

Delineasi Struktur Geologi Daerah Panasbumi Berdasarkan Analisis Derivatif Metode Gayaberat

Muhammad Rizqi Halim¹, Muh Sarkowi¹, Rahmat Catur Wibowo^{1,*}, Noor Muhammad Indragiri²

¹ Teknik Geofisika Universitas Lampung; Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141.

² Pusat Survei Geologi; Jl. Diponegoro No.57, Cihaur Geulis, Kec. Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40122.

*E-mail: rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id.

Abstrak

Potensi panas bumi di Indonesia merupakan salah satu yang terbesar seperti yang ada pada daerah Sulawesi tepatnya pada Lembar Pangkajene dan Watampone Barat. Potensi panas bumi pada daerah ini diperkirakan berkaitan dengan struktur geologi. Pada penelitian ini dilakukan analisis struktur geologi dengan menggunakan metode gaya berat dengan tujuan untuk memperoleh pola Anomali Bouguer gaya berat, mengestimasi kedalaman zona anomali regional dan anomali residual gaya berat menggunakan analisis spektral, serta mengidentifikasi struktur geologi pada daerah penelitian. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data digitalisasi pengukuran oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi pada tahun 1990. Pengolahan yang dilakukan yaitu meliputi analisis spektrum kemudian pemisahan anomali regional dan residual lalu dilakukan identifikasi struktur geologi dengan menggunakan filter Second Vertical Derivative (SVD). Hasil analisis spektrum didapatkan kedalaman anomali regional daerah penelitian adalah 4620,9 m dan kedalaman anomali residual adalah 378,0 meter. Dari hasil analisis derivatif diidentifikasi terdapat struktur SVD berarah Utara-Selatan, Utara-Barat Daya, Timur Laut-Barat Daya, Barat Laut-Selatan dan juga Barat Laut-Tenggara selain itu juga struktur SVD ini memiliki korelasi dengan struktur pada peta geologi regional daerah penelitian.

Kata kunci: Kedalaman Regional, Residual, Metode Gayaberat, Struktur, SVD

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang menguntungkan untuk pengembangan energi panas bumi karena Indonesia terletak di *Ring of Fire* yang juga dikenal sebagai jalur vulkanik. Dari hasil survei dilaporkan bahwa di Indonesia terdapat 217 prospek panas bumi, yaitu di sepanjang *Ring of Fire* atau Jalur Vulkanik. Menurut Hochstein dan Sudarman (1993), penyelidikan selanjutnya menemukan beberapa daerah baru yang menjanjikan sehingga jumlahnya meningkat menjadi 256 prospek, yaitu 84 prospek di Sumatera, 76 prospek di Jawa, 51 prospek di Sulawesi, 21 prospek di Nusa Tenggara, 3 di Irian, 15 di Maluku dan 5 di Kalimantan. Menurut catatan Badan Geologi, potensi panas bumi di Indonesia pada Desember 2019 sebesar 23,9 Giga Watt (GWe),

namun potensi tersebut baru dimanfaatkan sebesar 8,9% atau 2.130,6 MW (Sudarman dkk., 2000). Salah satu daerah di Indonesia yang berpotensi sebagai daerah panas bumi berada pada Provinsi Sulawesi Selatan.

Daerah Panas Bumi Barru terletak di Kabupaten Barru, sedangkan pada Daerah Panas Bumi Watansoppeng – Lejja dan Daerah Panas Bumi Patampanua terletak di Kabupaten Soppeng. Pada ketiga daerah panas bumi tersebut diperkirakan memiliki sumber daya panas bumi hipotesis pada daerah Panas Bumi Barru sebesar 3 MWe, pada daerah Panas Bumi Watansoppeng – Lejja sebesar 5 MWe, dan juga pada daerah Panas Bumi Patampanua sebesar 3 MWe. Hal ini juga didukung dengan adanya manifestasi panas bumi permukaan yang ditemukan pada daerah penelitian berupa 4 titik lokasi mata air panas. Manifestasi

