



Identifikasi Potensi Sistem Panasbumi Berdasarkan Korelasi Data Geologi Dan Data Gravitasi Dengan Menggunakan Teknik *Filtering First Horizontal Derivative (FHD) - Second Horizontal Derivatif (SVD)*

Syafrima Wahyu^{1,*}, Yunus Daud², Tony Rahadinata³ dan Sari Sekar Ningrum⁴

¹ Teknik Fisika, Universitas Binawan, Jakarta

² Magister Program in Geothermal Eksploration Graduate Program of Physical Sciences, Department of Physics, FMIPA Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, Depok 16424, Indonesia

³ Pusat Sumber Daya Mineral Batu Bara dan Panas Bumi, Badan Geologi, Kementerian ESDM, Bandung

⁴ Teknik Lingkungan, Universitas Binawan, Jakarta

*) *Corresponding author*: syafrima@binawan.ac.id

(Received 31-Oct-19 • Revised 15-Nov-19 • Accepted 29-Nov-2019)

Abstract

Geothermal area "Z" in tectonic setting included in Sumatra volcanic back-arc, right on one of the southern part of Sumatra fault segment, composes by volcanic and clastic sedimentary rock are Tertiary to Quaternary (Andesite-Basalt). The existence of the geothermal system in this area is indicated by the presence of thermal manifestation in the form of alteration and five hot springs temperature in the ranges 44.4 – 92.5°C, and pH 8.19 – 9.43. Gravity data processing used Complete Bouguer Anomaly (CBA) separation, First Horizontal Derivative (FHD) filtering, and Second Vertical Derivative (SVD) filtering to determine the possible location of the heat source and the location of the contact area where the anomaly occurred and the type of fault. Based on the slicing of the FHD and SVD, the structure on the geological map is dominated by regional reverse faults and normal faults, and structures of high complexity that are local. The surface manifestation of the geothermal system is around the high gravity residual anomaly (8-24 mgal), which indicates the presence of compact and massive rocks. It is estimated that the geothermal system in the study area, including the type of tectonic fracture zone and high anomalies around APZ1-APZ2-APZ3, has intrusive rocks that play an important role as a heat source.

Abstrak

Daerah panasbumi "Z" dalam tatanan tektoniknya termasuk pada jalur back-arc Sumatera, tepat pada salah satu segmen sesar Sumatera bagian selatan, disusun oleh batuan vulkanik dan sedimen klastik yang berumur Tersier hingga Kuartar (Andesit-Basalt). Gejala adanya potensi sistem panasbumi pada daerah penelitian ditandai dengan kemunculan manifestasi permukaan berupa alterasi dan lima mata air panas bersuhu 44,4 – 92,5 °C dan pH antara 8,19 – 9,43. Pengolahan Data gravitasi menggunakan teknik pemisahan Complete Bouguer Anomali (CBA), filtering First Horizontal Derivative (FHD) dan filtering Second Vertical Derivative (SVD) untuk mengetahui kemungkinan lokasi sumber panas dan letak bidang kontak terjadinya anomali serta jenis sesarnya. Berdasarkan slicing lintasan FHD dan SVD, struktur pada peta geologi didominasi oleh sesar naik dan sesar normal yang bersifat regional, serta struktur dengan kompleksitas tinggi yang bersifat lokal. Kemunculan manifestasi permukaan sistem panasbumi berada disekitar nilai anomali residual gravitasi tinggi (8 – 24 mgal) yang mengindikasikan terdapatnya batuan yang kompak dan massif. Diperkirakan sistem panasbumi daerah penelitian termasuk jenis tektonik fracture zone serta anomali tinggi yang berada di sekitar APZ1-APZ2-APZ3 tersebut terdapat batuan intrusi yang berperan penting sebagai sumber panas.

Keywords: *FHD-SVD filtering, geological data, geothermal tectonic fracture zone system, gravity anomaly*

PENDAHULUAN

Energi geothermal merupakan energi yang dapat diperbarui, ramah lingkungan, dan bersih karena emisi CO₂ yang dihasilkan rendah [1]. Rendahnya DSR (*Drilling Success Ratio*) sumur geothermal serta tingginya biaya pengeboran sumur geothermal yang berkisar antara 2 – 5 kali lebih tinggi (\$ 5 – 8 juta) dibandingkan sumur migas mengakibatkan tingginya resiko kerugian investasi dan pengembangan geothermal. Sementara itu kebutuhan akan energi listrik di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Keberhasilan dari tahapan eksplorasi geothermal sangatlah penting guna memprediksi dan merekomendasikan area pemboran dengan tepat dan akurat sehingga dapat meningkatkan tingkat keberhasilan pengeboran [2]. Oleh karena itu tahapan survei pendahuluan dalam eksplorasi geothermal sangat penting untuk dijadikan fokus utama.

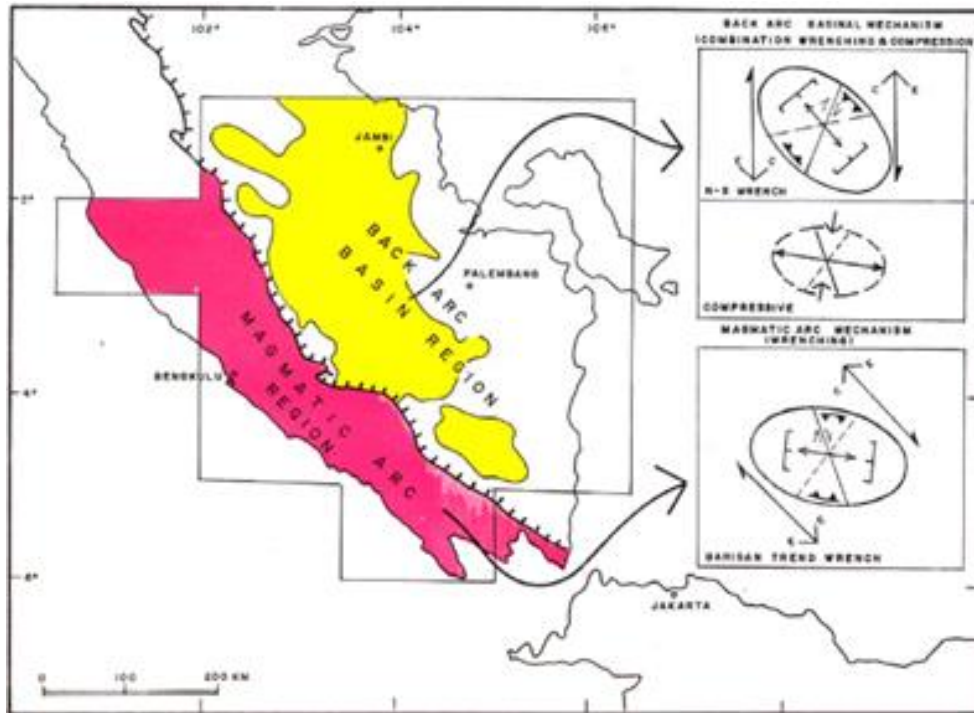
Survei pendahuluan yang umumnya digunakan dalam tahapan kegiatan eksplorasi geothermal antara lain Survei Geologi, Survey Geokimia dan Survey Geofisika dalam hal ini metode gravitasi. Survey Geologi bermanfaat untuk memetakan struktur, zona alterasi dan lithology (*geological map*). Sedangkan survey geokimia bermanfaat untuk mengetahui hidrologi, zona *up/out flow*, tipe/karakteristik fluida sistem geothermal dan perkiraan temperatur reservoir. Serta survey geofisika menggunakan metode gravitasi yang berfungsi untuk mengetahui keberadaan atau lokasi dari *heat source* dan juga patahan [3]. Ketiga survey ini dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik sistem geothermal dari suatu daerah penelitian.

