

**GEOLOGI DAN GEOKIMIA PENDAHULUAN DAERAH ALOR TIMUR DAN
PENGEBORAN SUMUR LANDAIAN SUHU LAPANGAN PANAS BUMI
BUKAPITING, ALOR TIMUR LAUT KABUPATEN ALOR
NUSA TENGGARA TIMUR**

Oleh : Fredy Nanlohi, Herry Sundhoro

SUBDIT PANAS BUMI

ABSTRACT

The stratigraphic units of east to northeast Alor geothermal areas consist of Tertiary to Quaternary volcanic rock of Maritaeng-Mausamang lava flow, Maritaeng pyroclastic flow, Puimang lava flow, Taramana pyroclastic flow, lava flow of Mount Koyakoya and Mount Inukumang, volcanic rocks of Atmal, lake deposit, Mausamang lahar, collapse rock of Maritaing, coral reef and surface deposit of alluvial.

The geothermal manifestation of east Alor have 8 group of neutral pH chloride and bicarbonate hot spring wich have a temperatures of 37° - 81°C. The manifestation of Kura river, Alakalela and Mabatapada hot spring discharge from Tertiary volcanic rock and alluvial deposit through the media of Lantoka depression structures (horst and graben).

Estimate of reservoir temperature from hot waters geothermometer in this area have a variation between 172°-229°C.

The unit rocks of TAD thermal gradient well consist of altered tuff breccia intercalated with altered andesit, locally interbadded with basaltic andesit, dacitic tuff and altered tuff.

Almost all of the well litologies comes from unknown eruption center, probably belong to Tertiary volcanic rocks of The Alor formation. Fault structure wich is indicated in TAD well are estimated from the originated of two times partial loss circulation (PLC) while drilling in the depth of 38-39 m and 52 m. Those partial loss probably come from the same fractures zone as a two fault segmen, and can be correlated with NE-SW trend of surface fault wich is separated along Tuti river

The altered minerals originated from replacement of plagioclass, mafic minerals and groundmass/matrix of almost all the rock from well and the composition of hydrothermal fluid is neutral with relatively low to medium temperatures.

*In generally the rocks unit from surface to the depth of 23 m is not yet hidrothermally altered and become a function of soil or **OVERBURDEN**. From the depth of 23 m to the total depth (250 m), all of the rock units have been altered with intencity of low to intense (SM/TM=10-65%) characteristic by processes of argillitisation, carbonatisation, pyritisation, oxidation, silisification/devitrification with/without anhidritisation and chloridetisation. The alteration type belong to Argillic type as a function of **CAP ROCK / CLAY CAP**.*

The result of temperature logging measurement shown that there are a little bit increasing from three times measurement of thermal gradient as high as 9°C from surface to the total depth (250 m) and maximum pressure in bottom hole is 10 KSc.

SARI

Susunan stratigrafi daerah panas bumi Alor Timur-Alor Timur Laut umumnya terdiri dari batuan vulkanik berumur Tersier-Kuarter dengan urutan dari tua ke muda : Satuan lava Maritaing-Mausamang, aliran piroklastik Maritaing, lava Puimang, aliran piroklastik Taramana, batuan sedimen Taramana, lava G. Koyakoya, lava G. Inukumang, batuan vulkanik Atmal, endapan danau, lahar Mausamang, batuan longsoran Maritaing, batugamping terumbu dan endapan aluvium.

Manifestasi panas bumi di Alor Timur, terdiri dari 8 (delapan) kelompok mata air panas bersuhu antara 37-81°C dengan pH netral, bertipe klorida dan bikarbonat. Pemunculan manifestasi di S. Kura, Alakalela dan Mabatapada pada batuan vulkanik Tersier dan endapan alluvial melalui media struktur

depresi (*horst* dan *graben*) Lantoka yang berarah N 280-310° E. Pendugaan suhu bawah permukaan (*geothermometer*) air panas di daerah ini bervariasi antara 172-229° C.

Satuan batuan pada sumur bor landaian suhu TAD terdiri dari selang-seling breksi tufa terubah, dengan andesit terubah, setempat ditemukan sisipan-sisipan andesit basaltis, tufa dasitik dan tufa terubah. Keseluruhan batuan / litologi berasal dari produk yang tidak diketahui sumber asalnya, diperkirakan berasal dari batuan vulkanik Tersier yang tergabung dalam Formasi Alor.

Struktur sesar pada sumur TAD dicirikan oleh terjadinya hilangnya sirkulasi pada kedalaman 38-39 m dan 52 m (PLC). Hilangnya sirkulasi ini diduga berasal dari zona rekahan yang sama membentuk dua segmen sesar yang dapat dikorelasikan dengan sesar permukaan berarah timurlaut-baratdaya yang menyebar sepanjang S.Tuti.

Mineral ubahan umumnya terbentuk sebagai hasil replacement dari mineral plagioklas, mineral hitam dan masa dasar pada semua batuan / litologi. Kondisi lingkungan pembentukannya adalah pada fluida yang bersifat netral dengan temperatur pembentukan relatif rendah hingga sedang.

Secara keseluruhan batuan dari permukaan hingga kedalaman 8 m tidak mengalami ubahan hidrotermal, berfungsi sebagai tanah/lapisan penutup (*OVERBURDEN*). Sedangkan dari kedalaman 8m hingga 250 m batuan terubah hidrotermal dengan intensitas ubahan lemah hingga kuat (SM/TM = 10%-65%), dicirikan oleh proses argilitisasi, karbonatisasi, piritisasi, oksidasi, silisifikasi/ devitrifikasi dengan/tanpa anhidritisasi dan kloritisasi. Tipe ubahan termasuk tipe ARGILIK berfungsi sebagai batuan penudung panas (*CAP ROCK / CLAY CAP*).

Hasil pengukuran logging temperatur, menunjukkan ada peningkatan yang terjadi dalam tiga tahap pengukuran yaitu sebesar $\pm 9^{\circ}\text{C}$ dari permukaan hingga kedalaman 250 m, dan tekanan maksimum di dasar sumur adalah 10 KSc.

