

**PEMODELAN RESERVOAR PANASBUMI MENGGUNAKAN
METODE GEOMAGNET DI DESA LENGKEKA KECAMATAN LORE
BARAT, KABUPATEN POSO**

**MODELLING OF GEOTHERMAL RESERVOIR OF LENGKEKA VILLAGE
USING METHOD OF GEOMAGNET IN WEST LORE DISTRICT,
REGENCY OF POSO**

Andi Moh. Asrul, RustanEfendi, Sandra

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako

ABSTRACT

This research was conducted using geomagnet method on geothermal area in village lore Barat of Poso regency. This study aims to determine the geothermal *reservoir* in the study sites. The data was then processed by doing correction of IGRF and daily was variations to obtain the total earth magnetic field data. subsequent modeling is done to find the geothermal *reservoir* rock composer and its depth *forward modeling* technique with GM-SYS software. From the result of modeling, it was found that the *reservoir* rock are sedimentary rock in the form of sandstone with *susceptibility* of -0,00001 SI at A-A 'section, -0.00713 SI at B-B' section and -0.0011 SI at C-C ' section on each track. The depth of the geothermal *reservoir* is 1,000-2,000 m below the surface.

Keywords : *Forward modeling, Reservoir, susceptibility*

ABSTRAK

Penelitian ini telah dilakukan menggunakan metode geomagnet pada daerah panas bumi Kecamatan Lore Barat Kabupaten Poso. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan *reservoir* panasbumi di lokasi penelitian. Data yang didapatkan selanjutnya diolah dengan melakukan beberapa koreksi yaitu koreksi IGRF dan koreksi variasi harian guna memperoleh data medan magnet total bumi. selanjutnya dilakukan pemodelan untuk mengetahui batuan penyusun *reservoir* panasbumi dan kedalamannya menggunakan teknik *pemodelan kedepandengan* software GM-SYS. Dari hasil pemodelan diperoleh bahwa batuan penyusun *reservoir* yaitu batuan sedimen berupa batu pasir dengan nilai *suseptibilitas* -0,00001 SI pada penampang A-A', -0,00713 SI pada Penampang B-B' dan -0,0011 SI pada Penampang C-C' pada setiap lintasan. Kedalaman *reservoir* panasbumi berada 1.000-2.000 m di bawah permukaan.

Kata kunci: *Pemodelan Kedapan, Reservoir, Suseptibilitas*

I. LATAR BELAKANG

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. Banyak manifestasi panasbumi yang terdapat di Provinsi Sulawesi Tengah salah satunya ada di Kabupaten Poso.

Kecamatan Lore Barat Kabupaten Poso Provinsi Sulawesi Tengah memiliki manifestasi panasbumi, berupa air panas. Salah satu contoh adalah yang berada di Desa Lengkeka. Pemanfaatan panasbumi sebagai energi alternatif memerlukan banyak pertimbangan khususnya yang berkaitan dengan struktur bawah permukaan. Keberadaan sumber air panas tersebut mendorong untuk dilakukan penelitian guna mengetahui fenomena panas bumi di daerah tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan sumber air panas (reservoir) panasbumi adalah *metode geomagnet*.

Metode geomagnet telah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya misalnya oleh Afandi (2013), yang dapat mengidentifikasi reservoir daerah panasbumi menggunakan metode geomagnet di daerah Blawan Kecamatan Sempol Kabupaten Bondowoso dengan nilai rata-rata Reservoir $-0,178$ SI sampai $-0,199$ SI dan kedalamannya mencapai 500 m – 2000 m, Fitria (2015), dapat mengidentifikasi struktur bawah

