

MIPA

LAPORAN AKHIR TAHUN PERTAMA
HIBAH PENELITIAN KERJA SAMA ANTAR PERGURUAN TINGGI
(HIBAH PEKERTI)



KAJIAN PROSPEK POTENSI ENERGI PANAS BUMI
DI PROVINSI GORONTALO SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK
YANG RAMAH LINGKUNGAN

TIM PENELITI :

RAGHEL YUNGINGER, M.SI
DR. LA ODE NGKOIMANI, M.SI
AHMAD ZAINURI, MT

UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
2011

I. PENDAHULUAN

Persoalan energi merupakan isu yang selalu ramai dibicarakan, karena menyangkut hajat hidup orang banyak. Energi merupakan salah satu barang publik (*public goods*) penting yang berasal dari sumber daya alam tak terbarukan (*non renewable*) maupun terbarukan (*renewable*) yang digunakan untuk menggerakkan semua segi kegiatan kehidupan manusia.

Di Indonesia sumberdaya energi yang penting, dan mempunyai peran strategi adalah minyak bumi, gas bumi, dan batu bara. Hakekatnya tiga sumber daya alam ini adalah sumber daya fosil yang digunakan sebagai energi pembangkit listrik yang mempengaruhi kelancaran aktivitas kehidupan manusia. Namun sebagai negara yang berada di ambang era industri, yang diikuti terus oleh bertambahnya jumlah penduduk dan aktivitas perekonomian, menyebabkan tingginya eksploitasi energi *non renewable*. Akibatnya kandungan energi fosil menipis, dan menjadi pemicu terjadinya krisis energi listrik seperti sekarang ini.

Krisis energi listrik yang menjadi permasalahan nasional, sangat terasa juga di Provinsi Gorontalo. Pada beberapa daerah di Gorontalo masih minim pasokan listrik, hal ini disebabkan oleh kurangnya infrastruktur dan sumber pembangkit energi listrik, yang sampai sekarang mengandalkan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), berbahan bakar minyak. Tingginya harga serta makin rendahnya cadangan minyak bumi ikut mempengaruhi kurangnya pemenuhan kebutuhan listrik bagi masyarakat Provinsi Gorontalo. Saat ini langkah antisipatif yang dilakukan oleh pemerintah selain mencari sumber energi listrik yang baru adalah dengan pemadaman listrik secara bergantian. Akibatnya aktivitas masyarakat dan industri, termasuk dunia pendidikan, pemerintahan dan bidang usaha lainnya yang bergantung pada penggunaan energi listrik menjadi terganggu. Dampak jangka panjang jika hal tersebut tidak segera diantisipasi adalah terganggunya sistem perekonomian daerah.

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sebagai tenaga pembangkit listrik harusnya dapat dijadikan acuan bagi pemerintah Gorontalo untuk mencari alternatif pengganti bahan bakar fosil. Keberlanjutan pembangunan dan aktivitas perekonomian di Provinsi Gorontalo merupakan sebuah keharusan untuk melakukan pencaharian sumber-sumber energi alternatif sebagai

penopang kebutuhan pengelolaan energi di segala bidang. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah pusat menggalakkan pemenuhan kebutuhan dasar energi masyarakat, melalui Program Desa Mandiri Energi. Namun hingga saat ini belum nampak langkah konkrit yang ditempuh pemerintah memanfaatkan sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang murah dan ramah lingkungan seperti panas bumi. Hal ini disebabkan kurangnya data yang akurat untuk mendukung upaya-upaya pemerintah.

Panas bumi selalu berasosiasi dengan jalur vulkanik dan berada pada daerah gunung api tidak aktif, yang masih menyimpan panas di bawah permukaan. Di Indonesia terdapat 217 prospek panas bumi, yaitu di sepanjang jalur vulkanik mulai dari bagian Barat Sumatera, Maluku, terus ke Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan kemudian membelok ke arah utara melalui Maluku dan Sulawesi. Survei yang dilakukan selanjutnya berhasil menemukan beberapa daerah prospek baru sehingga jumlahnya meningkat menjadi 256 prospek, yaitu 84 prospek di Sumatera, 76 prospek di Jawa, 51 prospek di Sulawesi, 21 prospek di Nusatenggara, 3 prospek di Irian, 15 prospek di Maluku dan 5 prospek di Kalimantan (Nenny Saptadji, 2001)).

Berdasarkan uraian ini menunjukkan bahwa Sulawesi yang berada pada jalur tumbukan lempeng (tiga lempeng besar yang bertemu di kepulauan Indonesia), adalah daerah yang memiliki potensi geothermal. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ngkoimani, dkk (2009) yang memperoleh informasi bahwa Sulawesi Tenggara memiliki potensi energi alamiah terbarukan dan sangat berpotensi untuk dimanfaatkan adalah energi panas bumi. Disamping itu terdapat juga sumberdaya alam geothermal di Sulawesi Utara, dan telah dimanfaatkan yang dikelola langsung oleh PT. Utama Pertamina Geothermal Energi, yaitu Lahendong Sulawesi Utara. Berdasarkan dari hasil penelitian, potensi panas bumi di Lahendong mampu menghasilkan daya listrik hingga 120 megawatt (Noorsalam, dkk : 2002 :6).

Penemuan ini menjadi rujukan dalam mencari sumber energi alternatif panas bumi yang ada di Provinsi Gorontalo. Sebagai provinsi yang berada di Bagian Utara Pulau Sulawesi, maka Provinsi Gorontalo berpotensi memiliki sumber air panas. Asumsi ini diperkuat oleh adanya beberapa wilayah yang ada di Provinsi Gorontalo memiliki sumber air panas, dan sudah digunakan sebagai tempat wisata seperti tempat wisata *Pentadio Resort, Wisata Pemandian Lombongo*. Keberadaan manifestasi geothermal berupa fluida panas di daerah Kabupaten

Gorontalo, dan Kabupaten Bone Bolango merupakan indikasi adanya potensi sumber geothermal di bawah permukaan bumi Provinsi Gorontalo.

Melalui penelitian ini diharapkan informasi data yang jelas tentang prospek sumber panas bumi di Provinsi Gorontalo, dan potensi energi panasnya sebagai energi alternatif pembangkit listrik. Pada penelitian ini dilakukan kajian yang lebih mendalam mengenai prospek panas bumi sebagai energi alternatif pembangkit listrik di Provinsi Gorontalo. Hal ini penting dilakukan agar dapat diketahui dengan jelas titik-titik sumber panas bumi di Provinsi Gorontalo, dan potensi energi panas bumi tersebut, apakah dapat digunakan sebagai energi alternatif pembangkit listrik. Kontribusi hasil kajian ini sangat dibutuhkan informasinya bagi pemerintah daerah, karena kebutuhan energi listrik merupakan kebutuhan yang berkelanjutan dalam berbagai aktivitas masyarakat yang harus segera mendapatkan penanganan.

