

# Identifikasi Struktur Bawah Permukaan berdasarkan Data Anomali Gaya Berat Citra Satelit di Desa Pematang Buluh Tanjung Jabung Barat

Cici Novianda<sup>1</sup>, Lenny Marlinda<sup>1</sup> dan Ira Kusuma Dewi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

\*Email: 0017018703@unja.ac.id

Submit: 13 Juni 2023; Revised: 29 Juni 2024; Accepted: 9 Desember 2024

**Abstrak:** Identifikasi struktur bawah permukaan di desa Pematang Buluh dilakukan dengan metode gaya berat berdasarkan anomali yang dihasilkan dari citra satelit. Pengukuran citra satelit didapatkan dari hasil pengukuran *Geodetic Satellite* (GeoSat) dan *European Remote Sensing-1* (ERS-1) yang telah terkoreksi hingga koreksi udara bebas. Pengolahan data dilakukan untuk memperoleh nilai *Complete Bouger Anomaly* (CBA). Metode yang digunakan yaitu metode analisa *derivative* (*First horizontal derivative* dan *Second vertical derivative*) dan pemodelan secara dua dimensi. Hasil yang diperoleh pada analisis struktur terhadap grafik SVD diidentifikasi terdapatnya patahan berupa patahan naik pada kedua *slicing*. Hasil pemodelan bawah permukaan secara 2D terdapat dua lapisan batuan dan diinterpretasi adanya sistem panas bumi. Lapisan pertama dengan densitas  $2.21 \text{ gr/cm}^3$  berupa batu lempung diinterpretasi sebagai batuan penutup (*caprock*). Lapisan kedua dengan densitas  $2.35 \text{ gr/cm}^3$  berupa batu pasir diinterpretasi sebagai reservoir.

**Kata kunci:** Struktur bawah permukaan, metode gaya berat, SVD (*Second Vertical Derivative*), Pemodelan 2D

**Abstract:** The identification of subsurface structures in Pematang Buluh village was carried out using the gravity method based on anomalies generated from satellite images. Satellite image measurements are obtained from *Geodetic Satellite* (GeoSat) and *European Remote Sensing-1* (ERS-1) measurements that have been corrected to free air correction. Data processing is done to obtain the *Complete Bouger Anomaly* (CBA) value. The method used is the derivative analysis method (*First horizontal derivative* and *Second vertical derivative*) and 2-dimensional modeling. The results obtained in the structural analysis of the SVD graph identified the presence of faults in the form of rising faults in both *slicing*. The results of 2D subsurface modeling show two rock layers and interpreted as geothermal systems. The first layer with a density of  $2.21 \text{ gr/cm}^3$  in the form of claystone is interpreted as *caprock*. The second layer with a density of  $2.35 \text{ gr/cm}^3$  in the form of sandstone is interpreted as a reservoir.

**Keywords:** Subsurface structure, Gravity method, SVD (*Second Vertical Derivative*), 2D modeling

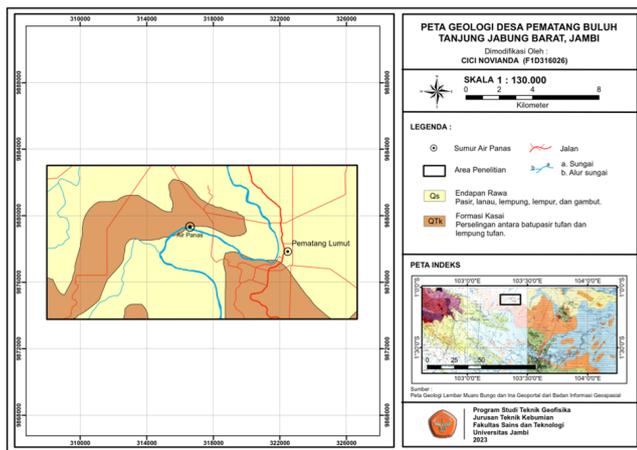
## 1 PENDAHULUAN

Struktur bawah permukaan merupakan suatu kondisi yang ada disuatu daerah sebagai akibat dari terjadinya perubahan-perubahan pada batuan dari proses tektonik atau proses lainnya. Terjadinya proses tektonik mengakibatkan batuan (batuan beku, sedimen, dan metamorf) dan kerak bumi akan berubah susunan dari keadaan semula (Chumairoh, 2014). Berdasarkan informasi geologi daerah penelitian berada di Formasi Kasai (*QTK*) dengan litologi penyusun Tuff dan Tuff pasir dan tidak ditemukan adanya struktur geologi di sekitar lokasi penelitian.

