P-ISSN: 2089-5925 E-ISSN: 2621-9328
Jurnal Teknik PATRA AKADEMIKA
Jurnal Teknik Patra Akademika
Volume 16 No. 01 Juli 2025

PEMODELAN ANOMALI *MICROGRAVITY TIMELAPSE* MENGGUNAKAN PARAMETER DENSITAS BATUAN PADA RESERVOIR LAPANGAN PANASBUMI

MODELING OF MICROGRAVITY TIMELAPSE ANOMALY USING ROCK DENSITY PARAMETERS IN GEOTHERMAL FIELD RESERVOIRS

Trimadona[1)], Azka Roby Antari[2)], Hendra Budiman[3)], Roni Alida[4)]
[1,2,3,4)] Program Studi Teknik Eksplorasi Produksi Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia
Corresponding Author E-mail: *trimadona@pap.ac.id, azkaroby@pap.ac.id, hendra_budiman@pap.ac.id* dan *roni@pap.ac.id*

Abstract: Indonesia has a huge potential for geothermal resources and is spread throughout Indonesia. Geothermal resources are renewable energy resources, and will not run out if they are explored and exploited. Exploration and exploitation activities will provide changes in the condition of the subsurface reservoir due to the production and injection process. Gravity measurements are carried out at the same coordinate point with a specific time interval which is a measurement of the microgravity force of the time interval. The time-lapse micro-weight force anomaly is the difference between the complate bouguer anomaly value in the second measurement and the value of -240 μGal to 120 μGal. To find out the anomalous value derived from production and injection activities, a model was made with assumptions and using the same density parameters as the actual reservoir conditions. Using the assumption of a water saturation parameter of 30%, a density contrast value of -0.2592 g/cm3 was obtained. By performing this modeling, production and injection activities do not have much effect on the magnitude of the anomaly. The anomaly value obtained is very large, this is possible due to the influence of near-surface effects such as landslides or increases from changes in the depth of groundwater.
Keywords: Anomaly Gravity Timelapse, Subsidence, Uplift.

Abstrak*: Indonesia memiliki potensi sumber daya panasbumi yang sangat besar dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Sumberdaya panas bumi merupakan sumberdaya yang bersifat renewable energi, dan tidak akan habis jika dieksplorasi dan dieksplotasi. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi akan memberikan perubahan kondisi reservoir bawah permukaan akibat proses produksi dan injeksi. Pengukuran gravity dilakukan pada titik koordinat yang sama dengan selang waktu tertentu merupakan pengukuran gayaberat mikro selang waktu. Anomaly gayaberat mikro selang waktu merupakan selisih nilai complate bouguer anomaly pada pengukuran kedua terhadap pengukuran pertama dan didapat nilai sebesar -240 μGal sampai 120 μGal. Untuk mengetahui nilai anomali yang berasal dari kegiatan produksi maupun injeksi, maka dibuatlah model dengan asumsi dan menggunakan parameter densitas yang sama dengan kondisi reservoir sebenarnya. Dengan menggunakan asumsi parameter saturasi air sebesar 30% didapatkan nilai kontras densitas sebesar -0,2592 g/cm^3. Dengan melakukan pemodelan ini, kegiatan produksi dan injeksi tidak terlalu berpengaruh besar terhadap besarnya nilai anomaly. Nilai anomali yang didapatkan sangat besar, hal ini dimungkinkan karena adanya pengaruh dari efek dekat permukaan seperti amblasan atau naikan dari perubahan kedalaman muka airtanah.*
Kata kunci: Anomaly Gravity, Selang Waktu, Amblasan, Kenaikan Muka Airtanah.

