

PEMODELAN 2D RESERVOAR GEOTERMAL MENGGUNAKAN METODE GEOMAGNET DI DESA KASIMBAR BARAT

Rustan Efendi¹, Fajrah Lamangkona¹, Sandra¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tadulako

ABSTRAK

Pemodelan 2D *reservoir* geotermal dengan menggunakan metode geomagnet telah dilakukan di daerah Panasbumi Desa Kasimbar Barat. Penelitian ini bertujuan memodelkan *reservoir* tersebut dalam bentuk 2 dimensi dan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan *reservoir*. Pemodelan ini dilakukan dengan bantuan program Mag2DC. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat *reservoir* pada lintasan a-a' dengan nilai suseptibilitas -0,029 SI pada kedalaman 247,16 m dan -0,054 SI pada kedalaman 204,17 m. Untuk lintasan c-c' dengan nilai suseptibilitas -0,028 SI pada kedalaman 303,24 m dan -0,029 SI pada kedalaman 199,08 m. Hasil untuk lintasan d-d' memberikan nilai suseptibilitas -0,028 SI pada kedalaman 232,02 m. Jenis batuan pada semua lintasan tersebut adalah batuan sedimen berupa batu pasir.

Kata kunci: Pemodelan 2D, Reservoir, Geotermal, Geomagnet, suseptibilitas, Mag2DC

ABSTRACT

The 2D modeling of the geothermal reservoir using geomagnetic has been done in the area of geothermal West Kasimbar Village. This study aims to model the reservoir in the form of two-dimensional and to determine the condition of the subsurface reservoir. This modeling is done using Mag2DC program. The obtained results show that there is a reservoir on the track a-a' with a susceptibility value of -0.029 SI at a depth of 247.16 m and -0.054 SI at a depth of 204.17 m. The track c-c' has a susceptibility value of -0.028 SI at a depth of 303.24 m and -0.029 SI at a depth of 199.08 m. Results for track d-d' has susceptibility value of -0.028 SI at a depth of 232.02 m. Type of rock on all of these tracks is a sedimentary rock such as sandstone.

Keywords: 2D Model, Reservoir, Geothermal, Geomagnetic, susceptibility, Mag2DC

1. PENDAHULUAN

Energi panasbumi adalah energi panas yang tersimpan dalam batuan di bawah permukaan dan fluida yang terkandung di dalamnya. Energi panasbumi dapat digunakan sebagai pengganti tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar minyak sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif untuk menghemat cadangan minyak nasional. Panasbumi merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi sangat besar untuk dimanfaatkan. Pemanfaatan panasbumi sebagai energi alternatif memerlukan banyak pertimbangan khususnya yang berkaitan dengan struktur bawah permukaan dengan menggunakan metode geofisika.

Salah satu wilayah di Sulawesi Tengah yang memiliki potensi panasbumi adalah di Desa Kasimbar Barat Kecamatan Kasimbar Kabupaten Parigi Moutong. Studi literatur

yang dilakukan menunjukkan belum adanya penelitian pada daerah panasbumi ini. Hal ini memberikan motivasi untuk melakukan penelitian khususnya berkaitan dengan model *reservoir* pada daerah tersebut dengan menggunakan metode geofisika yaitu metode geomagnet. Metode geomagnet telah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya misalnya oleh Dedi (2012), yang dapat mengidentifikasi manifestasi panasbumi di Desa Masaingi dan Nunik (2014), yang dapat mengidentifikasi sumber panasbumi dengan menggunakan analisis spektrum di lapangan panasbumi Pulu.

Dalam eksplorasi panasbumi, metode geomagnet digunakan untuk mengetahui variasi medan magnet di daerah penelitian. Variasi magnet disebabkan oleh sifat kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi. Batuan di dalam sistem panasbumi pada umumnya memiliki magnetisasi rendah dibanding batuan sekitarnya. Hal ini

disebabkan adanya proses demagnetisasi oleh proses alterasi hidrotermal, dimana proses tersebut mengubah mineral yang ada menjadi mineral-mineral paramagnetik atau bahkan diamagnetik. Nilai intensitas magnet yang rendah tersebut dapat menginterpretasikan zona-zona potensial sebagai *reservoir* dan sumber panas (Sumintadireja, 2005).

