

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi panas bumi (*Geothermal*) merupakan sumber energi terbarukan berupa energi panas (*thermal*) yang dihasilkan dan disimpan di dalam inti bumi. Meningkatnya kebutuhan akan energi serta semakin langkanya sumber energi fosil telah memacu negara-negara lain untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dengan cara memanfaatkan energi panas bumi untuk menghasilkan energi listrik. Energi panas bumi merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan (*clean energy*) dibandingkan dengan sumber energi fosil. Pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia secara umum belum maksimal, padahal energi panas bumi dapat dimanfaatkan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Berdasarkan Undang-undang Nomor 21 tahun 2014, pemanfaatan panas bumi digolongkan menjadi dua jenis yaitu pemanfaatan langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan langsung yang dimaksud yaitu untuk kegiatan wisata, agrobisnis, industri dan kegiatan lain yang menggunakan panas bumi untuk pemanfaatan langsung, sedangkan pemanfaatan tidak langsung adalah untuk pembangkit tenaga listrik. Indonesia memiliki potensi panas bumi terbesar yaitu 40% dari potensi dunia, yang tersebar sekitar 265 lokasi di sepanjang jalur vulkanik yang membentang dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, dan Maluku. Berdasarkan dari Buku Data Statistik Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE) dari Badan Geologi, Kementerian Energi Sumber Daya Mineral pada tahun 2016, Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi panas bumi yang cukup besar yaitu 29.543,5 MW. Potensi panas bumi Indonesia dibagi dalam 69 Wilayah Kerja Panas Bumi (Gambar 1.1) yang tersebar mulai dari Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi dan Maluku.

Provinsi Jawa Tengah sendiri memiliki potensi panas bumi yang cukup besar, berbanding lurus dengan banyaknya gunung berapi yang masih aktif di daerah Jawa Tengah. Total ada enam wilayah potensial panas bumi di Jawa Tengah yakni Gunung Ungaran, Gunung Lawu, Baturaden, Guci, Telomoyo, dan Dieng.

Daerah Diwak dan Derekan terletak di Gn. Ungaran yang merupakan salah satu dari WKP di Jawa Tengah yang memiliki potensi panas bumi berupa manifestasi mata air panas. Pemanfaatan energi panas bumi di daerah manifestasi Diwak dan Derekan selama ini hanya sebatas area wisata pemandian air panas dan belum dimanfaatkan untuk hal lainnya seperti pemanfaatan energi panas bumi untuk mengeringkan hasil perkebunan ataupun sebagainya. Hal ini dikarenakan pengetahuan masyarakat terhadap pemanfaatan langsung energi panas bumi masih terbatas, selain itu juga masih kurangnya kajian terhadap potensi energi yang terkandung di daerah manifestasi tersebut, menjadikan hal itu sebagai landasan untuk dilakukannya penelitian ini.



Gambar 1. 1 Peta sebaran potensi panas bumi WKP Jawa Tengah
(Buku Statistik EBTKE 2016)

Lokasi manifestasi berada di bagian selatan Wilayah Kerja Panas Bumi lereng Gunung Ungaran. Lokasi penelitian secara administratif berada di Desa Diwak, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang, dan Desa Derekan, Kecamatan Pringapus, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, secara geografis lokasi

penelitian berada pada koordinat $110^{\circ} 26' 16,4''$ - $110^{\circ} 25' 59,9''$ BT dan $7^{\circ} 11' 55,2''$ - $7^{\circ} 11' 31,9''$ LS. Berdasarkan fisiografinya berada di Zona Pegunungan Serayu Utara yang merupakan zona gunung api kuartar yang mencerminkan hubungan antara tektonik dan vulkanisme (van Bemmelen, 1949). Berdasarkan pada studi distribusi temperatur permukaan dangkal, diperoleh nilai temperatur daerah manifestasi yaitu $30,77^{\circ}\text{C}$ (Diwak) dan $30,64^{\circ}\text{C}$ (Derekan) dengan nilai emisi gas karbondioksida sebesar 9% (Nikmah, 2014). Keadaan Geologi daerah penelitian terbentuk dari Formasi Kaligetas yaitu breksi vulkanik, aliran lava, tuf, batupasir tufan, dan batu lempung, terdapat breksi aliran dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufan. Batuan gunung api yang melapuk berwarna coklat kemerahan dan sering membentuk bongkah-bongkah besar dengan ketebalan berkisar antara 50 m sampai dengan 200 m (Thanden et al., 1996).