1. PENDAHULUAN

Keberadaan panasbumi dapat diketahui dari adanya manifestasi di atas permukaan. Manisfestasi merupakan ciri suatu daerah memiliki potensi panasbumi. Proses mencarian potensi panasbumi dapat dilakukan dengan *survey* geologi, geokimia dan geofisika (3G). Sistem panasbumi memiliki lima karakteristik utama yaitu sumber panas *(heat source)*, reservoir, lapisan penutup *(clay cap)*, fluida, dan stuktur geologi pengontrol. Kelima sistem ini merupakan satuan yang tidak dapat dipisahkan, sumber panas berasal dari magma di bawah permukaan yang dapat memanaskan fluida atau material di bawah bumi. Reservoir dan fluida merupakan kolam utama dari panasbumi dan pada reservoir yang akan dilakukan eksploitasi pada lapangan panasbumi. Lapisan penutup umumnya berupakan lapisan *clay*/liat yang berfungsi

P-ISSN: 2089-5925 E-ISSN: 2621-9328
Jurnal Teknik PATRA AKADEMIKA
Jurnal Teknik Patra Akademika
Volume 16 No. 01 Juli 2025

sebagai perangkap panas sehingga panas pada reservoir tidak keluar. Struktur geologi pengontrol merupakan bagian yang digunakan sebagai pengontrol keberadaan sumber panas di bawah permukaan dan terdeteksi di atas permukaan. Lima sistem ini berada di bawah permukaan bumi yang dapat diketahui keberadaan, dimensi, letaknya melalui *survey* geofisika.

Reservoir merupakan satu dari lima komponen yang penting dalam eksplorasi panasbumi, karena reservoir inilah yang akan dilakukan eksploitasi terhadap fluida panas, uap panas maupun campuran antara uap dan fluida panas. Sistem panas bumi di Indonesia dibagi menjadi dua, yaitu sistem dominasi air panas dan sistem dominasi uap. Pada penelitian ini lapangan yang digunakan adalah lapangan dominasi air panas dengan menggunakan data parameter real data lapangan.

Metode gayaberat mikro selang waktu *(4D microgravity time lapse)* merupakan metode hasil pengembangan dari metode gaya berat. Hal yang dimaksud dengan dimensi keempat adalah waktu, yaitu pengambilan data gayaberat dilakukan secara berulang baik bulanan maupun tahunan pada stasiun pengukuran yang sama.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

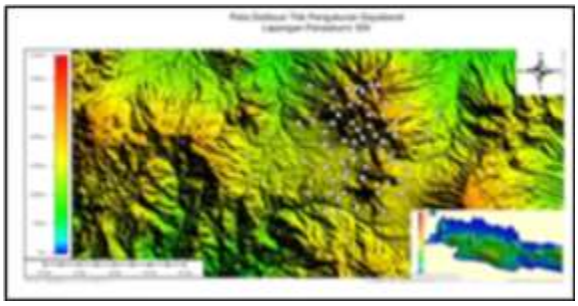
Penelitian yang dilakukan adalah penelitian yang melakukan olah data ulang terhadap data lapangan.

2.2 Peralatan Akuisisi Data

Penelitian ini merupakan penelitian yang melakukan pengambilan data langsung di lapangan dengan menggunakan peralatan seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.1. Peralatan akuisisi data berupa alat *global positioning system (GPS)* yang digunakan disetiap pengukuran titik *gravity* untuk mendapatkan posisi koordinat garis lintang, garis bujur dan elevasi dari tiap titik pengukuran *gravity*. Masing-masing alat *gravitymeter Lacoste&Romberg* dan *Gravimeter Scintex CG-5* digunakan untuk pengukuran nilai gravitasi di setiap titik pengukuran. Walau pengukuran titik gravitasi pada rentang waktu tertentu menggunakan alat yang berbeda dan juga menghasilkan pembacaan alat yang berbeda. Namun hal ini tidak akan menjadi hambatan dalam proses pengolahan data maupun interpretasi, karena dalam proses pengolahan data satuan yang digunakan sama, yaitu dalam satuan Gal. gambar 2.2 menampilkan peta titik pengukuran gravitasi pada penelitian ini.