Komplek melange ini terdiri dari litologi sikuen sedimen melange, batuan metamorf, dan batuan ultramafic yang tersingkap bagian barat dari Pegunungan Bone. Batuan metamorf didominasi oleh sekis kuarsa muskovit, sekis epidot-amfibolit, sekis amfibolit, dan terkadang kuarsit. Batuan Ultramafik ini terbagi menjadi peridotit terserpentinisasi dan peridotit yang masih terdapat mineral aslinya berupa mineral olivine dan piroksen.

b. Formasi Balangbaru (Kapur Akhir)

Formasi Balangbaru disimbolkan sebagai Kb/Km yang merupakan batuan sedimen flysch yang terendapkan secara tidak selaras di atas kompleks tektonik melange. Formasi ini terdiri dari batuan sedimen klastik laut dengan ketebalan lapisan mencapai 3300 meter. Didominasi oleh perselingan batupasir dan serpih dengan sisipan konglomerat dan batupasir konglomeratan.

c. Formasi Bua (Paleosen – Eosen Akhir)

Formasi ini terdiri dari breksi vulkanik, lava, dan intrusi-intrusi dengan bentukan korok. Beberapa batumannya telah mengalami alterasi dan dinamakan batuan propilitik untuk batuan yang sama.

d. Formasi Malawa (Eosen Awal -Tengah)

Formasi Malawa disimbolkan sebagai Tem yang merupakan batuan sedimen darat-laut dangkal berumur eosen. Litologi utama dari formasi ini adalah batulempung, serpih, batupasir, napal, dan konglomerat dengan sisipan batubara pada batulempung.

e. Formasi Camba (Miosen Tengah – Akhir)

Batuan Vulkanik Formasi Camba disimbolkan sebagai Formasi Camba (Tmc) yang terletak pada bagian barat Sulawesi Selatan memiliki litologi berupa breksi vulkanik, konglomerat (Tmov), lava dan tufa yang berselingan dengan batuan sedimen marine.

f. Formasi Tonasa

Formasi Tonasa (Temt) beranggotakan batugamping koral pejal Sebagian terhablurkan, berwarna putih, coklat muda dan kelabu muda, Sebagian berlapis baik, berselingan dengan napal globigerina tufaan, bagian bawahnya mengandung batugamping, setempat bersisipan breksi batugamping dan batugamping pasiran.

g. Formasi Salo-Kalupang

Satuan batuan tertua berupa batuan klastika dan vulkaniklastika dari satuan Batuan Gunung Api Salo-Kalupang (Teos/Teol) berumur Eosen – Oligosen yang di bagian atasnya diduga menjemari dengan batugamping Tonasa dan ditutupi tak selaras.

h. Formasi Walanae

Selama Miosen Atas sampai Pliosen, di daerah yang sekarang jadi lembah Walanae diendapkan sedimen klastik formasi Walanae. Batuan ini tebalnya 4500 meter, dengan bioherm batugamping koral tumbuh di beberapa tempat (Batugamping Anggota Tacipi).

3. Metodologi

Adapun tempat dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu Pusat Survei Geologi yang dimulai pada 18 juli 2022 sampai dengan 11 Agustus 2022. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data digitalisasi gayaberat Pusat Survey Geologi tahun 1990, Peta Geologi Lembar Watampone dan Pangkadjene,

Software Surfer 15, Software Geosoft Oasis Montaj V. 8.3.4 dan juga Software Microsoft Excel 2016.

3.1. Anomali Bouguer Lengkap.

Data gaya berat pada pengolahan ini merupakan data digitalisasi peta anomali bouguer lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi yang diperoleh data dalam bentuk CBA (Complete Bouguer Anomaly). Anomali Bouguer Lengkap (ABL) perhitungannya dilakukan dengan menggunakan Software Geosoft Oasis Montaj V 8.3.4.

3.2. Analisis Spektral.

Dalam tahap analisis dilakukan analisis Transformasi Fourier menggunakan data Complete Bouguer Anomaly untuk merubah domain data dari spasial jarak ke spasial frekuensi. Software yang digunakan adalah software Numeri. Hasil dari proses FFT adalah nilai real dan imajiner dari setiap lintasan yang selanjutnya akan diproses dengan menggunakan perangkat lunak Ms. Excel untuk mendapatkan nilai amplitudo (A), $\ln A$, frekuensi dan nilai bilangan gelombang k. Setelah nilai terhitung maka dilakukan plotting pada nilai k dan nilai $\ln A$. sehingga akan diperoleh nilai cut off pada daerah tersebut yang akan digunakan pada penentuan besarnya lebar jendela.

