

DAERAH PROSPEK DAN POTENSI PANAS BUMI SUWAWA, KABUPATEN BONEBOLANGO - PROVINSI GORONTALO

Oleh:

Herry Sundhoro

Kelompok Kerja Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi (PMG), April 2007

SARI

Luas daerah prospek dan potensi cadangan panas bumi di daerah Suwawa diasumsikan berdasarkan kajian kompilasi geosaintifik terpadu metoda geologi, geokimia dan geofisika.

Data struktur geologi, anomali kandungan Hg tinggi, anomali gaya berat orde 2, resistivity Shlumberger AB/2= 750m dan AB/2= 1000 m menunjukkan bahwa daerah prioritas 1, seluas 7 km² di Libungo dan daerah prioritas 2 seluas 4 km² di Lombongo. Estimasi suhu fluida panas (geothermometry) adalah 188 C (entalpi menengah) yang dihitung dari fluida mata air panas Libungo, sehingga nilai estimasi cadangan terduga daerah Suwawa adalah sekitar 65 Mwe, dihitung dari potensi cadangan terduga daerah prioritas 1 (42 Mwe) dan prioritas 2 (24 Mwe).

ABSTRACT

The prospect area and the potency of geothermal in Suwawa are assumed by the geoscientific integrated data of geological, geochemical and geophysical methods.

The geological structure, high value of mercury anomaly, gravity anomaly on the 2nd order, and the resistive area of Shlumberger AB/2= 750 m and AB/2= 1000 m show that the 1st promising area is about 7 km² in Libungo, and the 2nd promising area is 4 km² in Lombongo. Geothermometer reservoir calculated from Libungo hot water is about 188 C (medium enthalpy), so that geothermal Potential in Suwawa is about 65 Mwe, which are calculated from the 1st area (42 Mwe), and the 2nd area (24 Mwe).

PENDAHULUAN

Provinsi Gorontalo tidak memiliki kandungan energi fosil minyak bumi, gas dan batubara, untuk mencukupi kebutuhan energi daerahnya harus dipasok bahan bakar dari provinsi lain, sehingga nilai subsidi yang diberikan akan menjadi lebih mahal.

Adanya manifestasi panas di elevasi + 30 m dan + 85 m dpl, dengan temperatur 41,4 o C - 82.6o C sebagai indikasi adanya potensi panas bumi yang mungkin bisa dimanfaatkan untuk energi listrik, perlu dikaji potensi dan pemanfaatannya. Manifestasi tersebut berada di antara dua sesar normal berarah barat laut-tenggara, dan membentuk struktur sembul dan terban (depresi) yang dinamakan sesar normal Limboto/ Gorontalo.

Lingkup pekerjaan berupa kajian yang didasarkan hasil survei geologi, geokimia, geofisika. Maksudnya adalah untuk menghitung luas daerah prospek dan cadangan terduga panas bumi.

Daerah bahasan secara administratif berada di Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo, dengan koordinat geografis 0028'13,7" - 0036'54,8" LU dan 123006'00" - 123015'00"BT atau koordinat UTM X= 511.000 - 528.000 mT dan Y= 52.000 - 68.000 mU (Gambar 1).

TATANAN GEOLOGI

Tektonik Sulawesi

Peristiwa tektonik di pulau Sulawesi telah berlangsung sejak Tersier Awal oleh penunjaman Sulawesi Utara dengan menghasilkan tegasan Utara-Selatan. Pada masa ini terjadi pengangkatan dan kegiatan magmatisme yang menghasilkan batuan plutonik dan gunungapi yang tersebar luas di daratan Sulawesi Utara dengan pola barat laut- timur tenggara (Katili, 1980 dan Simanjuntak, 1986) (Gambar 2).

Periode kedua ditandai dengan terbentuknya sesar mendatar mengangan berarah barat laut-tenggara. Sesar terbesar menurut T. Apandi dan S. Bachri (1997) adalah sesar Gorontalo yang menghasilkan fault trap dan kemudian membentuk depresi graben dengan memotong struktur yang terbentuk sebelumnya.

Periode ketiga dicirikan dengan munculnya penunjaman Sangihe Timur dengan arah tegasan hampir barat-timur sampai utara-selatan yang diduga mulai aktif pada Kuartar Awal dan menghasilkan lajur gunungapi Kuartar yang tersingkap di selatan daerah Suwawa. (Katili, 1980 dan Simanjuntak, 1986). Periode selanjutnya adalah terbentuknya sesar-sesar muda yang memotong dan rejuvenasi dari struktur yang terbentuk sebelumnya dimana

tegasan yang membentuk struktur muda ini merupakan resultan dari dua gaya yang ada dan juga menghasilkan gaya releasing yang diduga kuat sebagai pemunculan manifestasi panas bumi di daerah Suwawa.

Geologi Daerah Suwawa

Stratigrafi batuan dari tua ke muda adalah: Batu gamping Tandaka (Tmgt), Andesit Bilungala (Tmab), Granit Bone (Tmgb), Diorit Bone (Tmdb), Andesit Pinogoe Tua (QTap 1), piroklastik Pinogoe (QTpp), Andesit Pinogoe Muda (QTap 2), dan Aluvium (Qa) (Gambar 3).

Struktur geologi di lapangan diindikasikan oleh bentuk depresi, kelurusan topografi dan gunungapi, sebaran batuan plutonik Tersier, fault trap, paset segitiga, gawir sesar, kekar gerus, off-set batuan, hancuran (breksiasi) batuan, mineralisasi, slicken side, alterasi argilik (montmorilonit-kaolinit) dan mata air panas. Berdasarkan indikasi tersebut terdapat sesar utama, dan sesar lanjutan yang mengontrol daerah Suwawa. Sesar-sesar tersebut adalah (Gambar 3):

- Sesar tertua berupa sesar normal geser manganan, berarah barat laut - tenggara hingga barat - timur, polanya berupa zona lemah yang membentuk sebaran batuan plutonik Tersier, hingga ke bagian barat di luar daerah pemetaan, diantaranya sesar Limboto. Selanjutnya akibat pengaruh gaya resultan penunjaman Sulawesi Utara dan Sangihe Timur yang terjadi kemudian, mengakibatkan sesar tersebut terejuvenasi menjadi sesar normal di orde kedua (sesar periode lanjut).
- Sesar kedua mempunyai arah barat laut-tenggara (N 330° E), dan membentuk fault trap berupa zona terban (graben) atau depresi barat - timur. Sesar tersebut searah aliran sungai Bone.
- Sesar periode ketiga, dengan gaya utama yang berperan adalah penunjaman Sangihe Timur. Sesar tersebut merupakan sesar mendatar mengiri yang memotong batuan vulkanik tua arah barat laut - tenggara (N 345° E), dan disusul oleh sesar normal barat laut - tenggara (N330° E) yang diduga terbentuk oleh gaya penunjaman Sangihe Timur bagian selatan, dengan arah tegasan utamanya barat laut - tenggara, dan juga menghasilkan patahan yang mempunyai arah hampir utara - selatan.

Manifestasi Panas Bumi

Manifestasi panas di permukaan yang muncul berupa mata air panas Libungo, Lombongo dan Lumbaya Bulan/Pangi (Gambar 3 dan 6).