permukaan berdasarkan data geomagnetik pada daerah mata air panas Jatikurung Kabupaten Semarang dengan nilai suseptibilitas yang di duga sebagai lapisan reservoir yaitu $0,0057$ SI dengan kedalam 326 m hingga 1200 m, Indriatmoko (2009), menginterpretasi bawah permukaan daerah manifestasi panasbumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY dengan metode magnetik dengan nilai Suseptibilitas reservoir yang didapat yaitu $-0,0085$ SI dan kedalamannya mencapai 580 m, Baligau (2017), pemodelan panasbumi menggunakan data magnetik di Desa Toro Kecamatan Kulawi dengan nilai suseptibilitas reservoir $-0,003413$ SI sampai $-0,00446$ SI dengan kedalaman >2000 m dan Putri (2017), Pemodelan Reservoir panasbumi menggunakan data magnetik di Desa Bora Kabupaten Sigi dengan nilai suseptibilitas $0,000002$ SI sampai $0,000012$ SI dengan kedalaman >2000 M. Dalam penelitian ini metode geomagnet diaplikasikan untuk memperoleh data intensitas medan magnet total, memodelkan batuan penyusun sistem dari reservoir panasbumi Desa Lengkeka, menggunakan teknik *forward modelling* untuk menentukan reservoir panasbumi menggunakan metode geomagnet di Desa Lengkeka.

Saptadjil (2009) berdasarkan pada besarnya temperatur, mengelompokkan sistem panasbumi menjadi 3, yaitu:

1. Sistem/reservoir bertemperatur tinggi, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur di atas 225°C .
2. Sistem/reservoir bertemperatur sedang, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur antara 125°C dan 225°C .

3. Sistem panasbumi bertemperatur rendah, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida dengan temperatur lebih kecil dari 125 °C.

Tingkat suatu benda magnetik untuk mampu dimagnetisasi ditentukan oleh Suseptibilitas Kemagnetan atau *k*, yang dituliskan sebagai:

$$I = k H \dots\dots\dots (1)$$

Jenis batuan sedimen beserta nilai suseptibilitasnya dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai suseptibilitas batuan sedimen.

Batuan/ Mineral	Rapat Massa (10 ³ Kg m ³)	Suseptibilitas Magnetik	
		Volume (k) (10 ⁻⁶ SI)	Massa (χ) (10 ⁻⁸ m ³ kg ⁻¹)
Batuan Sedimen Aluvium	1,65	0-18,000	8
Lempung	1,70	170-250	10-15
Batu Bara	1,35	25	1,9
Gamping	2,11	2-25,000	0,1-1,200
Batupasir	2,24	0-20,900	0-931
Batuan Sedimen (Rata-rata)	2,19	0-50,000	0,2,000

(Telford, 1996)

Dan Beberapa jenis material jika dihubungkan dengan suseptibilitas magnetiknya dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara sifat magnetik dan suseptibilitas magnetik.

Sifat Magnetik	Suseptibilitas Magnetik
<i>Ferromagnetik</i>	Suseptibilitas magnetik tinggi dan berharga positif Contoh: Besi (Fe), Nikel (Ni), Khrom (Cr).
<i>Ferrimagnetik</i>	Suseptibilitas magnetik tinggi dan berharga positif Contoh: <i>magnetite</i> (Fe ₃ O ₄), <i>pyrotite</i> , (FeS), <i>ferrite</i> (NiOFe ₂ O ₃).
<i>Antiferromagnetik</i>	Suseptibilitas sedang dan

<i>Parramagnetik</i>	berharga positif Contoh : Fe ₂ O ₃ (<i>hematite, geothite</i>). Suseptibilitas rendah dan berharga positif Contoh : (<i>biotite, olivine</i>).
<i>Diamagnetik</i>	Suseptibilitas rendah dan berharga negatif Contoh : air, Material organik.

(Rosanti, 2012)

Metode geomagnet merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan untuk survei pendahuluan pada eksplorasi minyak bumi, panasbumi, batuan mineral, maupun untuk keperluan pemantauan (*monitoring*) gunung api. Metode ini mempunyai akurasi pengukuran yang relatif tinggi, instrumentasi dan pengoperasian di lapangan relatif sederhana, mudah dan cepat dibandingkan dengan metode geofisika lainnya. Koreksi pembacaan praktis tidak perlu dilakukan (Telford, 1996).

