

Potensi Panasbumi Parangwedang Sebagai Sumber Energi Alternatif Dan Penunjang Perekonomian Daerah Kabupaten Bantul

Rena Juwita Sari¹ Listriyanto²

^{1,2}Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Proklamasi 45 Yogyakarta
Korespondensi : renajuwitasari21@gmail.com

ABSTRAK

Energi merupakan sumber kehidupan, jika energi habis maka kehidupan akan musnah. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia maka kebutuhan akan energi pun semakin meningkat. Pemanfaatan dan pengembangan energi terbarukan menjadi semakin penting mengingat semakin terbatasnya sumber energi fosil atau sumber energi non-terbarukan. Saat ini pemerintah Indonesia mengembangkan sumber-sumber energi alternatif diantaranya energi panasbumi. Parangwedang di desa Parangtritis, kabupaten Bantul merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi untuk pemanfaatan energi panasbumi terlihat ditemukannya manifestasi panasbumi yaitu mata air panas. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui potensi energi alternatif dan industri pariwisata di Parangwedang, desa Parangtritis, Kabupaten Bantul. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis geologi, analisis geofisika dan analisis geokimia, serta analisis teknis dan sosial.

Stratigrafi yang terdapat di daerah penelitian secara umum tersusun oleh batuan sedimen dan sedikit batuan beku intrusi andesit disekitar utara pantai Parangtritis. Nilai intensitas magnetik yang tinggi diasosiasikan dengan endapan pasir besi yang terbentuk di pantai selatan. Analisis data magnetik didapatkan pola pada peta anomali medan magnet kontinuitas kebawah pada $z=100$ meter sampai $z=300$ meter. Pada peta anomali medan magnet kontinuitas kebawah $z=300$ meter pola klosur cenderung tidak berubah, sehingga dugaan sumber panas pada daerah Parangwedang terletak pada kedalaman antara 200-300 meter. Sedangkan analisis geokimia di daerah Parangwedang untuk temperatur permukaan (temperature cutt off) adalah 49°C dan temperatur suhu reservoirnya diperkirakan sebesar 115°C .

Sebagai data pendukung dilakukan juga survey sosial guna mengetahui pemahaman penduduk sekitar mengenai manifestasi dan pemanfaatan panasbumi di daerah Parangwedang agar bisa dimanfaatkan dan dikembangkan oleh masyarakat dan didukung oleh pemerintah daerah kabupaten Bantul.

Kata kunci : Potensi panasbumi, Energi alternatif, Parangwedang, Kabupaten Bantul

ABSTRACT

Energy is a source of life, if energy runs out, life will be destroyed. Along with the increasing population in Indonesia, the need for energy is increasing. The use and development of renewable energy is increasingly important given the increasingly limited sources of fossil energy or non-renewable energy sources. At present the Indonesian government is developing alternative energy sources including geothermal energy. Parangwedang in Parangtritis village, Bantul district is one of the areas that has the potential for utilization of geothermal energy. It can be seen the discovery of geothermal manifestations, namely hot springs. The purpose of this activity is to find out the potential of alternative energy and the tourism industry in Parangwedang, Parangtritis village, Bantul Regency. The analysis used in this study is geological analysis, geophysical analysis and geochemical analysis, as well as technical and social analysis. The stratigraphy found in the study area is generally composed of sedimentary rocks and a few intrusive andesitic igneous rocks formed on the north of Parangtritis beach. High magnetic intensity values are associated with iron sand deposits around the south coast. Magnetic data analysis obtained a pattern on the downward continuation anomaly magnetic at $z = 100$ meters to $z = 300$ meters. On the downward continuation magnetic anomaly $z = 300$ meters the pattern of storage tends not to change, so that the alleged heat source in the Parangwedang area lies at a depth between 200-300 meters. Whereas the geochemical analysis in the Parangwedang area for surface temperature (temperature cut off) is 49°C and the reservoir temperature temperature is estimated at 115°C . As supporting data, a social survey was carried out to find out the understanding of the surrounding population regarding the manifestations and utilization of geothermal energy in the Parangwedang area so that it could be utilized and developed by the community and supported by the local government of Bantul Regency.