Mata air panas Libungo 1, Dusun Air Panas, Desa Libungo, berada di terban (graben) Limboto. Koordinat geografis 113°35'40" bujur timur dan 07°55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 516102, Y= 57425

ketinggian + 44 m dpl, temperatur 82,6° C, pH= 7,8, debit ± 1,2 l/detik, muncul di rekahan batuan vulkanik. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau, tidak berasa, terdapat oksida besi kuning - kecoklatan, sinter dan garam NaCl.

Mata air panas Libungo 2, Dusun Air Panas dekat Libungo 1, Koordinat geografis 113o35'40" bujur timur dan 07o55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 5175520, Y= 57988, ketinggian + 30 m dpl. Temperatur 810 C, pH 7,8, debit ± 4,5 l/ detik, muncul di rekahan batuan vulkanik, luas ± 30 x 20 m2. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau, tidak berasa, ada oksida besi kecoklatan, sinter dan endapan garam NaCl.

Mata air panas Lombongo 1, Dusun Lombongo, koordinat 113o35'40" bujur timur dan 07o55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 520184, Y= 60711, ketinggian + 81 m dpl, . temperatur 48,7° C, pH= 7,7, debit ± 6,2 l/ detik, muncul di rekahan batuan vulkanik, berupa kolam pemandian air panas. Karakter fisik berwarna: jernih, tidak berbau, tidak berasa, ada oksida besi kuning - kecoklatan.

Mata air panas Lombongo 2, dekat Lombongo 1, koordinat 113o35'40" bujur timur dan 07o55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 5519842, Y= 60578, ketinggian + 85 m dpl, temperatur 41,4° C, pH= 7,8, debit ± 2,4 l/ detik, muncul di rekahan batuan vulkanik. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau, tidak berasa, terdapat oksida besi kuning kecoklatan.

Mata air panas Pangi, Dusun Pangi, Desa Lumbaya Bulan, koordinat 113°35'40" bujur timur dan 07°55'14" lintang selatan atau koordinat UTM X= 527852, Y= 56204), ketinggian + 77 m dpl, temperatur 52,6° C, pH= 7,4, debit ± 1,2 l/detik, muncul di rekahan batuan vulkanik. Karakter fisik berwarna jernih, tidak berbau dan tidak berasa.

KARAKTER GEOKIMIA

Tipe air panas

Hasil analisis kimia air panas diplotkan kedalam diagram segitiga Giggenbach, 1988 (Cl-SO4--HCO3, Na/1000-K/100-Mg, B-Li-Cl), dan diagram isotop Oksigen 18/18O Vs Deuterium untuk mengetahui tipe air panas, dan indikasi adanya pengaruh air meteorik atau air permukaan yang dominan, menunjukkan bahwa:

Komposisi kimia air panas Libungo 1, Libungo 2 dan Pangi mempunyai tipe klorida - sulfat, sedangkan mata air panas Lombongo 1 dan Lombongo 2 mempunyai tipe sulfat (Gambar 4A). Selanjutnya agar diketahui secara pasti adanya pengaruh interaksi batuan terhadap air panas, maka diuji di dalam diagram segitiga Cl/100-B/4-Li (Gambar 4B). Ternyata komposisi kimianya berada di lingkungan volcanic/ magmatic water dan berada jauh dari titik Boron. Sementara itu pengujian komposisi kimia airpanas pada diagram

segitiga Na/1000-K/100-√Mg (Gambar 4A) menunjukkan bahwa semua contoh air panas berada di immature waters, sedangkan berdasarkan diagram isotop oksigen 18/18O dengan deuterium (Gambar 5), menunjukkan bahwa mata air panas Lombongo berada di dekat garis meteorik (meteoric line), sedangkan mata air panas Libungo letaknya menjauh dari garis meteorik (meteoric line).

Konsentrasi contoh Tanah dan Udara Tanah

Hasil analisis Hg tanah dan CO₂ udara tanah di kedalaman 1 m dari 129 titik pengamatan menunjukkan bahwa kandungan unsur Hg tanah berkisar dari 27 hingga 681 ppb, dengan nilai ambang batas (background value) 259 ppb. Kandungan CO₂ udara tanah bervariasi antara 0,09 hingga 1,39% dengan nilai ambang batas 0,8%.

Konsentrasi Hg tanah dan CO₂ udara tanah selanjutnya diplot ke peta topografi dan dibuat kontur sebaran konsentrasi Hg serta sebaran konsentrasi CO₂. Sebaran Hg kandungan tinggi sebagai anomali dijumpai di sekitar mata air panas Libungo dan Lombongo, sedangkan sebaran CO₂ tinggi tidak mengidentifikasi adanya anomali disekitar manifestasi panas. (Gambar 6). Sebaran Hg tersebut diharapkan dapat membantu mengidentifikasi sistem up-flow panas bumi.

Interpretasi Hasil uji diagram segitiga Cl-SO₄--HCO₃, Na/1000-K/100-Mg, dan B-Li-Cl

Air panas bertipe klorida dan klorida sulfat (Gambar 4A) mengindikasikan bahwa fluidanya berasal langsung dari kedalaman (deep water). Tetapi karena di sekitar permukaan pemunculan air panas Libungo terdapat endapan garam NaCl, maka kemungkinan faktor kontaminasi air laut terhadap air panas tersebut perlu dikaji.

Apabila melihat pemunculan air panas ada di elevasi + 44 m dpl dan berjarak lurus sekitar belasan kilo meter dari pesisir pantai, maka kemungkinan adanya pengaruh kontaminasi air laut terhadap sampel yang diambil sangat kecil, kondisi tersebut dapat terlihat juga dari diagram Cl-Li-B/4 (Gambar 4 B), yang menunjukkan letak air panas jauh dari titik boron. Dengan demikian air panas Libungo dan Pangi yang bertipe klorida dan klorida sulfat, konsentrasi Cl (klorida) dominan tersebut bukan akibat kontaminasi dari air laut dan bukan pengaruh dari batuan sedimen, tetapi berasal dari kedalaman/ deep water (Fournier, 1981; Mahon and Ellis, 1977). Endapan garam NaCl yang ada di permukaan diduga berasal dari brine water di kedalaman yang naik ke permukaan akibat adanya temperatur dan tekanan (P & T) tinggi, dan mengalami proses sublimasi oleh pendinginan udara dan menjadikan adanya endapan NaCl saat mencapai permukaan bumi. Hal itu menunjukkan bahwa fluida panas di kedalaman Libungo dan Pangi mempunyai sistem up-flow. Ini berarti fluida yang dihasilkan berasal langsung dari

kedalaman yang tidak terkontaminasi oleh air laut.

Air panas bertipe sulfat (Gambar 4A) mengindikasikan juga bahwa fluida panas berasal langsung dari kedalaman (deep water). Biasanya air panas bertipe sulfat akan bernilai pH rendah atau dinamakan tipe sulfat asam, namun pada mata air panas Lombongo pH nya adalah netral (7.7 - 7.8). Kemungkinan besar ion sulfat yang terbentuk pada mata air panas Lombongo merupakan hasil pelarutan dari mineral anhidrit atau kalsium sulfat (CaSO₄), sehingga mengakibatkan terjadinya penambahan konsentrasi ion sulfat dan kalsium di dalam air panas Lombongo.