Pengukuran Mikrotremor merupakan pengukuran seismik pasif untuk merekam getaran yang dihasilkan oleh aktivitas bumi ataupun aktivitas manusia, biasanya metode ini digunakan untuk memperkirakan tingkat kerusakan yang timbul akibat gempa bumi dan juga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi struktur bawah permukaan berdasarkan frekuensi dominannya dan faktor amplifikasinya. Amplitudo mikrotremor umumnya sangat kecil berada pada 10^{-4} sampai 10^{-2} mm, jauh di bawah penginderaan manusia. Penggunaan mikrotremor secara efektif, dapat memberikan penilaian awal sebelum survei rinci pada struktur geologi (Okada, 2003).

Penggarapan sebuah model konseptual suatu lapangan panas bumi dalam bentuk 3 dimensi didasarkan pada informasi geologis, baik dari pemetaan atas permukaan hingga analisis data bawah permukaan. Berbagai metode eksplorasi digunakan untuk mengidentifikasi potensi sumber energi di bawah permukaan, metode geofisik adalah metode yang paling efektif untuk proses eksplorasi sumber energi panas bumi, beberapa hasil dari metode tersebut dapat menjadi parameter yang langsung mengacu pada aktivitas geologi (Abdou, 2015).

Pada dasarnya untuk membuat pemodelan di daerah manifestasi Diwak dan Derekan, peneliti menggunakan metode seismik pengukuran mikrotremor dan diolah dengan metode HVSR (*Horizontal Vertical Spectre Ratio*).

Dalam analisis mikrotremor spektrum komponen horizontal dibandingkan terhadap komponen vertikal atau dikenal dengan metode HVSR. Metode HVSR pertama kali diperkenalkan oleh Nogoshi dan Iragashi yang menyatakan adanya hubungan antara perbandingan komponen horizontal dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang *Rayleigh* yang kemudian disempurnakan oleh Nakamura (1989). Dalam pengamatan dilapangan ada dua komponen horizontal yang diukur yaitu komponen utara-selatan dan komponen barat-timur. Penguatan gelombang pada komponen vertikal dapat dinyatakan sebagai rasio spektrum komponen vertikal di permukaan dan di batuan dasar. Metode HVSR dapat digunakan untuk memperkirakan nilai frekuensi natural yang tidak bergantung sumber dan waktu (Bonney-Claudet, 2006) sedangkan untuk estimasi nilai amplifikasi dipengaruhi oleh sumber, walaupun pengaruhnya sangat kecil (Nakamura, 2008). Nakamura mengusulkan sebuah hipotesis bahwa getaran mikrotremor pada suatu lokasi dapat ditentukan dengan menghitung rasio spektral antara komponen horizontal terhadap komponen vertikal yang diamati pada titik lokasi yang sama. Teknik ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi frekuensi dasar lapisan lunak. Metode ini menunjukkan adanya korelasi positif dengan frekuensi natural dasar medium pada lapisan yang lunak (*soft soil*).

Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSR yaitu frekuensi natural dan amplifikasi. HVSR yang terukur pada tanah yang bertujuan untuk karakterisasi geologi setempat, frekuensi natural dan amplifikasi berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan (Herak, 2008). Faktor amplifikasi memberikan gambaran tentang perubahan (pembesaran) percepatan gerakan tanah dari batuan dasar ke permukaan. Pembesaran percepatan tanah dari batuan dasar ke permukaan disebabkan karena perbedaan kecepatan gerakan gelombang geser (V_s) di batuan dasar dan pada lapisan tanah (sedimen). Nilai V_s dari batuan dasar ke permukaan akan makin mengecil. Nilai V_s yang makin mengecil menyebabkan makin kecilnya nilai modulus geser (G_s) dan faktor redaman, sehingga percepatan tanah akan

makin membesar. Semakin besar nilai faktor amplifikasi maka semakin besar pula percepatan gerakan tanah di permukaan (Partono dkk, 2013). Nilai V_p dan V_s yang dihasilkan dari inversi metode HVSR dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik bawah permukaan daerah manifestasi.

Pemilihan pengukuran mikrotremor metode HVSR oleh peneliti dianggap memiliki keunggulan yaitu mobilisasi pengukuran mudah, efektif, cepat, praktis dan hemat biaya (Bonney-Claudet dkk, 2006), serta tidak mengganggu lingkungan sekitar (terutama area pemukiman) bila dibandingkan dengan metode seismik aktif yang menggunakan bahan peledak atau pembangkit gelombang buatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dapat di tuangkan dalam beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Berapa nilai profil gelombang kompresi (V_p) dan nilai profil kecepatan gelombang geser (V_s) pada struktur bawah permukaan daerah penelitian manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan?
2. Bagaimana litologi bawah permukaan pada daerah penelitian manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan?
3. Bagaimana konseptual kemunculan mata air panas di daerah penelitian manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah penelitian yang akan dilakukan maka tujuan dari penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut, yaitu:

1. Menentukan nilai V_p dan V_s untuk struktur bawah permukaan di daerah penelitian, berdasarkan pengolahan data mikrotremor.
2. Mengetahui kondisi litologi bawah permukaan daerah penelitian dan manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan.
3. Menganalisis konsep kemunculan air panas di manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi dan gambaran terkait kondisi litologi bawah permukaan daerah penelitian yang didapat dari data mikrotremor.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terkait dengan karakteristik panas bumi dan daerah yang memiliki potensi panas bumi.
3. Sebagai bahan masukan dan referensi bagi penelitian selanjutnya.