Keywords: Geothermal potential, alternative energy, Parangwedang, Bantul Regency

1. PENDAHULUAN (10 PT)

Energi merupakan sumber kehidupan, jika energi habis maka kehidupan akan musnah. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia maka kebutuhan akan energi pun semakin meningkat. Kebutuhan energi yang tidak diiringi dengan peningkatan produksi energi akan menyebabkan Indonesia mengalami krisis energi. Saat ini sumber energi utama yang digunakan berasal dari bahan bakar fosil (bensin, minyak tanah, solar, dll). Pembentukan bahan bakar fosil membutuhkan waktu hingga ratusan juta tahun sehingga dibandingkan dengan jangka waktu hidup manusia Indonesia yang hanya 70th maka bahan bakar ini merupakan sumber energi yang tak terbarukan (*non renewable resources*) [1]. Untuk mengatasi krisis penyediaan energi dan menghindari dampak kerusakan lingkungan hidup akibat *global warming* maka dibutuhkan sumber energi alternatif yang baru dan terbarukan serta lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan dan pengembangan energi terbarukan menjadi semakin penting mengingat semakin terbatasnya sumber energi fosil atau sumber energi non-terbarukan [2]. Saat ini pemerintah Indonesia mengembangkan sumber-sumber energi alternatif diantaranya energi panasbumi. Hal ini juga ditunjang dengan Kebijakan Energi Nasional dalam Peraturan Presiden No.5/2006 mengenai Energi Bauran (*Energy Mix*) yang menargetkan 5% kontribusi pasokan energi nasional bersumber dari energi panas bumi hingga tahun 2025 dan Undang-Undang Energi No.30 Tahun 2007 tentang Energi [3]. Karakterisasi sumberdaya panasbumi yang tersedia di suatu daerah perlu dilakukan dengan cara mempelajari ciri-ciri fisika dan kimia dari cadangan panasbumi tersebut. Karakterisasi ini untuk menentukan kelayakan sumberdaya panasbumi dimaksud guna keperluan eksplorasi lanjut dan eksploitasi. Sumber dengan cadangan energi yang besar dapat dikembangkan menjadi pembangkit tenaga listrik, sedangkan sumberdaya dengan cadangan energi yang tidak terlalu besar dapat diarahkan untuk keperluan lain, seperti misalnya pemanfaatan langsung untuk perikanan, pertanian dan geowisata. Penggunaan sumberdaya panasbumi secara bersamaan untuk pembangkit listrik dan pemanfaatan langsung untuk perikanan, pertanian dan geowisata dapat merupakan pilihan yang baik bila kondisinya memungkinkan [4]. Salah satu potensi panasbumi yang dapat dimanfaatkan utamanya adalah tenaga listrik atau bisa juga pemanfaatan dalam bidang perikanan, pertanian, dan geowisata yaitu di daerah Parangwedang, Desa Parangtritis Kabupaten Bantul. Disana sudah dijumpai salah satu manifestasi panasbumi berupa mata air panas. Untuk mengukur kedalaman sumber panas dan potensi cadangan energi panasbumi Parangwedang perlu dilakukan beberapa analisis Geofisika antara lain dengan menggunakan metode magnetik dan didukung dengan penelitian lain seperti analisis Geologi, analisis Geokimia dan analisis sosial sebagai parameter kesiapan masyarakat disekitar lokasi manifestasi dalam pemanfaatan sumber energi listrik.

Stratigrafi yang terdapat di daerah penelitian secara umum tersusun oleh batuan sedimen dan sedikit batuan beku intrusi andesit disekitar utara pantai Parangtritis. Formasi batuan yang dijumpai di daerah penelitian dapat dikelompokkan dari formasi batuan yang paling muda ke paling tua adalah Formasi Wonosari penyusun utamanya adalah batu gamping, Formasi Nglanggran penyusun utamanya adalah breksi, Formasi Semilir penyusun utama adalah batupasir, betu lempung, tuff dan breksi pumis, Formasi Kebo-Butak, Formasi Wungkul Gamping [5]. Manifestasi panas bumi di daerah Parangtritis, kec. Kretek, kab. Bantul, ditandai dengan adanya mata air panas yang muncul di Parangwedang 49^o C dengan PH normal. Mata air panas Parangwedang terletak sebelah utara obyek wisata pantai parangtritis [6].