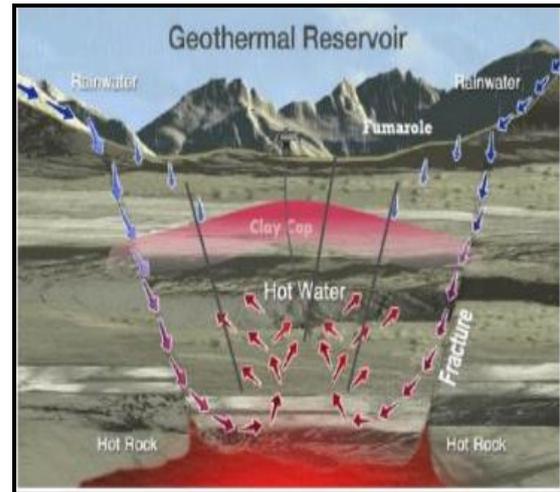
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panasbumi (*Geothermal*)

Energi panasbumi adalah energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Secara umum perubahan kenaikan temperatur terhadap kedalaman di kerak bumi adalah sekitar $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Jika diasumsikan temperatur rata-rata permukaan bumi adalah 15°C , maka di kedalaman 3 km, temperaturnya akan mencapai 105°C . Temperatur tersebut kurang menguntungkan dari sisi ekonomis untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi panasbumi. Mantel bumi (*mantle*) merupakan lapisan yang semi-cair atau batuan yang meleleh atau sedang mengalami perubahan fisika akibat pengaruh tekanan dan temperatur tinggi di sekitarnya. Sedangkan bagian luar dari inti bumi (*outer core*) berbentuk liquid, dan lapisan terdalam dari inti bumi (*inner core*) berwujud padat (Suparno, 2009).

Energi panasbumi adalah energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Sistem panas bumi merupakan perpindahan panas alami dalam volume tertentu dari kerak bumi dari sumberpanas ke tempat pelepasan panas, yang umumnya adalah permukaan tanah. Walaupun secara umum di bawah permukaan bumi terdapat sumber panas, namun tidak semua lokasi menyimpan energi geotermal. Energi geotermal hanya terdapat pada lokasi yang memiliki sistem geothermal (Gambar 1).

Sistem geothermal terdiri dari tiga elemen utama: (1) batuan reservoir yang permeabel, (2) air yang membawa panas dari reservoir ke permukaan bumi, dan (3) sumber panas. Selain itu, Hal esensial yang dibutuhkan untuk keberadaan sistem geothermal adalah (1) sumber panas yang besar, (2) reservoir untuk akumulasi panas, (3) batuan penutup (*cap rock*) untuk menjaga akumulasi panas (Hochstein dkk, 2000).



Gambar 1. Model Sistem Geotermal

Batuan di dalam sistem panasbumi pada umumnya memiliki magnetisasi rendah dibanding batuan sekitarnya. Hal ini disebabkan adanya proses demagnetisasi oleh proses alterasi hidrotermal, proses tersebut mengubah mineral yang ada menjadi mineral-mineral *paramagnetik* atau bahkan *diamagnetik*. Nilai magnet yang rendah dapat diinterpretasikan sebagai zona reservoir dan sumber panas (Sumintadireja, 2005).

Sumber energi panasbumi berasal dari magma yang berada di dalam bumi. Magma tersebut menghantarkan panas secara konduktif pada batuan di sekitarnya. Panas tersebut juga mengakibatkan aliran konveksi fluida *hydrothermal* di dalam pori-pori batuan, kemudian fluida *hydrothermal* ini akan bergerak ke atas namun tidak sampai ke permukaan karena tertahan oleh lapisan batuan yang bersifat *impermeabel*. Adanya lapisan *impermeable* tersebut, maka *hydrothermal* yang terdapat pada *reservoir* panasbumi terpisah dengan *groundwater* yang berada lebih dangkal. *Reservoir* panasbumi umumnya berupa lapisan batuan hasil interaksi kompleks dari proses tektonik aktif. *Reservoir* panasbumi yang produktif memiliki permeabilitas tinggi, geometri *reservoir* yang besar, dan kandungan fluida yang tinggi. Intensitas proses tektonik aktif yang tinggi menyebabkan permeabilitas pada *reservoir* panasbumi dapat berupa rekahan (*fracture*) yang saling berhubungan. Litologi *reservoir* panasbumi dapat berupa apapun dengan syarat memiliki permeabilitas yang baik (Fournier, 1991).