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan yaitu metode gaya berat. Metode ini didasari adanya anomali gaya berat yang timbul akibat adanya perbedaan densitas secara lateral. Prinsip dari metode ini berdasarkan kepada anomali *gravity* yang muncul karena adanya keanekaragaman rapat massa batuan yang menggambarkan adanya struktur geologi dibawah permukaan bumi (Ramadhani, 2014).

Metode gaya berat adalah salah satu metode geofisika yang dipilih pada penelitian kali ini yang didasarkan pada pengukuran medan gravitasi. Pengukuran ini dapat dilakukan di permukaan bumi, di kapal maupun di udara. Dalam metode ini yang dipelajari adalah variasi medan gaya berat akibat variasi rapat massa batuan di bawah permukaan sehingga dalam pelaksanaannya yang diselidiki adalah perbedaan medan gravitasi dari suatu titik observasi terhadap titik observasi lainnya. Metode gaya berat adalah suatu usaha untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan berdasarkan pada variasi medan gravitasi bumi yang diakibatkan oleh perbedaan densitas batuan bawah permukaan. Identifikasi adanya struktur di bawah permukaan didapatkan dari variasi nilai densitas batuan di bawah permukaan (Kearey dkk., 2002).

Metode gaya berat dilandasi oleh Hukum Newton yang menyatakan gaya tarik menarik antara dua buah partikel sebanding dengan perkalian massa kedua partikel tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara pusat keduanya. Prinsip metode ini berdasarkan anomali gaya berat yang muncul karena adanya keanekaragaman rapat massa batuan. Keanekaragaman batuan tersebut mencirikan adanya suatu struktur geologi atau batas lapisan, serta bahan-bahan penyusun lapisan tersebut, termasuk kehadiran fluida di dalamnya (Meilisa, 2013).



Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian.

Lokasi penelitian berada di Desa Pematang Buluh, Kecamatan Betara, Kabupaten Tanjung Jabung Barat. Desa Pematang buluh berbatasan dengan Desa Pematang Lumur disebalah timur, Desa Lubuk Terentang disebalah selatan, Desa Bram Itam Jaya disebalah barat, Desa Serdang Jaya dan Desa Muntialo disebalah utara. Lokasi penelitian tinjukkan pada Gambar 1.

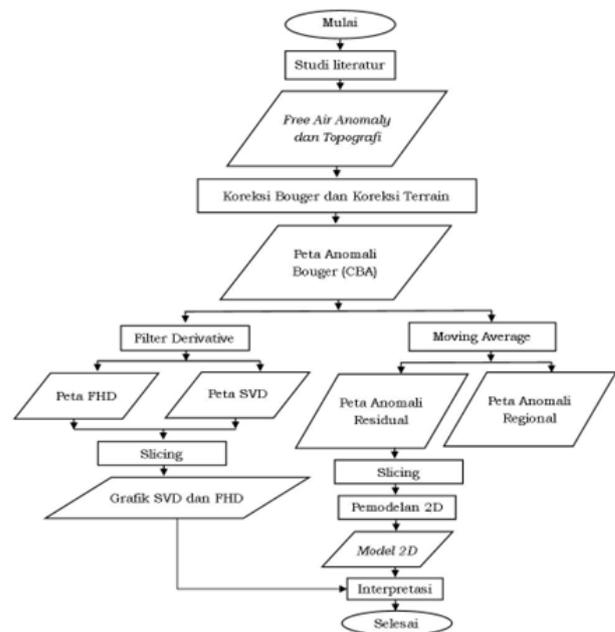
Peta geologi daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Muaro Bungo. Berdasarkan peta geologi daerah penelitian pada Gambar 1, lokasi penelitian termasuk kedalam formasi Endapan Rawa (*Qs*) dan formasi Kasai (*QTK*). Formasi Endapan Rawa (*Qs*) tersusun oleh litologi lanau, lempung, dan sisa tumbuhan. Formasi Kasai (*QTK*) tersusun oleh litologi batupasir tufan, batupasir kuarsa, konglomerat aneka bahan, tuf, batulempung tufaan dan batupasir tufaan (DeCoster, 1974).