2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE – I

2.1. TUJUAN PENELITIAN TAHUN KE - I

Tujuan umum penelitian ini adalah mengetahui prospek potensi energi panas bumi di Provinsi Gorontalo yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Sedangkan tujuan khusus untuk tahun pertama ini adalah mengetahui atau menemukan titik-titik sumber panas bumi di Provinsi Gorontalo, khususnya yang di Kabupaten Gorontalo dan Kabupaten Bonebolango. Tujuan pada tahap pertama ini dilakukan perhitungan harga anomali dan pembuatan peta kontur anomali medan magnetik, pembuatan peta sebaran atau batas-batas reservoir.

2.2. MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE - I

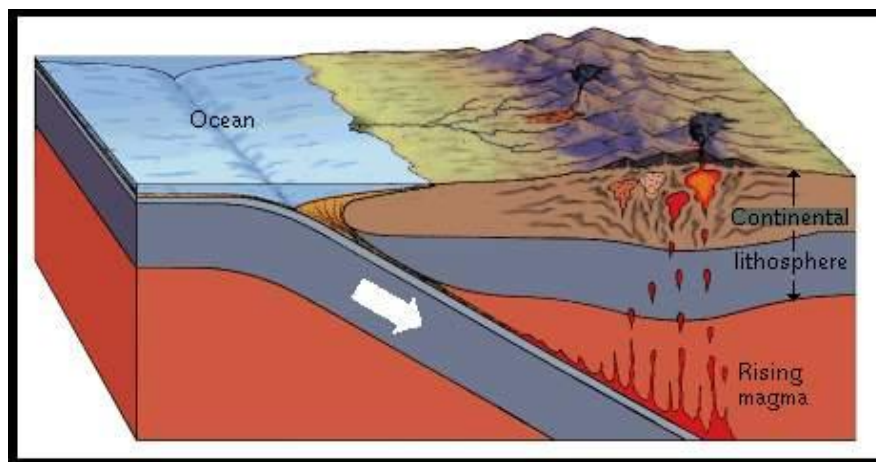
Penelitian ini merupakan penelitian yang berorientasi pada pengembangan keilmuan, dan sekaligus sebagai upaya peneliti dalam memberikan informasi kepada pemerintah daerah tentang data yang jelas mengenai sumber daya alam yang dimiliki oleh daerah ini, khususnya geotermal. Kontribusi besar dari penelitian ini bagi penelitian yang diusulkan adalah adanya pengetahuan, pengalaman, kemampuan, serta keterampilan tentang metodologi kajian sumber daya energi alternatif, yang dapat ditularkan oleh TPM kepada peneliti TPP. Disamping itu hasil kajian ini menjadi dasar atau referensi untuk melakukan tindak lanjut pengembangan energi alternatif demi keberlanjutan pembangunan di daerah Provinsi Gorontalo. Dengan demikian sangatlah penting

untuk melakukan kajian ini, karena menjadi informasi utama bagi pemerintah daerah dalam mengatasi krisis energi listrik, dan terwujudkan Program Desa Mandiri Energi. Data yang diperoleh pada penelitian tahun pertama bermanfaat untuk mengidentifikasi dan inventarisasi data, serta informasi mengenai titik-titik panas bumi di wilayah Provinsi Gorontalo. Selanjutnya Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prospek panas bumi di Provinsi Gorontalo yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Sehingga tujuan penelitian tahun pertama difokuskan untuk memperoleh data awal tentang titik-titik sumber panas bumi di Provinsi Gorontalo, yang dilakukan dengan survey geomagnetik, dan geologi, serta pengukuran posisi dengan GPS.

III. TINJAUAN PUSTAKA

III.1 Tinjauan Sistem Geothermal

Kerak bumi dan mantel atas yang bersifat padat disebut litosfera (*lithosphere*), ketebalan litosfer tidak sama di setiap tempat. Lapisan di bawah litosfera adalah astenosfera (*asthenosphere*) merupakan lapisan plastis (tidak kaku), lapisan ini mencapai kedalaman 500 km di dalam selubung. Tumbukan (*subduction*) kerak benua dan kerak samudera menyebabkan litosfera akan menyusup masuk ke astenosfera yang bersuhu tinggi, sehingga dapat meleburkan kerak samudera yang berada di atas litosfera. Hasil peleburan kerak samudera tersebut akan menghasilkan magma (Neny Septiadji : 2001).



Gambar.1 Subdaksi, gunung api dan sumber geothermal)
(website International Geothermal Association, 2010).

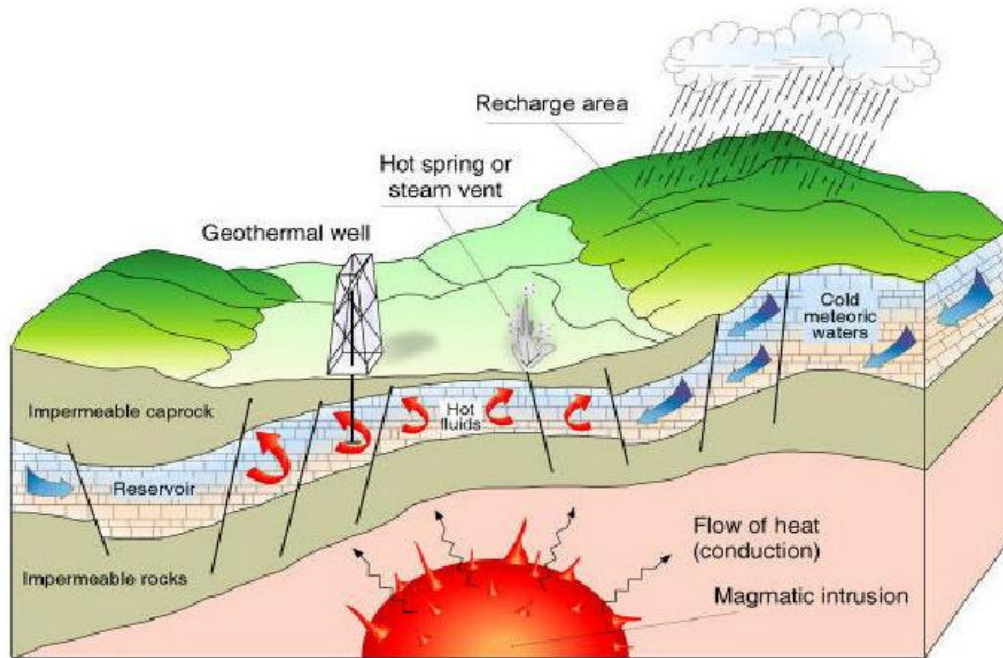
Magma yang merupakan lelehan material yang bercampur dengan mineral-mineral dan gas-gas tertentu yang terjadi ketika suhu naik cukup tinggi. Ketika magma mencapai permukaan bumi melalui pipa-pipa gunung api, hancuran (*debris*) batuan, gas serta material-material lainnya akan disemburkan keluar. Magma yang mencapai permukaan bumi, keluar dan meleleh disebut lava. Lava tersebut mengalir sebagai aliran yang panas dan akan mengalami pendinginan dengan cepat.