1. Dua set *Proton Precision Magnetometer* merk *GS 19T*. Alat ini digunakan di *Base* dan di *Mobile*.
2. Satu buah kompas geologi.
3. Satu buah *Global Positioning System (GPS)*.
4. Jam untuk menunjukkan waktu.
5. Alat tulis menulis data di lapangan.

Data yang diperoleh dari lapangan belumlah berupa data yang menunjukkan nilai anomali magnetik total melainkan masih berupa data mentah hasil pengukuran dilapangan dimana masih terdapat pengaruh dari dalam dan luar bumi. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan program *Surfer* dan *Mag2DC*. Hasil yang diperoleh dari program *Surfer* tersebut berupa peta koontur sedangkan hasil dari program *Mag2DC* berupa model 2D struktur batuan bawah permukaan.

Tahapan interpretasi pada penelitian dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif dilakukan penganalisaan sebatas peta kontur anomali medan magnet total, dengan hasil yang diperoleh berupa lokasi benda yang menyebabkan timbulnya anomali. Untuk melihat bentuk distribusi panasbumi di lokasi penelitian, berdasarkan geomagnet serta data anomali magnetik yang diperoleh maka dilakukan interpretasi secara kuantitatif dengan pemodelan 2D yaitu mencocokkan kurva anomali residual berdasarkan data lintasan yang dipilih dari peta anomali medan magnet residual dengan kurva model yang dilakukan secara iterative sampai diperoleh kesalahan yang terkecil.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

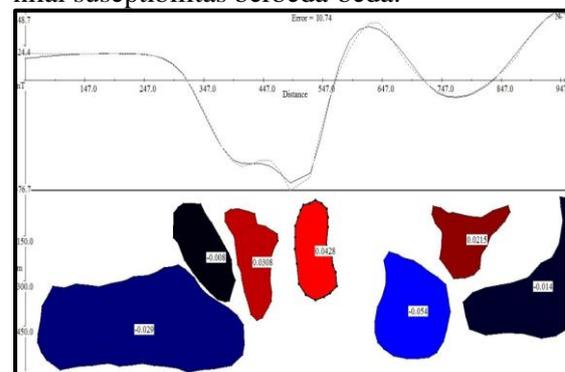
Pada penelitian ini, interpretasi yang dilakukan sebatas pemodelan 2D nilai suseptibilitas batuan. Interpretasi ini dilakukan untuk memberikan gambaran bawah permukaan dan menjelaskan model *reservoir* panasbumi. Gambaran mengenai model *reservoir* diperoleh dengan melakukan interpretasi yaitu dengan cara pemodelan 2D menggunakan *software Mag2DC*. Data yang dibutuhkan sebagai input dari pemodelan ini adalah data posisi dan nilai anomali residual pada setiap lintasan. Hal ini dilakukan karena nilai anomali medan magnet residual merupakan nilai anomali medan magnet pada kedalaman dangkal.

Hasil interpretasi pada peta kontur anomali medan magnet residual terdapat 4 lintasan dibuat melalui titik air panas, yang akan digunakan untuk membuat model penampang. Lintasan-lintasan tersebut dibuat saling berpotongan untuk memudahkan dalam proses interpretasi dan keakuratan data yang akan digunakan dalam pemodelan 2D.

Berdasarkan hasil pemodelan 2 dimensi yang di buat pada *software Mag2DC* diperoleh struktur batuan. Struktur batuan ini merupakan hasil respon bawah permukaan yang dapat diinterpretasikan berdasarkan nilai suseptibilitas. Pemodelan ini dianggap tepat apabila garis kurva hasil perhitungan respon model yang dibentuk berimpit dengan garis kurva data lintasan dari peta kontur anomali medan magnet residual. Interpretasi juga dilakukan berdasarkan nilai suseptibilitas yang dihasilkan dari model batuan yang dibentuk pada setiap penampang. Selain itu, dilakukan pertimbangan kondisi geologi lokasi penelitian. Berdasarkan pemodelan yang dilakukan pada penampang, diperoleh bentuk model batuan dan nilai suseptibilitas yang berbeda-beda. Nilai suseptibilitas pada setiap model batuan yang dibentuk menunjukkan jenis mineral magnetik yang terdapat di bawah permukaan. Dengan demikian dapat diketahui bahwa dibawah permukaan diduga terdapat *reservoir* panasbumi yang menjadi sasaran penelitian.