Pada tahun 2012 di Desa Pematang Buluh ditemukan air panas dari hasil pengeboran sumur air bersih yang berada pada kedalaman 260 meter keluar tanpa bantuan mesin penghisap. Pengeboran sumur bertujuan untuk mengatasi kelangkaan air bersih di desa tersebut dengan menggunakan interpretasi seismik oleh konsultan dari pemerintah. Namun pada peta geologi, daerah penelitian tidak menunjukkan adanya keberadaan sesar dan tidak ditemui manifestasi panas bumi di permukaan.

Oleh karena itu penelitian dilakukan dengan memanfaatkan data anomali gaya berat. Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data gaya berat dan data topografi dari satelit Topex. Hasil dari pengolahan data akan dimodelkan secara 2D dengan menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* dan dilakukan analisa menggunakan metode *derivative* dan analisa spektral dimana nantinya agar mempermudah peneliti melakukan interpretasi struktur bawah permukaan pada daerah penelitian.

## 2 METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini tidak perlu terjun ke lapangan untuk pengambilan data anomali gayaberat. Anomali gayaberat yang digunakan diperoleh dari citra satelit yang dapat diakses di website [http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi). Data yang diperoleh yaitu koordinat longitude, latitu-



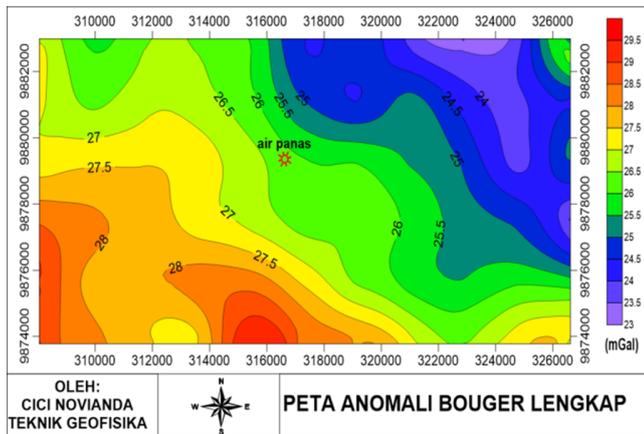
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

de, elevasi, dan FAA yang tersusun secara grid dengan teratur dalam format ASCII-XYZ sesuai dengan batas-batas yang diinputkan.

Selanjutnya setelah didapatkan data, dilakukan pengolahan menggunakan *software Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai *Complete Bouger Anomali (CBA)*. Tahapan selanjutnya setelah didapatkan nilai CBA, dilakukan pemisahan anomali antara anomali regional (dalam) dan residual (dangkal). Pemisahan anomali dilakukan dengan metode *moving average*. Pada proses ini, dilakukan *slicing* pada peta CBA dengan jumlah *slicing* 6 lintasan yang akan dilakukan FFT untuk mendapatkan nilai *K* (bilangan gelombang) dan *Ln a* (amplitudo). Dari kurva *Ln a* dan *K* memiliki *trend* pola kontur tinggi dan *trend* pola kontur rendah. Tahapan selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menggunakan analisa *derivative* untuk membantu analisa struktur bawah permukaan. Analisa *derivative* yang digunakan yaitu First Horizontal Derivative (FHD) dan Second Vertical Derivative (SVD). Analisa *derivative* dilakukan *slicing* yang memotong titik air panas tempat penelitian. Pemodelan bawah permukaan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Oasis Montaj* pada menu *Gym-Sys*. Setelah itu dilakukan interpretasi secara kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif dengan cara menganalisa kontur anomali CBA, regional, dan residual. Interpretasi kuantitatif dengan cara menganalisa hasil FHD, SVD, dan pemodelan 2D.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data anomali *gravity* hasil pengukuran satelit harus dilakukan proses pengolahan data sebelum diinterpretasikan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan. Setelah dilakukan pengolahan, akan didapatkan data *Complete Bo-*



Gambar 3. Peta Anomali Bouger Lengkap (CBA).

uger Anomali (CBA) yang akan dipetakan kedalam kontur menggunakan software *Surfer 11*.