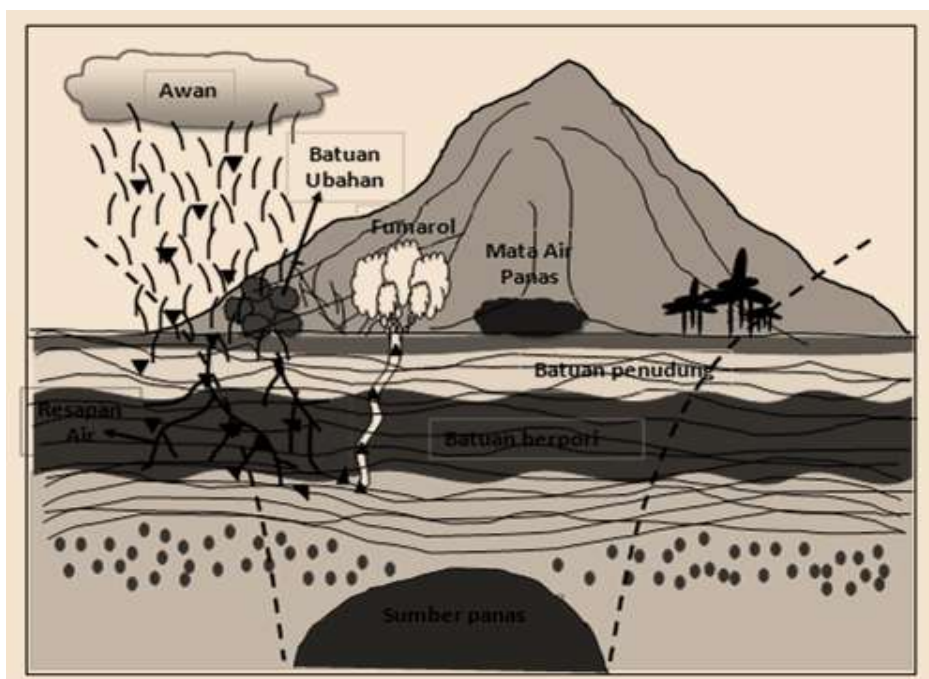
Konsentrasi senyawa kimia terlarut yang signifikan dalam satuan mg/L, diantaranya Cl = 7025,61; Na = 2117,65; Ca = 2433,55; SiO₂ = 67,68; Mg = 15,1; NH₄ = 5,27; B = 8,25, F = 2, dan Fe = 0,04, sedangkan Al dan As tidak terdeteksi. Konsentrasi klorida yang tinggi pada air panas Parangwedang ini disebabkan oleh kontaminasi oleh air laut. Hal ini didukung oleh rasa air yang asin, daya hantar listrik yang tinggi. Pendugaan temperatur bawah permukaan menggunakan persamaan geotermometer air Fournier (1981) dan Giggenbach (1988). Temperatur bawah permukaan di daerah penyelidikan Parangtritis sekitar 115 °C berdasarkan perhitungan geotermometer SiO₂ (ac), paling memungkinkan diaplikasikan mengingat kontaminasi air laut ke air panas [7]. Sistem panas bumi seringkali juga diklasifikasikan berdasarkan entalpi fluida yaitu sistim entalpi rendah, sedang dan tinggi. Kriteria yang digunakan sebagai dasar klasifikasi pada kenyataannya tidak berdasarkan pada harga entalphi, akan tetapi berdasarkan pada temperatur mengingat entalphi adalah fungsi dari temperatur[5]. Berdasarkan pada besarnya temperatur, Pemerintah telah menetapkan dalam SNI untuk membedakan sistim panas bumi menjadi tiga (Tabel 1), yaitu:

Tabel 1. Klasifikasi reservoir dalam estimasi potensi energi panas bumi [8]

Reservoir	Batas Temperatur (°C)	Temp Akhir /Cut off (°C)	Daya per satuan luas (MWe/km ²)	Konversi Energi (%)	Lain-lain
Temperatur rendah	< 125	90	10	10	$\Phi = 10\%$
Temperatur sedang	125 – 225	120	12,5	10	t = 30 th
Temperatur tinggi	> 225	180	15	15	S _L = 100%

Keberadaan sistem panasbumi dikontrol oleh adanya (Gambar 1)[9]:

- Sumber panas (*heat source*)
- Batuan berpori (*reservoir*)
- Batuan penudung (*cap rock*)
- Air resapan
- Struktur geologi



Gambar 1. Ilustrasi sistem panasbumi [9]