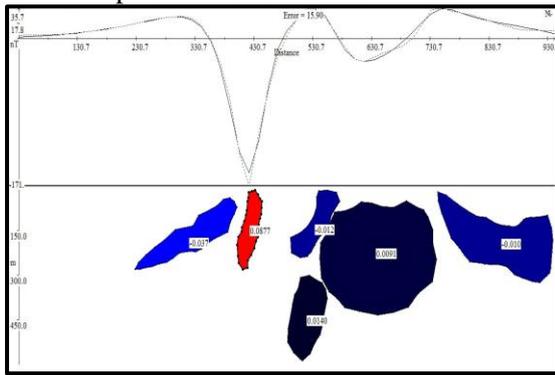
Hasil pemodelan 2D dengan menggunakan program *Mag2DC* diperlihatkan pada Gambar 3 sampai Gambar 6.

Model penampang Lintasan a-a' pada Gambar 3 diperoleh 7 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas berbeda-beda.



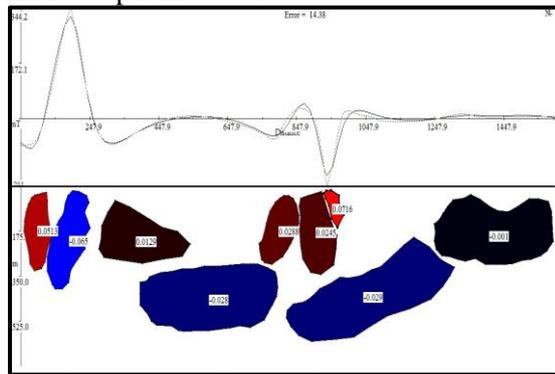
Gambar 3. Struktur Suseptibilitas Batuan Pada Lintasan a-a'

Model penampang Lintasan b-b' pada Gambar 4 diperoleh 5 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas berbeda-beda.



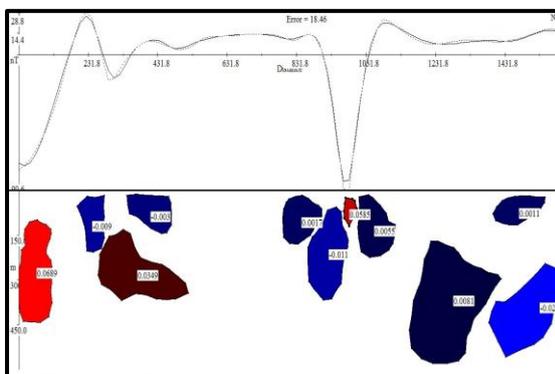
Gambar 4. Struktur Suseptibilitas Batuan Pada Lintasan b-b'

Model penampang Lintasan c-c' pada Gambar 5 diperoleh 9 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas berbeda-beda.



Gambar 5. Struktur Suseptibilitas Batuan Pada Lintasan c-c'.

Model penampang Lintasan d-d' pada Gambar 6 diperoleh 11 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas berbeda-beda.



Gambar 6. Struktur Suseptibilitas Batuan Pada Lintasan d-d'

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan tampak bahwa struktur dari batuan-batuan tidak beraturan dikarenakan batuan

tersebut mengalami proses pelapukan atau proses tektonik. Nilai suseptibilitas yang diperoleh dari pemodelan untuk Lintasan a-a', b-b', c-c', dan d-d' dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi batuan berdasarkan nilai suseptibilitas pada masing-masing Lintasan a-a', b-b', c-c' dan d-d'