PENDAHULUAN

P. Flores terletak di ujung timur jalur gunungapi (*volcanic belt*) orogen Sunda. Sepanjang jalur ini terdapat banyak pemunculan gunungapi dan manifestasi panas bumi, yang berpotensi menghasilkan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP). Hasil kajian literatur daerah Alor Timur, menunjukkan terdapatnya pemunculan manifestasi panas bumi pada tubuh batuan vulkanik Tersier dan aluvium. Daerah penyelidikan berada di dalam wilayah Kecamatan Alor Timur dan Kecamatan Alor Timur Laut, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Luas daerah $\pm 36 \times 29 \text{ km}^2$ yang berada pada koordinat geografis di antara $124^{\circ}08'30.52''$ - $124^{\circ}48'59.10''$ BT dan $08^{\circ}08'10.98''$ - $08^{\circ}24'0.58''$ LS atau pada koordinat UTM antara 700000.000-736000.000 mT dan 9071000.000 - 9100000.000 mU (**Gb. 1**).

Sumur landaian suhu TAD terletak di daerah Pelisi, termasuk dalam wilayah Kampung Adage, Desa Air Mancur, Kecamatan Alor Timur Laut, Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur (**Gb.1**). Secara geografis terletak pada posisi UTM : X = 699 575 E, Y = 9097 110

N dengan ketinggian $\pm 10 \text{ m}$ di atas permukaan laut.

Penyelidikan geologi dan geokimia pendahuluan bertujuan untuk mengetahui karakteristik batuan dan sistem panas bumi, tipe air panas dan perkiraan suhu bawah permukaan, sehingga akan diketahui luas daerah prospek, daerah discharge dan recharge (peresapan), model panas bumi dan potensi sumberdaya panas bumi *Spekulatif* yang mengacu kepada data geologi dan kimia air panas di daerah Alor Timur.

Data yang dihasilkan dari pengeboran sumur landaian suhu TAD adalah data bor, geologi, ubahan hidrotermal dan logging, yang memberi informasi mengenai keadaan bawah permukaan, baik keadaan geologi, ubahan hidrotermal dan cara terbentuknya, gradient tekanan dan temperatur, serta sifat fisik fluida hidrotermal yang terkandung di bawah permukaan.

HASIL PENYELIDIKAN TERDAHULU

Pulau Alor merupakan jajaran yang saling berhubungan dengan Pulau Flores yang merupakan bagian dari Busur Banda. Kegiatan tektonik yang berlangsung dari Tersier hingga Kuartar, banyak membentuk struktur-struktur geologi berupa lipatan, sesar dan kelurusan vulkanik yang berarah timurlaut-baratdaya hingga barat laut-tenggara (Bemmelen, 1949).

Urutan stratigrafi regional P.Alor menurut Noya dkk (1991) terdiri dari Formasi Tanahau (terdiri dari lava dasit, tufa dan breksi berumur Miosen Tengah-Atas), Formasi Alor (batuan vulkanik berumur Miosen Atas-Pliosen Bawah), produk Gunungapi Tua (lava, breksi dan tufa pasiran berbatuapung). Produk Gunungapi Tua ini menindih tak selaras Formasi Alor dan berumur Plio-Plistosen (Abbott dan Chamalaun, 1981). batugamping koral, breksi koral dan endapan danau. Formasi Alor menindih tidak selaras Formasi Tanahau dan menjemari dengan Formasi Laka di daerah Kalabahi. Kegiatan gunungapi Tersier hingga Kuartar diperkirakan berkaitan dengan sumber panas di daerah panas bumi Alor Timur hingga Timur Laut.

Struktur geologi yang berkembang di daerah Alor berupa pelipatan, sesar dan kelurusan, umumnya berarah timurlaut-baratdaya dan sebagian berarah barat laut-tenggara. Lipatan yang cukup kuat terdapat pada batuan yang berumur Miosen Akhir-Pliosen Awal dengan kemiringan 35° C pada Formasi Laka. Diduga proses pelipatan terjadi pada Kala Plio-Plistosen bersamaan dengan terjadinya tektonik secara regional.

Penyelidikan panas bumi terpadu (geologi, geokimia dan geofisika) telah dilakukan oleh Kasbani dkk., 2000) di daerah panas bumi Bukapiting, Alor Timur Laut; hasil penyelidikan terpadu ini dapat diringkaskan sebagai berikut,

Susunan stratigrafi daerah panas bumi Bukapiting dapat dipisahkan menjadi lima kelompok batuan utama (Kasbani dkk, 2000) yaitu, batuan Tersier, terdiri dari batuan sedimen dan batuan vulkanik Tersier. Batuan sedimen Tersier merupakan batuan sedimen turbidit marin menyebar secara lokal membentuk jendela/*window* di sekitar manifestasi panas bumi Tuti.

Batuan vulkanik Tersier berkomposisi andesitik hingga riolitik, tersebar menutupi

sebagian besar daerah panas bumi Bukapiting. Sumber erupsi yang menghasilkan batuan vulkanik Tersier ini tidak diketahui dengan jelas. Batuan berumur Kuartar terdiri dari batugamping terumbu dan batuan vulkanik Kuartar dari sumber erupsi berasal dari G.Atmal, G.Atingta, dan G.Labapang (Gb.2).

Terdapat dua kelompok sesar utama yang menyebar di daerah panas bumi Bukapiting yaitu sesar yang berarah timurlaut – baratdaya dan yang berarah timur– barat (Gb.2). Sesar yang berarah timurlaut – baratdaya dikelompokkan sebagai sesar mendatar mengiri (sinistral) dan secara lokal berupa sesar normal. Kelompok sesar ini diperkirakan telah mengontrol terbentuknya morfologi perbukitan terjal di sebagian besar daerah panas bumi Bukapiting. Sesar yang berarah timur – barat merupakan sesar naik yang menyebabkan satuan batu gamping terangkat sekitar 75 m di atas permukaan laut terutama di daerah bagian utara.

Manifestasi panas bumi di daerah Bukapiting terdiri dari pemunculan 4 mata air panas bertemperatur antara 52° - 104°C, pH netral (6,8-7,3) dan tipe air panas dikelompokkan dalam tipe air klorida sebagai zona *up flow* pada sistem *water heated reservoir* (Suparman dkk, 2000). Suhu minimum bawah permukaan berdasarkan geotermometer SiO₂ *conductive cooling* adalah 155°C dan 187°C (geotermometer NA,K Giggenbach). Kandungan Hg dalam tanah bervariasi antara 26-304 ppb dengan nilai anomali 155,02 ppb sampai lebih besar dari 200 ppb. Anomali Hg tinggi tersebar di bagian timurlaut daerah panas bumi Bukapiting. Kandungan CO₂ dalam udara tanah berkisar antara 0,17 – 1,56%. Anomali CO₂ tinggi tersebar di bagian timurlaut, memanjang ke baratdaya daerah panas bumi Bukapiting (Suparman dkk, 2000).