Setelah terbentuk, magma dengan densitas rendah akan berusaha mendorong ke atas pada batuan yang menutupinya dan perlahan-lahan bergerak keatas. Proses pergerakan ini sepenuhnya dikontrol oleh tekanan yang dihasilkan oleh suhu magma tersebut. Tekanan pada magma akan sebanding dengan kedalaman, sehingga saat magma mengintrusi batuan di atasnya maka tekanan perlahan-lahan akan berkurang. Magma yang sampai ke permukaan akan mengalami pendinginan dengan cepat sehingga terbentuklah kerak batuan di permukaan, sedang bagian bawahnya yang tetap cair panas bila tekanannya sudah tidak begitu besar maka magma cair tersebut tidak bisa menerobos lagi sampai ke permukaan. Magma yang terperangkap pada kedalaman tertentu akan mengalami proses pendinginan yang sangat lambat, ratusan bahkan ribuan tahun, sehingga panas dari magma tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas bumi.

Suhu mempunyai peranan yang sangat besar dalam proses pergerakan magma (dioritik). Penambahan panas akan menghasilkan tekanan pada magma yang biasanya sebanding dengan kedalaman, sehingga saat magma mengintrusi batuan di atasnya maka tekanan perlahan-lahan akan berkurang. Magma yang sampai ke permukaan akan mengalami pendinginan dengan cepat sehingga terbentuklah kerak batuan di permukaan, sedang bagian bawahnya tetap cair dan panas. Bila tekanan yang dihasilkan sudah tidak begitu besar maka magma cair tersebut tidak bisa menerobos lagi sampai ke permukaan. Magma yang terperangkap pada kedalaman tertentu akan mengalami proses pendinginan dengan sangat lambat, ratusan bahkan ribuan tahun, sehingga panas dari magma tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas bumi (Skinner, 1989). Sistem panas bumi dikontrol oleh adanya :

- a) Sumber panas (*heat source*) berupa plutonik.
- b) Batuan berporos (*reservoir*) tempat uap panas terjebak di dalamnya.

- c) Lapisan penutup, berupa batu lempung.
- d) Keberadaan struktur geologi (patahan, perlipatan atau *collapse*).
- e) Daerah resapan air atau aliran air bawah permukaan (*recharge area*).



Gambar. 2 Resapan (*recharge area*), kemudian mengalir pada reservoir yang mengalami pemanasan dari sumber panas (*magmatic intrusion*). Air panas tersebut ada yang secara alami keluar ke permukaan melalui zona lemah, menjadi mata air panas (*hot spring*), ada pula yang keluar melalui sumur panas bumi (*geothermal well*) (*website International Geothermal Association, 2010*).

Secara singkat geothermal didefinisikan sebagai panas yang berasal dari dalam bumi yang menghasilkan energi yang bersih (dari polusi) dan berkesinambungan atau dapat diperbarui. Energi panas bumi telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik di Italy dan New Zealand sejak tahun 1958. Di Indonesia usaha pencarian sumber energi panas bumi pertama kali dilakukan di daerah kawah Kamojang pada tahun 1918 (Nenny Septadji, 2001 :1). Energi panas bumi dapat menghasilkan listrik yang reliabel dan hampir tidak mengeluarkan gas rumah kaca. Panas bumi sebagaimana didefinisikan dalam undang-undang Nomor 27 tahun 2003 tentang panas bumi, adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral ikutan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. Panas bumi

mengalir secara kontinyu dari dalam bumi menuju ke permukaan yang manifestasinya dapat berupa: gunung berapi, mata air panas, dan geysir (Wahyudi Citrosiswoyo,2008:2).

Energi panas bumi dapat menyediakan sumber tenaga yang bersih dan terbarukan, serta dapat memberikan keuntungan yang signifikan. Emisi energi panas bumi tak mengandung polutan kimiawi atau tak mengeluarkan limbah, dan hanya mengandung sebagian besar air yang di injeksikan kembali ke dalam bumi. Energi panas bumi adalah sumber tenaga yang andal yang dapat mengurangi kebutuhan impor bahan bakar fosil. Panas bumi juga dapat diperbarukan karena praktis sumber panas alami dari dalam bumi tidak ada batasnya. Beberapa keunggulan sumber energi panas bumi adalah: 1) Menyediakan tenaga listrik yang andal dengan pembangkit yang tidak memakan tempat; 2) Terbaru dan berkesinambungan; 3) Memberikan tenaga beban dasar yang konstan; 4) Dapat mengkonfersi bahan bakar fosil; 5) Memberikan keuntungan ekonomi secara local; 6) Dapat dikontrol secara jarak jauh;7) Mengurangi polusi dari penggunaan bahan bakar fosil. (Wahyudi Citrosiswoyo,2008:6)

III.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Listrik Geothermal

Faktor penting yang sangat mempengaruhi keberhasilan produksi tenaga listrik dari energi panas bumi adalah besarnya gradient dan besarnya panas yang dihasilkan. Semakin besar gradient geothermal maka akan semakin dangkal sumur produksi yang dibutuhkan. Semakin tinggi temperatur yang dapat ditangkap sampai ke permukaan akan semakin mengurangi biaya produksi dipermukaan (Wahyudi Citrosiswoyo,2008:6).

Selain temperatur faktor-faktor lain yang biasanya dipertimbangkan dalam memutuskan apakah suatu sumber daya panas bumi layak untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik adalah: 1) mempunyai kandungan panas atau cadangan yang besar sehingga mampu memproduksi uap untuk jangka waktu yang cukup lama, yaitu sekitar 25-30 tahun. 2) menghasilkan fluida yang mempunyai pH hampir netral agar laju korosinya relatif rendah, sehingga fasilitas produksi tidak cepat terkorosi; 3) kedalaman reservoir tidak terlalu besar, biasanya tidak lebih dari 300 m dibawah permukaan tanah, 4) berada di daerah yang relative tidak sulit dicapai (Wahyudi Citrosiswoyo,2008:6).

