo	KUB	KB	inner	ABL
		Lintang	Bujur		(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)	(mGal)
1	Tirta Darajat	-7.21781	107.75358	1533.711	977827.6	978114.2	473.3031	167.5717	0.02236	19.14122497
2	GT35	-7.21707	107.75868	1474.491	977839.3	978114.2	455.0278	161.10136	0	19.03329261
3	GT36	-7.21233	107.7572	1423.517	977850.1	978114.1	439.2973	155.53204	0	19.84843001
4	GT37	-7.20965	107.76094	1433.022	977847.2	978114	442.2306	156.57054	0	18.874536
5	GT38	-7.21132	107.76537	1394.283	977855.2	978114	430.2759	152.33802	0	19.07052354
6	GT39	-7.21138	107.76991	1349.277	977864.1	978114	416.387	147.42068	0	19.00102683
7	GT40	-7.21161	107.77455	1289.225	977875.4	978114	397.8547	140.8594	0	18.34883326
8	GT41	-7.21404	107.77836	1255.633	977882.3	978114.1	387.4882	137.18917	0.004524	18.46852176
9	GT42	-7.21512	107.78304	1219.378	977889.3	978114.1	376.3002	133.22807	0	18.28456123
10	GT43	-7.21798	107.74923	1582.214	977818.8	978114.2	488.2712	172.87112	0.00109	19.96265725
11	Tirta Darajat	-7.21781	107.75358	1533.711	977827.6	978114.2	473.3031	167.5717	0.02236	19.14122497

3.4 Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Pada dasarnya, anomali gayaberat yang terukur di permukaan adalah penjumlahan dari semua kemungkinan sumber anomali yang ada di bawah permukaan dimana salah satunya adalah target dari survei (sinyal). Sehingga untuk kepentingan interpretasi informasi target (sinyal) harus dipisahkan dari noise. Jika target adalah anomali regional dan residual maka informasi lainnya merupakan noise.

Untuk memisahkan informasi noise, residual, dan regional digunakan metode analitik yang biasa digunakan yaitu perata-rataan bergerak (*Moving Average*). *Moving average* dilakukan dengan cara merata-ratakan nilai anomalnya. Hasil dari perata-rataan ini adalah berupa anomali regional. Sedangkan anomali residualnya didapat dengan mengurangkan data hasil pengukuran tersebut dengan anomali regionalnya. Secara matematis persamaan *moving average* untuk 1 dimensi adalah sebagai berikut :

$$\Delta T_{reg}(i) = \frac{\Delta T(i-n) + \dots + \Delta T(i) + \dots + \Delta T(i+n)}{N}$$

Dimana, $N = m \times n$

m = ukuran jendela (harus ganjil)

$n = (m-1)/2$

Dari persamaan di atas memperlihatkan bahwa n stasiun awal dan akhir tidak dapat dihitung anomali regionalnya kecuali jika data diperbesar dengan ekstrapolasi.

Pemisahan anomali regional dengan residual merupakan penghalusan kontur peta anomali Bouguer. Pemisahan anomali regional dengan perata bergerak dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan program *surver versi 8.0* dibuat grid dari data anomali Bouguer hingga data peta tersebut merupakan nilai gayaberat untuk tiap titik grid pada peta tersebut secara merata, data yang akan diperoleh merupakan data numerik peta anomali Bouguer.
2. Dari data yang telah diperoleh, nilai gayaberat disusun sesuai dengan koordinatnya pada peta anomali Bouguer. Sehingga secara tidak langsung, data-data yang berupa angka tersebut menunjukkan bentukan peta anomali Bouguer.
3. Buka program gradien kemudian pilih regional untuk pemisahan anomali regional. Setelah itu masukkan grid dari data anomali Bouguer.
4. Menentukan besar jendela yang akan digunakan untuk data regional dengan residual. Besaran jendela harus berupa matriks bujursangkar dengan komponen baris dan kolom ganjil. Misalnya 3x3, 5x5, 9x9 dan seterusnya.

Semakin besar ukuran jendela yang digunakan maka anomali yang muncul akan semakin terfokus.

5. Matriks hasil rata-rata ini adalah data regional.
6. Data tersebut diplot dengan menggunakan program *surver* sehingga menjadi peta regional.
7. Data regional yang diperoleh selanjutnya dikurangkan dengan hasil anomali Bouguer yang kemudian selisihnya (AB - REG) adalah data residual
8. Hasil pengurangan anomali Bouguer diplot dengan program *surver versi 8.0* dan akan menghasilkan peta residual.