Hasil interpretasi anomali Bouguer dan anomali sisa dapat ditarik enam struktur sesar (Suryakusuma dkk, 2000) yaitu dua struktur sesar berarah barat laut-tenggara, satu sesar berarah baratdaya – timurlaut, dua sesar berarah hampir barat – timur dan sebuah sesar berarah hampir utara selatan.

Nilai SP dapat dikelompokkan menjadi dua (Suryakusuma dkk, 2000) yaitu nilai SP positif tertinggi dan kelompok SP negatif terendah. Nilai SP positif tertinggi terdapat pada lintasan S yaitu pada titik amat S175 dengan harga maksimum 51,825 m Volt. Nilai

tertinggi ini diduga berhubungan dengan pemunculan manifestasi panas bumi di daerah Tuti. Kelompok SP negatif terendah terdapat di lintasan S dan T dengan nilai $-140,73$ mVolt (**Gb.2**).

GEOLOGI DAN GEOKIMIA PENDAHULUAN

Geologi

Pemetaan geologi pendahuluan didukung oleh interpretasi *Citra Landsat* dan dilengkapi dengan analisis petrografi contoh batuan yang representatif. Susunan stratigrafi daerah panas bumi Alor Timur, terdiri dari 13 satuan batuan yaitu (dari tua ke muda): satuan lava Maritaing-Mausamang, aliran piroklastik Maritaing, lava Puimang, aliran piroklastik Taramana, batuan sedimen Taramana, lava G. Koyakoya, lava G. Inukumang, batuan vulkanik Atmal, endapan danau, lahar Mausamang, endapan longsor Maritaing, batugamping terumbu dan endapanaluvium. Penyebaran dari masing-masing satuan batuan tersebut disajikan dalam **Gb.3**.

Indikasi struktur geologi di lapangan dicerminkan oleh bentuk depresi (*horst dan graben*), kelurusan, paset segitiga, gawir sesar, kekar, offset batuan, kelurusan sungai, bukit dan topografi, zona hancuran batuan, breksiasi dan pemunculan manifestasi panas bumi berupa kelompok-kelompok mata air panas. Berdasarkan indikasi tersebut dapat ditarik beberapa struktur geologi, diantaranya:

Sesar normal Lantoka merupakan sesar utama yang berpasangan (*horst dan graben*) menyebar di bagian utara dan selatan, berarah baratlaut-tenggara (N280-300°E). Selain sesar utama ini terdapat juga sesar-sesar generasi kedua (*secondary order*) yang berarah timurlaut-baratdaya yaitu : sesar geser Puimang berarah N45°E menyebar di bagian selatan, berupa sesar geser mengiri dengan kemiringan $> 70^\circ$ ke arah selatan. Sesar normal Takala berarah N 45° E dengan kemiringan $> 75^\circ$ ke selatan, menyebar di bagian utara. Sesar normal Irawuri berarah N35°E dengan kemiringan $> 75^\circ$ ke selatan, menyebar di bagian baratlaut. Sesar normal Taramana berarah N 40° E dengan kemiringan $> 75^\circ$ kearah selatan; menyebar di bagian baratlaut. Sesar normal Kura, berarah N 220° E, dengan kemiringan $> 75^\circ$ kebagian barat, menyebar di tenggara. Sesar normal Padang Garam berarah N 310° E dengan

kemiringan $> 70^\circ$ ke arah timur, menyebar di bagian timurlaut. Penyebaran masing-masing struktur sesar tersebut dapat dilihat pada **Gb.3**. Selaian sesar-sesar tersebut, hasil analisis peta topografi dan *citra landsat* menunjukkan kelurusan-kelurusan berarah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara yang diduga sebagai struktur sesar.

Manifestasi Panas Bumi

Di daerah Alor Timur terdapat 8 kelompok manifestasi panas bumi berupa mata air panas, yaitu: Padang Garam, Takala, Manapu-S. Kura, Alakalela, Mabata, Puimang dan Taramana, Irawuri (**Gb.4**). Manifestasi di S. Kura, Alakalela dan Mabata, Desa Maritaing berada pada struktur *horst* dan *graben* Lantoka yang mempunyai arah N 280-310° E dan muncul pada batuan vulkanik Miosen-Pliosen serta aluvium. Di daerah Taramana terdapat batuan ubahan bertipe argilik yang berada di sekitar pemunculan mata air panas.

Geokimia Air Panas

Dari konsentrasi kandungan unsur di dalam air panas yang di plot pada diagram segitiga $Cl-SO_4-HCO_3$ (**Gb.5**) menunjukkan bahwa hampir semua mata air panas masuk dalam tipe klorida kecuali mata air panas Taramana yang bertipe bikarbonat. Pengelompokan tipe air panas ini sangat dipengaruhi oleh kondisi, lingkungan pemunculan, pengaruh kontaminasi dan pengenceran oleh air di sekitarnya terutama oleh air di permukaan.

Air panas tipe klorida merupakan indikasi adanya fluida panas bumi dari bawah permukaan (*deep water*), namun kemungkinan pengaruh kontaminasi air laut di daerah Alor Timur perlu dipertimbangkan, karena lokasi air panas umumnya berada di pinggir pantai, kecuali mata air panas Kura dan Puimang jauh dari pantai. Mata air panas Taramana yang bertipe bikarbonat mengindikasikan bahwa senyawa bikarbonat dengan konsentrasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan klorida dan sulfat. dapat berasal dari terlarutnya gas CO_2 dalam air meteorik.

Dari konsentrasi kimia air panas yang di plotkan pada diagram segitiga $Na/1000-K/100-\sqrt{Mg}$ terlihat bahwa semua mata air panas terletak di daerah *immature water* (**Gb. 6**). Artinya air panas tadi telah mengalami kontaminasi atau pengenceran oleh air permukaan. Hal tersebut mengindikasikan

bahwa konsentrasi Magnesium dalam air meteorik lebih dominan dari pada air yang berasal dari aliran fluida panas didukung oleh besarnya konsentrasi Natrium dan Kalium. Mata air panas Padang Garam 1 (APPG-1) berada pada daerah partial equilibrium, dalam kenyataannya mata air panas Padang Garam 1 ini terkontaminasi air laut, karena itu konsentrasi Na dan K dari APPG-1 merupakan akumulasi dari intrusi air laut, sehingga penggunaan diagram ini untuk APPG-1 tidak representatif.