Mata air panas immature waters (Gambar 4), mengindikasikan bahwa telah terkontaminasi air meteorik atau air permukaan, kondisi tersebut perlu ditinjau oleh data isotop oksigen 18/18O dan deuterium (Gambar 5), yang menunjukkan mata air panas Lombongo berada di dekat garis meteorik (meteoric line), sedangkan air panas Libungo letaknya menjauh dari garis meteoric line. Indikasi tersebut menunjukkan, bahwa mata air panas Lombongo sebelum mencapai permukaan telah mengalami kontaminasi oleh air permukaan, sedangkan air panas Libungo berindikasi berasal dari deep water yang tidak terkontaminasi oleh air permukaan.

Sistem fluida panas bumi di kedalaman daerah Libungo, Lombongo dan Pangi diasumsikan terletak pada zona up-flow dengan dominasi air panas (hot water dominated system). Diasumsikan bahwa fluida panas di Libungo berasal dari brine water, sedangkan fluida panas di daerah Lombongo telah tercampuri oleh pelarutan mineral anhidrit atau kalsium sulfat yang mengakibatkan penambahan konsentrasi ion sulfat dan kalsium di dalam air panasnya.

Karakteristik mata air panas Libungo yang bersifat netral (pH= 7,7-7,8), suhu permukaan 81 - 82,6 C dan bertipe klorida, berada di lingkungan volcanic/ magmatic water jauh dari posisi titik Boron, serta data isotop oksigen 18/18O dan deuterium yang menunjukkan letaknya menjauh dari garis meteoric line yang artinya berindikasi berasal dari deep water dan tidak terkontaminasi oleh meteoric water. Air panas Libungo tersebut dapat dianggap sebagai contoh representatif untuk penghitungan suhu bawah permukaan (geotermometer air panas).

Estimasi geotermometer/ suhu bawah permukaan

Contoh air panas Libungo dengan karakteristik bertipe Klorida Sulfat, pH netral, suhu permukaan tinggi dengan isotop oksigen 18/18O dan deuterium letaknya berada jauh dari garis meteoric line merupakan tipe ideal untuk estimasi geotermometer air panas karena larutan yang mengandung konsentrasi klorida sulfat tersebut diduga berasal dari air magmatik.

Prakiraan suhu bawah permukaan dihitung berdasarkan unsur - unsur kimia yang terlarut di dalam air panas tersebut. Berdasarkan rumus geotermometer air panas Na/K Giggenbach (1988), maka temperatur di kedalaman menunjukkan 188 C (suhu reservoir berentalpi menengah/ medium entalphy). Pendugaan temperatur bawah permukaan/ geotermometer air panas di Libungo dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Estimasi Geotermometer Air Panas Libungo

No	Lokasi	pH	Suhu Permukaan	SiO ₂		Na-K	
				Conductive Cooling	Adiabatic Cooling	(1981) Fournier	(1988) Giggenbach
1.	Libungo 1	7.8	82.6	185	150	169	187
2.	Libungo 2	7.8	81.0	187	152	170	188 Contoh representatif

Anomali Hg tanah dan CO₂ udara tanah

Berdasarkan sebaran konsentrasi CO₂ udara tanah menunjukkan tidak ada tanda-tanda konsentrasi yang berhubungan dengan kenampakan manifestasi panas, sedangkan peta sebaran konsentrasi Hg tanah, menunjukkan bahwa pola anomalnya dijumpai di sekitar lokasi manifestasi panas bumi Libungo dan Lombongo (Gambar 6). Sehingga mata air panas tersebut diasumsikan merupakan zone lemah bagi aksesnya fluida panas yang mengandung unsur Hg di kedalaman untuk naik ke permukaan. Selanjutnya unsur Hg tersebut terakumulasi pada soil/ tanah di kedalaman 1 m pada horizon B.

KAJIANGEOFISIKA

Penyelidikan geofisika panas bumi terdiri dari beberapa metode, diantaranya geomagnet, gaya berat, head on dan geolistrik. Lokasi 383 titik ukur berada di 8 lintasan sepanjang antara 4 - 8 km, dan jarak antar titik amat berkisar antara 500 - 250 m, dan lintasan regional dengan jarak titik ikat sekitar 500 meter secara acak (random).

Geomagnet

Nilai iso-magnet total bervariasi antara < - 250 gamma hingga > + 100 gamma. Harga tersebut dibedakan menjadi tiga nilai yaitu: kelompok anomali rendah bernilai < - 250, nilai anomali sedang berkisar antara - 250 sampai + 100 gamma, dan kelompok anomali tinggi dengan nilai > + 100 gamma.

Hasil representatif magnet, berupa peta anomali iso-magnet total bernilai rendah < + 100 gamma (Gambar 6).. Peta tersebut merupakan indikasi yang berkaitan dengan batuan bersifat non magnetik atau yang telah mengalami pelapukan (granit lapuk) atau juga batuan berubah kuat oleh proses demagnetisasi fluida panas bumi.

Batuan granit bersifat asam dan mengandung banyak kuarsa, akan menyebabkan respon magnet yang

sangat rendah (nonmagnetik), sedang batuan piroklastik G. Pinogoe, batu gamping kristalin (meta - sedimen) dan aluvium bersifat sebagai batuan non magnetik akan memberikan respon kemagnitan sangat rendah.

Kelompok anomali magnet rendah tersebar di utara, tengah dan selatan, meliputi 30% total area. Kelompok anomali ini di utara ditempati oleh granit Bone; di tengah oleh sedimen (meta - sedimen, piroklastik G. Pinogoe), andesit Bilungala, dan diorit Bone; di selatan oleh batuan lava andesit Bilungala, dan andesit G. Pinogoe 1, diorit Bone dan sedimen atau piroklastik G. Pinogoe.

Gaya Berat

Harga densitas batuan yang digunakan dalam pengolahan data adalah harga densitas rata - rata yang di dapatkan dari analisis laboratorium dengan sampel batuan representatif yang diambil dari lapangan, yaitu bernilai 2,65 gr/ cm³.

Representatif gaya berat/ gravity, berupa peta anomali sisa/ residual orde 2 yang merupakan respon batuan di bawah permukaan yang relatif dangkal. Berdasarkan nilai kontrasnya, dapat ditarik kelurusan kontur yang secara kualitatif diinterpretasikan sebagai patahan di kedalaman. Peta anomali Sisa menunjukkan terdapat zona resistif graviti tinggi (> 1 hingga 7 mgal) di sekitar mata air panas Libungo dan di sekitar G. Pinogoe, serta terpolakan zona resistif graviti sedang 1 mgal di mata air panas Lombongo dan pada granit Tersier, diduga berupa batuan pembawa panas (heat - source) yang terletak di bawah G. Pinogoe dan di sekitar air panas Lombongo. Selain itu terpolakan struktur terban dan depresi/ patahan barat laut - tenggara yang menyebabkan permeabilitas batuan (feed - zone) yang berperan dalam sistim panas bumi (Gambar 6).

Geolistrik

Pengukuran mapping iso-tahanan jenis semu AB/2= 250 hingga 1000 m menunjukkan mempunyai pola yang sama, dan bentangan yang representatif diambil AB/2= 750 m dan 1000 m. Nilai resistiviti semu dibagi tiga, yaitu kelompok rendah < 15 Ωm hingga < 30 Ωm, kelompok sedang bernilai 30 hingga < 100 Ωm, dan kelompok tinggi dengani nilai 100 Ωm hingga ≥ 300 Ωm.