3.3. Pemisahan Anomali Regional dan Residual.

Anomali Bouguer pada metode gaya berat disebabkan oleh perbedaan densitas batuan, baik yang berada dekat dengan permukaan bumi maupun yang jauh dari permukaan bumi. Efek yang berasal dari batuan pada daerah dangkal disebut dengan anomali residual sedangkan efek yang berasal dari batuan yang dalam disebut dengan anomali regional. Pada penelitian ini pemisahan anomali regional dan anomali residual dilakukan dengan metode

moving average. Moving average merupakan rerata dari data anomali gaya berat dimana hasil dari metode ini adalah anomali regional, dan untuk anomali residual diperoleh dari selisih antara Anomali Bouguer dengan anomali residual (Andari dkk., 2019).

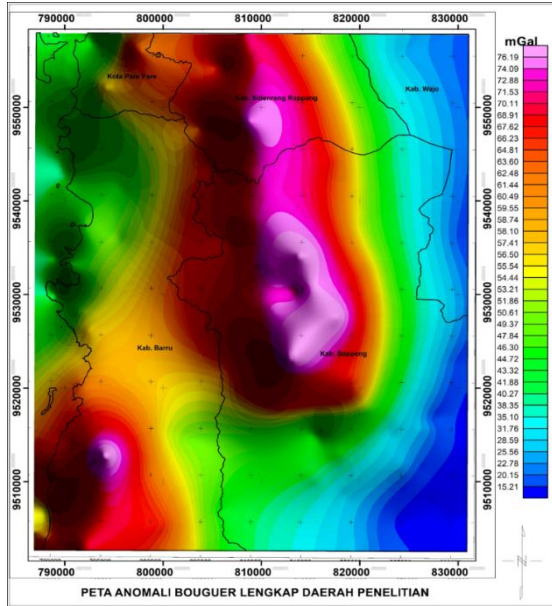
3.4. Analisis Derivative.

Analisis derivatif digunakan untuk menentukan batas anomali dan mengetahui jenis patahan (Ilmi dan Karyanto, 2019). Untuk mendapatkan hal tersebut maka dilakukan Second Vertical Derivative (SVD) dari lintasan yang dibuat dalam peta anomali residual yang selanjutnya dibuat penampangnya. Analisis Second Vertical Derivative (SVD) dilakukan menggunakan software Surfer dengan filter SVD operator Henderson dan Zietz (1949). Kemudian dilakukan interpretasi keberadaan struktur geologi dari hasil SVD yang kemudian dilakukan overlay ke Peta Geologi Lembar Watampone & Pangkadjene, Sulawesi.

4. Hasil dan pembahasan

4.1. Anomali Bouguer Lengkap.

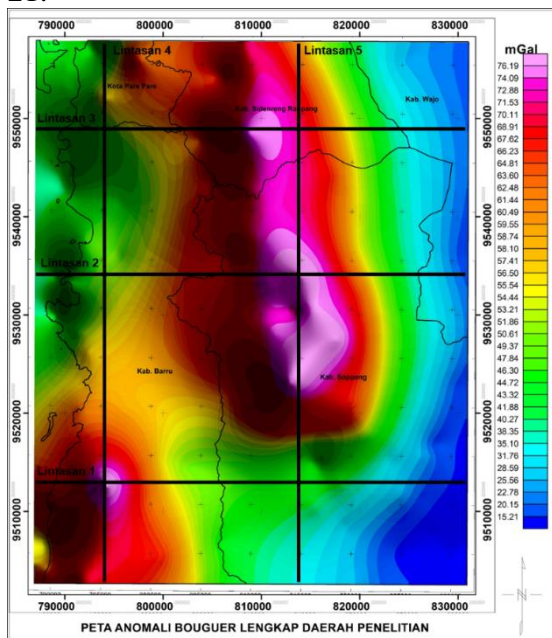
Hasil dari peta anomali bouguer lengkap didapatkan persebaran anomali pada rentang 15,2 mGal sampai dengan 76,2 mGal pada **Gambar 2**. Anomali rendah mendominasi di daerah penelitian pada Kabupaten Sopeng bagian timur dan juga Kabupaten Wajo bagian timur dengan interval anomali berkisar 15,2 mGal hingga 40,3 mGal. Sedangkan, anomali tinggi mendominasi di daerah Kabupateng Sopeng bagian Tengah, Kabupaten Sidenreg Rappang bagian Selatan dan juga Kabupaten Barru di bagian Selatan.