Dari konsentrasi kimia air panas yang di plot pada diagram segitiga Cl/100-B/4-Li (Gb.7) terlihat bahwa hampir semua kelompok mata air panas yang ada di daerah Alor Timur berada di daerah *marine*, kecuali kelompok mata air panas Kura dan Puimang yang masuk pada daerah *volcanic water*. Hal ini mengindikasikan bahwa mata air panas yang muncul di pinggir pantai telah terkontaminasi oleh air laut.

Dari harga kandungan ¹⁸O dan Deuterium air panas yang diplotkan pada grafik isotop δD terhadap δ¹⁸O terlihat bahwa: mata air panas Puimang (APPM-2), Padang Garam (APPG-1) dan Kura (APKR-1) berada di sebelah kanan dan menjauhi garis MWL (*meteoric water line*). Hal tersebut mengidentifikasi adanya pengayaan oksigen terhadap 3 mata air panas tersebut, ini menunjukkan adanya interaksi antara fluida panas dari bawah dengan batuan di sekitarnya dalam perjalanan menuju ke atas. Pada mata air panas Irauri (APIR-1) tidak terlihat adanya pengkayaan oksigen tersebut, karena hasil *ploting* nya berada pada garis MWL yang menunjukkan bahwa mata air panas Irauri sudah terkontaminasi oleh air permukaan atau di dominasi oleh air permukaan (Gb.8).

Geotermometer Air Panas

Perhitungan Geotermometer terhadap sampel air panas yang diambil dari daerah Alor Timur, dilakukan pada mata air panas: Padang Garam-Desa Mausamang (APPG), Alakalela, Mabata, dan Kura, Desa Maritaing (APKR), Puimang-Desa Lengkuru (APPM) dan Taramana, Irauri -Desa Taramana (APIR). Hasil perhitungan suhu bawah permukaan dapat dilihat pada Tabel. 1.

Model Panas Bumi Tentatif

Sumber panas (*heat source*) diduga berasal dari dapur magma di bawah G. Koyakoya dan

di bawah G. Inukumang. Batuan vulkanik Tersier (Miosen Tengah) yang telah terkena proses tektonik berfungsi sebagai batuan reservoir. Batuan penutup panas (cap rock/clay cap) diduga berupa batuan-batuan vulkanik dari G. Koyakoya dan G. Inukumang berumur Tersier Atas hingga Pliosen (?).

Batuan konduktif (batuan dasar) adalah batuan berumur relatif lebih tua dari Miosen Tengah (batuan-batuan Pra-Tersier yang posisinya berada di bawah batuan Tersier dan tidak tersingkap di daerah penyelidikan).

Potensi Panas Bumi Spekulatif

Berdasarkan Standarisasi Estimasi Potensi Panas Bumi (DJGSM, 1999) besarnya kandungan sumberdaya energi panas bumi “*spekulatif*” di daerah penyelidikan dapat dihitung dengan memakai formula, sebagai berikut: $H_{el} = A \times Q_{el} \times Mwe$

Dimana

H_{el} : Potensi sumberdaya energi panas bumi *Spekulatif* (Mwe)

A : Luas daerah prospek berdasarkan geologi (km²)

Q_{el} : Rapat daya (Mwe/ km²).

Dengan asumsi ketebalan reservoir ± 1 Km.

Maka potensi sumberdaya energi panas bumi *Spekulatif* di Alor Timur adalah sebesar 190 Mwe, yaitu di Maritaing 60 Mwe, Puimang 30 Mwe, Padang Garam 40 Mwe, Irawuri dan Taramana 40 Mwe, sedangkan di Takala diperkirakan sebesar 20 Mwe (Tabel 2).

PEMBORAN SUMUR LANDAIAN SUHU

Kronologi Pemboran

Sumur Landaian Suhu TAD ditajak dengan menggunakan *tricone bit 6 7/8"*, dilanjutkan dengan bor formasi dari permukaan hingga kedalaman 6 m, sirkulasi pakai lumpur. Cabut rangkaian TB 6 7/8" sampai permukaan dan masuk rangkaian casing 6" (casing pelindung) sampai kedalaman 6 m. Masuk rangkaian CB 3 1/2" + HQ sampai kedalaman 6 m, bor formasi (*coring*) sampai kedalaman 39 m, terjadi hilang sirkulasi sebagian di kedalaman 38-39 m (Partial Loss Circulation/PLC=10 Lpm), atasi hilang sirkulasi sebagian dengan menggunakan serbuk gergaji dan bentonit. Lanjut bor sampai kedalaman 52 m, terjadi hilang sirkulasi sebagian di kedalaman 52 m (PLC=10 Lpm). Atasi hilang sirkulasi

sebagian ini dengan melakukan semen sumbat. Cabut rangkaian sampai permukaan, masuk rangkaian OEBQ sampai kedalaman 52 m, lakukan semen sumbat dengan 2 sak semen (SG=1,7), dorong pakai air. Cabut rangkaian OEBQ sampai permukaan dan TSK. Masuk rangkaian core barrel untuk jajagi puncak semen (TOC=51,2 m), bor semen dari kedalaman 51,2 sampai kedalaman 52,40 m, sirkulasi pakai lumpur. Lakukan observasi loss, PLC = < 2 Lpm, OK. Lanjut bor formasi dari kedalaman 52,40 m sampai kedalaman 100,40 m. Lakukan sirkulasi untuk bersihkan lubang sumur, sambil persiapan untuk logging I dan set casing 5 ½". Setelah melakukan pengukuran logging tekanan dan temperatur dilanjutkan dengan set dan semen casing 5 ½". Bor formasi (coring) dari kedalaman 100,40 m sampai kedalaman 160 m. Sirkulasi untuk membersihkan lubang sumur, sambil persiapan untuk pengukuran logging II. Setelah pengukuran logging tekanan dan temperatur dilanjutkan dengan bor formasi (coring) dari kedalaman 100,40 m hingga kedalaman akhir, 250 m. Selama proses pengeboran sumur TAD ini banyak kendala yang dihadapi seperti terjadinya kerusakan mesin bor, pompa lumpur, hingga terjepitnya rangkaian pipa bor. Keseluruhan masalah yang terjadi dapat diatasi oleh regu pemboran.