Pada bentangan AB/2= 750 m dan 1000 m menunjukkan sebaran kelompok resistiviti rendah semakin meluas ke arah barat (Gambar 6). Hasil tersebut mengindikasikan ada endapan aluvium di sepanjang sungai Bone dan endapan danau Limboto (?) dengan tebal seluruhnya ± 400 m.

Penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya yang representatif dipilih dari lintasan yang melewati mata air panas Libungo dan Lombongo.

Mata air panas Libungo berada di lingkungan batuan dengan nilai resistif rendah (B 4150). Penampang menunjukkan bahwa telah terbentuk sistem panas bumi (penudung, reservoir, sumber panas) yang cukup bagus. Sumber panas diduga berada di bawah G. Pinogoe. Nilai resistiviti 2,4 - 3,5 ohm-m merupakan batuan overburden di permukaan, dibawahnya terdapat batuan bernilai resistiviti 13 ohm-m yang merupakan breksi dan lava G Pinogoe, layer dibawahnya lagi dengan nilai 8 ohm-m diasumsikan sebagai lempung (clay-cap) yang terbentuk oleh proses fluida air panas Libungo, sedang lapisan terbawah yang masih terdeteksi mempunyai nilai 120 ohm-m, kemungkinan merupakan batuan konduksi panas (Gambar 7). Sedangkan konveksi panas terjadi melalui akses patahan Libungo, sehingga fluida panas naik dari bawah ke permukaan berupa mata air panas Libungo bertemperatur 81 dan 82.60 C.

Mata air panas Lombongo berada di lingkungan batuan bernilai resistiviti tinggi (G 6000, Gambar 7), penampang menunjukkan bahwa tidak ada lapisan reservoir yang memadai, dan sumber panas diduga merupakan sisa aktivitas vulkanik Tersier. Nilai resistiviti 80 - 17 ohm-m merupakan batuan overburden dan granit tersilisifikasi (silicified granite), dibawahnya terdapat batuan bernilai resistiviti 70 - 350 ohm-m yang merupakan batuan granit dengan fraktur dan silisifikasi (fracturing and silicified granite) yang berkemungkinan juga merupakan batuan konduksi panas. Sedangkan konveksi panas terjadi melalui akses patahan Lombongo, sehingga fluida panas naik dari bawah ke permukaan sebagai mata air panas Lombongo bertemperatur 41,4 dan 48.7° C. Di daerah ini kemungkinan temperatur reservoirnya telah mengalami penurunan (cooling down) sehingga konveksi air panas dan konduktivitasnya juga berkurang.

Berdasarkan pola kontur konsentrasi Hg tanah, struktur geologi, dan kajian geofisika dari peta anomali sisa/residual orde 2, mapping iso-tahanan jenis semu AB/2= 750 m dan 1000 m, penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya yang melewati mata air panas Libungo dan Lombongo diharapkan dapat membantu untuk melokalisir batas daerah up-flow di Suwawa.

SISTEM PANAS BUMI

Hasil kompilasi data geosaintifik memperlihatkan daerah prioritas panas bumi ada di dua daerah, di sekitar mata air panas Libungo (prioritas 1) dan di sekitar mata air panas Lombongo (prioritas 2) (Gambar 6).

Daerah prioritas 1 (sekitar mata air panas Libungo), bersistem up - flow, reservoir diperkirakan berada di batuan Tersier Atas - Kuarter Tua (Pliosen - Plistosen) pada formasi vulkanik Pinogoe. Fluida panas di reservoir kemungkinan didominasi air panas bertemperatur sekitar 188o C. Sumber

panas diduga berasal dari magma di bawah G. Pinogoe. Luas daerah prospek panas bumi ± 7 km².

Daerah prioritas 2 (sekitar mata air panas Lombongo), bersistem up - flow (?), reservoir diperkirakan berada di batuan Tersier, pada formasi granit dan diorit Bone. Fluida panas di reservoir kemungkinan didominasi air panas bertemperatur sekitar 188 oC. (representatif geotermometer dari mata air panas Libungo). Sumber panas diduga berasal dari magma di kedalaman tubuh granitik dibawah air panas Lombongo Luas daerah prospek panas bumi ± 4 km².

DISKUSI

Estimasi Potensi Panas Bumi

Di daerah Suwawa terdapat dua daerah prospek yaitu di sekitar mata air panas Libungo dan di sekitar mata air panas Lombongo. Potensi energi panas buminya dihitung berdasarkan asumsi daerah prospek hasil kompilasi struktur geologi, geolistrik AB/2= 750 m dan 1000m, anomali Hg tinggi dan gaya berat orde 2 Temperatur reservoir dihitung berdasarkan estimasi geotermometer air panas representatif dari sampel air panas di Libungo, yaitu sebesar ± 188 oC.

Untuk menghitung potensi listrik digunakan asumsi berikut.

- Suhu minimal sumber panas untuk pembangkit minimum = 120° C (medium enthalpy)
- 30 tahun masa eksploitasi (= 1 x 10E9 s)
- Harga efisiensi ekstraksi sumber (resource extraction efficiency) dan efisiensi pembangkit (generation efficiency) = 0,035

Daerah prioritas 1

Potensi Listrik (MWe) daerah Libungo (Luas daerah prospek 7 Km²):

$$= 2,5 \times 10E15 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200C) \times 1 \times 10E-6 \times 0,035 \times 1 \times 10E-9 (/s)$$

$$= 0,0875 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200 C) = 41,7 = \pm 42 \text{ MWe}$$

Estimasi potensi cadangan terduga daerah Libungo ± 42 Mwe.

Daerah prioritas 2

Potensi Listrik (MWe) daerah Lombongo (Luas daerah prospek 4 Km²):

$$= 2,5 \times 10E15 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200C) \times 1 \times 10E-6 \times 0,035 \times 1 \times 10E-9 (/s)$$

$$= 0,0875 \times A(\text{km}^2) \times (T-1200 C) = 23,8 = \pm 24 \text{ MWe}$$

Estimasi potensi cadangan terduga daerah Lombongo ± 25 Mwe.

Jadi Estimasi potensi cadangan terduga daerah Suwawa (Libungo dan Lombongo) adalah 42 Mwe + 24 Mwe = 66 Mwe (± 65 Mwe).

KESIMPULAN

Manifestasi panas permukaan sebagai identifikasi potensi energi panas di dalam adalah berupa mata air panas Libungo, Lombongo dan Lumbaya Bulan/ Pangi.

Sesar tertua adalah sesar normal geser manganan, berarah barat laut - tenggara hingga barat - timur, polanya berupa sebaran batuan plutonik Tersier. Sesar Kedua mempunyai arah barat laut - tenggara (N 330° E), dan membentuk fault trap berupa zona terban (graben) atau depresi berarah barat - timur. Sesar periode Ketiga, dengan gaya utama yang berperan adalah penunjaman Sangihe Timur, berupa sesar mendatar mengiri yang memotong batuan vulkanik tua dengan arah barat laut - tenggara (N 345° E), dan disusul oleh sesar normal barat laut - tenggara (N 330° E) yang diduga terbentuk oleh gaya penunjaman Sangihe Timur bagian selatan, dengan arah tegasan utamanya barat laut - tenggara.