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan anomali bouger lengkap daerah penelitian memiliki nilai sebaran anomali berkisar antara 23 mGal hingga 29.5 mGal. Variasi nilai anomali tersebut diakibatkan oleh adanya perbedaan kontras densitas atau perbedaan rapat massa batuan didaerah penelitian. Distribusi anomali dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu anomali rendah dan anomali tinggi. Anomali rendah ditunjukkan dengan kontras warna ungu hingga hijau yang memiliki variasi nilai anomali berkisar 23 mGal hingga 26.5 mGal yang berada pada bagian utara sampai bagian tenggara. Anomali tinggi ditunjukkan dengan kontras warna kuning hingga merah yang memiliki variasi nilai anomali berkisar 27 mGal hingga 29.5 mGal yang berada pada bagian selatan hingga bagian barat. Anomali tinggi pada daerah penelitian diperkirakan berasal dari batuan yang memiliki densitas yang tinggi, sebaliknya anomali rendah pada daerah penelitian diperkirakan berasal dari batuan yang memiliki densitas yang relatif rendah.

Pada dasarnya anomali bouger lengkap atau CBA merupakan respon anomali yang berada pada zona dalam (*regional*) dan zona dangkal (*residual*), sehingga harus dilakukan proses pengolahan pemisahan anomali regional dan anomali residual dengan menggunakan metode *moving average*. Analisis spektral dilakukan untuk mengestimasi nilai kedalaman suatu anomali gayaberat dan juga untuk mengetahui lebar jendela yang akan digunakan untuk proses pemisahan anomali regional dan anomali residual.

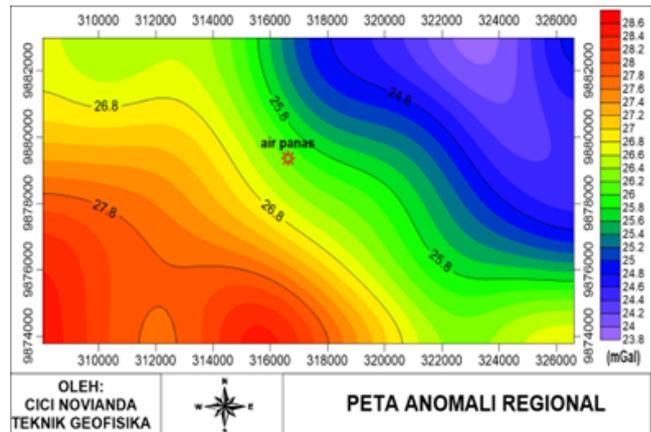
Dalam penelitian ini dilakukan 6 lintasan analisis spektral. Nilai  $G_{obs}$  yang diperoleh dari 6 *slice* tersebut, selanjutnya dilakukan pengolahan dengan menggunakan Microsoft Excel melalui *Fourier Transform* (FFT) untuk mendapatkan nilai  $K$  dan  $Ln A$  dari masing-masing lintasan. Hasil dari analisis spektral berupa kedalaman bidang diskontinuitas yang dapat menunjukkan bidang yang dalam dan bidang yang dangkal pada 6 *slice* tersebut.

Berdasarkan pada Tabel 1 dapat dilihat nilai rata-rata kedalaman anomali regional berkisar 5747.45 kilometer dan kedalaman anomali residual berkisar 260.35 kilometer. Nilai rata-rata lebar jendela (N) yang diperoleh yaitu 22.6249 yang dibulatkan menjadi 23.

Data anomali gaya berat merupakan gabungan antara efek anomali regional (dalam) dan anomali residual (dang-

Tabel 1. Hasil Analisis Spektral.