Geologi Sumur TAD

Susunan batuan sumur TAD dari permukaan sampai kedalaman 23 m terdiri dari endapan aluvial (0-3 m) dan batu gamping terumbu (3-23 m) yang tidak mengalami ubahan hidrotermal,

Pada kedalaman 23 m hingga 250 m (**Gb. 9**) ditempati oleh selang-seling breksi tufa terubah dan andesit terubah dengan sisipan-sisipan tipis andesit basaltis, tufa dasitik terubah dan tufa terubah (ash flow). Keseluruhan batuan ini merupakan selang-seling antara endapan piroklastika dengan endapan aliran lava dan sisipan tipis endapan aliran piroklastik yang tidak diketahui sumber erupsinya. Diperkirakan sebagai anggota dari batuan vulkanik Tersier Formasi Alor.

Ubahan Hidrotermal

Hasil analisis contoh batuan dari permukaan hingga kedalaman 250 m menunjukkan bahwa batuan telah mengalami ubahan hidrotermal dengan mineral ubahan dalam jumlah yang bervariasi, terdiri dari mineral lempung (Cl),

kalsit/karbonat (Ca), klorit (Ch), kuarsa sekunder (SQ), oksida besi (IO), pirit (Py) dan anhidrit/An (**Gb. 9**).

Kehadiran mineral-mineral ubahan tersebut umumnya terbentuk sebagai pengganti/replacement dari mineral plagioklas, mineral hitam dan masadasar/matrik pada batuan breksi tufa, andesit basaltis, andesit, tufa dasitik dan tufa terubah (*ash flow*). Diduga jenis fluida yang mempengaruhi pembentukannya, bersifat netral dengan temperatur pembentukannya relatif rendah hingga sedang.

Batuan pada sumur TAD dari selang kedalaman 23-250 m telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas ubahan lemah hingga kuat (SM/TM = 10 – 65%), dicirikan oleh proses argilitisasi, dengan/tanpa karbonatisasi, kloritisasi, piritisasi, oksidasi, silisifikasi/devitrifikasi dan anhidritisasi.

Dari distribusi mineral ubahan menunjukkan bahwa batuan dari permukaan hingga kedalaman 23 m belum mengalami ubahan hidrotermal dan dapat digolongkan sebagai lapisan penutup atau **OVERBURDEN**.

Sedangkan batuan yang terdapat pada selang kedalaman antara 23 – 250 m telah mengalami ubahan hidrotermal dan dapat digolongkan dalam tipe ubahan **ARGILIK** yang berfungsi sebagai batuan penudung panas (**CAP ROCK / CLAY CAP**).

Logging

Pengukuran logging dilakukan dalam 3 tahap pengukuran yaitu : logging I pada kedalaman 100 m (T awal = 31°C, T maksimum = 34°C dan P maksimum = 6 KSc). Pengukuran logging II dilakukan pada kedalaman 160 m (T awal = 30°C, T maksimum = 34°C dan P maksimum = 8 KSc). Pengukuran logging III dilakukan pada kedalaman 250 m (T awal = 30°C, T maksimum = 39°C dan P maksimum = 10 KSc). Secara keseluruhan, dari ketiga tahapan pekerjaan logging pada sumur TAD-2 menunjukkan kenaikan temperatur yang relatif kecil (9°C), tidak begitu tinggi bila dibandingkan dengan gradient geothermis.

Diskusi

Struktur geologi yang terdapat di sumur TAD ditafsirkan dari adanya hilangnya sirkulasi (*loss*) sebagian atau *loss* total saat berlangsungnya proses pemboran, adanya perbedaan kekerasan batuan yang sangat menyolok. Tercatat telah terjadi dua kali *loss* sebagian yaitu pada kedalaman 38-39 m dan kedalaman 52 m. Diperkirakan kedua daerah *loss* tersebut sebagai satu zona struktur, kemungkinan merupakan sesar yang berarah timurlaut – baratdaya yaitu sesar permukaan yang menyebar sepanjang sungai Tuti.

Mineral ubahan didominasi oleh mineral lempung (montmorilonit/smektit), dengan / tanpa oksida besi, pirit, kalsit, kuarsa sekunder, klorit dan anhidrit. Urat-urat pengisi rekahan pada batuan ditemukan dalam jumlah relatif sedikit, terutama urat-urat kalsit dan klorit. Intensitas ubahan yang relatif tidak terlalu kuat disebabkan fluida hidrotermal di daerah ini tidak terlalu aktif, karena merupakan daerah *out flow*.

Mineral-mineral ubahan penunjuk temperatur tinggi tidak ditemukan dan jika dibandingkan dengan sumur-sumur panas bumi seperti di New Zealand, Jepang, Filipina dan negara-negara lainnya maka mineral lempung, kalsit, klorit, oksida besi, pirit, kuarsa sekunder, dan anhidrit dapat hadir pada temperatur rendah sekitar 80°C sampai 300°C (Lawless, 1994). Untuk sumur TAD pembentukan mineral-mineral tersebut kemungkinan pada kondisi temperatur relatif rendah. Temperatur aktual hasil pengukuran logging sangat kecil, sehingga dapat diperkirakan bahwa keseluruhan mineral ubahan pada sumur TAD adalah fosil hidrotermal. Dengan demikian selama pembentukan mineral-mineral ubahan tersebut hingga kini telah terjadi penurunan temperatur (*cooling down*).

Karena penentuan lokasi sumur pengeboran berada di belakang struktur sesar yang berarah barat-timur, atau di sebelah barat sesar berarah timurlaut-barat daya, sedangkan sumber panas dianggap berasal dari bagian selatan struktur sesar ini (di sekitar sumber panas), maka hasil yang didapatkan kurang baik dan tidak sesuai dengan apa yang diharapkan. Meskipun demikian hasil yang didapat telah membuktikan adanya kesesuaian dengan data hasil survei geosentifik permukaan (geologi, geokimia dan geofisika) yang telah dilakukan sebelumnya.

Secara keseluruhan batuan dari permukaan hingga kedalaman 8 m, tidak mengalami ubahan hidrotermal, berfungsi sebagai lapisan penutup atau **OVERBURDEN**. Batuan pada selang kedalaman antara 8-250 m telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas ubahan lemah-kuat, tipe ubahan Argilik, berfungsi sebagai batuan penutup panas (**CAP ROCK / CLAY CAP**).