| NO | SUSEPTIBILITAS (SI) | BATUAN | KEDALAMAN (m) |
|----------------------|---------------------|------------|---------------|
| Lintasan a-a' | | | |
| 1. | -0,029 | Batu Pasir | 247,16 |
| 2. | -0,008 | Serpilh | 43,41 |
| 3. | 0,0308 | Batu Pasir | 60,89 |
| 4. | 0,0428 | Batu Pasir | 32,23 |
| 5. | -0,054 | Batu Pasir | 204,17 |
| 6. | 0,0216 | Batu Pasir | 50,14 |
| 7. | -0,014 | Serpilh | 21,49 |
| Lintasan b-b' | | | |
| 1. | -0,037 | Batu Pasir | 39,76 |
| 2. | 0,0877 | Batu Pasir | 13,70 |
| 3. | -0,012 | Batu Pasir | 14,32 |
| 4. | 0,0140 | Batu Pasir | 300,89 |
| 5. | 0,0091 | Serpilh | 50,14 |
| 6. | -0,010 | Batu Pasir | 19,70 |
| Lintasan c-c' | | | |
| 1. | 0,0513 | Batu Pasir | 22,98 |
| 2. | -0,065 | Batu Pasir | 16,71 |
| 3. | 0,0130 | Batu Pasir | 53,91 |
| 4. | -0,028 | Batu Pasir | 303,24 |
| 5. | 0,0289 | Batu Pasir | 35,94 |
| 6. | 0,0246 | Batu Pasir | 18,80 |
| 7. | 0,0716 | Batu Pasir | 13,96 |
| 8. | -0,029 | Batu Pasir | 199,08 |
| 9. | -0,001 | Batu Kapur | 30,92 |
| Lintasan d-d' | | | |
| 1. | 0,0689 | Batu Pasir | 98,50 |
| 2. | -0,009 | Batu Pasir | 16,65 |
| 3. | 0,0349 | Batu Pasir | 130,74 |
| 4. | -0,003 | Batu Kapur | 12,53 |
| 5. | 0,0017 | Batu Kapur | 16,29 |
| 6. | -0,011 | Batu Pasir | 55,52 |
| 7. | 0,0585 | Batu Pasir | 25,07 |
| 8. | 0,0056 | Serpilh | 14,32 |
| 9. | 0,0082 | Serpilh | 170,14 |
| 10. | -0,028 | Batu Pasir | 232,02 |
| 11. | 0,0012 | Batu Kapur | 17,05 |

Hasil parameter model yang ditunjukkan pada Tabel 1, diperoleh nilai suseptibilitas berbeda-beda, merupakan gambaran model 2D *reservoir* panasbumi daerah penelitian. Nilai suseptibilitas yang diperoleh adalah positif dan negatif, dimana nilai intensitas magnet positif dikarenakan adanya batuan yang bersifat *ferromagnetik* dan intensitas magnet negatif termasuk batuan yang bersifat *diamagnetik*. Model penampang Lintasan a-a' pada Gambar

3 diperoleh model batuan dengan nilai suseptibilitas yang berbeda-beda. Dari 7 model batuan tersebut terdapat 4 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas berharga negatif, yaitu -0,029 SI, -0,008 SI, -0,054 SI dan -0,014 SI yang diinterpretasikan sebagai jenis batuan yang bersifat *diamagnetik*. Bentuk batuan ini diduga sebagai *reservoir* panasbumi.

Model penampang Lintasan b-b' pada gambar 4 di peroleh model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas yang berbeda-beda. Dari model batuan tersebut, terdapat 3 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas yang berharga negatif, yaitu -0,037 SI, -0,012 SI dan -0,010 SI, yang diinterpretasikan sebagai jenis batuan yang bersifat *diamagnetik*. Bentuk batuan ini diduga sebagai *reservoir* panasbumi.

Model penampang Lintasan c-c' pada gambar 5 diperoleh model batuan dengan nilai suseptibilitas yang berbeda-beda. Dari model batuan yang diperoleh terdapat 4 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas batuan bernilai negatif, yaitu -0,065 SI, -0,028 SI, -0,029 SI, -0,001 SI. Jenis batuan ini diinterpretasikan bersifat *diamagnetik* dan diduga sebagai bentuk batuan *reservoir*.