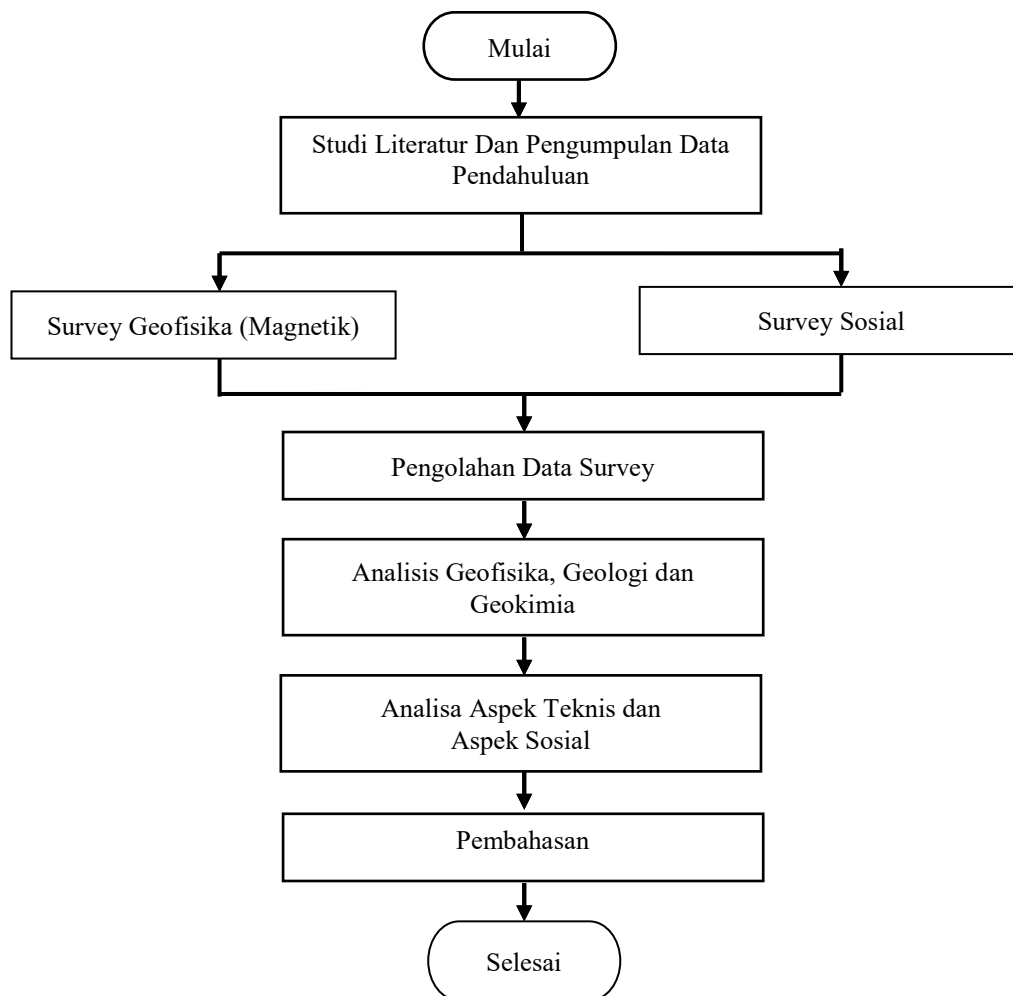
Suatu sistem panas bumi biasanya dicirikan oleh adanya manifestasi di permukaan, berupa:

- Mata air panas (*hot spring*)
Batuan dalam dapur magma lama dapat menyimpan panas sampai ribuan tahun. Air yang turun dan bersentuhan dengan magma akan terpanaskan dan cenderung naik ke permukaan melalui rekahan-rekahan pada batuan dan membentuk sumber mata air panas.
- Fumarol dan sulfatara
Merupakan “lubang asap” tempat keluarnya gas-gas yang dihasilkan oleh gunungapi. Umumnya fumarol terletak di sekitar gunungapi atau pada terobosan melalui rekahan-rekahan. Sedangkan sulfatara merupakan fumarol yang mengeluarkan gas belerang (*sulfur*), seperti SO_2 , H_2S dan S .
- Geysir
Merupakan air tanah yang tersembur keluar sebagai kolom uap dan air panas, terbentuk oleh adanya celah yang terisi air dari kawah. Makin besar akumulasi air dalam celah, makin tinggi tekana uap air yang menekan air di atasnya, sehingga air akan tersembur keluar.
- Kawah
Pada puncak atau daerah sekitar puncak gunungapi terdapat kawah, yaitu suatu bentuk depresi berbentuk corong terbuka ke atas yang merupakan tempat disemburkannya gas-gas dan lava.

Penelitian manifestasi panasbumi di Parangwedang sudah banyak dilakukan, penelitian ini adalah keterbaruan penelitian secara geofisika dengan metode magnetik yang dilakukan di daerah Parangwedang. Selain data magnetik untuk mencari letak sumber panas daerah sumber air panas Parangwedang, ada beberapa analisis pendukung diantaranya analisis secara geologi, geokimia dan survey sosial yang dilakukan untuk mengetahui apakah penduduk setempat mengetahui mengenai keberadaan dan pemanfaatan manifestasi panasbumi didaerah Parangwedang. Diharapkan penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai rujukan kegiatan-kegiatan serupa maupun kegiatan lain yang dilaksanakan di daerah Parangwedang, Parangtritis, Kabupaten Bantul.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum tahapan dalam penelitian Potensi Panas Bumi Parangwedang sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