Metode geomagnet sangat sensitif terhadap perubahan vertikal, umumnya digunakan untuk mempelajari tubuh intrusi, batuan dasar, urat *hydrothermal* yang kaya akan mineral ferromagnetik dan struktur geologi. Metode geomagnet ini digunakan pada studi *geothermal* karena mineral-mineral ferromagnetik akan kehilangan sifat kemagnetannya bila dipanasi mendekati temperatur *Curie*. Oleh karena itu digunakan untuk mempelajari daerah yang diduga mempunyai potensi *geothermal*. Metode eksplorasi geomagnet banyak digunakan karena pengambilan dan pengolahan data dilakukan tidak serumit metode gaya berat. Penggunaan filter matematis umum dilakukan untuk memisahkan anomali berdasarkan panjang gelombang maupun kedalaman sumber anomali magnetik yang ingin diselidiki (Broto dan Putranto, 2011).

Medan magnet bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis yang dapat diukur yaitu arah

dan intensitas kemagnetannya. Parameter fisis itu adalah deklinasi magnetik D , intensitas horizontal H dan intensitas vertikal Z . Parameter yang menggambarkan arah medan magnetik adalah deklinasi D (sudut antara utara magnetik dan utara geografis) dan inklinasi I (sudut antara bidang horizontal dan vektor medan total). Parameter ini diukur dalam satuan derajat. Intensitas medan magnetik total F digambarkan dengan komponen horizontal ke arah utara X dan ke arah timur Y . Nilai intensitas medan magnetik bumi berkisar antara 25.000 nT– 65.000 nT. Wilayah yang terletak di utara ekuator misalnya Indonesia mempunyai intensitas ± 40.000 nT, sedangkan yang di selatan ekuator ± 45.000 nT (Telford, 1996).

Adanya anomali magnetik menyebabkan perubahan dalam medan magnet total bumi dan dapat dituliskan sebagai:

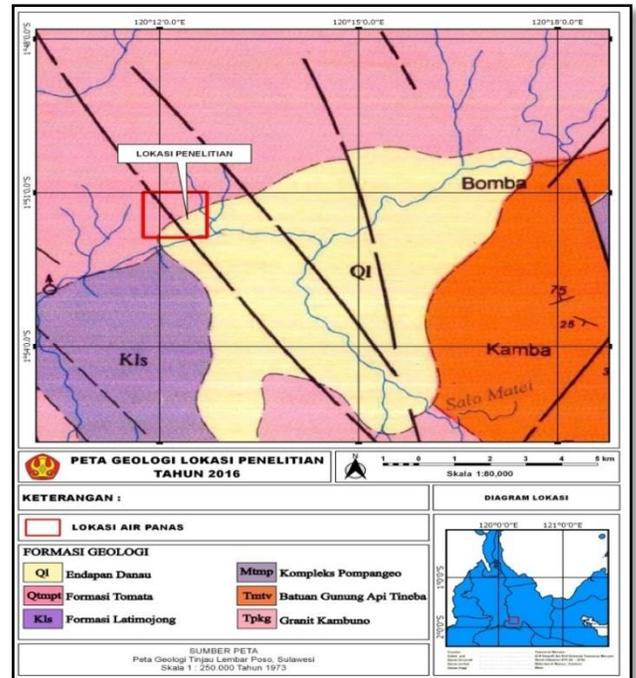
$$H_T = H_{obs} + H_M + H_L \dots \dots \dots (2)$$

Bila besar $H_{obs} \ll H_L$ dan arah H_{obs} hampir sama dengan arah H_L maka anomali magnetik totalnya adalah:

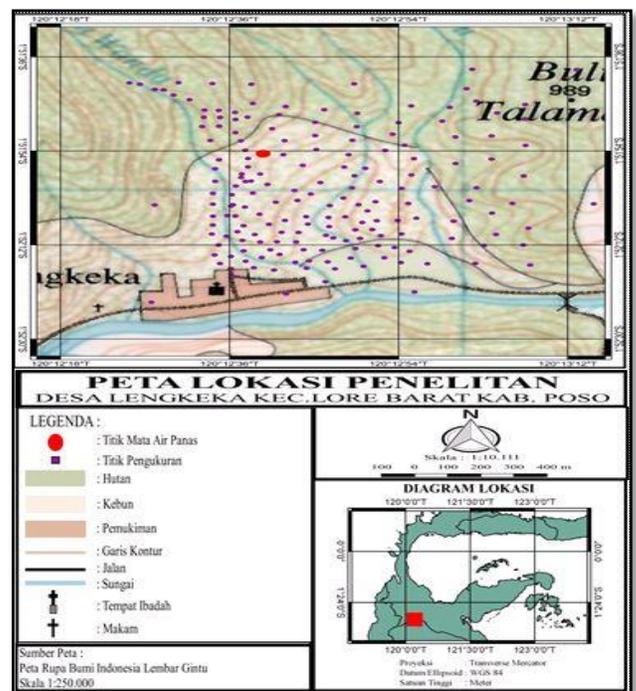
$$HT = H_{obs} - H_M - H_L \dots \dots \dots (3)$$

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di sekitar daerah Panasbumi Desa Lengkeka, Kecamatan Lore Barat, Kabupaten Poso Provinsi Sulawesi Tengah dapat dilihat pada Gambar 1 peta Geologi lokasi penelitian dan Gambar 2 peta lokasi penelitian.



Gambar 1. Peta Geologi Lokasi Penelitian dengan tempat pengambilan data ditunjukkan pada kotak merah.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian dan sebaran titik pengambilan data.

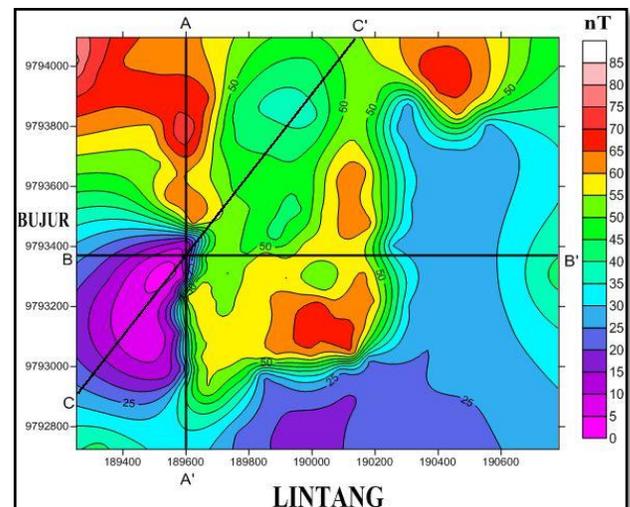
Secara geografis lokasi penelitian terletak pada posisi $120^{\circ} 12' 37,2''$ BT dan $01^{\circ} 51' 59,1''$ LS. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa alat dan bahan penelitian yakni dua set alat Proton Precision Magnetometer merk GS 19T, satu buah kompas geologi, satu buah global positioning system (GPS), Jam, peta geologi dan peta rupa bumi. Pengukuran dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 alat penelitian yakni alat yang ditempatkan pada base dan alat yang akan mengukur dilapangan. Pengukuran di base dilakukan dengan mengarahkan sensor ke arah utara dengan panduan kompas. Kemudian mengatur dan menyamakan waktu yang akan digunakan pada base dan waktu pada saat pengukuran. Selanjutnya mengatur interval waktu pengukuran otomatis magnetometer yang berada di base sesuai kebutuhan. Adapun interval waktu yang diambil pada penelitian ini setiap 10 menit, kemudian Mencatat perekaman instrumen GSM19T yang ada di base yaitu berupa nilai intensitas medan magnet dan waktu dengan interval setiap 10 menit dengan syarat lokasi. Penempatan alat GS 19T di base harus jauh dari material yang mengandung logam karena akan mempengaruhi keakuratan hasil pengukuran.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran intensitas medan magnet bukan hanya dipengaruhi oleh medan magnet harian, tetapi juga dipengaruhi oleh medan magnet utama bumi yang dapat berubah tiap waktu dan setiap wilayah. Data input yang digunakan untuk memperoleh data IGRF adalah data lokasi penelitian (lintang dan bujur) dan elevasi atau ketinggian lokasi penelitian. Nilai IGRF yang diperoleh adalah

41.637,6 nT. digunakan untuk mengkoreksi data intensitas medan magnet sehingga dapat diperoleh nilai medan magnet total.