Sistem panas bumi di daerah Libungo, Lombongo dan Pangi diasumsikan terletak pada zona up-flow, dengan fluida didominasi oleh air panas (water dominated system). Karakteristik air panas Libungo yang netral (pH= 7,7 - 7,8), suhu permukaan 81 - 82,6 C, bertipe klorida sulfat, berada di lingkungan volcanic/ magmatic water jauh dari posisi titik boron, serta data isotop oksigen 18/18O dan deuterium yang menunjukkan letaknya jauh dari garis meteoric line yang mengindikasikan berasal dari deep water dan tidak terkontaminasi oleh meteoric water. Diasumsikan bahwa air panas Libungo merupakan contoh representatif untuk estimasi suhu bawah permukaan (geotermometer air panas), yaitu sebesar 188 C (entalpi menengah/ medium enthalpy).

Peta konsentrasi Hg tanah, menunjukkan bahwa pola anomalnya dijumpai di sekitar mata air panas bumi Libungo dan Lombongo. Sehingga mata air panas tersebut diasumsikan merupakan zone lemah bagi aksesnya fluida panas yang mengandung unsur Hg di dalam untuk naik ke permukaan.

Berdasarkan peta anomali sisa/ residual orde 2 nampak terpolakan struktur terban dan depresi/ patahan berarah barat laut - tenggara yang menyebabkan terjadinya permeabilitas batuan/ feed - zone yang berperan dalam sistim panas bumi.

Mapping bentangan AB/2= 750 m dan 1000 m menunjukkan adanya endapan aluvium di sungai Bone dan endapan danau Limboto (?) dengan tebal ± 400 m.

Penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya yang melewati mata air panas Libungo dan Lombongo, menunjukkan bahwa:

Di mata air panas Libungo (B 4150) telah terbentuk sistem panas bumi (penudung, reservoir, sumber panas) yang bagus. Sumber panas diduga berada di bawah G. Pinogoe. Nilai resistiviti 2,4 - 3,5 ohm-m di permukaan merupakan overburden, selanjutnya nilai resistiviti 13 ohm-m berupa breksi dan lava G Pinogoe, layer di bawah yang bernilai 8 ohm-m diasumsikan sebagai lempung clay-cap yang terbentuk oleh fluida air panas Libungo, sedang lapisan terbawah bernilai 120 ohm-m kemungkinan merupakan batuan konduksi panas. Sedangkan konveksi panas terjadi melalui patahan Libungo, dengan fluida panas naik dari bawah ke permukaan sebagai mata air panas Libungo bertemperatur 81 dan 82.60 C.

Pada mata air panas Lombongo (G 6000), menunjukkan bahwa tidak ada lapisan reservoir yang memadai, dan sumber panas diduga merupakan sisa aktivitas vulkanik Tersier. Nilai resistiviti 80 - 17 ohm-m merupakan batuan overburden dan granit tersilisifikasi (silicified granite), di bawahnya nilai resistiviti 70 - 350 ohm-m merupakan fraktur granit dengan silisifikasi (fracturing and silicified granite) yang berkemungkinan merupakan batuan konduksi panas. Sedangkan konveksi panas terjadi melalui patahan Lombongo, dan fluida panas naik dari bawah ke permukaan berupa mata air panas Lombongo bertemperatur 41,4 dan 48.7° C. Di daerah ini temperatur reservoirnya telah mengalami penurunan (cooling down), sehingga konveksi air panas dan konduktivitasnya juga berkurang.

Potensi energi panas bumi (Potensi Listrik/ MWe) dengan estimasi geotermometer reservoir sebesar ± 188 o C, menunjukkan bahwa:

Daerah prioritas 1/ Libungo (luas daerah prospek 7 Km²), menunjukkan potensi cadangan terduga sebesar ± 42 Mwe. Daerah prioritas 2/ Lombongo (luas daerah prospek 4 Km²) memiliki potensi cadangan terduga sebesar ± 25 Mwe. Jadi total potensi cadangan terduga daerah Libungo dan Lombongo adalah sebesar ± 65 Mwe.

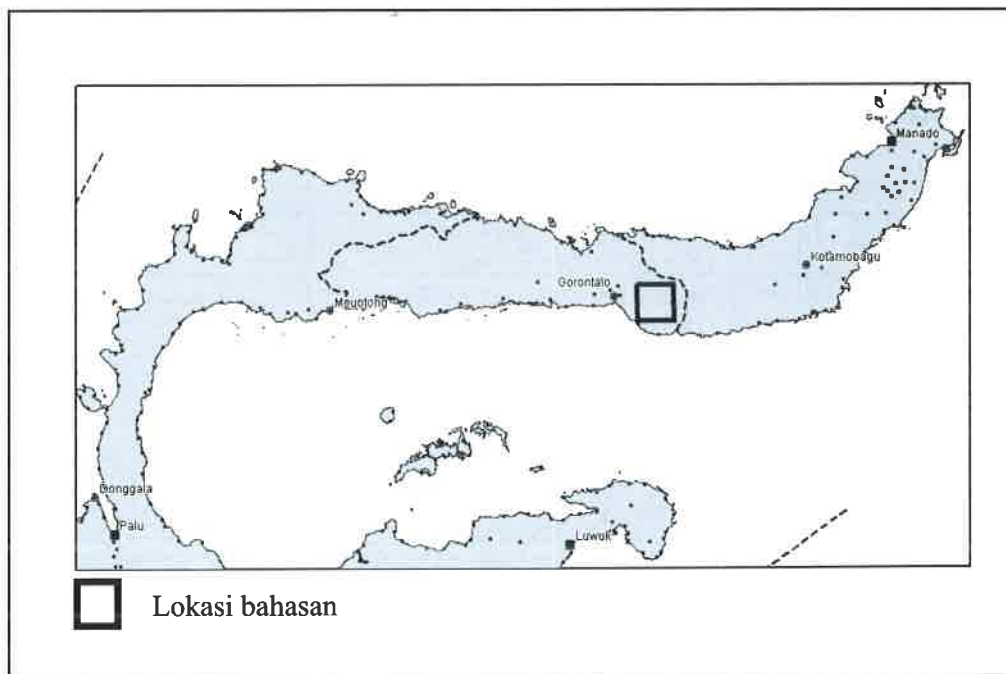
UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Asep Sugianto S.Si yang telah membantu mengedit sebagian gambar, dan kepada Pusat Sumber Daya Geologi, yang telah memberikan sarana, kemudahan, dan izin dalam pemakaian data dan laporan sehingga terbentuk tulisan/ makalah ini.