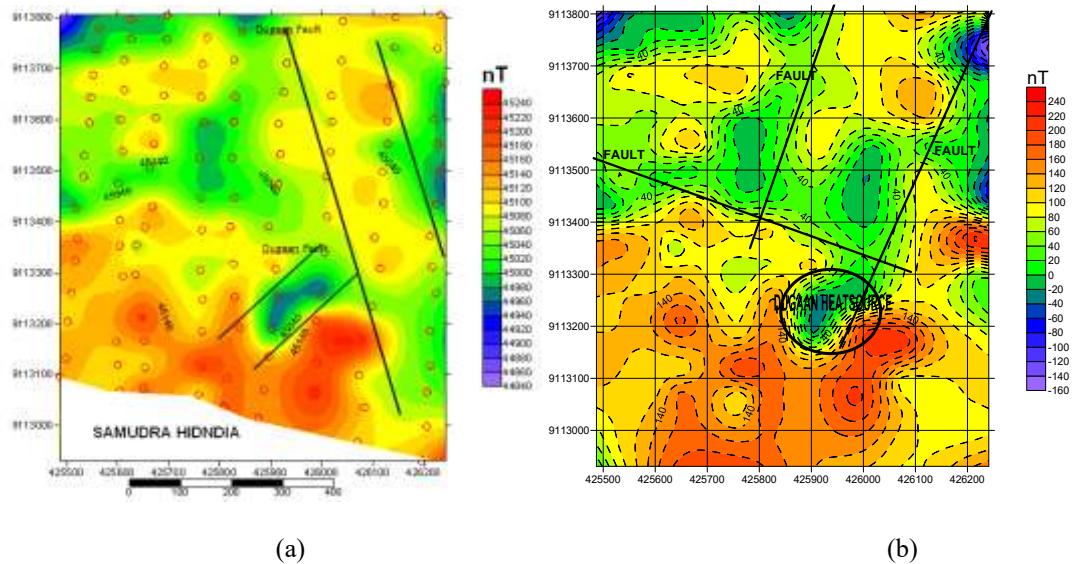


Gambar 2. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

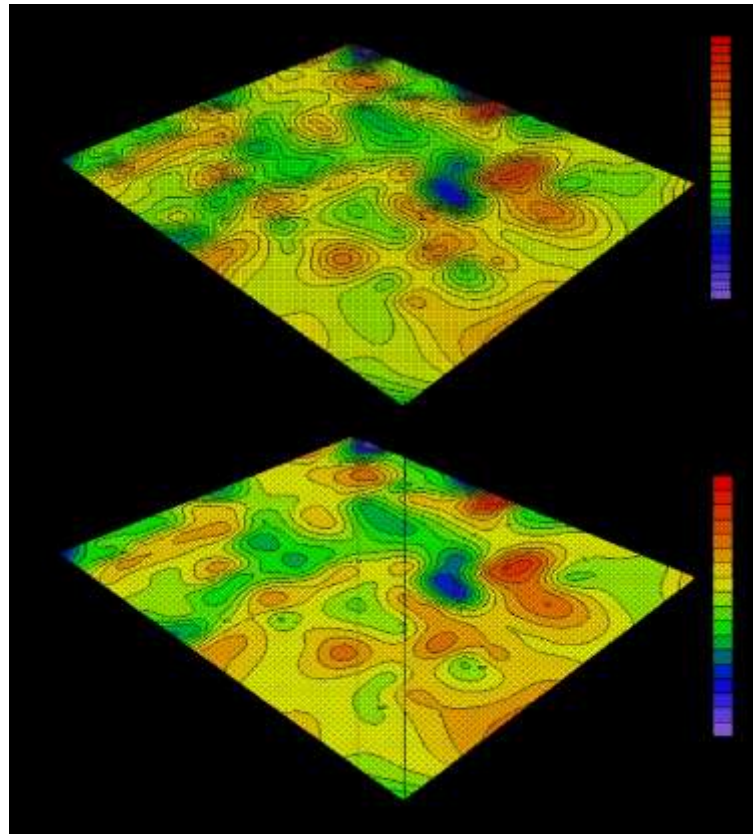
Pengambilan data magnetik di sekitar Sumber Air Panas Parangwedang Desa Parangtritis, diperoleh jumlah titik sampling nilai kemagnetan yaitu 120 titik. Jumlah line atau kumpulan titik sampling diambil disekitar sumber air panas. Peta Gambar 3. (a). merupakan hasil; simulasi data magnetik hasil pengukuran dilapangan sebelum dikurangi nilai medan magnetik bumi dan variasi harian magnetic. Nilai intensitas magnetic ditunjukkan dengan nilai mulai dari 44840 – 45240 nT. Dibagian selatan, nilai intensitas magnetic yang tinggi diasosiasikan dengan endapan pasir besi yang terbentuk di pantai selatan. Sedangkan dibagian selatan pola intensitas rendah dengan dimensi klosur sekitar 100 meter diduga sebagai pola *heat source* yang diduga menjadi sumber air panas pada sumber air panas Parangwedang. Peta anomali medan magnet ini masih dipengaruhi oleh efek anomali dalam dan dangkal Sedangkan Gambar 3 (b) adalah Peta anomali medan magnet

, dihasilkan dengan melakukan koreksi variasi harian dan IGRF pada data lapangan (TMI/ Total Magnetic Intensity). Peta anomali medan magnet merepresentasikan perbedaan nilai kemagnetan batuan. Anomali rendah ditunjukkan klosur berwarna biru pada bagian tengah diinterpretasikan sebagai sumber panas/heat source dengan nilai kemagnetan $-20 - 60$ nT. Endapan pasir besi yang komposisinya terdiri dari mineral dengan sifat kemagnetan tinggi diinterpretasi atau ditunjukkan oleh klosur berwarna merah yang letaknya dominan dibagian selatan.