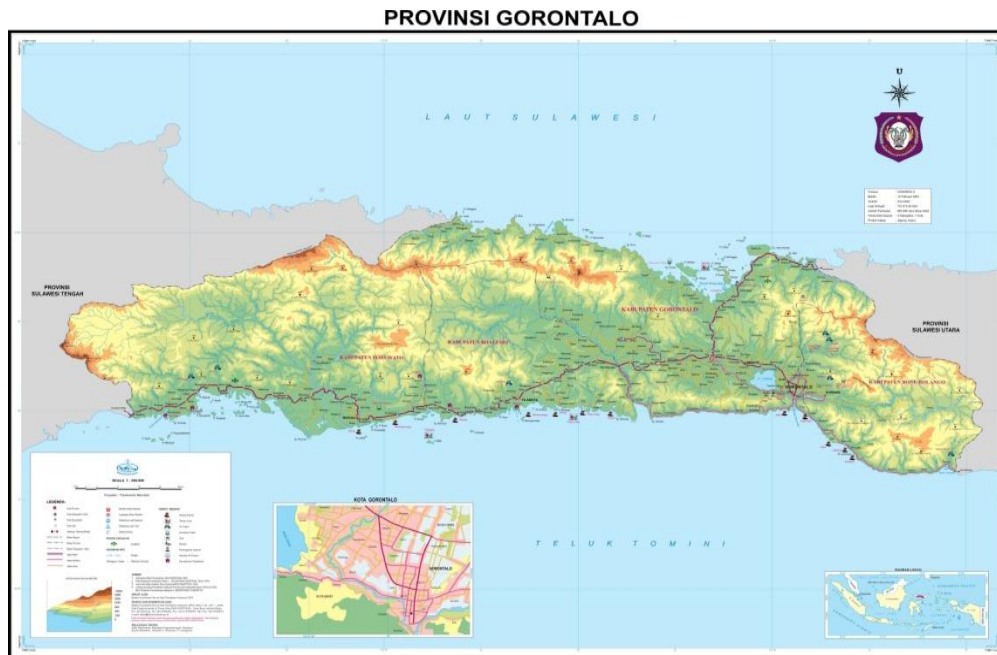
III.3 Parameter Energi Panas Bumi

Pemanfaatan energi geothermal tidak dapat dilakukan secara langsung khususnya untuk pembangkit listrik, sehingga harus dilakukan konversi energi terlebih dahulu. Selain itu jika energi geothermal akan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik maka harus diketahui posisi sumber (*heat source*) dan reservoir, suhu reservoir, pola aliran fluida geothermal, wilayah resapan air (*recharger area*), serta beberapa parameter kimia yang dikandung oleh fluida geothermal tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan survey geofisika terpadu.

Prinsip dasar survey geofisika adalah melakukan pengukuran besaran fisis di atas permukaan bumi yang diakibatkan oleh respon batuan yang ada di bawah permukaan. Sehingga dapat ditentukan posisi, kedalaman, jenis dan bentuk geometri batuan yang ada di bawah permukaan tersebut. Selain itu untuk mendukung survey geofisika dilakukan pengukuran posisi dengan GPS, survey geologi dan analisis kimia terhadap fluida geothermal.

III.4. Gambaran Umum Provinsi Gorontalo

Letak geografis Provinsi Gorontalo sebagai Provinsi termuda di bagian utara pulau Sulawesi adalah berada diantara 121,23'-123,43' Bujur Timur dan 0,19'-1,15' lintang utara. Provinsi Gorontalo mempunyai batas-batas wilayah sebagai berikut: sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Buol dan Laut Sulawesi (Provinsi Sulawesi Tengah), sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Parigi Moutong (Provinsi Sulawesi Tengah), sebelah selatan berbatasan dengan Teluk Tomini, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Bolaang Mongondow (Provinsi Sulawesi Utara). Selain itu provinsi Gorontalo secara topografis sebagian besar didominasi oleh perbukitan dan pegunungan yang pada umumnya berada di wilayah kabupaten Boalemo, Pohuwato, Bone Bolango dan Gorontalo Utara.



Gambar 3. Peta Provinsi Gorontalo

Secara fisiografis, yaitu pembagian zona benatang alam yang merupakan representasi batuan dan struktur geologinya, Gorontalo dapat dibedakan ke dalam empat zona fisiografis utama, yaitu Zona Pegunungan Utara Tilongkabila-Boliohuto, Zona Dataran Interior Paguyaman-Limboto, Zona Pegunungan Selatan Bone-Tilamuta-Modello, dan Zona Dataran Pantai Pohuwato. Dilihat dari kondisi geologis, Gorontalo berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng yang ada di sekitar wilayah Sulawesi. Lempeng tersebut antara lain Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia.

IV. METODOLOGI

IV. 1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan dan laboratorium, oleh karena itu akan dilakukan studi literatur, studi lapangan, dan analisa laboratorium yang akan dilaksanakan dalam waktu dua tahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui prospek panas bumi di Provinsi Gorontalo yang dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Sehingga tujuan penelitian tahun pertama difokuskan untuk memperoleh data awal tentang titik-titik sumber panas bumi di Provinsi Gorontalo, yang dilakukan dengan survey geomagnetik, dan geologi, serta pengukuran

posisi dengan GPS. Pengukuran tahun pertama menggunakan metode geomagnetik yang dilakukan secara gridding dan secara random di sekitar manifestasi geothermal.

Hasil pengolahan data pengukuran geomagnetik menghasilkan harga anomali batuan sumber dan reservoir geothermal di bawah permukaan, selanjutnya berdasarkan harga anomali tersebut dapat dibuat model sistem geothermal. Sedangkan survey geologi diharapkan memberikan kontribusi pada pemodelan struktur dan sistem geothermal. Analisis terhadap hasil pengukuran geomagnetik akan menunjukkan adanya variasi medan magnetik yang berasal dari tiga macam unsur medan magnetik, yaitu medan utama (*main field*), medan luar (*external field*) dan medan anomali (*anomaly field*) (Telford, 1990).

Medan Utama Bumi; Penelitian tentang sumber medan magnet utama bumi yaitu sumber dari luar dan dari dalam dilakukan oleh Gauss pada tahun 1838 yang menyimpulkan bahwa medan magnet utama bumi (*main field*) bersumber dari dalam inti bumi (*internal original*) (Blakely, 1995) dan walaupun tidak konstan terhadap waktu, namun variasinya sangat kecil dan lambat. *Medan Eksternal*; Medan luar (*external field*) bersumber dari luar bumi yang merupakan hasil ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Sumbangan medan luar ini terhadap medan magnet bumi hanya sebesar 1% dari keseluruhan. Sumber medan luar berhubungan dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi di atmosfer luar yang diakibatkan oleh aktivitas matahari.