Gambar 2.1 Peralatan Akuisisi Data



Gambar 2.2 Peta Titik Pengukuran *Gravity*

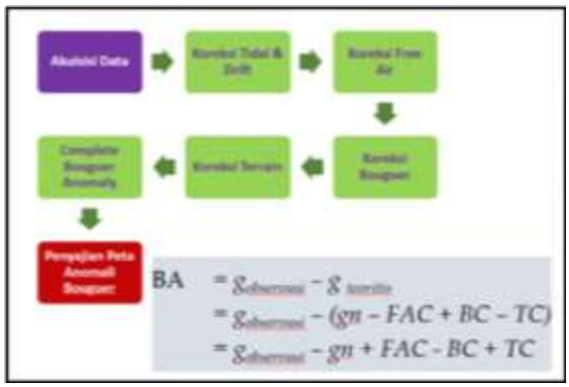
2.3 Proses Pengolahan Data

Data yang didapatkan dari akuisisi data lapangan selama beberapa minggu, kemudian data dikumpulkan dan dikompilasi dalam satu *file excel* yang terdiri dari data stasiun titik pengukuran *gravity*, waktu, tanggal, posisi lintang, posisi bujur serta elevasi dari setiap stasiun dan nilai pembacaan nilai *gravity* dari alat tersebut. Proses pengolahan data metode *gravity* ditampilkan pada gambar 2.3. Dari data akuisisi, maka dilakukan dua koreksi

P-ISSN: 2089-5925 E-ISSN: 2621-9328
Jurnal Teknik PATRA AKADEMIKA
Jurnal Teknik Patra Akademika
Volume 16 No. 01 Juli 2025

termporal yaitu koreksi pasang surut air laut atau koreksi *tidal* dan koreksi apungan alata tau koreksi *drift.*

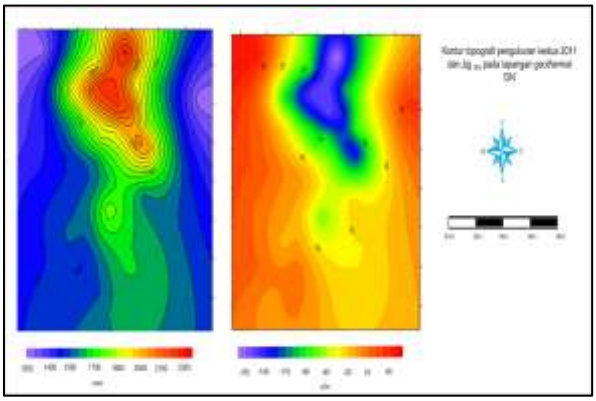
Dari data hasil koreksi temporal, kemudian dilanjutkan dengan koreksi spasial yang meliputi koreksi udara bebas (*free air correction),* koreksi medan / *terrain correction* dan koreksi Bouguer (*Bouguer correction)* dan akan didapatkan anomali Bouguer lengkap (*complate Bouguer anomaly)* (CBA). CBA akan menjelaskan kondisi dibawah permukaan dari area penelitian. CBA pengukuran kedua dilakukan pengurangan terhadap CBA pada pengkuran pertama dan akan mendapatkan *anomaly gravity* mikro selang waktu *(microgravity timelapse).*