Metode gravitasi adalah salah satu metode yang biasa digunakan dalam eksplorasi geothermal sebagai metode pendahuluan dalam melakukan akuisisi data lapangan. Metode gravitasi merupakan metode yang memanfaatkan besaran fisis medan gravitasi (gaya berat) terukur di permukaan bumi. Metode ini merespon secara langsung penambahan serta pengurangan massa yang ada di bawah permukaan bumi. Pengolahan data gravitasi ini menggunakan teknik *filtering First Horizontal Derivative (FHD)* dan *filtering Second Vertical Derivative (SVD)* yang dapat diinterpretasikan sebagai letak bidang kontak terjadinya anomali serta jenis sesarnya.

Data penelitian ini merupakan hasil penyelidikan lapangan Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) di kabupaten Oku Selatan, Sumatera Selatan yang selanjutnya oleh penulis disebut sebagai daerah “Z”. Secara regional perkembangan struktur geologi di Sumatera Selatan pada prinsipnya dipengaruhi oleh beberapa rejim tektonik. Pada cekungan Sumatera Selatan, struktur geologi pada umumnya ditunjukkan oleh dua komponen utama, yaitu (1) batuan dasar pra-Tersier yang membentuk *half graben*, *horst*, dan blok sesar, dan (2) elemen struktur berarah barat laut – tenggara dan struktur depresi di timur laut yang keduanya terbentuk sebagai akibat dari orogen Plio-Plistosen [4].

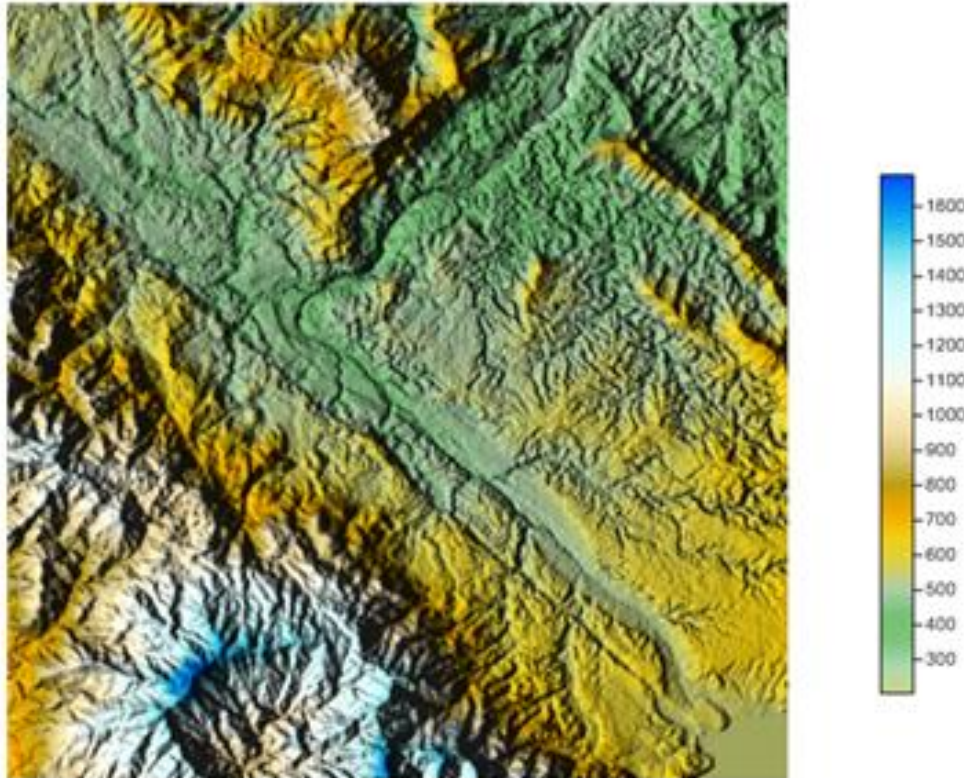
Jenis Struktur yang umum dijumpai di cekungan Sumatera terdiri dari lipatan, sesar, dan kekar. Struktur lipatan memperlihatkan orientasi barat laut-tenggara, melibatkan sikuen batuan berumur Oligosen-Plistosen [4]. Sedangkan sesar yang ada merupakan sesar normal dan sesar naik. Sesar normal dengan pola kelurusan barat laut – tenggara tampak berkembang pada runtuan batuan berumur Oligosen-Miosen, sedangkan struktur dengan arah umum timur laut-barat daya, utara-selatan, dan barat –timur terdapat pada sikuen batuan berumur Plio-Plistosen. Sesar naik biasanya berarah barat laut-tenggara, timur laut-barat daya dan barat-timur, dijumpai pada batuan berumur Pli-Plistosen dan kemungkinan merupakan hasil peremajaan (*reactivation*) struktur tua yang berupa sesar tarikan (*extensional faults*). Struktur rekahan yang berkembang (Gambar 1) memperlihatkan arah umum timur laut-barat daya,

relatif tegak lurus dengan *strike* struktur regional atau sejajar dengan arah pergerakan tektonik di Sumatera.