Berdasarkan data medan magnet yang terukur (T_{obs}) di lapangan, selanjutnya dilakukan perhitungan anomali medan magnet total (ΔT_{total}). Setelah mendapatkan nilai anomali medan magnet total kemudian dibuatkan peta kontur anomali medan magnet dengan menggunakan *software surfer 11*. Untuk membuat peta kontur, data yang digunakan terdiri dari 3 variabel yaitu, lintang dan bujur sebagai sumbu X dan Y, serta nilai anomali medan magnet total sebagai sumbu Z yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kontur anomali medan magnet total (ΔH_T).

Gambar 3 menunjukkan kontur anomali magnetik total dengan nilai intensitas magnet antara 0 – 85 nT. Nilai anomali magnetik tinggi ditunjukkan oleh parameter warna putih dan nilai anomali medan magnet rendah ditandai dengan parameter warna ungu muda. Anomali bernilai tinggi terdapat benda magnetik yang memiliki nilai kerentanan magnet besar begitupun sebaliknya. Nilai anomali magnetik yang menunjukkan nilai

rendah diduga diakibatkan oleh benda anomali di bawah permukaan yang memiliki nilai kerentanan magnetik kecil. Nilai magnetik rendah diduga lapisan batuan penyusun reservoir. Pada proses ini, pengamatan difokuskan pada anomali rendah ditunjukkan parameter warna ungu muda yang selanjutnya menentukan garis penampang di lokasi pengamatan. Dalam hal ini garis penampang dibuat 3 garis yang saling berpotongan sehingga memudahkan dalam melakukan interpretasi yaitu penampang A-A', B-B' dan C-C'.

Untuk mengetahui kondisi bawah permukaan atau batuan penyusun reservoir panasbumi diperlukan teknik pemodelan menggunakan pemodelan kedepan. Pemodelan kedepan, dilakukan dengan cara membangun model lapisan bawah permukaan menggunakan data anomali magnetik total di sepanjang lintasan titik koordinat tertentu pada lokasi penelitian. Penentuan irisan pada lokasi penelitian yang hendak dibangun model bawah permukaannya, berdasarkan pada nilai anomali medan total yang rendah karena dapat diduga bahwa suatu wilayah yang mempunyai nilai anomali medan total yang rendah memiliki nilai suseptibilitas yang rendah juga. Nilai suseptibilitas yang sangat rendah atau bernilai negatif, merupakan batuan yang mengalami kehilangan mineral magnetiknya sebagai akibat dari pemanasan dan tekanan dari sumber panas yang ada di bawah permukaan.

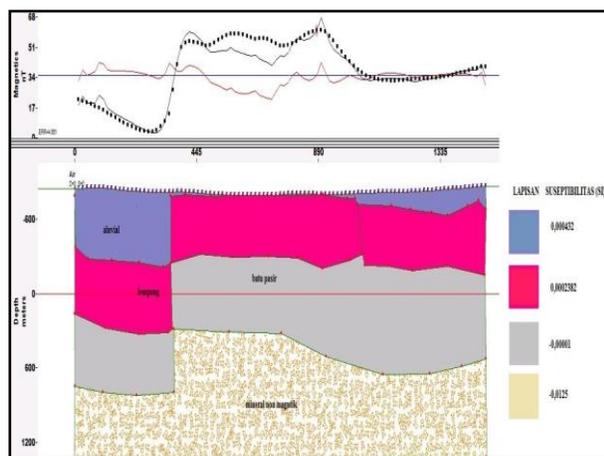
Dalam membangun model menggunakan metode pemodelan kedepan, nilai suseptibilitas batuan dipilih berdasarkan keadaan geologi yang sebenarnya pada lokasi penelitian kemudian dimasukkan kedalam perhitungan hingga diperoleh grafik respon intensitas magnetik. Grafik respon pada