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan penyelidikan geologi dan geokimia pendahuluan daerah panas bumi Alor Timur dan pengeboran sumur landaian suhu TAD, Lapangan Panas Bumi Bukapiting, Alor NTT, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Stratigrafi daerah panas bumi Alor Timur terdiri dari batuan berumur Tersier yang terdiri dari batuan sedimen dan batuan vulkanik yang tidak diketahui sumber erupsinya; Batuan berumur Kuartar terdiri dari batuan vulkanik dari beberapa sumber erupsi, batugamping dan alluvial.
- Akumulasi fluida hidrotermal di bawah permukaan dicirikan oleh penyebaran batuan ubahan dan mata air panas di Alakalela, Mambata, Masapu, Maritaing, dan manifestasi lainnya.
- Terdapat 5 daerah panas bumi berpotensi di Alor Timur yaitu Maritaing dengan luas daerah ± 6 km² dan kandungan sumberdaya energi spekulatif 60 Mwe, Padang Garam (± 3 km²; ± 30 Mwe), Puimang (± 4 km²; ± 40 Mwe), Irawuri dan Taramana (± 4 km²; 40 Mwe) dan daerah Takala (± 4 km²; ± 20 Mwe).
- Litologi sumur TAD 1 dari permukaan hingga kedalaman 3-23 m terdiri dari endapan alluvial dan batugamping terumbu yang tidak mengalami ubahan hidrotermal, berfungsi sebagai lapisan penutup atau **OVERBURDEN**. Litologi dari kedalaman 23-250 m terdiri dari selang-seling breksi tufa

terubah dan andesit berubah, dengan sisipan-sisipan andesit basaltis berubah, tufa dasitik berubah dan tufa berubah bersifat sebagai batuan penudung panas (**CAP ROCK/CLAYCAP**)

- Stuktur sesar dicirikan oleh adanya zona loss sebagian (PLC) pada kedalaman 38-39 m dan 52 m
- Hampir seluruh mineral ubahan merupakan fosil hidrotermal, umumnya terbentuk sebagai hasil replacement plagioklas dan masadasar/matrik pada semua batuan/litologi, sebagian kecil sebagai vein dan vug. Likungan pembentukannya terjadi pada kondisi fluida bersifat netral pada temperatur relatif kecil hingga sedang.
- Hasil pengukuran logging temperatur menunjukkan adanya anomali gradient termal yang relatif kecil yaitu sebesar 9°C dari permukaan hingga kedalaman 250 meter.
- Hasil pengeboran menunjukkan bukti yang menguatkan hasil penyelidikan geosentifik terpadu yang telah dilakukan sebelumnya

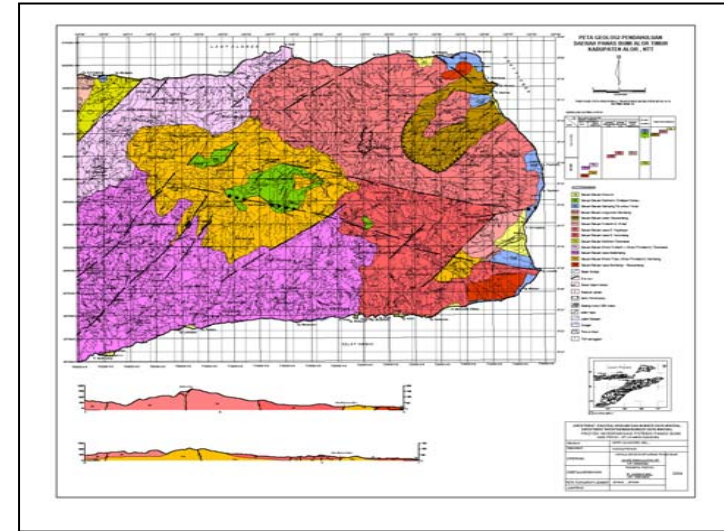
DAFTAR PUSTAKA

- Abbott dan Chamalaun, 1981; Pentarikan K/Ar umur batuan andesit di P. Kambing, Kabupaten Alor, NTT (Dalam Peta Lembar Alor Dan Wetar Barat, Nusa Tenggara, 1997). P3G, Bandung.
- Bangbang Sulaeman dkk., 2000 : Laporan Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Bukapiting, Alor, Nusa Tenggara Timur. Laporan Dit. Vulk. tidak dipubl. Bukapiting, Alor, Nusa Tenggara Timur. Laporan Dit. Vulk. tidak dipubl.
- Bemmelen, van R.W., 1949: *The Geology of Indonesia*. Vol. I A. *General Geology Of Indonesia And Adjacent Archipelagoes* Government Printing Office. The Hague. Netherlands.
- Browne, 1970 : Hydrothermal alteration as an aid in investigating Geothermal fields. *Geoth. Spec Iss Issue*.
- , 1993 : Hydrothermal Alteration and Geothermal Systems. Lecture of geothermal student, Auckland University. NZ.
- Fournier, R.O., 1981: Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering, Geothermal System: Principles and Case Histories. John Willey & Sons. New York.
- Fredy Nanlohi dkk, 2000 : Subsurface Geology of The Mataloko Shallow Well (MTL- 01) The Mataloko Geothermal Field, Ngada, NTT, Flores- Indonesia. IAVCEI (18-22 July 2000), Bali Indonesia.
- Fredy Nanlohi dkk, 2003 : Laporan Survey Landaian Suhu Sumur WW-1 dan WW-2, Lapangan Panas Bumi Waisano Werang, Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur. Laporan DIM, tdk dipubl.
- Fredy Nanlohi dkk, 2004 : Laporan Survei Landaian Suhu Sumur TAD-1 dan TAD-2, Lapangan Panas Bumi Bukapiting, Alor, Nusa Tenggara Timur. Laporan DIM, tdk dipubl.
- Giggenbach, W.F., 1988. *Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg-Ca Geo-Indicators*. *Geochemica Acta* 52. pp. 2749 – 2765.
- Lawless, J., 1994. *Guidebook: An Introduction to Geothermal System*. Short course. Unocal Ltd. Jakarta.
- Mahon K., Ellis, A.J., 1977. *Chemistry and Geothermal System*. Academic Press Inc. Orlando.
- Noya, Y, dkk., 1994. Peta Geologi Lembar Pulau Alor dan Pulau Wetar, NTT, Skala 1: 250.000. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Santoso, M. S dkk, 1976, Inventarisasi Kenampakan Gejala Panas Bumi di Daerah P. Alor dan P. Pantar, NTT. Direktorat Vulkanologi. Bandung.