Gambar 2. Peta anomali bouguer lengkap daerah penelitian.

4.2. Analisis Spektral.

Dilakukan analisis spektral dengan 6 lintasan dengan lintasan pada Gambar 3. sehingga didapatkan rata rata kedalaman anomali regional pada 4620,9 m dan rata rata kedalaman anomali residual pada 377,97 m. Lebar jendela pada penelitian ini didapatkan sebesar 20,5 sehingga dibulatkan ke bilangan ganjil terdekat sehingga lebar jendela yang digunakan ada 21.



Gambar 3. Peta lintasan analisis spektrum.

Tabel 1. Rata rata kedalaman anomali regional dan residual

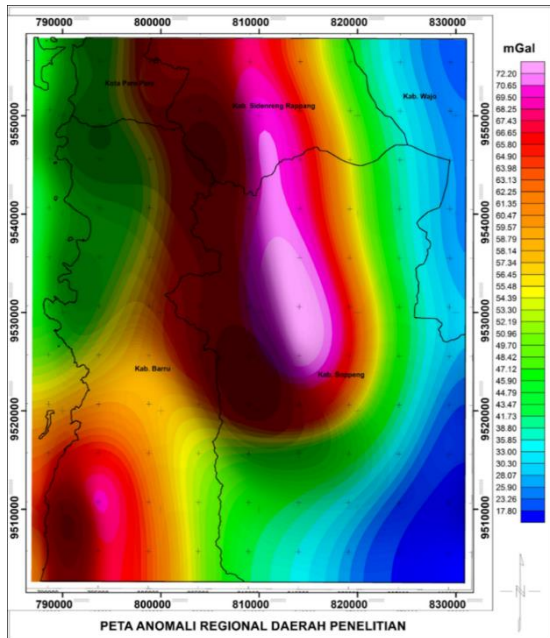
No	Lintasan	Kedalaman Anomali Regional (m)	Kedalaman Anomali Residual (m)
1	Lintasan 1	4119,8	369,48
2	Lintasan 2	4202,5	372,29
3	Lintasan 3	4164,9	380,41
4	Lintasan 4	5324,1	390,95
5	Lintasan 5	5293,2	376,72
	Rata – Rata	4620,9	377,97

Tabel 2. Rata rata bilangan gelombang dan lebar jendela

No	Lintasan	Bilangan Gelombang (k)	Lebar Jendela (N)
1	Lintasan 1	0,000671	18,73128
2	Lintasan 2	0,00066	19,04703
3	Lintasan 3	0,000663	18,96224
4	Lintasan 4	0,000546	23,02815
5	Lintasan 5	0,000552	22,74754
	Rata – Rata	0,000618	20,50325

4.3. Moving Average.

Dalam penelitian ini proses pemisahan anomali regional dan anomali residual gayaberat menggunakan filter moving average. Filter moving average merupakan proses penapisan anomali yang memiliki sinyal frekuensi tinggi (low pass filter). Hasil dari proses filter moving average adalah sinyal frekuensi rendah dari Anomali Bouguer yang memperlihatkan anomali regional Gambar 4. Dari proses analisis spektrum sebelumnya diketahui lebar jendela optimal yang digunakan yaitu 21x21.



Gambar 4. Peta anomali regional daerah penelitian.