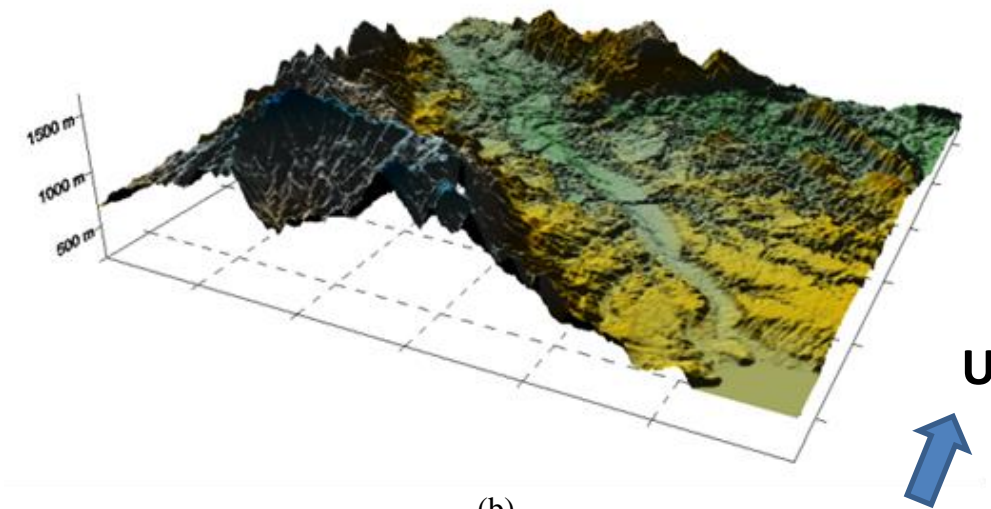


Gambar 1. Ilustrasi mekanisme pembentukan struktur Geologi di cekungan belakang busur dan busur vulkanik di daerah Sumatera Selatan [5]

Satuan geomorfologi di daerah panasbumi “Z” terbagi menjadi 4 satuan, yaitu satuan geomorfologi perbukitan curam, perbukitan bergeombang sedang, perbukitan bergelombang lemah, dan pedataran [6].

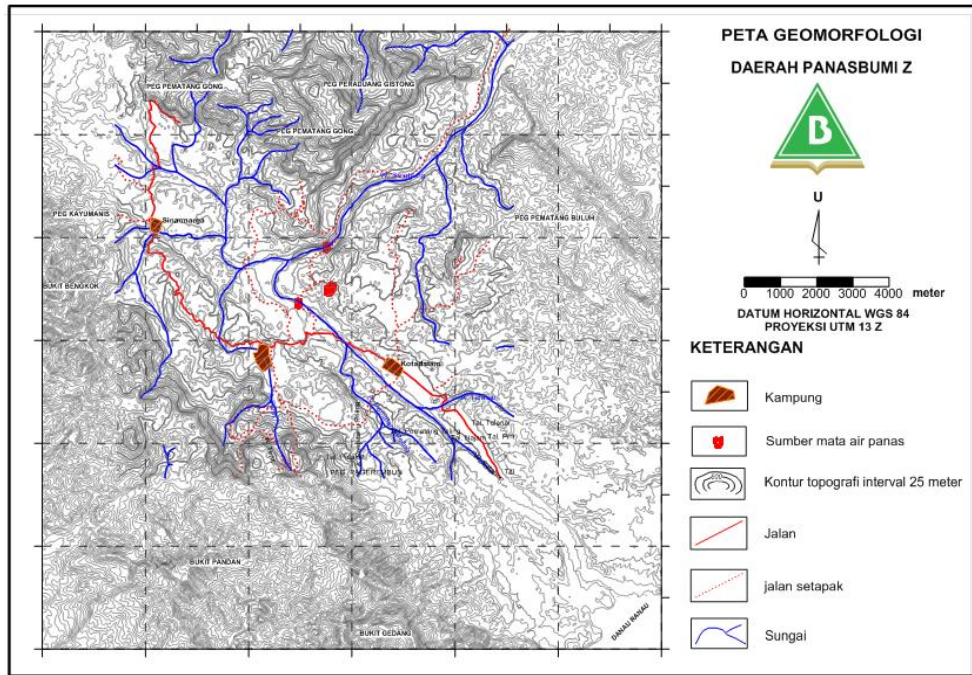


(a)



(b)

Gambar 2. Topografi (citra DEM) daerah panasbumi Z dengan visualisasi *terrain colors* (a) mendatar (b) 3-D



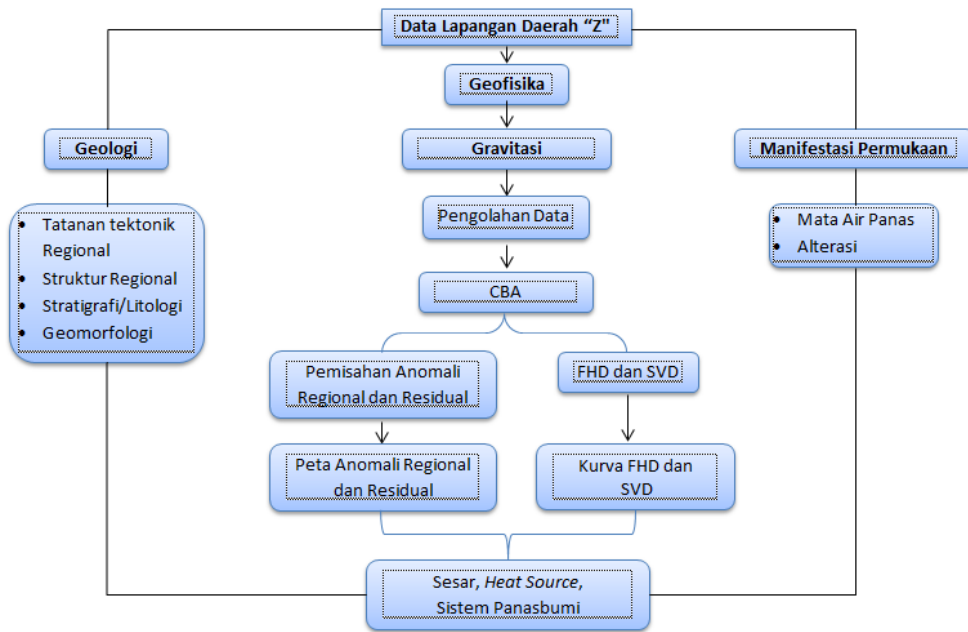
Gambar 3. Peta geomorfologi daerah “Z” ([2], dimodifikasi oleh penulis)

Pada tahun 2011, Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) melakukan penarikan arah struktur berdasarkan data citra Aster maupun data peta Digital Elevation Model yang kemudian diolah dengan menggunakan program Rockware. Analisis *Fracture and Fault Density* menunjukkan nilai anomali tinggi disekitar air panas pada perpotongan sesar Kota dalam dan “Z”. Struktur utama yang berkembang di daerah panasbumi “Z” berdasarkan diagram *Rose* menunjukkan arah $N 45^{\circ} W - N 235^{\circ} W$. Untuk memperkuat hasil penarikan arah struktur tersebut, diperlukan data gravitasi yang diolah menggunakan *filtering* FHD dan SVD.

Penelitian ini mengorelasikan data geologi daerah “Z” dengan data gravitasi daerah “Z” untuk mengidentifikasi patahan yang terjadi dan kemungkinan keberadaan *heat source* sistem panas bumi daerah “Z” menggunakan teknik pemisahan *Complete Bouguer Anomali* (CBA), *filtering* FHD dan *filtering* SVD.