Makalah ini diharapkan dapat dipakai sebagai acuan bagi pekerjaan eksplorasi panas bumi lanjutan dan pekerjaan eksploitasi di daerah

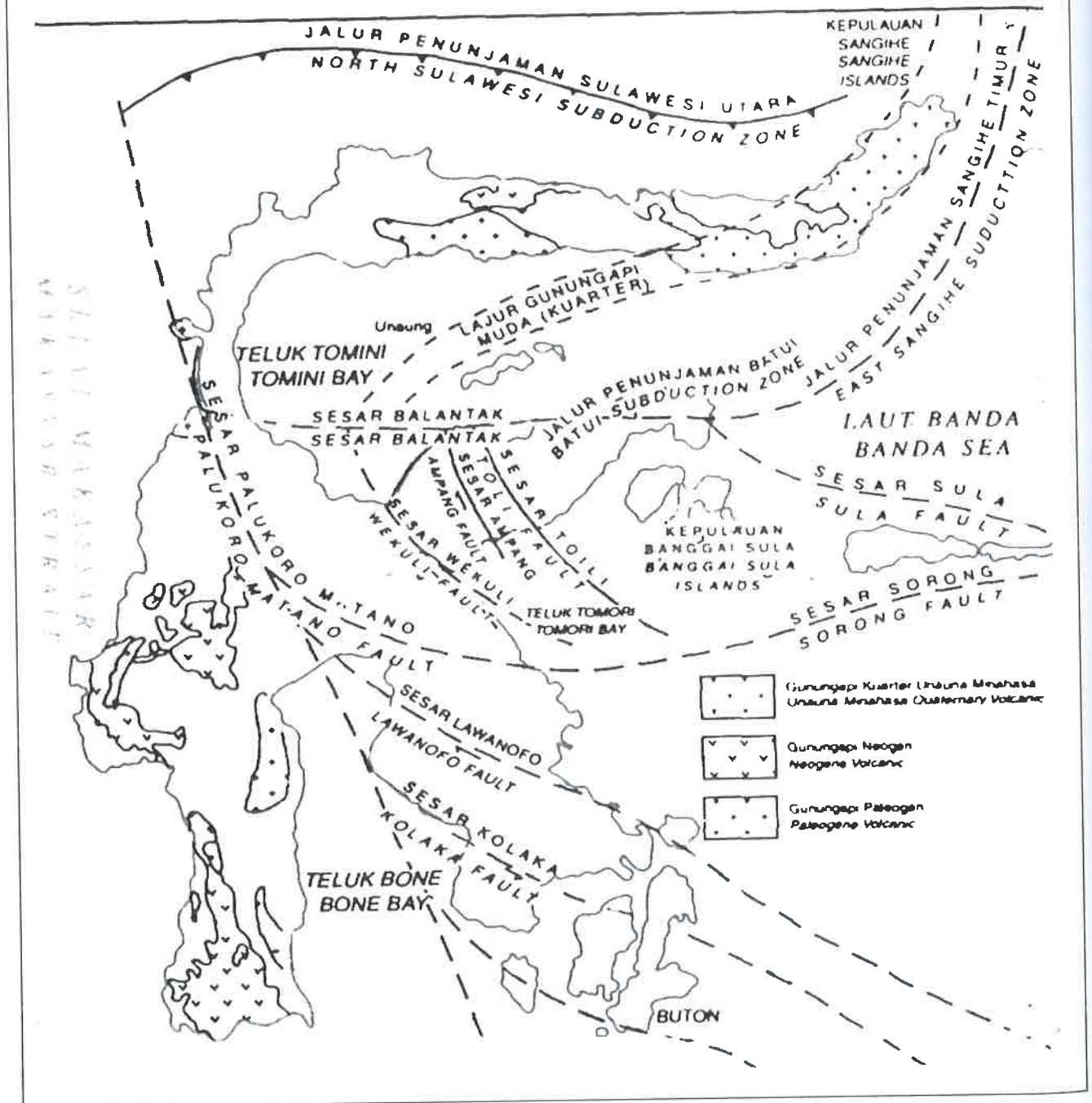
DAFTAR PUSTAKA

- Apandi, T, dkk, 1997; Pemetaan Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Aquila, L.G., 1977; Magnetic and Gravity surveys Suriagao geothermal field, The COMVOL letter, v.IV, No 5 & 6
- S. Bachri, Sukido, N. Ratman, 1993; Pemetaan Geologi Regional Lembar Talamuta, Sulawesi, skala 1 : 250.000.
- Breiner, S., 1973; Application Manual for Portable Magnetometers. Geometrics. California.
- Fournier, R.O., 1981; Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering, "Geothermal System: Principles and Case Histories". John Willey & Sons. New York.
- Giggenbach, W.F., 1988; Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg-Ca Geo- Indicators. *Geochimica Acta* 52. h. 2749-2765.
- Hochstein, MP, 1982; Introduction to Geothermal Prospecting, Geothermal Institute, University of Auckland, New Zealand.
- Katili, 1980; Tektonik Daerah Sulawesi Indonesia.
- Mahon, K. dan Ellis, A.J., 1977. Chemistry and Geothermal System. Academic Press Inc. Orlando.
- Lawless, J., 1995; Guidebook: An Introduction to Geothermal System. Short course. Unocal Ltd. Jakarta
- Sheriff, R. E., 1982; Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma.
- Sub Direktorat Panas Bumi, Direktorat Sumber Daya Mineral/ Pusat Sumber Daya Geologi, 2005; Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika,
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., Keys, D. A., 1990; Applied Geophysics, Cambridge University Press, London.
- T.O. Simanjuntak, dkk (1991, 1997); Peta Geologi Lembar Malili, Sulsel. Skala 1: 250.000, P3G.