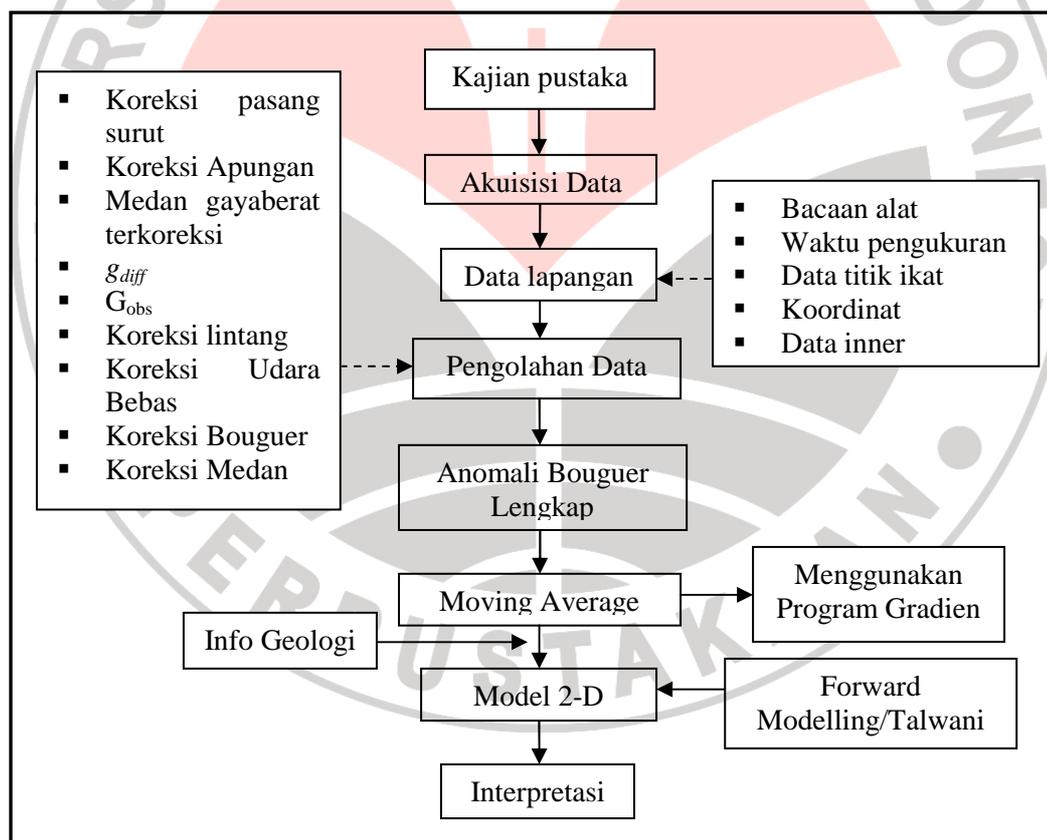
3.5 Pemodelan

Pemodelan dilakukan agar dalam interpretasi bawah permukaan lebih mudah. Pemodelan dilakukan dengan teknik pemodelan kedepan (*forward modelling*) dari nilai anomali Bouguer dari penampang yang dipilih, dimana penampang tersebut dapat mewakili seluruh daerah penelitian. Anomali Bouguer tersebut diperoleh dengan perhitungan menggunakan *Microsoft Excel* dengan memasukkan faktor-faktor koreksi yang mempengaruhi gravitasi bawah permukaan bumi, kemudian hasil perhitungan tersebut dibuat dalam bentuk kontur dengan menggunakan *software Surver versi 8.0*.

Pada tugas akhir ini untuk memudahkan pemodelan maka digunakan program *GMSys 2-D* yang berdasarkan pada metode Talwani 2-D secara *interactive forward modelling* yaitu cara pemodelan dengan melakukan pendugaan bentuk geometris bawah permukaan yang dikorelasikan dengan

struktur geologi daerah penelitian. Pada pemodelan ini dilakukan dengan mencoba-coba parameter model benda anomali dengan bentuk sembarang 2-D sehingga diperoleh nilai gravitasi perhitungan yang mendekati perhitungan hasil observasi. Untuk program gayaberat *GMSys 2-D* diperlukan input data berupa : jarak antar titik pengamatan, *elevasi*, dan nilai anomali Bouguer. Tampilan hasil dari program ini berupa profil anomali dan model geometris benda.

3.6 Diagram Alur Penelitian



Bagan 3.1 Alur penelitian