Medan Anomali; Medan anomali (*Anomaly field*) sebagian besar berasal dari batuan yang mengandung material magnetik, batuan tersebut mempunyai susceptibilitas magnetik yang menunjukkan kemampuannya untuk termagnetisasi. Secara garis besar anomali medan magnetik disebabkan oleh medan magnet remanen dan medan magnet induksi. Anomali yang diperoleh dari survei magnetik merupakan hasil gabungan medan magnet remanen dan induksi, bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar, demikian pula sebaliknya. Dalam survei magnetik efek medan magnet remanen diabaikan apabila anomali medan magnet kurang dari 25% dari medan magnet utama bumi (Telford, 1990), sehingga dalam pengukuran medan magnet akan berlaku :

$$H_T = H_M + H_L + H_A \quad (1)$$

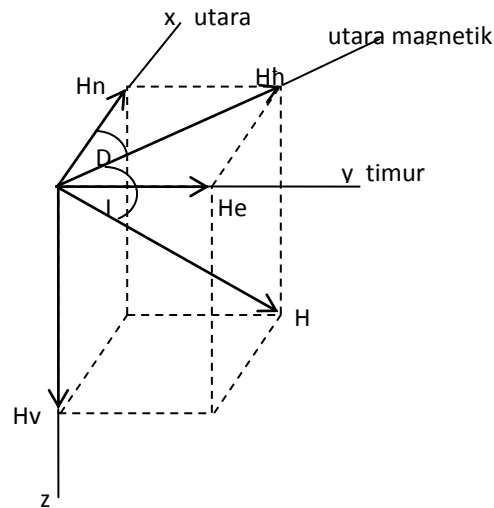
dengan, H_T adalah intensitas medan magnet total

H_M adalah intensitas medan magnet utama bumi

H_L adalah intensitas medan magnet luar

H_A adalah intensitas anomali medan magnet total

Besar dan arah medan di permukaan didefinisikan oleh unsur-unsur medan magnet bumi, yaitu magnitudo medan H , inklinasi I dan deklinasi D .



Gambar 4. Komponen medan magnet bumi (Telford, 1990)

Komponen vertikal H_v dari medan geomagnetik permukaan H didefinisikan sebagai *downward* positif dan diberikan oleh :

$$H_v = H \sin I \quad (2)$$

dengan H adalah magnitudo medan, I adalah inklinasi H terhadap bidang horisontal. Komponen horisontal H_h adalah :

$$H_h = H \cos I \quad (3)$$

sedangkan komponen utara H_n dan komponen timur H_e berturut-turut diberikan oleh :

$$H_n = H_h \cos D = H \cos I \cos D \quad (4)$$

$$H_e = H_h \sin D = H \cos I \sin D \quad (5)$$

dengan D adalah deklinasi yaitu sudut yang dibentuk oleh utara geografis dengan utara magnetik. Penentuan I dan D secara lengkap menggambarkan arah medan geomagnet di permukaan. Apabila komponen-komponennya diketahui, maka intensitas total medannya diberikan oleh :

$$H^2 = H_h^2 + H_v^2 = H_n^2 + H_e^2 + H_v^2 \quad (6)$$

Peta kontur yang menggambarkan variasi komponen-komponen medan geomagnetik tersebut dinamakan peta *isomagnetik*. Peta *isodinamik* merupakan peta kontur intensitas medan magnet total, horisontal ataupun vertikal. Sedangkan untuk menggambarkan kontur inklinasi maupun deklinasi digunakan peta *isoklinal* dan *isogonik*. Data pengukuran lapangan berupa medan magnet total terdiri dari komponen medan utama bumi (IGRF), medan eksternal dan medan anomali, selanjutnya dilakukan perhitungan koreksi medan utama bumi dan koreksi variasi harian. Penerapan kedua koreksi ini menghasilkan anomali medan magnet total pada topografi.

IV.2. Proses Pengukuran

Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data terbaru berupa pengukuran metode magnetik, penentuan survei GPS (*global positioning system*), pengamatan geologi permukaan, serta studi struktur stratigrafi merupakan aspek-aspek yang akan diamati. Kajian geologi lebih ditekankan pada sistem vulkanis, struktur geologi dalam kaitannya dengan sistem panas bumi. Keadaan topografi berkaitan erat dengan proses erosi dan pola sedimentasi pada masa silam. Survey GPS (*Global Positioning System*), pengamatan geologi permukaan, serta studi struktur stratigrafi merupakan aspek-aspek yang diamati. Keadaan topografi berkaitan erat dengan proses erosi dan pola sedimentasi pada masa silam. Hasil pengamatan posisi, keadaan topografi, merupakan masukan penting untuk memetakan secara tepat terhadap posisi global daerah survey, dan data geologi permukaan dimanfaatkan sebagai informasi dasar dalam melakukan interpretasi.

Pada pengukuran geomagnetik, peralatan paling utama yang digunakan adalah magnetometer. Peralatan ini digunakan untuk mengukur kuat medan magnetik di lokasi survei. Salah satu jenisnya adalah *Proton Precision Magnetometer* (PPM) yang digunakan untuk mengukur nilai kuat medan magnetik total. Peralatan lain yang bersifat pendukung di dalam survei magnetik adalah *Global Positioning System* (GPS). Peralatan ini digunakan untuk mengukur posisi titik pengukuran yang meliputi bujur, lintang, ketinggian, dan waktu. GPS ini dalam penentuan posisi suatu titik lokasi menggunakan bantuan satelit. Penggunaan sinyal satelit karena sinyal satelit menjangkau daerah yang sangat luas dan tidak terganggu oleh gunung, bukit, lembah dan jurang. Beberapa peralatan penunjang lain yang digunakan di dalam survei magnetik, di lokasi penelitian adalah :

1. Kompas geologi, untuk mengetahui arah utara dan selatan dari medan magnet bumi.
2. Peta topografi, untuk menentukan rute perjalanan dan letak titik pengukuran pada saat survei magnetik di lokasi
3. Sarana transportasi
4. Buku kerja, untuk mencatat data-data selama pengambilan data
5. PC atau laptop dengan software seperti Surfer, Matlab, Mag2DC, dan lain-lain.

Pengukuran data medan magnetik di lapangan dilakukan menggunakan peralatan PPM, yang merupakan portable magnetometer. Data yang dicatat selama proses pengukuran adalah hari, tanggal, waktu, kuat medan magnetik, kondisi cuaca dan lingkungan.