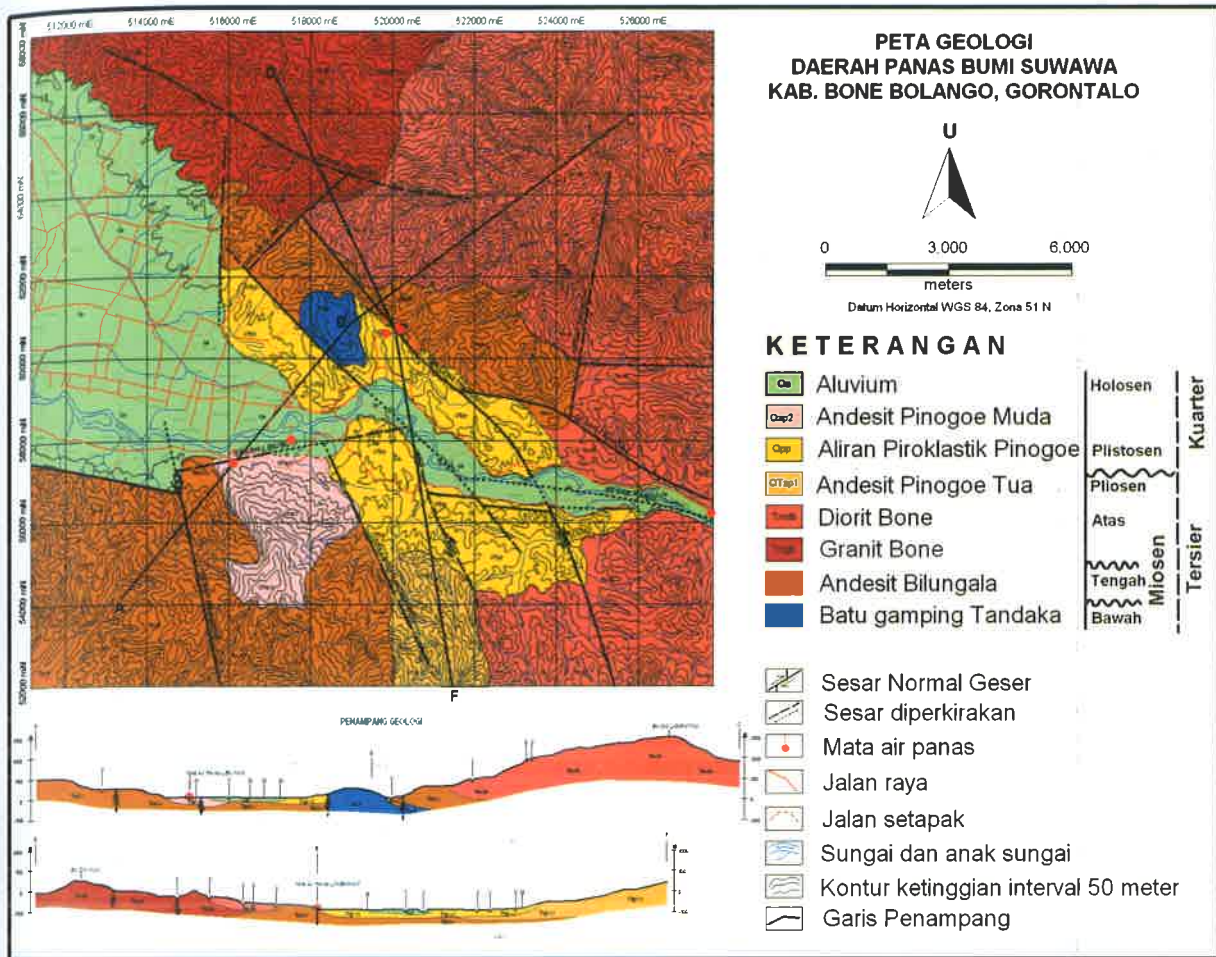


Gambar 1. Lokasi bahasan

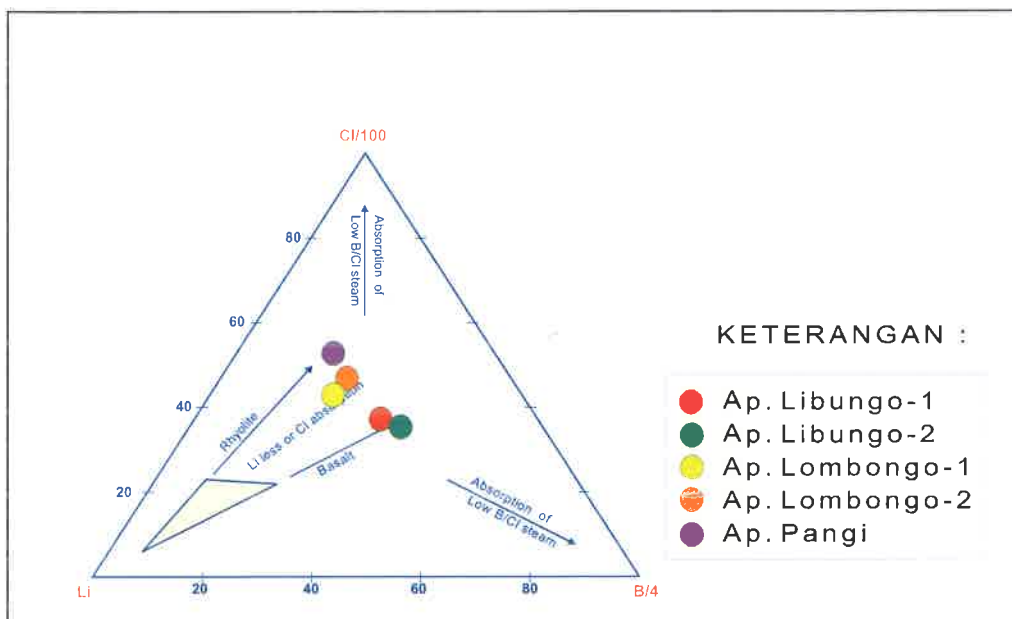
PETA TATAAN TEKTONIK DAERAH SULAWESI TECTONIC SETTING MAP OF THE SULAWESI AREA



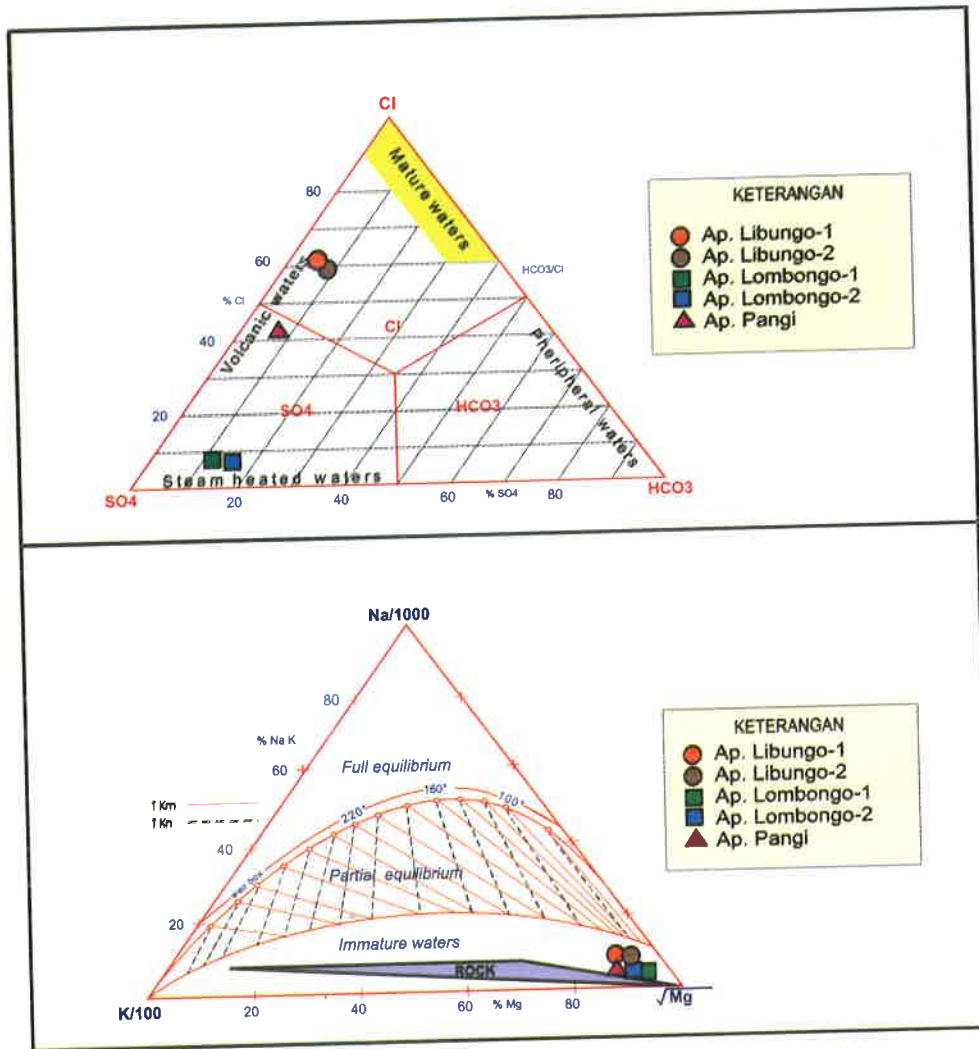
Gambar 2. Tatanan tektonik pulau Sulawesi (Katili, 1980 dan Simanjuntak, 1986)