1.5 Originalitas Penelitian

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan di area manifestasi Diwak dan Derekan di antaranya yaitu “Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi *Schlumberger* di Area PanasBumi Desa Diwak dan Derekan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang” (Darmawan, 2014) dan “Interpretasi Bawah Permukaan Sistem Panas Bumi Diwak dan Derekan Berdasarkan Data Gravitasi” (Ilmi, 2014). Berdasarkan hasil interpretasi menggunakan metode gravitasi, data anomali *Bouguer* lengkap menunjukkan pasangan kontur positif dan kontur negative yang mengindikasikan adanya zona sesar di bawah permukaan. Penafsiran tersebut diperkuat dengan hasil pemodelan yang menunjukkan adanya sesar di wilayah area manifestasi air panas Diwak dan Derekan. Zona sesar ini merupakan media jalan keluar fluida ke permukaan pada sistem panasbumi tersebut. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan metode Geolistrik, penelitian area manifestasi menunjukkan enam lapisan batuan terdiri dari lapisan batulempung, batulanau, tuf, batupasir, breksi dan pasirtuf dengan nilai resistivitas dan ketebalan yang berbeda. Struktur geologi yang berkembang adanya dua sesar turun yang berarah barat daya-timurlaut yang mana merupakan zona lemah dan menyebabkan keluarnya fluida panasbumi ke permukaan area manifestasi Diwak dan Derekan. Terkait dengan penggunaan metode mikrotremor di area manifestasi Diwak dan Derekan belum pernah dilakukan, sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini mampu merekam dan menggambarkan struktur bawah permukaan area manifestasi panasbumi secara spesifikasi. Ringkasan penelitian sebelumnya terkait dengan manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan dan penggunaan metode mikrotremor dapat dilihat dalam Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
1.	Hudha, dkk (2014)	Penentuan Struktur Bawah Permukaan dengan Menggunakan Metode Seismik Refraksi di Lapangan Panas Bumi Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang	Hasil penelitian di lapangan Derekan didapatkan struktur dua per lapisan yaitu, v1 untuk lapisan pertama sebesar 546 - 1011 m/s yang di sebagai lapisan alluvium. Lapisan kedua didapatkan nilai kecepatan (v2) interpretasikan sebesar 1081 - 1714 m/s yang diinterpretasikan sebagai batuan lempung. Penetrasi yang mampu direkam sebesar 0,75 – 9,16 m.	Hasil penelitian dilapangan Diwak dan Derekan yang dilakukan Hudha hanya menemukan dua per lapisan yaitu lapisan alluvium dan batuan lempung, sedangkan dalam penelitian ini didapatkan enam per lapisan sebagai gambaran bawah permukaan yang lebih mendalam yaitu lapisan <i>soil, sand, alluvium, clay, limestone, sandstone and shale</i> .
2.	Darmawan, dkk (2014)	Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi <i>Schlumberger</i> di Area Panas Bumi Desa Diwak dan Derekan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang”	Hasil penelitian geolistrik menunjukkan enam lapisan batuan yang terdiri dari lapisan batulempung, batulanau, tuf, batupasir, breksi dan pasirtuf dengan nilai resistivitas dan ketebalan yang berbeda. Interpretasi secara manual menunjukkan adanya dua sesar turun yang merupakan zona lemah tempat keluarnya fluida kepermukaan.	Dalam hal ini perbedaan metode geofisika yang digunakan oleh Darmawan dkk yaitu metode geolistrik konfigurasi <i>schlumberger</i> dan penulis menggunakan data mikrotremor metode HVSR sebagai alternatif dalam mengidentifikasi struktur bawah permukaan dianggap lebih mudah dan praktis mengaplikasikannya dilapangan. Sesar yang dianggap merupakan zona lemah juga ditemukan dalam hasil penelitian ini.