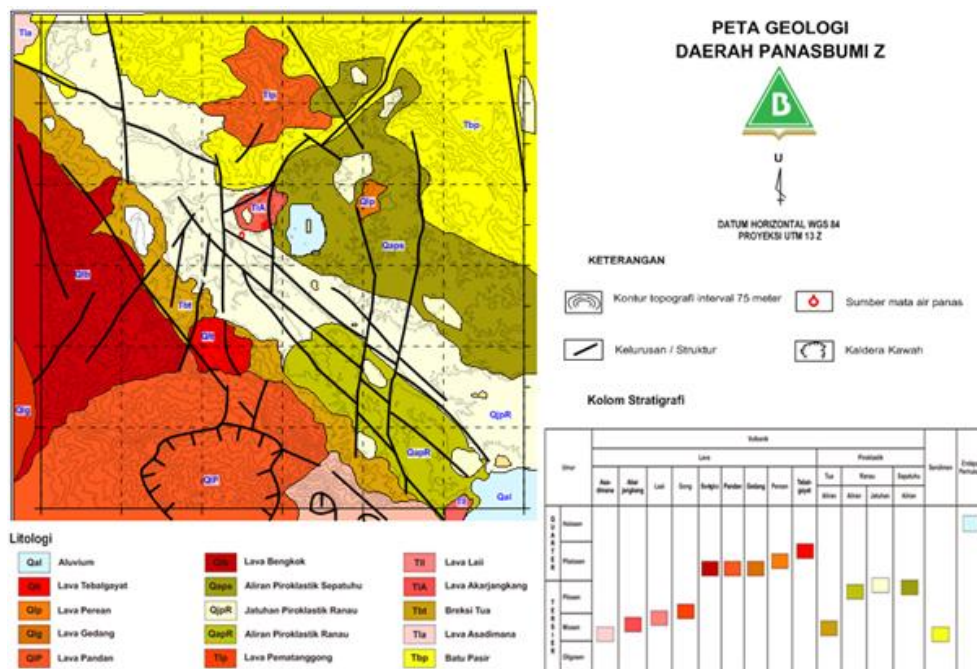
METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan studi literatur, memahami dan mempelajari tentang konsep dasar sistem panasbumi, eksplorasi panasbumi, dan metode gravitasi. Studi literatur meliputi kondisi geologi daerah “Z”, kemunculan manifestasi permukaan sistem panas bumi serta jenis sistem panas bumi yang ada. Pada data metode gravitasi dilakukan pemisahan anomali regional dengan anomali residual dari peta CBA. Anomali regional didapatkan dengan menggunakan metode *polynomial Trend Surface Analisis* (TSA) orde-1. Disamping itu pada data CBA dilakukan teknik *filtering* FHD dan SVD. Hasil lintasan / *slicing* yang sama pada grafik CBA, FHD dan SVD dilakukan komparasi untuk menentukan jenis sesarnya serta mengorelasikannya dengan literasi data geologi daerah “Z”. Jenis / tipe sistem panas bumi yang terjadi pada daerah “Z” mengacu pada literasi dengan mempertimbangkan kesesuaiannya dengan data geologi, manifestasi permukaan sistem panas bumi dan data gravitasi.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 5. Peta Geologi daerah panasbumi “Z” ([6], dimodifikasi oleh penulis)

Berdasarkan pada Gambar 5. tersebut maka sesar – sesar di daerah “Z” dikelompokkan menjadi tiga pola arah utama yaitu utara-selatan, baratlaut-tenggara dan baratdaya-timurlaut [6]. Disamping pola tersebut dapat dikenali adanya bentukan struktur kawah yang muncul pada batuan vulkanik.

Pola sesar barat laut – tenggara, sesar dengan pola ini ditunjukkan oleh sesar Asadimana, sesar Kayumanis, sesar Teluk Agung, sesar Kotadalam, dan sesar “Z” yang mengisi bagian tengah dari depresi Selabung. Sesuai dengan pembentukan sesar Sumatera kemungkinan sesar ini dipotong oleh sesar lain yang berpola utara-selatan dan baratdaya-timurlaut yang diperkirakan berumur lebih muda. Sesar “Z” dan sesar Kotadalam diperkirakan mengontrol munculnya air panas Selabung Dumping yang muncul di dinding sungai “Z”

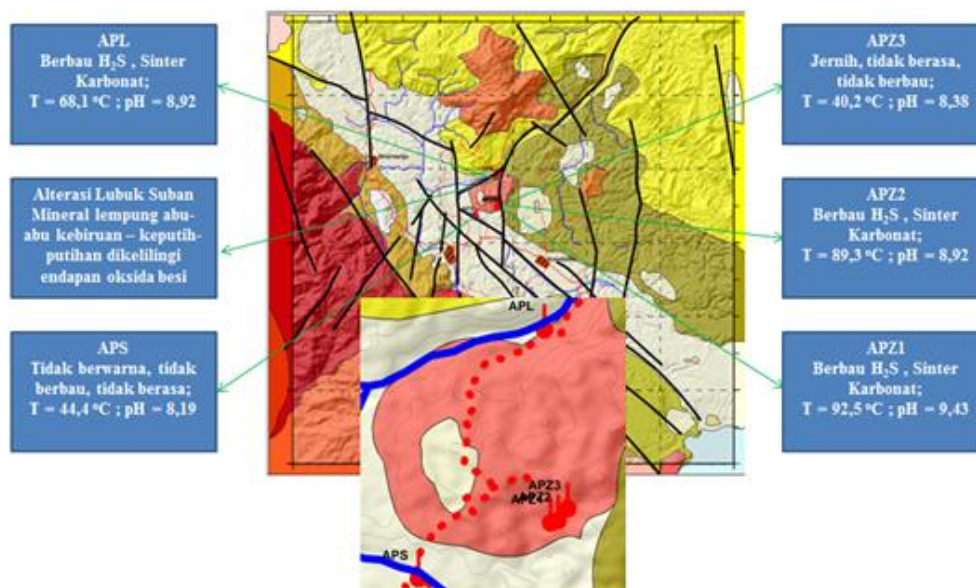
Pola sesar utara – selatan, pola ini diwakilkan oleh sesar Pematangbuluh, sesar Perean, sesar Sinarmarga dan sesar Akarjangkang. Sesar tersebut mengikuti pola sunda yang terbentuk pada Eosen dan diperkirakan merupakan sesar tua. Sesar Akarjangkang diperkirakan merupakan salah satu yang mengontrol munculnya air panas “Z” 1 – 2 dan kemungkinan sebagai pembentuk zona permeable untuk daerah reservoir daerah panas bumi “Z”.