Dalam melakukan akuisisi data magnetik yang pertama dilakukan adalah menentukan base station dan membuat station – station pengukuran (membentuk grid – grid). Ukuran gridnya disesuaikan dengan luasnya lokasi pengukuran, kemudian dilakukan pengukuran medan magnet di station – station pengukuran di setiap grid, pada saat yang bersamaan pula dilakukan pengukuran variasi harian di base station. Daerah yang ditetapkan sebagai lokasi pengukuran yaitu Kabupaten Bone Bolango dan Kabupaten Gorontalo, yang memiliki manifestasi energi panas bumi. Proses pengukuran dengan menggunakan geomagnetik dilakukan dengan tahapan berikut :

1. Kabupaten Bone Bolango

Lokasi Pengukuran di Kabupaten Bonebolango berada di Kecamatan Botupingge Desa Bulontala Timur. Pengukuran dilakukan dengan membuat gridding di sekitar manifestasi dengan luas 125 meter x 150 meter. Terdapat 30 titik yang diukur dengan jarak tiap titik 25 meter. Pengambilan data geomagnetik dilakukan dengan mengukur setiap titik amat geomagnetik berdasarkan pembacaan nilai geomagnetik relatif terhadap base station.



Gambar 5. Salah satu titik air panas bumi di Desa Bulontala Timur

2. Kabupaten Gorontalo

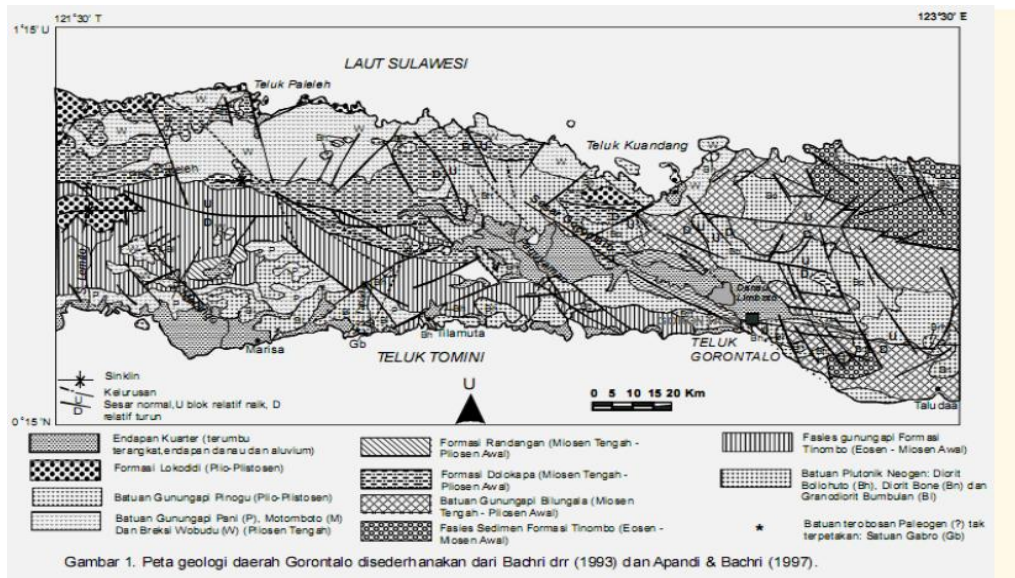
Pengukuran dilakukan di sumber air panas bumi Pentadio Resort yang di Kecamatan Telaga Biru Kelurahan Pentadio. Lokasi pengukuran berada di sekitar wilayah pemukiman dan di sekitarnya terdapat gedung-gedung serta instalasi listrik yang dapat mempengaruhi sifat magnetik yang terukur. Oleh karena itu di lokasi ini sistem pengukuran geomagnetik dilakukan secara random. Luas area pengukuran yaitu 387 meter x 391 meter, dengan 21 titik pengukuran.



Gambar 6. Proses pengukuran geomagnetik di Pentadio Resort

V. Hasil Penelitian

Daerah Gorontalo merupakan bagian dari lajur volkano-plutonik Sulawesi Utara yang dikuasai oleh batuan gunung api Eosen - Pliosen dan batuan terobosan. Pembentukan batuan gunung api dan sedimen di daerah penelitian berlangsung relatif menerus sejak Eosen – Miosen Awal sampai Kuartar, dengan lingkungan laut dalam sampai darat, atau merupakan suatu runtunan regresif.



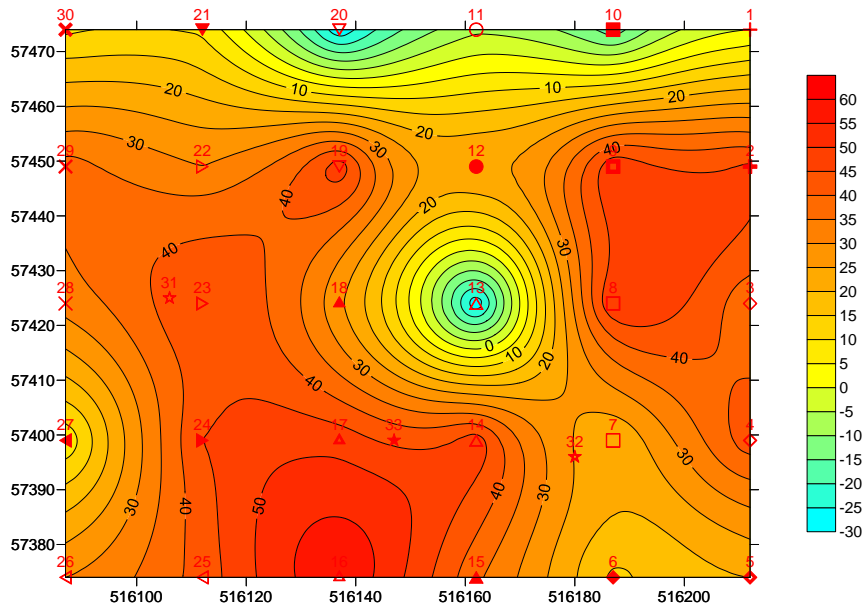
Gambar 7. Peta Geologi Provinsi Gorontalo

Pada batuan gunung api umumnya dijumpai selingan batuan sedimen, dan sebaliknya pada satuan batuan sedimen dijumpai selingan batuan gunung api, sehingga kedua batuan tersebut menunjukkan hubungan superposisi yang jelas. Fasies gunung api Formasi Tinombo diduga merupakan batuan ofiolit, sedangkan batuan gunung api yang lebih muda merupakan batuan busur kepulauan. Berdasarkan hasil pengukuran yang menggunakan metode geomagnetik di manifestasi panas bumi telah menunjukkan beberapa hal yang dapat dijelaskan yaitu :