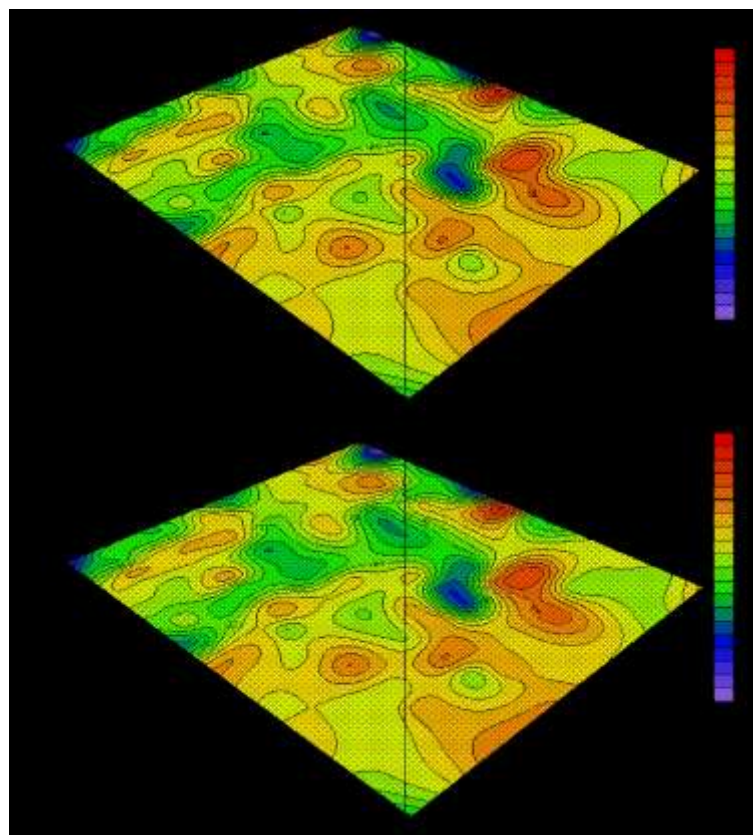


Gambar 3. (a). Hasil simulasi data magnetif Gambar 3. (b). Peta anomali medan magnet total

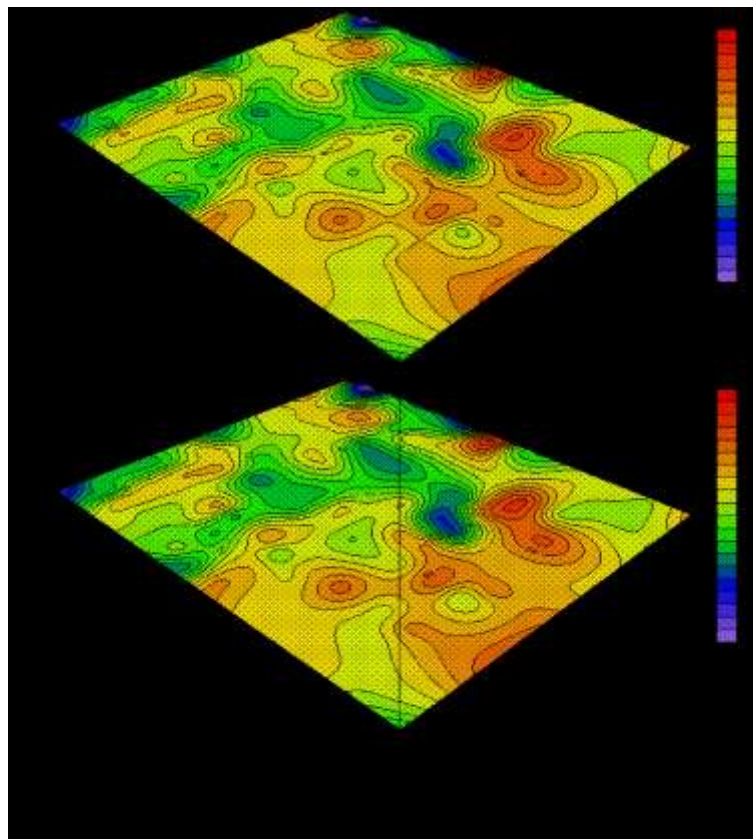
Peta pada Gambar 4 merupakan peta anomali medan magnet kontinuasi ke bawah (*downward continuation*) secara teori kontinuasi ini merubah titik referensi amat dari $z =$ topografi menjadi z kurang dari nol menuju sumber anomaly berada, sehingga nilai intensitas yang didapatkan dari hasil kontinuasi ini merupakan nilai dan distribusi sumber anomaly atau target yang sebenarnya. Dalam beberapa kajian eksplorasi panasbumi, data magnetik digunakan sebagai data awal yang mampu mendeteksi target pada sistem panasbumi. Dalam konteksnya sebagai metode prospeksi, metode magnetik untuk eksplorasi panasbumi dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan *heat source* dan *sesar*.