Pola sesar baratdaya – timurlaut, pola sesar ini berlawanan dengan arah sesar Sumatera dan diperkirakan merupakan antitetiknya. Beberapa sesar yang memiliki pola ini adalah sesar Pematanggong dan sesar Gistong. Sesar Gistong diperkirakan sebagai kontrol struktur yang memfasilitasi munculnya air panas Lubuk Suban yang berada pada batuan lava andesit tua Akarjangkang.

Manifestasi Permukaan

Manifestasi permukaan merupakan observasi langsung dari ekspresi sistem panas bumi pada suatu daerah. Manifestasi ini dapat merefleksikan kondisi reservoir tempat fluida berasal. Parameter yang mengontrol manifestasi ini adalah temperatur reservoir, tipe fluida reservoir, tipe batuan reservoir, dan sumber panasnya [7].

Dari hasil penyelidikan lapangan PSDG [6] dapat dijumpai manifestasi panas bumi berupa mata air panas di Sungai “Z” (2 kelompok), di anak sungai “Z” (2 kelompok), manifestasi lainnya berupa alterasi yang muncul didekat air panas Suban (pinggir sungai “Z”). Selain manifestasi yang dilokasi survei, beberapa manifestasi air panas lain seperti di Aromantai dan Kotabatu juga dilakukan pengukuran dan pengambilan sampel sebagai pembandingan (Gambar 6).



Gambar 6. Peta manifestasi permukaan daerah panas bumi “Z”

Air Panas “Z” 1 (APZ1), Air Panas “Z” 2 (APZ2), Air Panas “Z” 3 (APZ3), Air Panas Lubuk Suban (APL), Air \Panas Selabung Damping (APS) terletak di Kampung Akar Jangkang. Mata air panas APZ1 , APZ2 dan APZ3 letaknya saling berdekatan satu sama lainnya. APZ1 memiliki temperatur 92,5 °C (temperatur udara 25,43 °C), dengan pH 9,43, elevasi 453 mdpl, daya hantar listrik 2700 $\mu\text{mhos/cm}$ dan debit aliran 0,1 L/s. APZ2 yang terletak sekitar 40 meter dari lokasi APZ1, memiliki temperatur 89,3 °C (temperatur udara 29,9 °C) dengan pH 9,47, elevasi 457 mdpl, daya hantar listrik 2130 $\mu\text{mhos/cm}$ dan debit aliran 0,05 L/s. Sementara APZ3 berada 100 meter dari lokasi APZ2, memiliki temperatur 40,2 °C (temperatur udara 30,1 °C), dengan pH 8,38 , elevasi 467 mdpl, daya hantar listrik 686 $\mu\text{mhos/cm}$ dan debit aliran 0,1 L/s. APZ1 dan APZ2 relatif jernih, tawar, berbau H₂S dan terdapat sinter karbonat, sedangkan APL3 tidak berasa, tidak berbau dan tidak terdapat sinter karbonat.

Manifestasi APL dan APS terletak di pinggir Sungai Z. Manifestasi APL memiliki temperatur 68,1 °C (temperatur udara 27 °C), dengan pH 8,92, elevasi 360 mdpl, daya hantar listrik 1196 $\mu\text{mhos/cm}$ dan debit aliran 0,5 L/s. Mata Air Panas Lubuk Suban relatif jernih, tidak berasa, berbau H₂S, dan terdapat sinter karbonat. Sedangkan APS memiliki elevasi 403 mdpl, bertemperatur 44,4 °C (temperatur udara 25,1 °C), dengan pH 8,19, daya hantar listrik 715 $\mu\text{mhos/cm}$ dan debit aliran 0,1 L/s. Mata Air Selabung Damping relatif jernih, tidak berasa dan tidak berbau.

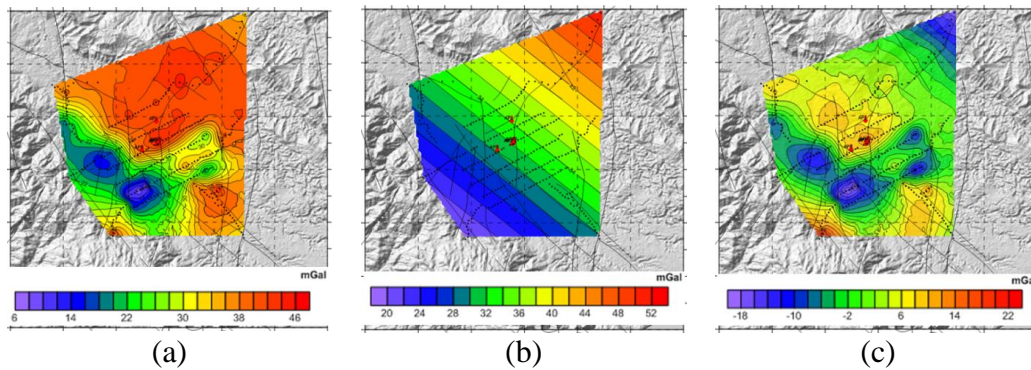
Air Panas Kota Batu (APKB) dan Air Panas Arumantai (APAR) terletak diluar lokasi penyelidikan daerah “Z”. APKB berada di Desa Kota Batu, Kecamatan Banding Agung, Kabupaten Mekakau Ilir. Manifestasi APKB terletak di sekitar lingkungan pariwisata pemandian dan kolam renang, pinggir Danau Ranau. APKB memiliki temperatur 59,3 °C (temperatur 30 °C), dengan pH 7,83, elevasi 567 mdpl, daya hantar listrik 1400 $\mu\text{mhos/cm}$ dan debit aliran 0,05 L/s. Sementara APAR berada di desa Arumantai, Kecamatan Pulau Beringin, Kabupaten Oku Selatan. APAR memiliki temperatur 56,2 °C (temperatur 21,9 °C), dengan pH 8,30, elevasi 1082 mdpl, daya hantar listrik 1800 $\mu\text{mhos/cm}$ dan debit aliran 0,2 L/s. Mata Air Panas Kota Baru dan Air Panas Arumantai relatif jernih, tidak berasa, tidak berbau serta terdapat sinter karbonat. Manifestasi ini tidak dimasukkan ke dalam pengolahan data geokimia karena lokasinya yang sangat jauh dari daerah penelitian serta tidak adanya data geologi dan geofisika yang menuju lokasi manifestasi tersebut

Alterasi Lubuk Suban berlokasi di pinggir sungai “Z” dengan jarak 20 m dari air panas Lubuk Suban (APL). Kenampakan fisik alterasi berupa mineral lempung dengan warna abu-abu kebiruan sampai keputih-putihan yang dikelilingi endapan oksida besi kemerahan. Secara megaskopis diperkirakan mineral lempung yang terbentuk berupa montmorilonit dan kaolinit. Dimensinya tidak terlalu luas, hanya berupa spot – spot kecil dengan luas sekitar 0,5 x 0,5 m². Selain berupa mineral lempung, alterasi pada batuan induk (lava basalt) juga terbentuk, penyebaran mineral klorit mengisi masa dasarnya dan beberapa mengubah mineral olivin dan piroksen.