Model penampang Lintasan d-d', pada gambar 6, diperoleh model batuan dengan nilai suseptibilitas yang berbeda-beda, dimana terdapat 4 model batuan yang memiliki nilai suseptibilitas yang berharga negatif. Keempat model batuan tersebut yaitu -0,0009 SI, -0,003 SI, -0,011 SI, dan -0,028 SI. Jenis batuan tersebut diinterpretasikan bersifat *diamagnetik* dan diduga sebagai bentuk batuan *reservoir*.

Hasil interpretasi dan pemodelan penampang, diinterpretasikan bahwa batuan di bawah permukaan daerah penelitian didominasi batuan sedimen, berupa batu pasir, batu kapur dan serpih. Hal ini telah sesuai dengan kondisi geologi daerah penelitian, yaitu batuan penyusun daerah penelitian terdiri dari batuan sedimen, berupa batu pasir, batu kapur dan serpih.

Menurut literatur yang ada, *reservoir* merupakan tempat terakumulasinya fluida *hydrothermal*. Maka zona *reservoir* memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan zona di sekitarnya. Telah dijelaskan bahwa hubungan suseptibilitas magnetik terhadap

temperatur berdasarkan sifat magnetik bahannya, yaitu bentuk batuan yang memiliki nilai suseptibilitas kecil dan negatif, secara teoritis bersifat *diamagnetik* pada temperatur yang cukup tinggi.

Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa semakin kecil nilai suseptibilitas batuan semakin tinggi temperatur batuan tersebut dan diduga sebagai *reservoir*. Sesuai pada Tabel 1, nilai suseptibilitas yang bernilai terkecil dan negatif yaitu batuan sedimen yaitu berupa batu pasir dengan nilai suseptibilitas -0,029 SI, -0,054 SI, -0,028 SI, -0,029 SI dan -0,028 SI. Batuan ini diduga sebagai *reservoir* atau tempat terakumulasinya fluida *hydrothermal*. Pemaparan hasil interpretasi menunjukkan bahwa di daerah penelitian ditemukan adanya *reservoir* panasbumi di bawah permukaan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pemodelan *reservoir* panasbumi di Desa Kasimbar Barat, Kecamatan Kasimbar, Kabupaten Parigi Moutong dengan menggunakan metode geomagnet dapat disimpulkan bahwa, dari keempat lintasan yang ada terdapat 3 model *reservoir* panasbumi pada lintasan yang berbeda-beda yaitu pada Lintasan a-a' dengan nilai suseptibilitas -0,029 SI pada kedalaman 247,16 m dan -0,054 SI pada kedalaman 204,17 m, Lintasan c-c' dengan nilai suseptibilitas -0,028 SI pada kedalaman 303,24 m dan -0,029 SI pada kedalaman 199,08 m, dan Lintasan d-d' dengan nilai suseptibilitas -0,028 SI pada kedalaman 232,02 m, dengan masing-masing jenis batumannya adalah batuan sedimen berupa batu pasir.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengeboran untuk mendapatkan hasil validasi model *reservoir* yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

Dedi, Febrian S, 2012, *Identifikasi manifestasi panasbumi dengan menggunakan metode geomagnet di Desa Masaingi*, Universitas Tadulako, Palu.

- Fourier RO, 1991, *Water geothermometers applied to geothermal energy*. In applications of gheochemistryin geothermal reservoir development, (Ed) D'Amore, United Nations Institute for Training and Research, USA, Pub:37-69.
- Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L., 2000, *Surface Manifestation of Geothermal System with Volcanic Heat Source*, In *Encyclopedia of Volcanoes*, H. Siguardson, B.F. Houghton, S.R. Mc Nutt, H. Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press.
- Rezekiyati J, Nunik, 2014, *Identifikasi sumber panasbumi menggunakan metode geomagnet dengan analisis spectrum di lapangan panasbumi Pulu*, Universitas Tadulako, Palu.
- Sumintadireja, P, 2005, *Vulkanologi dan geothermal*, Diktat kuliah vulkanologi dan geothermal, Penerbit ITB, 153 hal.
- Suparno, Supriyanto, 2009, *Energi panasbumi – A present to the Earth Edisi 1*, Departemen Fisika FMIPA, Universitas Indonesia.
- Telford, W. M. , Sheriff, R. E., dan Geldart, L. P, 1996, *Applied Geophysics*, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.