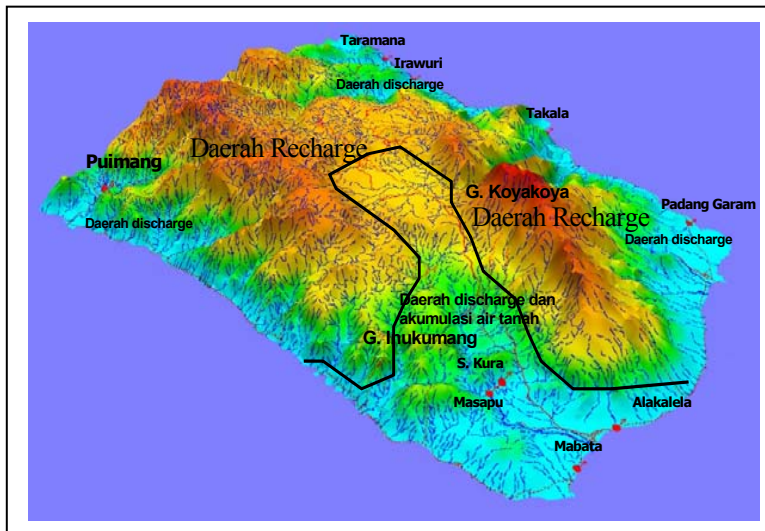


Gb.1 Lokasi penyelidikan pendahuluan dan lokasi bor sumur landaian suhu TAD, Alor - NTT

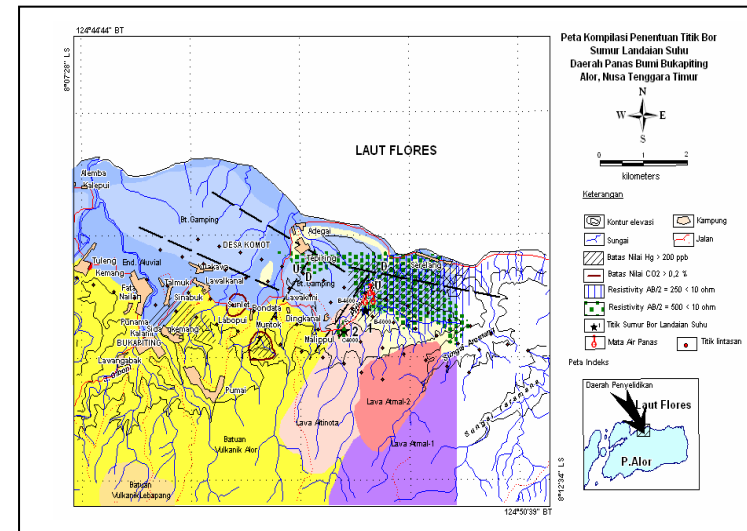
9



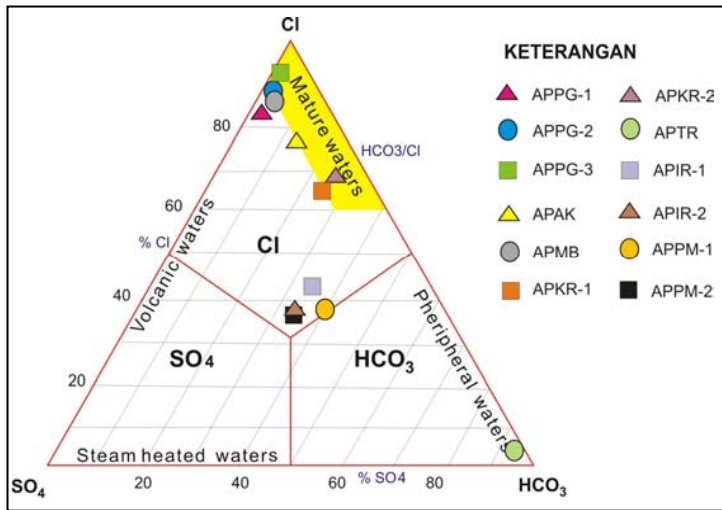
Gb.2 Peta geologi pendahuluandaerah panas bumi Alor Timur, Alor - NTT



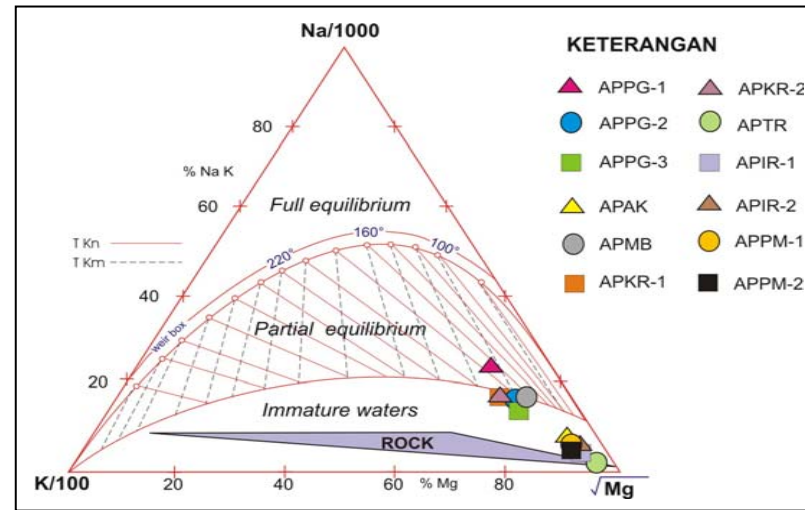
Gb.3 Peta hidrogeologi daerah panas bumi Alor Timur , Alor - NTT