Data Gravitasi

Karena keterbatasan perizinan data, maka dalam hal ini penulis mengacu pada laporan PSDG tahun 2011 terkait estimasi nilai densitas batuan serta nilai Anomali Bouguer daerah penelitian panasbumi “Z”. Estimasi densitas batuan dilakukan dengan cara analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan mengukur densitas contoh/sampel batuan dari lokasi penyelidikan di laboratorium Pusat Sumber Daya Geologi, sedangkan analisis kuantitatif yang digunakan adalah metode Parasnis. Hasil analisis laboratorium memperlihatkan nilai rata-rata batuan daerah penelitian panasbumi Z sekitar 2,60 gram/cm³.

Hasil metode paransis berdasarkan gradien grafik menunjukan nilai yang tidak terlampau jauh dari hasil laboratorium, yaitu sekitar 5,5954 gram/cm³. Selanjutnya densitas yang digunakan dalam perhitungan adalah 2,60 gram/cm³. Hasil pengolahan data didapatkan peta CBA seperti pada Gambar 7(a).



Gambar 7. Peta kontur (a) CBA, (b) Anomali Regional dan (c) Anomali Residual Daerah Panasbumi “Z” menggunakan *software* Surfer [1][2]

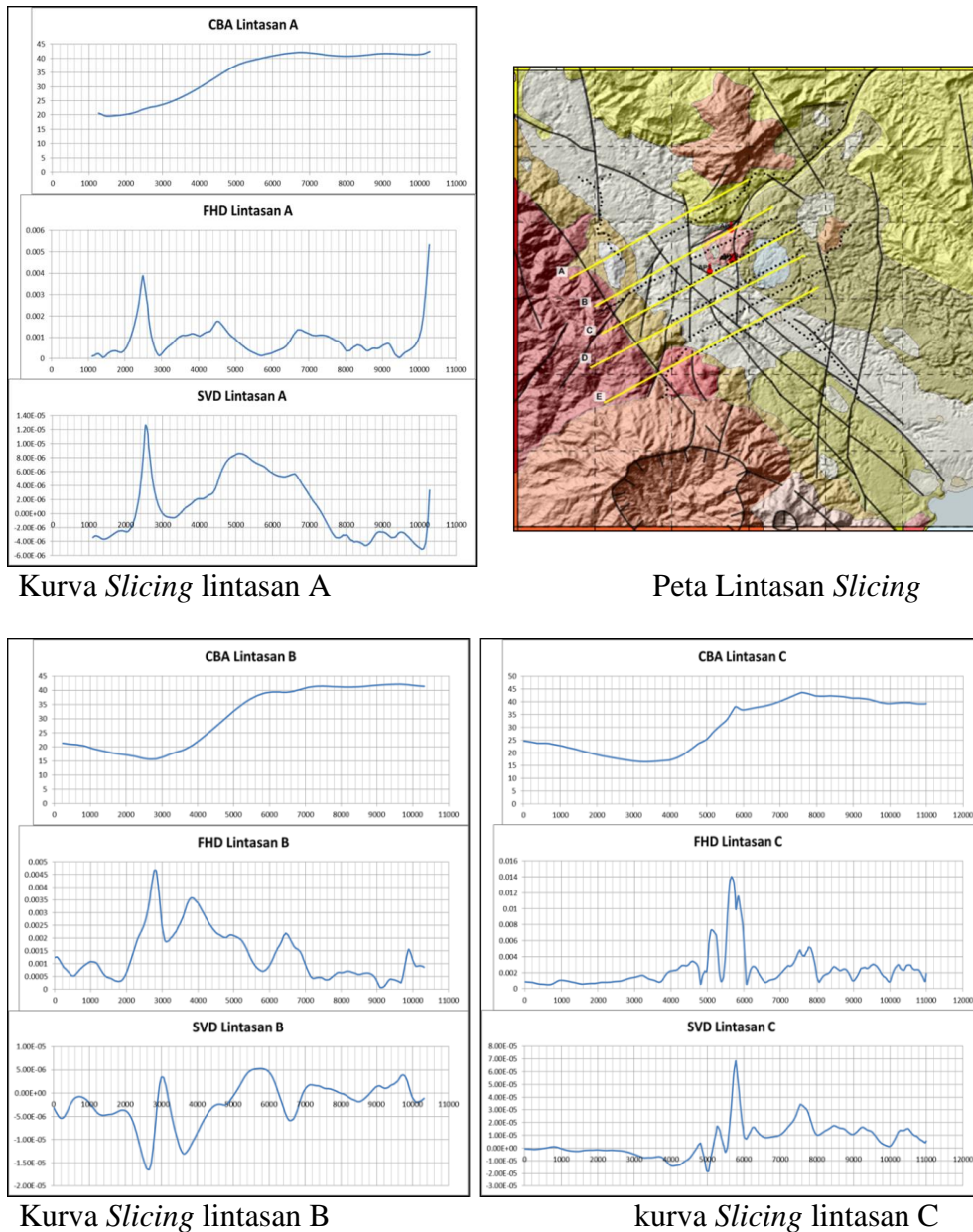
Peta anomali residual didapatkan dengan proses matematis yaitu dengan mengurangkan anomali Bouguer terhadap anomali regionalnya. Berdasarkan peta anomali residual diketahui bahwa anomali tinggi (8 – 24 mgal) ditafsirkan sebagai respon batuan yang didominasi oleh batuan lava basalt dan andesit yang kompak dan massif. kelompok anomali sedang (-6 sampai 8 mgal) ditafsirkan sebagai respon batuan yang masih didominasi oleh batuan lava yang mengalami pelapukan. Selanjutnya, Kelompok anomali rendah (-20 sampai -6 mgal) ditafsirkan sebagai respon batuan yang didominasi oleh batuan lava tua, piroklastik dan sendimen yang telah mengalami pelapukan serta ubahan kuat akibat proses hidrothermal.

Anomali rendah ini sebagian menunjukan kesamaannya dengan anomali bouguer yang mana mengisyaratkan kondisi struktur lokal searah dengan struktur dalamnya. Sedangkan anomali tinggi sangat terlihat jelas membatasi zona anomali rendah sehingga zona anomali tinggi yang berada tidak jauh dari manifestasi APZ semakin terfokus, ini memperlihatkan bahwa anomali sisa ini kemungkinan ditimbulkan oleh struktur-struktur dalam dengan kompleksitas yang tinggi.