Gambar 2.3 Alur Proses Pengolahan Data Metode *Gravity*

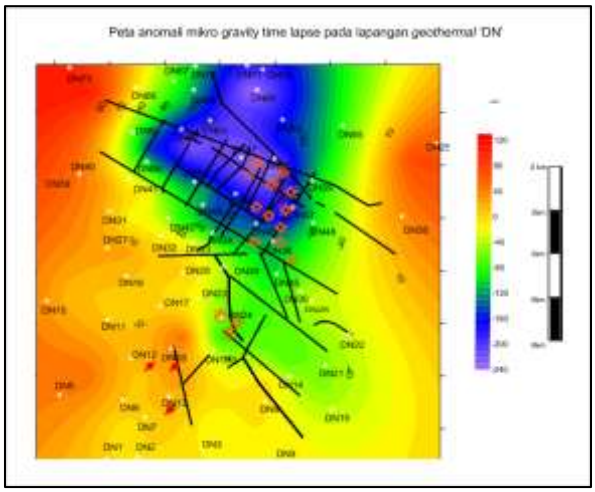
Berdasarkan persamaan percepatan gravitasi yang diturunkan dari Hukum Newton, nilai *gravity* rendah sebanding dengan nilai topografi yang tinggi. Begitu juga sebaliknya nilai *gravity* tinggi sebanding dengan nilai topografi yang rendah. Gambar berikut merupakan gambar kontur korelasi antara topografi dan Δg observasi ditunjukkan oleh gambar 2.4. Dari hasil korelasi ini menunjukan bahwa data yang diolah memiliki kualitas yang baik dan proses pengolahan data yang dilakukan akurat.

Berdasarkan prinsip anomali *gravity* mikro selang waktu seperti gambar 2.5 merupakan peta anomali *time-lapse microgravity* yang *overlay* dengan struktur geologi. Nilai anomali *microgravity* memiliki rentang dari -240 µGal sampai 120 µGal.



Gambar 2.4 Peta Korelasi Topografi dan Nilai Δg Observasi

Pada bagian utara dari peta, adanya dominasi anomali negatif sedangkan pada barat daya hingga barat laut didominasi oleh anomali positif.



Gambar 2.5 Peta Anomali *Time-Lapse Microgravity (mikroGal)*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian dan Interpretasi

Informasi geologi yang didapatkan dari lapangan sangat minim hanya berupa struktur geologi di sekitar titik pengukuran *gravity*. Untuk itu, dalam melakukan pemodelan sintetik dilakukan beberapa asumsi dari parameter fisika, yaitu berupa densitas matriks (ρ_m) sebesar 2,65 g/cm^3, densitas *brine* ρ_w sebesar 0,864 g/cm^3, variasi porositas reservoir sebesar 30% dan saturasi fluida sebesar 100%.

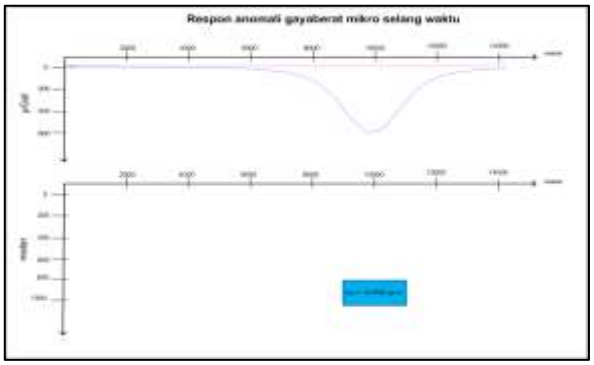
Dengan menggunakan persamaan Schoon (1995), dengan kondisi pergantian fluida 1 dalam reservoir (*brine* = ρ_w) diganti

P-ISSN: 2089-5925 E-ISSN: 2621-9328
Jurnal Teknik PATRA AKADEMIKA
Jurnal Teknik Patra Akademika
Volume 16 No. 01 Juli 2025

dengan fluida 2 (produksi fluida 2 = ρ_f), maka untuk mendapatkan kontras densitas reservoir dapat digunakan persamaan berikut:

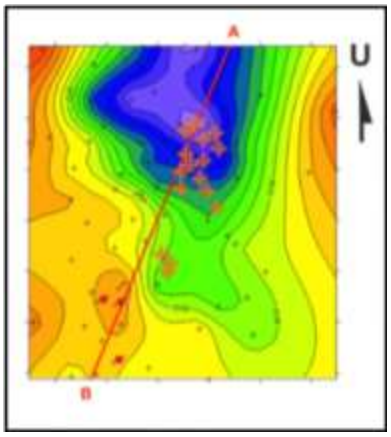
$$\rho_0 = (1-\varphi)\rho_{matriks} + \varphi\rho_w$$
$$\rho_1 = (1-\varphi)\rho_{matriks} + \varphi\rho_f$$
$$\Delta\rho = \rho_1 - \rho_0$$
$$\Delta\rho = \emptyset(\rho_f - \rho_w)$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut dan memasukan data asumsi nilai porositas sebesar 30%, maka akan didapatkan nilai kontras densitas reservoir sebesar $-0{,}2592\ g/cm^3$.

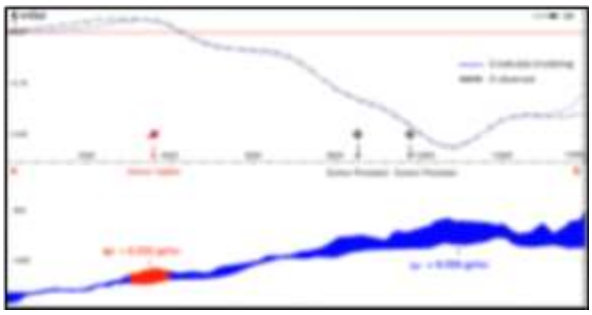


Gambar 3.1 Respon Anomali *Gravity* Mikro Selang Waktu Dengan $\Delta\rho = -0{,}2592\ g/cm^3$

Komparasi dengan menggunakan parameter yang sama hanya nilai porositas menjadi 20% sehingga kontras densitas menjadi $-0{,}1728\ g/cm^3$. Dengan hasil ini terlihat bahwa nilai kontras densitas dipengaruhi oleh nilai porositas batuan di bawah permukaan.



Gambar 3.2 Nilai Kontras Densitas Dipengaruhi Oleh Nilai Porositas Batuan



Gambar 3.3 Hasil Pemodelan Ke Depan Lintasan AB

Lintasan A-B memiliki panjang lintasan sekitar 14.000 meter, yang memotong tegak lurus stuktur geologi yang ada dan melewati sumur injeksi dan sumur produksi yang ada. Tiga buah sumur injeksi berada pada bagian selatan peta sedangkan beberapa sumur produksi berada pada bagian utara.

Posisi sumur injeksi berada pada selatan peta, maka pada bagian inilah yang memiliki ketebalan atau meningkatan massa, namun yang terjadi sebaliknya. Hal ini dikarenakan pada sumur injeksi terdapat sesar yang seolah-olah sebagai penghalang bagi aliran injeksi bergerak ke arah tengah dan utara, yang mengakibatkan aliran dari injeksi menuju arah barat laut.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada lapangan ini nilai anomali *microgravity timelapse* cenderung besar sebesar -240 µGal hingga 120 µGal. Hal ini dimungkinkan disebabkan karena *complate Bouguer anomaly* dari setiap pengukuran memiliki nilai yang sangat jauh berbeda. Perbedaan nilai yang signifikan ini kemungkinan disebabkan adanya perubahan posisi pengukuran *gravity*, adanya proses produski dan injeksi yang mengarah ke barat daya.

DAFTAR PUSTAKA

DiPippo, Ronald. 2016. *Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*. Cambridge. Elsevier.

P-ISSN: 2089-5925 E-ISSN: 2621-9328
Jurnal Teknik PATRA AKADEMIKA
Jurnal Teknik Patra Akademika
Volume 16 No. 01 Juli 2025

Hochstein, M. P., Browne P.R.L.. 2000. *Surface Manifestations of Gethermal System With Volcanic*. In: Encyclopedia Volcanoes, pp. 835-855.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E.. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.

UNOCAL Geothermal Indonesia. 2002. *Laporan Lapangan Panasbumi Wayang Windu*.

.