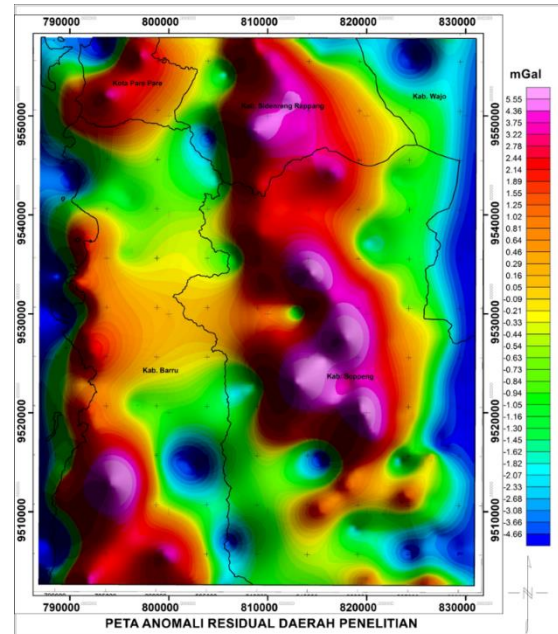
4.4. Anomali Regional.

Anomali Regional pada daerah ini didapatkan dengan rentang nilai anomali antara 17,8 mGal hingga 72,2 mGal **Gambar 4**. Anomali rendah ditunjukkan dengan warna biru tua hingga biru muda, dengan rentang nilai anomali 17,80 mGal hingga 38,80 mGal. Anomali rendah ini diduga disebabkan karena pada daerah tersebut merupakan kerak bumi yang tidak terpengaruh oleh aktivitas tektonik. Kemudian anomali tinggi ditunjukkan dengan warna kuning hingga warna ungu muda dengan rentang nilai anomali 56,64 mGal hingga 72,20 mGal. Anomali tinggi ini diduga disebabkan karena adanya aktivitas tektonik.

4.5. Anomali Residual.

Anomali residual pada daerah ini didapatkan dengan rentang nilai anomali antara -4,66 mGal hingga 5,55 mGal pada **Gambar 5**. Anomali rendah pada daerah penelitian ditunjukkan warna biru tua hingga warna biru muda, dengan rentang nilai anomali -4,66 mGal hingga -1,62 mGal. Anomali rendah ini menunjukkan adanya batuan dengan rapat massa yang

rendah. Anomali tinggi ditunjukkan dengan warna kuning hingga warna ungu muda dengan rentang nilai anomali -0,21 mGal hingga 5,55 mGal. Anomali tinggi menunjukkan adanya batuan dengan kontras nilai rapat massa yang tinggi.



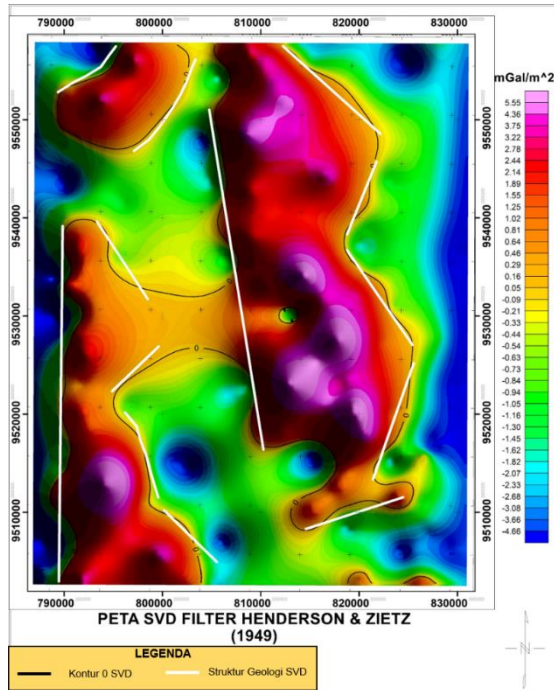
Gambar 5. Peta anomali residual daerah penelitian.

4.6. Second Vertical Derivative (SVD).

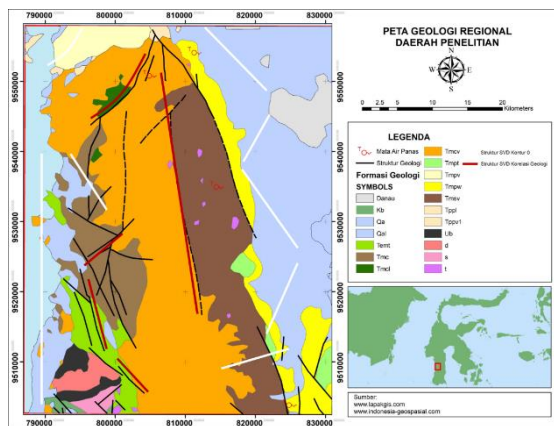
Untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan dilakukan pendekatan dengan turunan kedua dari anomali atau yang sering disebut dengan *Second Vertical Derivative*. Menurut Sarkowi dkk. (2021), nilai turunan kedua dari anomali bouguer diidentifikasi sebagai struktur geologi berdasarkan nilai kontur nol sebagai kontak kontras densitas antar dua lapisan batuan.