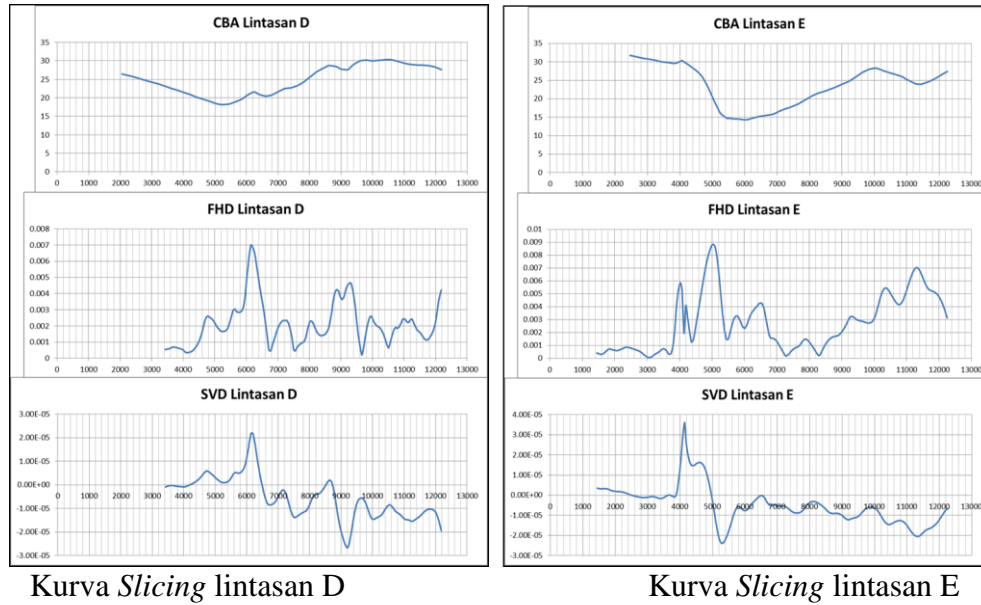
Disamping itu, pada Anomali Bouguer (CBA) di lakukan teknik *filtering* FHD dan SVD dengan men-*slicing* beberapa lintasan untuk mengetahui keberadaan atau lokasi dari patahan / beberapa struktur besar yang terdapat pada peta geologi. Beberapa struktur besar (bersifat regional) terdeteksi pada kurva FHD dan SVD. Struktur/patahan yang diperkirakan didominasi oleh sesar naik dan sesar normal. Untuk patahan yang bersifat lokal dan kompleks sangat sulit ditentukan jenis patahannya terlihat dari kurva FHD yang memiliki frekuensi tinggi (rapat-rapat). Dari kurva FHD, nilai – nilai puncak pada kurva dapat diinterpretasikan sebagai lokasi terdapatnya patahan. Sedangkan dari kurva SVD dapat ditentukan perkiraan jenis struktur/patahan di lokasi tersebut.

Tabel 1. Jenis Struktur Berdasarkan FHD, SHD dan SVD [2]

	FHD	SVD
Sesar Naik	Maks/Min	$ Maks < Min $
Sesar Turun	Maks/Min	$ Maks > Min $
Sesar Tegak	Maks/Min	$ Maks \equiv Min $



Gambar 8. Peta lintasan *Slicing*, serta kurva *Slicing* CBA – FHD – SVD lintasan A, B, C, D, dan E



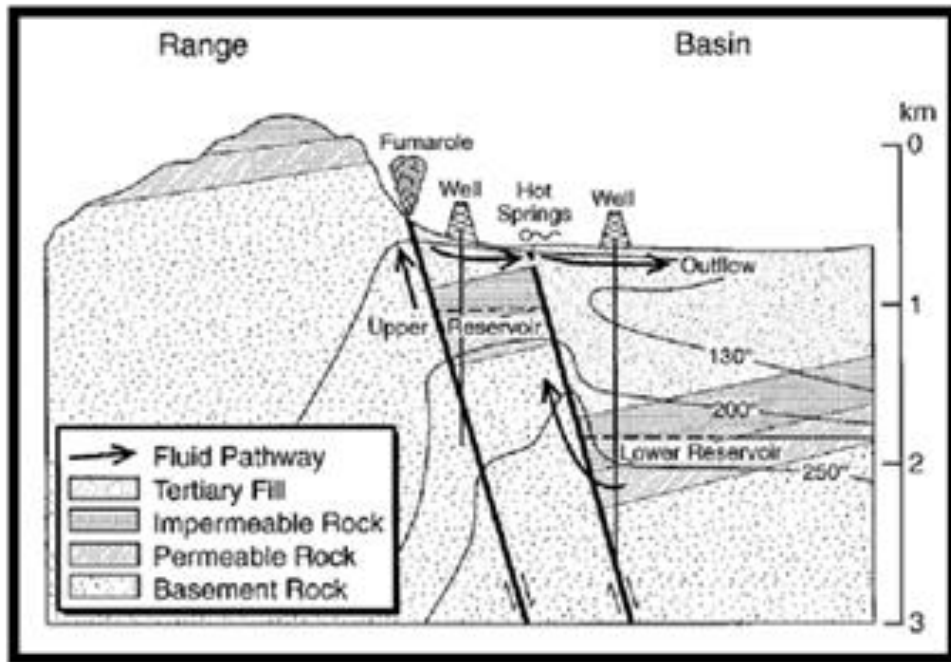
Gambar 9. Peta lintasan *Slicing*, serta kurva *Slicing* CBA – FHD – SVD lintasan D, dan E

Dalam mengkomparasi kurva CBA, FHD dan SVD (Gambar 8 dan 9) perlu memperhatikan posisi titik puncak (nilai maksimum / minimum) pada kurva FHD bersesuaian dengan titik nol pada kurva SVD. Terlihat bahwa nilai kurva SVD maksimum lebih besar dari nilai minimumnya terjadi pada lintasan A jarak ± 3000 m, lintasan B jarak ± 10.000 m, dan lintasan D jarak 4000 m, diinterpretasikan sebagai sesar normal/turun. Nilai kurva SVD minimum lebih besar dari nilai maksimumnya terjadi pada lintasan B jarak ± 3000 m, lintasan C jarak ± 5000 m, lintasan D jarak ± 9000 m, lintasan E jarak ± 5000 m dan jarak ± 6500 m, diinterpretasikan sebagai sesar naik.