lokasi tersebut dicocokkan dengan grafik model bawah permukaan yang terbentuk dari anomali medan magnet total yang telah diperoleh sebelumnya hingga kesalahan yang didapatkan menjadi kecil yaitu <5%. Berikut penentuan irisan berdasarkan nilai anomali medan total yang terdiri dari penampang A-A', penampang B-B' dan penampang C-C' ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 3. Interpretasi jenis batuan/mineral terhadap nilai suseptibilitas benda pemodelan penampang (A-A'), penampang (B-B') dan penampang (C-C').

Lapisan	Nilai Suseptibilitas (SI)		Interpretasi Mineral/batuan	Keterangan
	Benda	Literatur		
Penampang A-A'				
1	0.000432	0 - 0.018	Aluvium	Batuan sedimen
2	0.002382	0.00017 - 0.00025	Lempung	Batuan sedimen
3	-0.00001	0 - 0.02	Batu Pasir	Batuan sedimen
4	-0.0125	-	Mineral non magnetik	Mineral non magnetik
Penampang B-B'				
1	0.000154	0 - 0.018	Aluvium	Batuan sedimen
2	0.00023	0.00017 - 0.00025	Lempung	Batuan sedimen
3	-0.00713	0 - 0.02	Batu Pasir	Batuan sedimen
4	-0.000032	-	Mineral non magnetik	Mineral non magnetik
Penampang C-C'				
1	0.001328	0 - 0.018	Aluvium	Batuan sedimen
2	0.000107	0.00017 - 0.00025	Lempung	Batuan sedimen
3	-0.0011	0 - 0.02	Batu Pasir	Batuan sedimen
4	-0.0223	-	Mineral non magnetik	Mineral non magnetik

Untuk mengetahui struktur lapisan batuan penyusun reservoir panasbumi di Desa Lengkeka, dibutuhkan teknik pemodelan. Metode tersebut merupakan suatu metode matematika yang digunakan untuk mengolah data menjadi suatu bentuk model struktur lapisan batuan lokasi penelitian. Dalam pemodelan menggunakan pemodelan kedepan diperoleh model seperti pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9, yang menggambarkan sebaran nilai suseptibilitas dan dapat diinterpretasikan sebagai perlapisan batuan dan ditunjukkan pada Tabel 3.

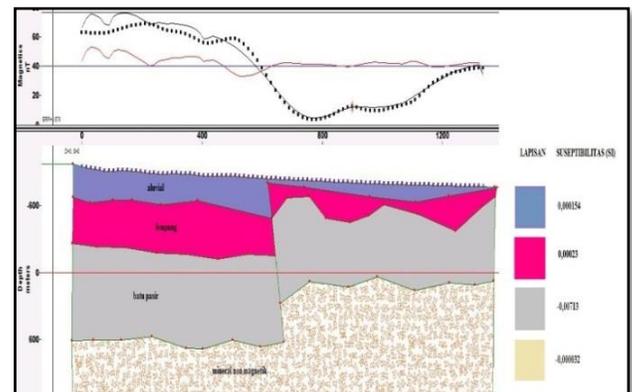


Gambar 4. Model bawah permukaan Penampang A-A'

Penampang A-A' yang ditunjukkan pada Gambar 4 bahwa model bawah permukaan tersusun atas beberapa jenis batuan dan mineral diantaranya lapisan pertama yaitu aluvium merupakan batuan termuda yang berada pada permukaan tanah dengan kedalaman 0 sampai 300 m dengan nilai suseptibilitas 0,000432 SI merupakan batuan sedimen. Selanjutnya lapisan kedua yaitu batuan sedimen berupa lempung dengan kedalaman 300 sampai 700 m dengan nilai suseptibilitas 0,002382 SI. Pada lapisan

ketiga yaitu batuan sedimen berupa batu pasir dengan kedalaman 1000 sampai 1700 m di bawah permukaan dengan nilai suseptibilitas -0,00001 SI.