Pada analisis SVD **Gambar 6**, digunakan SVD dengan operator Henderson & Zietz (1949). Pada hasil anomali dengan operator ini memiliki pola yang mendekati anomali residual. Dari peta SVD yang didapatkan, garis kontur 0 mGal/m² diidentifikasi sebagai struktur. Selanjutnya struktur bawah permukaan yang diidentifikasi berdasarkan analisis SVD, dilakukan overlay dengan peta Geologi. Sehingga

didapatkan 5 struktur bawah permukaan yang diidentifikasi berdasarkan analisis SVD berkorelasi dengan struktur geologi pada peta Geologi **Gambar 7**.



Gambar 6. Peta SVD filter Henderson & Zietz (1949).



Gambar 7. Peta korelasi struktur SVD dengan struktur peta geologi.

4. Kesimpulan

Anomali Bouguer lengkap memiliki variasi nilai antara 15,2-76,2 mGal dimana anomali rendah dengan nilai di bawah 40,3 mGal membentuk pola menutup di sebelah timur laut hingga ke tenggara, anomali sedang dengan nilai 40,3 mGal hingga 55,5 mGal berada di bagian barat laut dan juga selatan, serta anomali tinggi dengan nilai di atas 55,5 mGal membentuk pola melidah

berarah utara hingga ke tengah dan di sebelah barat daya daerah penelitian.

Berdasarkan analisis spektrum didapatkan kedalaman anomali regional daerah penelitian adalah 4620,9 m dan kedalaman anomali residual adalah 377,97 m dan didapatkan nilai lebar jendela sebesar 10 km.

Berdasarkan analisis derivatif struktur SVD dari data gaya berat terlihat berhubungan dengan struktur pada Peta Geologi Daerah Penelitian. Terdapat 5 struktur SVD yang berhubungan dengan peta geologi daerah penelitian.

Daftar Pustaka

- Andari, W., Karyanto, Kurniawan, R. (2019) Identifikasi Batas Sub-Cekungan Hidrokarbon Menggunakan Analisis Shd (Second Horizontal Derivative) Dan Svd (Second Vertical Derivative) Berdasarkan Korelasi Data. *Jurnal Geofisika Eksplorasi* 5, 60–74. <https://doi.org/10.23960/jge.v>
- Henderson, R. G. and Zietz, I. (1949) The Computation of Second Vertical Derivative of Geomagnetic Fields. *Geophysics Journal*. v. 14.
- Hochstein, M.P., Sudarman, S. (1993) Geothermal resources of Sumatra. *Geothermics* 22, 181–200. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(93\)90042-L](https://doi.org/10.1016/0375-6505(93)90042-L)
- Ilmi, N., Karyanto, K. (2019) Pemodelan 3d Struktur Bawah Permukaan Gunungapi Agung Provinsi Bali Menggunakan Metode Gaya Berat. *Jurnal Geofisika Eksplorasi* 5, 68–75. <https://doi.org/10.23960/jge.v>
- Montanari, D., Lupi, M., Calcagno, P. (2019) Geothermal Systems: Interdisciplinary Approaches for an Effective Exploration. *Geofluids* 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/989565>

- Sarkowi, M., Wibowo, R.C., Karyanto (2021) Geothermal reservoir identification in way ratai area based on gravity data analysis. *J Phys Conf Ser* 2110. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2110/1/012004>
- Sudarman, S., Pudyastuti, K., Aspiyo, S. (2000) Geothermal Development Progress In Indonesia : Geothermal Development Progress in Indonesia : COUNTRY Country Update 1995-2000. *Proceedings World Geothermal Congress 2000* 455–460.
- Sukamto. (1982) *Peta Geologi Lembar Pangkajene Dan Watampone Bagian Barat, Sulawesi*. Direktorat Geologi.