Slice	Regional	Residual	N
1	-5452.3	-223.6	22.3977
2	-5610.6	-197.99	22.8917
3	-5391.7	-275.76	22.7465
4	-5481.4	-223.82	21.7939
5	-6390.8	-241.97	22.8227
6	-6157.9	-398.98	23.0968
<b>Avg</b>	<b>-5747.45</b>	<b>-260.3533</b>	<b>22.6249</b>

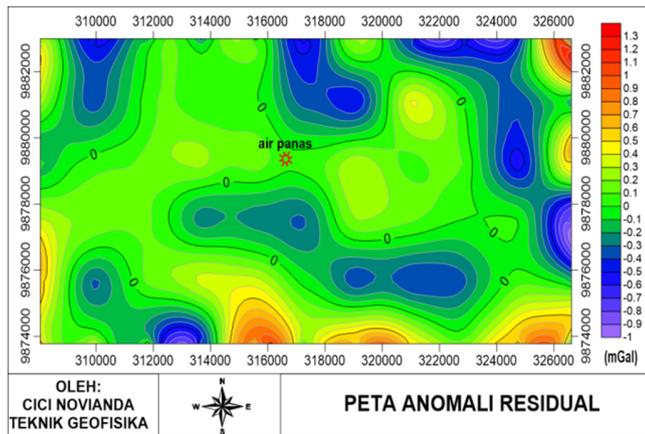


Gambar 4. Peta Anomali Regional.

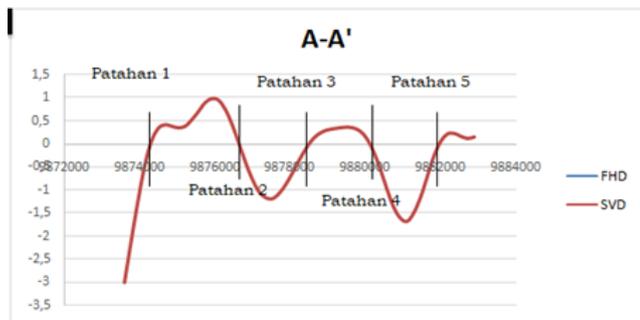
kal), sehingga harus dilakukan proses pemisahan pada kedua anomali tersebut. Pemisahan anomali regional dan residual bertujuan untuk mendapatkan sumber anomali dalam dan dangkal, dimana pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode *moving average*. Hasil yang diperoleh dari *moving average* adalah anomali regional (dalam). Sedangkan untuk anomali residual (dangkal) diperoleh dari selisih antara anomali bouger dengan anomali regional dengan menggunakan perangkat lunak *Surfer*.

Anomali regional merupakan anomali yang menggambarkan struktur bawah permukaan yang lebih dalam seperti batuan dasar sehingga cenderung lebih homogen. Berdasarkan Gambar 4 variasi nilai anomali regional berkisar di rentang 23.8 mGal hingga 28.6 mGal dengan kedalaman rata-rata anomali berkisar 5747.45 berdasarkan hasil analisis spektral pada tabel 5. Nilai anomali regional tinggi berkisar antara 27 mGal sampai 28.6 mGal berada pada arah selatan hingga barat. Anomali regional tinggi ditunjukkan dengan kontras warna kuning hingga merah. Anomali tinggi ini berasal dari batuan yang berdensitas tinggi. Nilai anomali regional rendah berkisar antara 23.8 mGal sampai 26.4 mGal berada pada arah utara hingga timur. Anomali regional rendah ditunjukkan dengan kontras warna biru hingga hijau.

Berdasarkan Gambar 5 variasi nilai anomali berkisar antara -1.00 mGal sampai 1.3 mGal. Nilai anomali residual tinggi berkisar antara 0.4 mGal sampai 1.3 mGal yang ditunjukkan oleh kuning hingga kewarna merah. Nilai anomali residual rendah berkisar antara -1.0 mGal sampai 0.3 mGal yang ditunjukkan oleh warna biru hingga hijau dengan kedalaman rata-rata anomali berkisar 260.35 berdasarkan hasil analisis spektral pada tabel 5.



Gambar 5. Peta Anomali Residual.