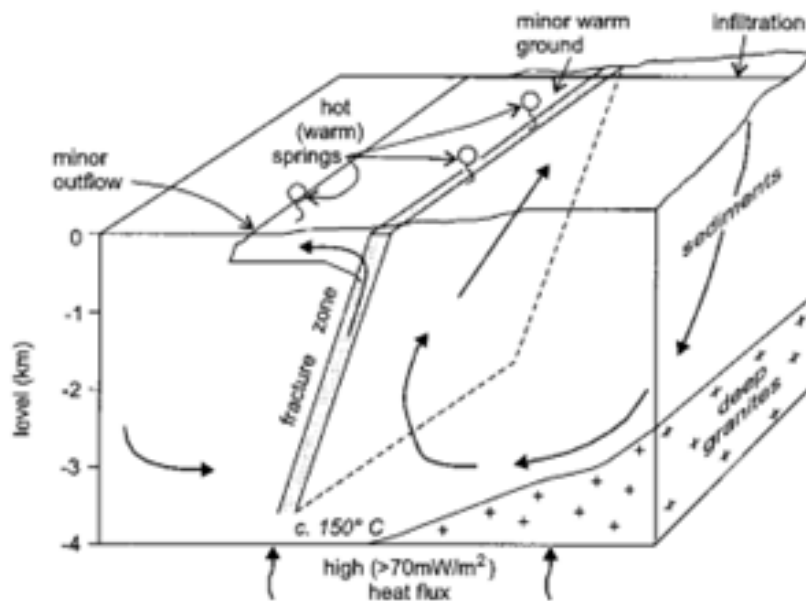
Kemunculan manifestasi permukaan sistem panasbumi diperkirakan dikarenakan keberadaan struktur/patahan yang bersifat regional dengan dominasi sesar naik dan sesar normal serta struktur/patahan yang bersifat lokal dan memiliki kompleksitas yang tinggi (terlihat dari frekuensi tinggi kurva FHD). Manifestasi permukaan sistem panasbumi daerah “Z” muncul pada lokasi yang relatif landai dengan nilai Anomali residual yang tinggi serta banyaknya struktur/patahan yang bersifat regional maupun lokal.

Sistem Panasbumi

Terbentuknya sistem panasbumi daerah “Z” berhubungan dengan aktivitas tektonik yang terjadi pada Pulau Sumatera yang mana daerah “Z” ini berada pada zona cekungan (depresi) dan sesar semangko [1]. Berdasarkan data geologi dan manifestasi permukaan panasbumi, daerah penelitian ini memiliki sistem panasbumi jenis tektonik (*fracture zone*) seperti pada Gambar 10 dan Gambar 11. Sistem ini terjadi di lingkungan vulkanik, daerah perpanjangan kerak, zona tumbukan, dan di sepanjang zona sesar. Sistem tektonik biasanya berhubungan dengan kegempaan yang tinggi karena sesar kuarter dan dengan aliran panas tinggi karena lapisan kerak yang tipis. Sirkulasi yang tinggi dari fluida ke dalam kerak dan kenaikan fluida ini sepanjang patahan memindahkan panas ke atas ke dalam struktur geologi yang menguntungkan. Pada temperatur yang lebih rendah, fumarol tidak muncul dan terdapat silika sinter / sinter karbonat. Dengan kata lain sistem panasbumi daerah bukanlah termasuk sistem panasbumi bertemperatur tinggi.



Gambar 10. Model *Tectonic System* [8]



Gambar 11. *Fracture Zone System* [7]

Mengacu pada sistem panasbumi tersebut dan berdasarkan Anomali Residual data gravitasi, terlihat bahwa kemunculan manifestasi permukaan panasbumi berada disekitar nilai anomali gravitasi yang tinggi. Hal ini mengindikasikan terdapat batuan yang kompak dan massif. Keberadaan anomali tinggi ini, ditumbulkan oleh blok batuan dengan densitas yang relatif lebih tinggi dari pada batuan yang ada disekitarnya atau berupa batuan intrusi dan berperan penting sebagai sumber panas (*heat source*) dari sistem panasbumi didaerah

penyelidikan ini. Sehingga keberadaan sumber panas (*heat source*) diperkirakan terdapat disekitar manifestasi permukaan APZ1, APZ2 dan APZ3.

KESIMPULAN

Berdasarkan kurva lintasan *slicing* A, B, C, D, dan E pada Anomali Bouger – *Filtering* FHD – SVD dengan mempertimbangkan peta Geologi, teridentifikasi struktur/patahan yang terjadi pada sistem panasbumi daerah “Z” berupa sesar naik dan sesar normal serta patahan yang bersifat lokal dan kompleks. Terdapat kesesuaian struktur/patahan yang terdeteksi melalui pengolahan data gravitasi dengan peta geologi literasi.

Berdasarkan sejarah geologi, manifestasi permukaan sistem panasbumi serta hasil pengolahan data gravitasi dapat dikategorikan sistem panasbumi daerah “Z” termasuk jenis tektonik (*fracture zone*) dengan sumber panas (*heat source*) diperkirakan berupa batuan intrusi yang berada di sekitar lokasi APZ1-APZ2-APZ3. Sistem panasbumi daerah “Z” tidak termasuk kedalam sistem panas bumi *high-temperature* dilihat dari tidak terdapat manifestasi permukaan fumarol.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panasbumi (PSDMBP) / Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) Kementerian ESDM Bandung yang telah bersedia memberikan izin menggunakan data lapangan panasbumi daerah “Z”. Penulis juga mengucap terimakasih kepada PT. Newquest Geotechnology, Universitas Indonesia atas izinnya dalam menggunakan software Surfer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wahyu, Y. Daud, T. Rahadinata, F. Fahmi and M. Hafidz, "The Intergrated Delineation Of Geothermal System Area ‘Z’ Using 3D Inversion Of Magnetotelluric Data and Gravity Data," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2023, no. 1, 2018.
- [2] S. Wahyu, "Delineasi Terpadu Sistem Panasbumi Daerah “Z” Dengan Menggunakan Inversi 3d Data Magnetotellurik dan Data Gravitasi," Universitas Indonesia, Depok, 2017.
- [3] N. O. Mariita, "The Gravity Method. Presented at Short Course II on Surface Exploration for Geothermal Resource," UNU-GTP, Kenya, 2007.
- [4] T. P. M. Plan, "Master Plan Provinsi Sumatera Selatan Sebagai Lumbung Energi Nasional Tahun 2006-2025," BPPT, Sumatera Selatan, 2006.
- [5] A. Pulungono, A. H. S. and C. G. Kosuma, "Pre-Tertiary and Tertiary Fault Systems as a Framework of the South Sumatra Basin; A Study of SAR-Maps," *21st Annual Convention Proceedings*, vol. 1, pp. 339-360, 1992.
- [6] D. Kusnadi, Risdianto, A. Munandar and Dahlan, "Geologi dan Geokimia Daerah Panasbumi Wai Selabung Kabupaten Oku Selatan, Sumatera Selatan," Pusat Sumber Daya Geologi, 2011.

- [7] M. P. Hochstein and P. R. L. Browne, "Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources," in *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, 2000, pp. 835-855.
- [8] F. Goff and C. J. Janik, "Geothermal Systems," in *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, 2000, pp. 817-834.