Gb.4 Peta kompilasi geologi, geokimia & geofisika Alor Timur , Alor - NTT

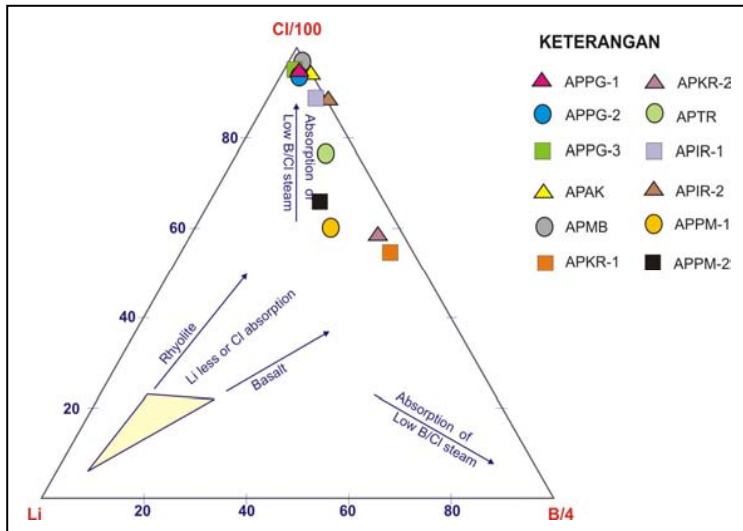


Gb. 5 Diagram Segitiga Tipe air panas daerah panas bumi Alor Timur-NTT

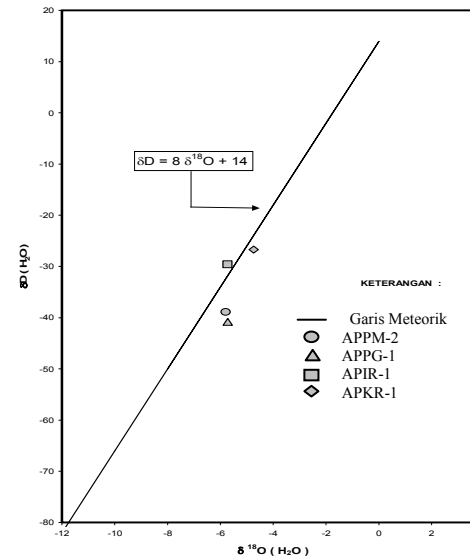


Gb. 6 Diagram segitiga kandungan relatif Na, K, Mg daerah panas bumi Alor Timur bumi Alor Timur – NTT.

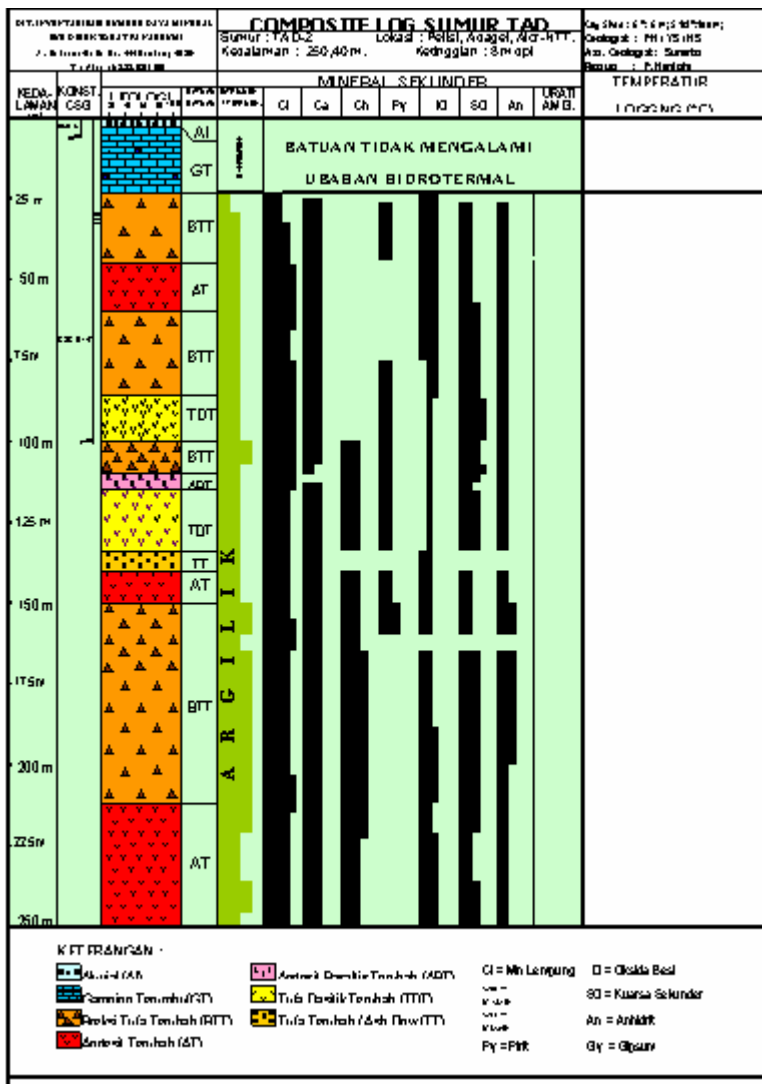
10



Gb. 7 Diagram segitiga kandungan relatif Cl, Li dan B daerah Panas bumi Alor Timur-NTT



Gb. 8 Distribusi data isotop ¹⁸O dan deuterium dari mata air panas Alor Timur – NTT.



Gb. 9. Composite log sumur TAD, lapangan panas bumi Bukapiting Alor Timur Laut – NTT.

Tabel. 1. Geotermometer Air panas daerah Alor Timur

Geotermometer	APPG	APKR	APPM	APIR
T SiO ₂ (cc), (°C) (Fournier,1981)	-	-	-	-
T SiO ₂ (cc), (°C) (Fournier,1981)	-	-	-	-
T NaK, (°C) (Giggenbach, 1980)	-	221	229	-
T SiO ₂ mixing (cc), (°C)	179	219	194	190
T SiO ₂ mixing (ac), (°C)	174	179	174	172

11

Tabel. 2; Potensi sumberdaya panas bumi *Spekulatif* daerah Alor Timur, Kab. Alor, NTT

No.	Nama daerah	Luis Daerah Sumberdaya Panas Bumi Spekulatif (km ²)	Geothermome - ter air panas (° C)	Rapat daya (Mwe/km ²)	Potensi Sumberdaya Spekulatif (Mwe)	Entalphy
1.	Maritaing	6	219	10	60	Sedang
2.	Padang Garam	3	179	10	30	Sedang
3.	Puimang	4	194-229	10	40	Sedang
4.	Irawuri dan Taramana	4	190	10	40	Sedang
5.	Takala	4	Tidak ada sampel air panas	5	20	Sedang