Tabel 1.1 (Lanjutan)

No	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
	Zulaikhah, dkk (2016)	Pemodelan Inversi Anomali Magnetik 3D Daerah Mata Air Panas Diwak dan Derekan	<p>Hasil dari penelitian berupa pasangan klosur positif dan negatif yang mengindikasikan adanya struktur sesar dibawah permukaan. Terdapat dua pasangan klosur positif dan negatif yang dibuat sayatan untuk mengetahui struktur bawah permukaan dengan membuat model 2D menggunakan perangkat lunak <i>Mag2dc</i>. Hasil pemodelan 2D kedua sayatan tersebut menunjukkan adanya struktur sesar berupa sesar turun yang berarah baratdaya – timurlaut, sedangkan untuk model 3D menggunakan perangkat lunak <i>Mag3D</i> dan hasil pemodelan 3D menunjukkan adanya struktur sesar di bawah permukaan.</p>	<p>Pemodelan inversi anomali magnetik 3D digunakan oleh Zulaikhah dianggap merupakan metode yang kompleks karena untuk mengukur intensitas magnetik melibatkan keseimbangan kekuatan yang diberikan oleh medan magnet bumi terhadap gaya gravitasi, diperlukan waktu yang banyak untuk menyelesaikan pengamatan, berbeda dengan penelitian ini metode yang digunakan sangatlah praktis, hemat biaya dan waktu yang singkat untuk setiap titik pengukuran. Adapun yang dihasilkan dari penelitian ini juga menunjukkan adanya sesar, digambarkan dengan pemodelan 2D dan 3D yaitu berupa sesar normal yang berarah dari baratdaya-timurlaut.</p>

Tabel 1.1 (Lanjutan)

No.	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
	Sudarmawan (2019)	Pemodelan Tiga Dimensi Area Manifestasi Panas Bumi Sangubanyu Berdasarkan Data Mikrotremor	Hasil pengolahan data mikrotremor dengan menggunakan metode HVSR diperoleh sebaran nilai frekuensi dominan di area penelitian antara 0,62 - 0,73 Hz dan nilai faktor amplifikasi 1,09 - 1,39, hasil inversi pada kurva H/V diperoleh sebaran nilai V_p antara 131,76 m/s hingga 2.181,19 m/s, nilai V_s antara 76,61 hingga 1.129,42 m/s, dan rasio VP/VS 1,64 – 3,35. Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi kecepatan gelombang, kondisi bawah permukaan area manifestasi Sangubanyu tersusun oleh soil atau lapisan tanah penutup dengan nilai VP antara 0 – 350 m/s, ketebalan lapisan 3 – 30 m, weathered layered dengan nilai VP antara 350 – 500 m/s, ketebalan lapisan antara 5 – 80 m, sand and gravel (saturated) dengan nilai VP antara 500 – 1.000 m/s, ketebalan lapisan berkisar 20 – 100 m, dan lapisan paling bawah yaitu sand (saturated) dengan nilai VP antara 1.000 – 2.200 m/s dengan	Sudarmawan menggunakan metode yang sama dengan penulis yang membedakan yaitu lokasi penelitian, dimana Sudarmawan melakukan penelitian di manifestasi Panas Bumi sangubanyu sedangkan, penelitian ini di manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan, lokasi dipilih karena belum adanya penelitian yang menggunakan metode HVSR pada data mikrotremor di lokasi penelitian.

Tabel 1.1 (Lanjutan)

No.	Peneliti/tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Gap Analysis
	Yuanita, dkk (2014)	Identifikasi Panas Bumi Diwak dan Derekan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang dengan Menggunakan Metode Audiomagnetotellurik	<p data-bbox="989 269 1377 496">ketebalan antara 75 – 150 m, terdapat sesar normal dengan arah relatif baratlaut – tenggara, blok selatan relatif turun dari blok utara, sesar yang berkembang memicu munculnya mata air panas di area penelitian.</p> <p data-bbox="989 505 1377 870">Metode AMT merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan karakterisasi panas bumi dengan menganalisa nilai resistivitas batuan bawah permukaan, dan diperoleh <i>caprock</i> dengan nilai resistivitas 0-10 Ωm dimana daerah itu dianggap merupakan zona konduktivitas berupa zona <i>clay cap</i></p>	<p data-bbox="1404 505 1990 1000">Yuanita menggunakan metode Audiomagnetotellurik untuk mengidentifikasi panas bumi Diwak Derekan, metode ini memiliki kelemahan yaitu <i>signal to noise ratio</i> yang rendah yang disebabkan oleh sumber sekunder, dampaknya yaitu data yang mengandung banyak <i>noise</i> menyebabkan penurunan pada nilai koherensi, sehingga data yang dihasilkan bisa jadi tidak optimal. Oleh sebab itu, penulis lebih memilih penggunaan data mikrotremor metode HVSR yang lebih stabil perekaman datanya. Dan perolehan berupa <i>caprock</i> oleh Yuanita dianggap tidak linier dengan kondisi bahwasanya manifestasi panas bumi diwak dan derekan terletak di zona <i>outflow</i>.</p>