1. Lokasi Desa Bulontala Timur

Peta anomali magnetik total menunjukkan struktur geologi yang memiliki kecenderungan sama dengan kondisi geologi regional yang dipengaruhi oleh pola tektonik

Gorontalo secara umum yang merupakan jalur Vulkano-Plutonik. Sistem geometri geothermal di Desa Bulontala Timur dapat ditunjukkan dengan kontur berikut ;



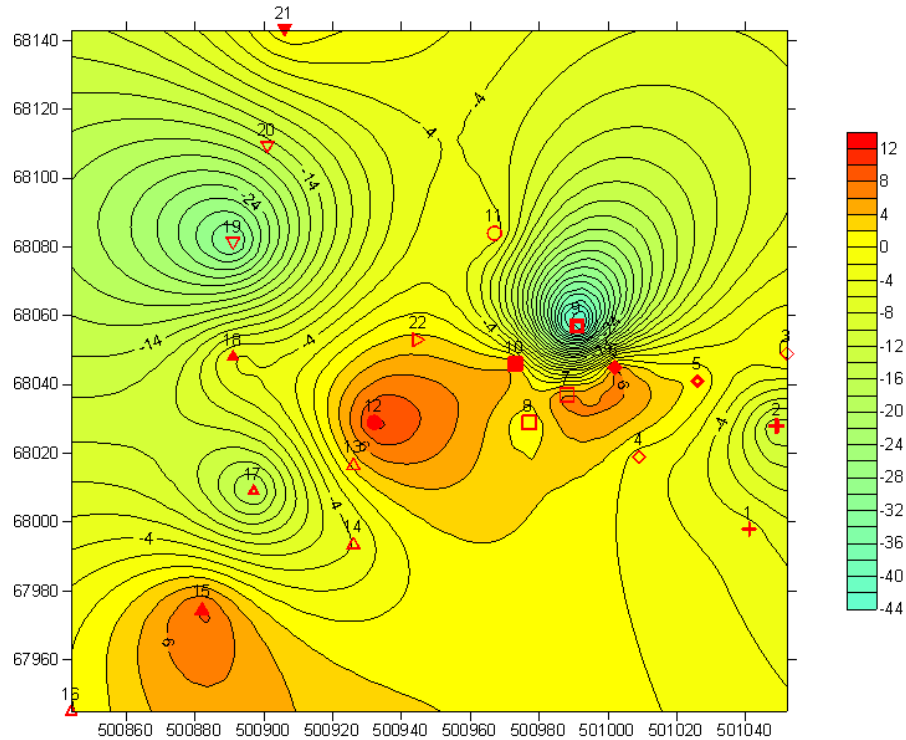
Gambar 8. Kontur Anomali Magnetik Desa Bulontala Timur

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa warna merah muda merupakan zona reservoas panas bumi, titik nomor 31 dan nomor 32, merupakan titik manifestasi Panas Bumi, dan warna merah merupakan batuan terobosan Neogen (Granit). Struktur geologi menunjukkan bahwa lokasi penelitian merupakan batuan terobosan yang berasal dari batuan granit (batuan Plutonik Neogen). Hal tersebut diperkuat dengan adanya singkapan batuan beku granit pada lokasi penelitian yang menerobos batuan gunung api Bilungala. Anomali magnetik rendah pada lokasi penelitian mengindikasikan terdapatnya sedimentasi/endapan dari material piroklastik dari Batuan Gunung Api Bilungala. Anomali magnetik positif rendah merupakan titik munculnya manifestasi panas bumi di lokasi penyelidikan dan juga mengindikasikan sebagai zona Reservoir Panas bumi di daerah Kecamatan Botupingge Desa Bulontala Timur.

2. Lokasi Pentadio Resort

Berdasarkan peta anomali magnetik total menunjukkan struktur geologi yang memiliki kecenderungan sama dengan kondisi geologi regional yang dipengaruhi oleh pola tektonik Gorontalo secara umum yang merupakan jalur Vulkano-Plutonik. Selain itu

struktur geologi juga menunjukkan pola sesar minor yang berarah barat laut tenggara yang ditunjukkan oleh pola pasangan dipole magnetik. Berikut ini gambar kontur manifestasi geothermal di Pentadio Resort.



Gambar 9. Kontur Anomali Magnetik Pentadio Resort

Dari Gambar 6 Warna Biru merupakan zona endapan Kuarter (Aluvium & Endapan Danau). Peta kontur anomaly magnetik menunjukkan bahwa anomali negatif pada dibagian tengah lokasi penelitian mengindikasikan keberadaan batuan sedimen hasil dari endapan pada masa Kuarter (endapan danau & Aluvium) dan material proklastik yang berasal dari material gunung api Bilungala pada Miosen Tengah - Pliosen Awal. Warna Kuning merupakan Zona yang berkaitan dengan terdapatnya Panas Bumi (reservoir). Anomali magnetik positif rendah mengidikasikan keberadaan zona-zona lemah yang berasosiasi dengan munculnya manifestasi panas bumi di lokasi penyelidikan. Batuan pada zona ini telah mengalami demagnetisasi akibat adanya pengaruh temperature panas bumi yang menerobos batuan tersebut yang terjadi bersamaan dengan terjadinya terobosan batuan granit (Batuan Plutonik Neogen) pada lokasi penyelidikan.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis data terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan yaitu :

1. Titik-titik panas bumi di Provinsi Gorontalo terdapat di Kabupaten Gorontalo Kecamatan Telaga Biru yaitu di Pentadio Resort, dan Kabupaten Bone Bolango di Kecamatan Botupingge Desa Bulontala Timur.
2. Anomali magnetik total untuk lokasi air panas bumi di Desa Bulontala Timur menunjukkan struktur geologi yang memiliki kecenderungan sama dengan kondisi geologi regional yang dipengaruhi oleh pola tektonik Gorontalo secara umum yang merupakan jalur Vulkano-Plutonik. Anomali magnetik rendah pada lokasi penelitian mengindikasikan terdapatnya sedimentasi/endapan dari material piroklastik dari Batuan Gunung Api Bilungala. Anomali magnetik positif rendah merupakan titik munculnya manifestasi panas bumi di lokasi penyelidikan dan juga mengindikasikan sebagai zona Reservoir air panas bumi.
3. Air panas bumi di Pentadio Resort memiliki anomali negatif dibagian tengah lokasi penelitian yang mengindikasikan keberadaan batuan sedimen hasil dari endapan pada masa Kuartar (endapan danau & Aluvium) dan material proklastik yang berasal dari material gunung api Bilungala pada Miosen Tengah - Pliosen Awal. Anomali magnetik positif rendah mengindikasikan keberadaan zona-zona lemah yang berasosiasi dengan munculnya manifestasi panas bumi di lokasi penyelidikan.