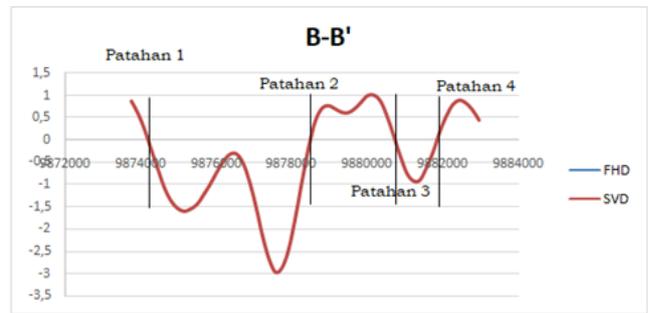
Gambar 6. Grafik Anomali SVD Pada Lintasan Slice A-A'.

Anomali tinggi pada anomali residual mengindikasikan adanya struktur *horst*. Batuan ini dijadikan sebagai pembatas antara sub-cekungan satu dengan yang lain. Anomali rendah pada anomali residual dapat diasumsikan adanya keterdapatan endapan sedimen. Struktur geologi berupa patahan/sesar memiliki nilai gravitasi yang rendah karena memiliki rongga-rongga yang berkaitan dengan rendahnya densitas batuan.

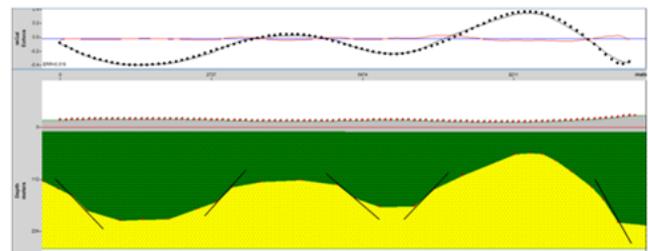
Analisis dari struktur bawah permukaan akan menghasilkan hasil yang beragam, sehingga digunakan metode analisa *derivative* yang digunakan yaitu *Second Vertical Derivative* (SVD). Anomali *Second vertical derivative* dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis patahan turun, patahan naik, ataupun patahan mendatar. *Second vertical derivative* dilakukan untuk memunculkan efek dangkal dari pengaruh regionalnya yang digunakan untuk mendeteksi anomali yang disebabkan oleh struktur. Pada *Second vertical derivative* anomali yang disebabkan oleh struktur geologi akan memiliki nilai mutlak maksimum dan nilai mutlak minimum serta dibatasi dengan nilai nol atau mendekati nol sebagai batas karakteristik geologi.

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat grafik *slicing* pada lintasan A-A' yang merupakan respon anomali gayaberat dengan menggunakan filter *derivative* yaitu *second vertical derivative*, SVD. Hasil SVD memperlihatkan terdapat nilai minimum dan maksimum yang merupakan bidang kontak dibatasi oleh nilai kontras anomali nol atau mendekati nol sebagai batas karakteristik geologi yang merupakan letak dari struktur geologi.

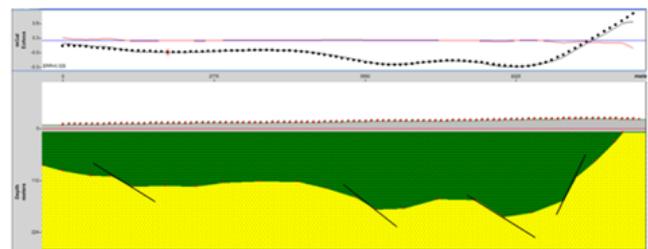
Pada grafik (Gambar 6) terdapat 5 titik yang diasum-



Gambar 7. Grafik Anomali SVD Pada Lintasan Slice B-B'.



Gambar 8. Hasil Pemodelan 2 Dimensi Pada Slice A-A'.



Gambar 9. Hasil Pemodelan 2 Dimensi Pada Slice B-B'.

sikan sebagai patahan dengan nilai SVD berada di 0 atau mendekati 0. Berdasarkan analisis grafik pada Tabel 2, dimana nilai mutlak SVD minimum lebih besar dibandingkan dengan SVD maksimum, maka dapat diinterpretasikan jenis patahannya berupa patahan naik.

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat grafik *slicing* pada lintasan B-B' yang merupakan respon anomali gayaberat dengan menggunakan filter *derivative* yaitu *second vertical derivative* SVD. Hasil SVD memperlihatkan terdapat nilai minimum dan maksimum yang merupakan bidang kontak dibatasi oleh nilai kontras anomali nol atau mendekati nol sebagai batas karakteristik geologi yang merupakan letak dari struktur geologi.