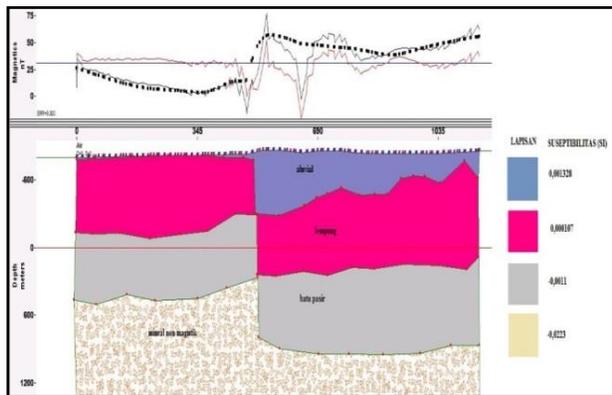
Lapisan ketiga tersebut diduga merupakan batuan penyusun reservoir panasbumi, hal itu ditunjukkan dengan nilai suseptibilitas batuan yang bernilai minus atau batuan dengan sifat diamagnetik. Nilai suseptibilitas negatif menandakan bahwa batuan yang ada di lokasi tersebut kehilangan mineral magnetiknya sebagai akibat dari pemanasan dari sumber panas yang ada di bawah permukaan.



Gambar 5. Model bawah permukaan Penampang B-B'

Penampang B-B' yang ditunjukkan Gambar 5, batuan penyusun bawah permukaan lokasi penelitian berupa aluvium, dan lempung serta batu pasir yang merupakan batuan sedimen. Lapisan pertama yaitu Aluvium yang merupakan batuan termuda berada pada kedalaman 0 sampai 300 m dengan nilai suseptibilitas 0,000154 SI. Lapisan kedua yaitu lempung yang berada pada kedalaman 300 samapai 800 m dengan nilai suseptibilitas 0,00023SI. Pada lintasan 2 batuan penyusun reservoir panasbumi yaitu batuan sedimen berupa batu pasir dengan nilai suseptibilitas -0,00713SI. Kedalaman reservoir berada pada 800

sampai 1600 m di bawah permukaan. Batuan sedimen memiliki nilai suseptibilitas yang sangat kecil atau di bawah nilai 0. Hal itu dikarenakan batuan mengalami pemanasan dari sumber panas bumi dan sebagai akibatnya batuan kehilangan sifat magnetiknya



Gambar 6. Model bawah permukaan Penampang C-C'

penampang C-C' yang ditunjukkan Gambar 6, batuan penyusun bawah permukaan lokasi penelitian adalah sedimen yang berupa aluvium, dan lempung serta batu pasir. Lapisan pertama yaitu aluvium yang merupakan batuan termuda berada pada kedalaman 0 sampai 300 m dengan nilai suseptibilitas 0,001328 SI. Lapisan kedua yaitu lempung yang berada pada kedalaman 300 sampai 800 m dengan nilai suseptibilitas 0,000107 SI. Pada lintasan 3 batuan penyusun reservoir panas bumi yaitu batuan sedimen berupa batu pasir dengan nilai suseptibilitas -0,00011 SI. Kedalaman reservoir berada pada kedalaman 800 sampai 1600 m di bawah permukaan. Ketiga model penampang tersebut dengan nilai suseptibilitas yang diinterpretasikan kedalam jenis mineral dan batuan dikelompokkan kedalam tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa model bawah permukaan lokasi penelitian

tersusun dari beberapa jenis batuan dan mineral. Dari ke 3 model yang telah diperoleh menggunakan metode geomagnet ini menggambarkan bahwa batuan penyusun bawah permukaan lokasi penelitian adalah batuan sedimen berupa Alluvial, lempung dan batu pasir. Reservoir panas bumi tersusun atas batuan sedimen berupa batu pasir dengan kedalaman 800 - 1600 m di bawah permukaan. Berdasarkan hasil yang diperoleh menggunakan metode geomagnet maka dapat diketahui reservoir panas bumi di Desa Lengkeka Kecamatan Lore Selatan Kabupaten Poso.

Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa semakin kecil nilai suseptibilitas batuan semakin tinggi temperatur batuan tersebut dan diduga sebagai *reservoir*. Sesuai pada Tabel 3, nilai suseptibilitas yang bernilai terkecil dan negatif yaitu batuan sedimen yaitu berupa batu pasir dengan nilai suseptibilitas -0,00001 SI pada penampang A-A', -0,00713 SI pada penampang BB', dan -0,0011 SI pada penampang CC'. Batuan ini diduga sebagai *reservoir* atau tempat terakumulasinya fluida *hydrothermal*. Pada penampang model *reservoir* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 sampai Gambar 7 tampak batuan sedimen pada kedalaman dangkal, namun diduga batuan ini adalah hasil pelapukan yang mengalami rembesan panas bumi

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pemodelan reservoir panas bumi Desa Lengkeka, Kabupaten Poso, dapat disimpulkan bahwa, Reservoir panas bumi tersusun atas batuan sedimen berupa batu pasir dengan nilai suseptibilitas Pada Penampang A-A' -0,00001 SI, Penampang B-B' -0,00713 SI, Penampang C-C' -0.00011 SI. Kedalaman reservoir panas bumi di Desa

Lengkeka berada pada kedalaman 800 m – 1600 m di bawah permukaan lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A., Maryanto, S., dan Rachmansyah, A., (2013), *Identifikasi Reservoir Daerah Panasbumi Dengan Metode Geomagnetik Daerah Blawan Kecamatan Sempol Kabupaten Bondowoso*, Jurnal Neutrino, Vol. 6, Hal 1-10.
- Baligau, C.I.C., Kasim S., dan Efendi R (2017), *Pemodelan Reservoir Panas Bumi Menggunakan Data Magnetik di Desa Toro Kecamatan Kulawi*. Natural Science, Vol 6, Hal 159-164.
- Broto, S dan Putranto T.T (2011). *Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panasbumi*, Universitas Diponegro, Semarang.
- Fitria, L., Yulianto, T., dan Harmoko, U., (2015), *Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Geomagnetik Pada Daerah Mata Air Panas Jatikurung Kabupaten Semarang*. Youngster Physics Journal, Vol. 4, Hal 285- 290.
- Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L, (2000), *Surface Manifestation of Geothermal System with Volcanic Heat Source*, In *Encyclopedia of Volcanoes*, H. Sigurdson, B.F. Houghton, S.R. McNutt, H. Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press.
- Indratmoko, P., Nurwidyanto, M. I., dan Yulianto, T., (2009), *Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panasbumi Parangtritis Kabupaten Bantul DIY Dengan Metode Magnetik*. Berkala Fisika, Vol. 12, Hal 153-160.
- Putri, D.E., Abdullah dan Efendi R (2017), *Pemodelan reservoir panasbumi menggunakan data magnetik di Desa Bora Kabupaten Sigi, Gravitasi*, Vol 16, Hal 1-7.
- Rosanti, D.F, (2012). *Korelasi antara Suseptibilitas Magnetik dengan Unsur Logam Berat pada Sekuens Tanah di Pujon Malang*. skripsi: Universitas Negeri Malang.
- Saptadji, N. M. (2009). *Karakterisasi Reservoir Panasbumi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Simandjuntak, Suroso dan Supandjono J.B (1997). *Peta Geologi Lembar Poso, Sulawesi*, Skala 1: 250.000, Bakosurtanal, Bandung.
- Telford, W. M., Sheriff, R. E., dan Geldart, L. P, (1996), *Applied Geophysics*, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.