VI.2. Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan yaitu :

1. Berdasarkan data yang telah diperoleh pada hasil penelitian ini, diharapkan mendapatkan tindakan analisis yang lebih komprehensif dan berkelanjutan sehingga potensi panas bumi yang telah diperoleh dapat dimanfaatkan

2. Kajian tentang potensi panas bumi di Provinsi Gorontalo ini masih memfokuskan pada manifestasi yang terlihat langsung, dan masih membutuhkan kajian yang lebih lanjut.
3. Perlu untuk melakukan pengukuran dengan lama waktu pengukuran dan analisis lebih memadai, sehingga pengukuran dapat dilakukan baik pada musim kemarau maupun pada musim penghujan untuk melihat perubahan magnetisasi yang terdapat di manifestasi air panas bumi.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Benson A.K., Payne K.L., and Stubben M., 1997, *Mapping Groundwater Contamination Using DC Resistivity and VLF Geophysical Methods-A Case Study*, Geophysics, 62.
- Claproth, R., 1989, *Magmatic Affinities of Volcanic Rocks from Ungaran Central*
- Citrosiswoyo wahyudi, 2008., *Geothermal Dapat Mengurangi Kebutuhan Bahan Bakar Fosil Dalam Menyediakan Listrik Negara*. Surabaya : Pusat Studi Kebumihan dan Bencana LPPM.
- Ngkoimani La Ode, dkk. 2009., *Kajian potensi energi panas bumi, energi air, energi arus laut, energi angin, dan energi surya sebagai sumber energi alternatif di Sulawesi Tenggara*. Kendari : Laporan Penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Bekerjasama dengan Pusat Penelitian Kebumihan, Energi dan Sumber Daya Mineral Universitas Haluoleo.
- Nicholson, K., 1993., *Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Technique*, Springer-Verlag, Berlin.
- Noorsalam R. Nganro, dkk., 2002. *Laporan Penelitian Valuasi Pemanfaatan Sumber Daya Migas dan Panas Bumi Se-jawa Barat di Kota Bandung*. Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat ITB : Bandung
- Meju M.A., Fontes S.L., Oliveira M.F.B., Lima J.P.R., Ulugergerli E.U. and Carrasquilla A.A., 1999, *Regional Aquifer Mapping Using Combined VES-TEM-AMT/EMAP Methods in the Semiarid Eastern Margin of Parnaiba Basin, Brazil*, Geophysics, 64.
- Milsom, J., 1996, *Field Geophysics*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England.
- Saptadji Nenny , 2007., *Sumber Daya Panas Bumi, Energi Andalan yang masih Tertinggalkan*, ITB Press : Bandung
- Susandi Armi , 2006., *Indonesia's Geothermal: Development And Cdm Potential* , Jakarta : Proceedings International Geosciences Conference and Exhibition.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., and Keys, D.A., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, London.

Wahyudi, 2006., *Kajian Potensi Bumi dan Rekomendasi Pemanfaatannya pada Daerah Prosepek Gunung Api Ungaran Jawa Tengah*, Yogyakarta : Berkala MIPA UGM volume 16(1),

U.S. Geological Survey Information Service, *World IGRF Magnetic Chart*, web page <http://geomag.usgs.gov>

US/UK World Magnetic Field Model Epoch 2000-2005, web page <http://www.ngdc.noaa.gov/>

LAMPIRAN

RENCANA PENELITIAN DALAM TIGA TAHUN SETELAH HIBAH PEKERTI BERAKHIR

Hasil penelitian tahun ke-1 dan tahun ke-2 ini merupakan satu kesatuan kegiatan penelitian yang diharapkan menjadi rujukan dalam merencanakan kegiatan penelitian pada tahun berikutnya. Jika hasil penelitian ini menemukan adanya titik-titik reservoir panas bumi yang energinya dapat digunakan sebagai energi alternatif pembangkit tenaga listrik, maka akan dilakukan rencana kelanjutan penelitian 3 tahun berikutnya.

Rencana kegiatan penelitian tahun ke-3 adalah studi kelayakan pengembangan lapangan (*steam field development*). Tahapan kegiatan difokuskan pada pencarian informasi secara rinci seluruh aspek yang berkaitan dengan kelayakan usaha pertambangan panas bumi. Disamping itu diperlukan juga penyelidikan atau studi jumlah cadangan geothermal yang dapat dieksploitasi untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat. Selanjutnya rencana kegiatan tahun ke-4 adalah melakukan simulasi reservoir untuk memperkirakan kinerja reservoir. Hasil pemodelan digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk mengambil keputusan dalam menetapkan strategi pengembangan lapangan. Dari model reservoir yang dibuat dapat diperoleh gambaran mengenai kondisi di bawah permukaan yang meliputi distribusi sebaran permeabilitas, tekanan, temperatur, dan konduktivitas. Hasil simulasi juga dapat memberikan perkiraan tentang kontinuitas energi panas yang terkandung di dalamnya sebelum reservoir diproduksi. Kontribusi data yang diperoleh sangat membantu pemerintah daerah untuk memanfaatkan sumber energi ini. Selanjutnya rencana tahun ke-5 adalah melakukan valuasi pemanfaatan energi panas bumi, tidak hanya sebagai energi pembangkit listrik, tetapi juga pada sector-sektor lain, baik untuk kepentingan umum maupun untuk kepentingan kelompok masyarakat tertentu.

Uraian rencana kegiatan tiga tahun terakhir adalah rencana penelitian yang akan dilakukan setelah hibah pekerti selesai. Berdasarkan hasil penelitian tahun pertama dan kedua, memberikan kontribusi informasi data penting kepada pemerintah daerah. Dengan demikian pemerintah turut terbantuan dalam mencari sumber-sumber energi alternatif di Provinsi Gorontalo, demi kepentingan kelangsungan pembangunan daerah. Adanya respon pemerintah untuk secara bersama-sama mengembangkan energi alternatif yangb ramah lingkungan, menjadi motivasi bagi peneliti untuk mengajukan usulan rencana pendanaan kegiatan kepada pemerintah

daerah dalam bentuk kerjasama. Disamping itu rencana usulan pendanaan akan tetap dilakukan pada kegiatan penelitian maupun pengabdian melalui hibah-hibah yang dibiayai oleh Dikti.

FOTO KEGIATAN

1. Proses Pembelajaran Metode Geomagnetik Oleh TPM Kepada TPP



2. Survey awal titik-titik geothermal di Provinsi Gorontalo



3. Titik geothermal di Kabupaten Bone Bolango



4. Titik geothermal di Kabupaten Gorontalo, Pentadio Resort



5. Proses pengukuran geomagnetik di lokasi penelitian