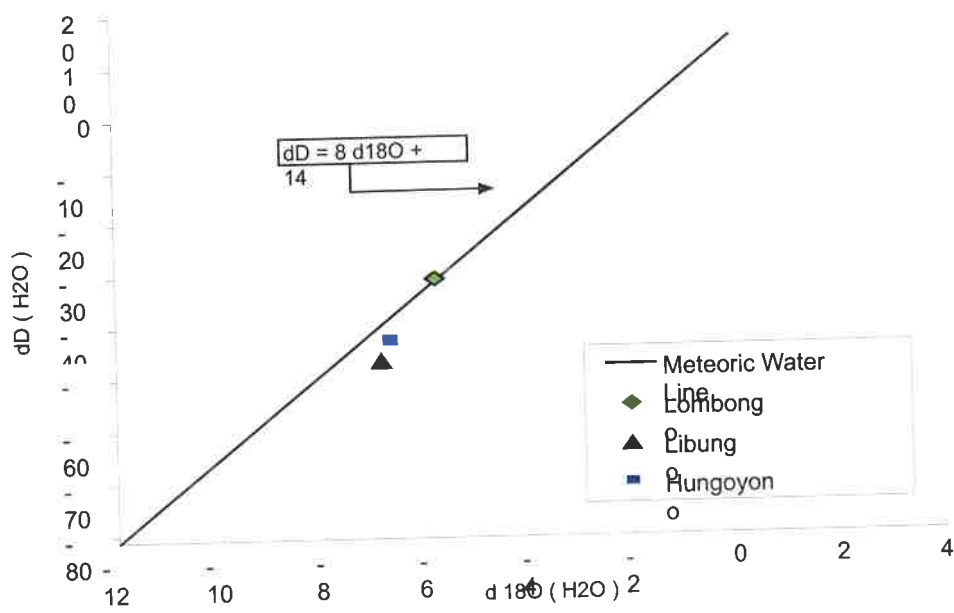
Gambar 3. Peta geologi daerah Suwawa



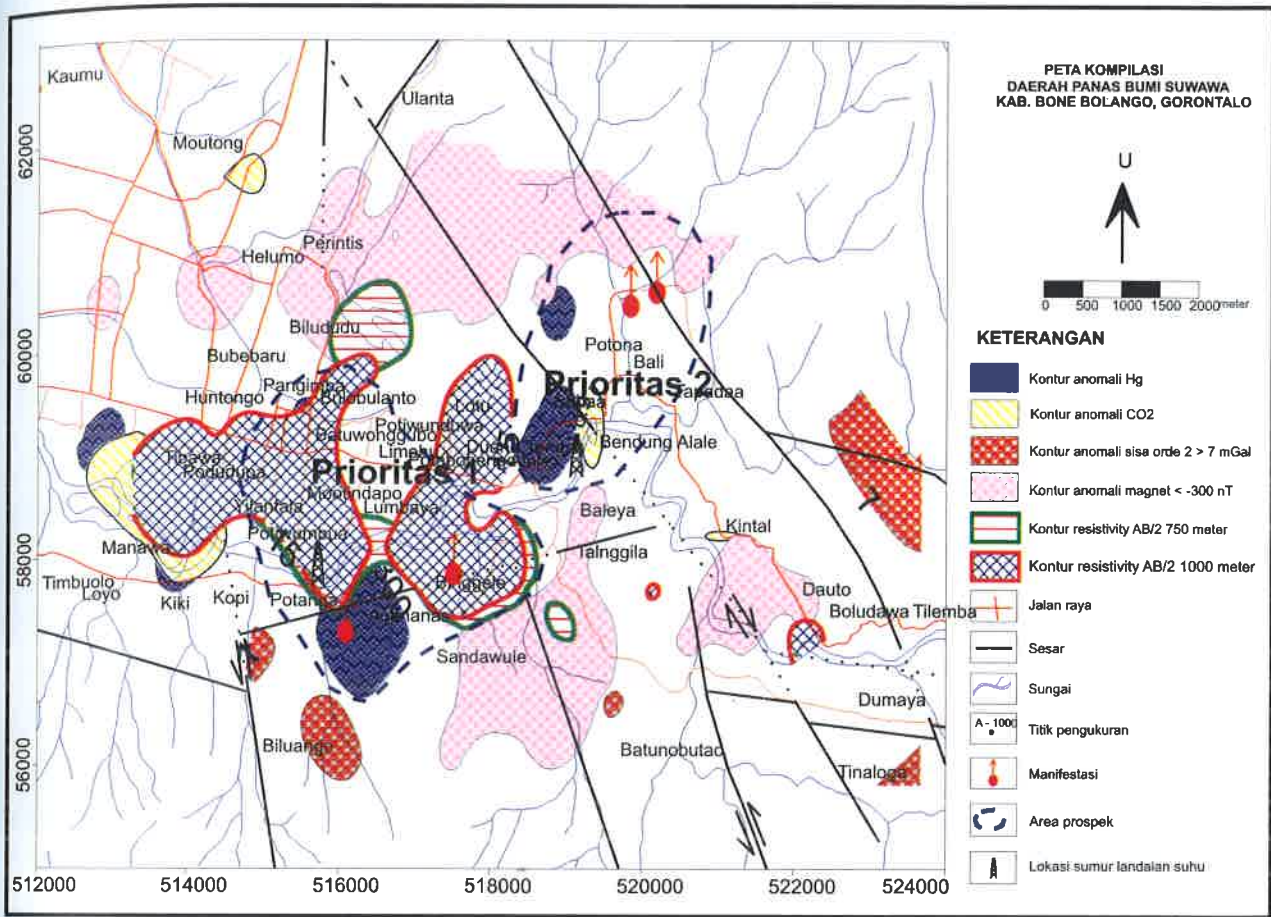
Gambar 4 B Diagram Segitiga Cl-Li-B/4



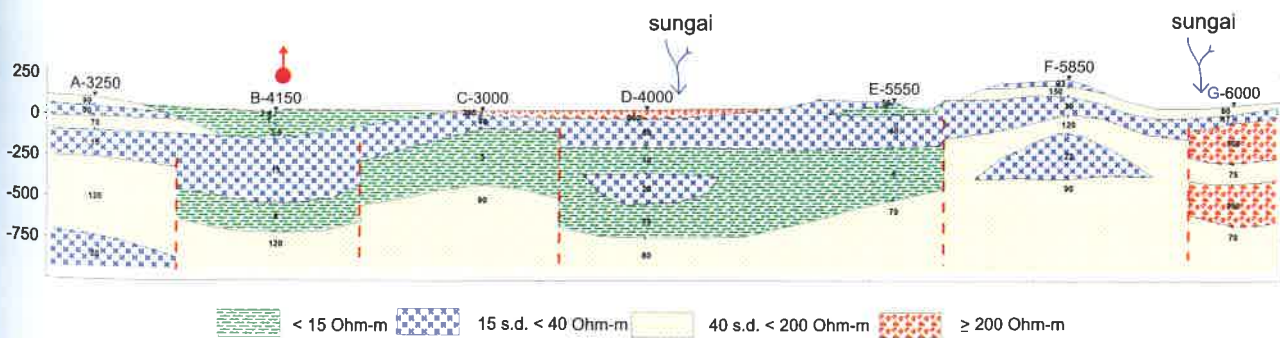
Gambar 4 A. Gambar tipe air panas (Cl, HCO₃, SO₄) dan kandungan Na-K-Mg



Gambar 5. Kurva Isotop ¹⁸O dan Deuterium



Gambar 6. Peta kompilasi daerah panas bumi Suwawa



Gambar 7. Penampang tegak/ vertikal tahanan jenis sebenarnya



Gambar 8A. Mata air panas Libungo 1



Gambar 8B. Tanah panas dan alterasi Libungo 1



Gambar 8C. Mata air panas Libungo 2