Gambar 4. (a). Peta anomali medan magnet downward continuation pada $z = 100$ meter



Gambar 4. (b). Peta anomali medan magnet downward continuation pada $z = 200$ meter



Gambar 4. (c) Peta anomali medan magnet downward continuation pada $z = 300$ meter

Metode magnetik digunakan pada daerah yang mempunyai kontras suseptibilitas batuan yang besar dengan batuan sekelilingnya, maka batuan yang lebih panas akan memiliki nilai kemagnetan lebih rendah. Pola klosur berwarna biru dibagian tengah daerah penelitian dengan nilai rentang intensitas berkisar $-20 - (-60)$ nT diduga sebagai sumber panas pada mata air panas daerah Parangwedang. Pola klosur rendah lainnya dibagian utara daerah penelitian dengan rentang yang sama diinterpretasikan sebagai batuan piroklastik. Kontinuasi dilakukan dengan pada $z = 100$ meter – 300 meter.

Pada peta anomali medan magnet kontinuasi kebawah pada $z = 100$ meter pola klosur secara perlahan mengalami perubahan, kemudian paada $z = 200$ meter dan 300 meter pola klosur cenderung tidak berubah dan sama, sehingga dihentikan proses downward continuation ini pada $z = 300$ meter. Pendugaan dari hasil kontinuasi ini keberadaan sumber panas berada pada kedalaman $200 - 250$ meter.

Selain analisis geologi, geofisik dan geokimia, dalam penelitian juga dilakukan survey sosial bertujuan untuk mengetahui pemahaman penduduk sekitar mengenai potensi panasbumi dan pemanfaatan sumber air panas Parangwedang. Dalam pengembangan dan pengelolaan panas bumi di kawasan permukiman penduduk perlu dilakukan sosialisasi. Hal ini dilakukan karena pemahaman masyarakat yang berbeda-beda sehingga tidak menimbulkan penolakan. Dari 100 orang sampel sebanyak 80 orang penduduk yang berada di Pemandian Air Panas Parangwedang mengetahui bahwa sumber air panas Parangwedang merupakan salah satu potensi pembangkit listrik tenaga panas bumi. 75 orang penduduk tidak pernah memanfaatkan potensi sumber air panas ini untuk keperluan pribadi maupun komersil. Hanya 5 orang penduduk yang memanfaatkannya sebagai usaha komersil pemandian air panas. Sebanyak 20 orang penduduk tidak mengetahui bahwa pemerintah turut serta dalam mengembangkan potensi air panas Parangwedang dan 80 orang mengetahui peran serta pemerintah dalam pengembangan sumber air panas bersama masyarakat. Tetapi dari 80 orang penduduk yang mengetahui peran serta pemerintah dalam pengembangan air panas hanya 30 orang yang mengetahui ada peraturan yang diterapkan oleh pemerintah dalam pengembangannya. Selain itu hanya 50 penduduk yang mengetahui bahwa ada pihak luar yang turut serta bersama pemda mengelola potensi panas bumi ini. Dari hal ini disimpulkan bahwa perlunya sosialisasi dari pemerintah daerah kepada penduduk di sekitar sumber air panas Parangwedang agar seluruh masyarakat mengetahui manfaat pengembangan panas bumi yang terdapat di sumber air panas Parangwedang. Sehingga pengembangan potensi panas bumi di Parangwedang dapat

memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi masyarakat. Sebanyak 85 orang penduduk tidak pernah mendengar program pengelolaan panas bumi menjadi listrik untuk masyarakat yang dapat dimanfaatkan untuk mendorong usaha kecil/ menengah. Para informan akan sangat mendukung program pemerintah daerah dan instansi/ lembaga lainnya jika pengelolaan panas bumi menjadi listrik dapat mendorong usaha kecil. Adapun 15 orang yang pernah mendengar hanya memahami tenaga panas bumi dari sumber air panas dapat diubah menjadi listrik.

Ada yang setuju dan ada juga yang tidak setuju jika adanya program pengelolaan sumber air panas Parangwedang menjadi energi listrik. Sebanyak 85 orang setuju dan 15 orang tidak setuju. bahkan 85 orang tersebut juga sangat setuju jika dibentuk sebuah lembaga yang membantu masyarakat untuk mengelola sumber air panas Parangwedang menjadi energi listrik dan bersedia turut berpartisipasi mendukung pemerintah daerah dan lembaga lainnya untuk mengelola program pengelolaan panas bumi dan segera dapat terealisasi. 15 orang penduduk yang tidak setuju jika program pengelolaan sumber air panas Parangwedang menjadi energi listrik dikarenakan dapat mengurangi pendapatan mereka dari pengunjung pemandian air panas Parangwedang. Mereka beranggapan bahwa pembangunan pembangkit listrik dapat merusak nilai-nilai historis di kawasan pemandian air panas.