Pada grafik (Gambar 7) terdapat 4 titik yang diasumsikan sebagai patahan dengan nilai SVD berada di 0 atau mendekati 0. Berdasarkan analisis grafik pada Tabel 3, dimana nilai mutlak SVD minimum lebih besar dibandingkan dengan SVD maksimum, maka dapat diinterpretasikan jenis patahannya berupa patahan naik.

Hasil pemodelan 2D dapat diinterpretasikan adanya sistem panas bumi dengan ditemukannya air panas yang berada dibawah permukaan. Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9 terdapat dua lapisan batuan. Lapisan pertama (warna kuning) dengan densitas  $2.21 \text{ gr/cm}^3$  berupa batu lem-

**Tabel 2.** Analisis Patahan Pada Lintasan Slice A-A'.

No	Patahan	Anomali SVD		SVD Min dan SVD Max	Jenis Patahan
		Min	Max		
1	Patahan 1	3.0	0.4	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik
2	Patahan 2	1.1	0.9	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik
3	Patahan 3	1.1	0.4	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik
4	Patahan 4	1.6	0.4	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik
5	Patahan 5	1.6	0.2	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik

**Tabel 3.** Analisis Patahan Pada Lintasan Slice B-B'.

No	Patahan	Anomali SVD		SVD Min dan SVD Max	Jenis Patahan
		Min	Max		
1	Patahan 1	1.5	0.8	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik
2	Patahan 2	2.9	0.7	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik
3	Patahan 3	1.0	0.9	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik
4	Patahan 4	1.0	0.8	$SVD_{min} > SVD_{max}$	Patahan Naik

pung diinterpretasi sebagai batuan penutup (*caprock*). Batu lempung memiliki porositas dan permeabilitas yang rendah (*impermeable*), sehingga sulit dilalui fluida. Lapisan kedua (warna orange) dengan densitas  $2.35 \text{ gr/cm}^3$  berupa batu pasir diinterpretasi sebagai reservoir. Batu pasir memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi (*permeable*), sehingga batuan ini memiliki kemampuan yang baik untuk mengalirkan fluida. Pada lapisan kedua diinterpretasi terdapat sub cekungan yang diduga adanya lapisan akuifer.

Desa Druju – Malang Selatan. Bachelor’s thesis, Universitas Brawijaya.

#### 4 KESIMPULAN

Peta anomali bouger lengkap atau CBA daerah penelitian memiliki nilai anomali bouger berkisar antara 23 mGal hingga 29.5 mGal. Pada anomali residual menunjukkan nilai anomali berkisar antara -1.00 mGal sampai 1.3 mGal. Keberadaan titik sumur air panas berada pada anomali rendah dengan nilai anomali berkisar -0.1 mGal sampai 0.3 mGal. Pada analisis *derivative* pada grafik SVD, diidentifikasi terdapatnya patahan berupa patahan naik pada kedua *slicing*. Hasil pemodelan bawah permukaan secara 2D terdapat dua lapisan batuan dan diinterpretasi adanya sistem panas bumi. Lapisan pertama dengan densitas  $2.21 \text{ gr/cm}^3$  berupa batu lempung diinterpretasi sebagai batuan penutup (*caprock*). Lapisan kedua dengan densitas  $2.35 \text{ gr/cm}^3$  berupa batu pasir diinterpretasi sebagai reservoir.

#### Pustaka

- Chumairoh, D. (2014): Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Gayaberas Di Daerah Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat. Bachelor’s thesis, Universitas Brawijaya.
- DeCoster, G.L. (1974): The geology of the central and south sumatra basin. *Proceedings of Indonesian Petroleum Association, 3rd Annual Convention*.
- Kearey, P., Brooks, M. Hill, I. (2002): An Introduction to Geophysical Exploration. Wiley, ISBN 9780632049295.
- Ramadhani, W. (2014): Ramadhani, Winda dkk. 2014. Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Gravity Di Desa Sumbermanjingwetan dan