Berdasarkan beberapa hasil analisa di atas, daerah Parangwedang, Desa Parangtritis berpotensi untuk dikembangkan sebagai industri pariwisata dan perikanan ditunjukkan dengan munculnya mata air panas di sekitar daerah tersebut tetapi untuk pemanfaatan energi listrik dari sumber panas bumi, dilihat dari penelitian geokimia di daerah Parangwedang untuk temperatur permukaan (temperature cut off) adalah 49°C dan temperatur suhu reservoirnya diperkirakan sebesar 115°C . Dimana temperature reservoir $<225^{\circ}\text{C}$ termasuk dalam temperatur rendah (*Metode Estimasi Potensi Energi Panasbumi*), pemanfaatan untuk pembangkit listrik tenaga panas bumi masih belum memungkinkan meskipun banyak dari masyarakat sekitar mendukung dalam pengembangan sumber energi. Tetapi karena terdapat manifestasi panas bumi berupa kemunculan mata air panas di daerah tersebut dan sudah dikembangkan dalam sektor pariwisata, maka pemerintah daerah perlu mengembangkan lebih lanjut sektor pariwisata daerah tersebut guna menunjang perekonomian daerah Parangwedang selain dari sektor wisata pantai.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian potensi Panas bumi di daerah Parangwedang sebagai sumber energi alternatif dan penunjang perekonomian daerah, maka disimpulkan bahwa:

1. Nilai anomali rendah ditunjukkan oleh nilai -20 – (-60) nT dan diduga sebagai sumber panas pada daerah Parangwedang berada pada kedalaman 200 – 300 meter.
2. Temperatur bawah permukaan daerah Parangwedang diperkirakan sebesar 115°C dan secara teknis temperatur yang keluar dari sumber air panas (*cut off*) hanya 49°C , ini tidak memenuhi kriteria minimum temperatur cut off yaitu 90°C dan batas temperatur $<250^{\circ}\text{C}$ (*low temperature*). Selain itu tekanan uap air yang keluar juga sangat kecil. Sehingga tidak bisa digunakan untuk menggerakkan turbin uap skala pico sekalipun.
3. Meskipun mayoritas masyarakat tidak menolak lokasi tersebut untuk dibangun pembangkit listrik energi panas bumi, namun hal itu tidak bisa diwujudkan
4. Karena kegiatan pariwisata (pemandian air panas) di Parangwedang sudah eksis, dan hasil kajian potensi dan teknis Parangwedang belum layak dikembangkan Pembangkit listrik energi panas bumi, maka kegiatan pariwisata-lah yang harus dikembangkan. Bisa dengan memperluas area wisata pemandian air panas yang sudah ada atau membuat kegiatan yang lebih meriah, sehingga mampu meningkatkan pendapatan daerah tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas pendanaan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setyaningsih, W., 2011. *Potensi Lapangan Panasbumi Gedongsongo Sebagai Sumber Energi Alternatif Dan Penunjang Perekonomian Daerah*. Jurnal Geografi Departement of Geography Universitas Negeri Semarang Volume 8 No. 1 Januari 2011.
- [2] El Fandari, A., Daryanto, A. & Suprayitno, G., 2014. *Pengembangan Energi Panas Bumi Yang Berkelanjutan*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 17, No. 1, 68-82, Mei 2014.
- [3] Sukaryadi, D., Putriyana, L. & Herdiani, N. P., 2016. *Kajian Sumur Panas Bumi Untuk Pltp Skala Kecil Di Lapangan Panas Bumi Rantau Dedap, Sumatera Selatan*. Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan Volume 15, No.2
- [4] Gaffar, E.Z., Wardhana, D.D. & Widarto, D.S. 2007. *Studi Geofisika Terpadu di Lereng Selatan Gunung Ungaran*,

- Jawa Tengah, dan Implikasinya terhadap Struktur Panabumi*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Volume 8 No. 2 Hal. 101-119.
- [5] Rahardjo, W. dan Sukandar Rumidi, Rosidi H, 1995, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*, P3G Bandung
- [6] Indratmoko, P., Nurwidyanto, M. I. & Yulianto, T., 2009. Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panasbumi Parangtritis Kabupaten Bantul DIY dengan Metode Magnetik. *Berkala Fisika*, 12(4), pp. 153 - 160.
- [7] Idral, A. & Rusli, L. R., 2003. *Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Parangtritis*, Yogyakarta: s.n.
- [8] SNI, 1999. *Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi (SNI 13-6171-1999)*, Jakarta: Dirjen Geologi dan Sumber Daya Mineral
- [9] Modjo, S. 1980. *Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi*, Penerbit Nova, Bandung.