

PROGRAM PENGEMBANGAN LAPANGAN PANAS BUMI ATADEI KABUPATEN LEMBATA – NUSA TENGGARA TIMUR

Oleh:
Fredy Nanlohy, Dedi Kusnadi, Herry Sundhoro
SUB DIT. PANAS BUMI

ABSTRACT

The Atadei geothermal field belongs to Atadei Subdistrict, District of Lembata, East Nusa Tenggara province. The field situated about 45 Km southeast of Lewoleba city as the capital city of Lembata District.

In general the Atadei geothermal field have a Quaternary of old and young volcanic rock unit and the geological structures are Watuwawer and Bauraja calderas, NE-SW trend of Watuwawer and Mauraja normal faults and NW-SE of Waibana normal fault. The surface manifestation contain of hot springs (32-45°C), fumaroles (80-96°C), steaming ground (96-98°C) and altered rock. The distribution of Hg and CO₂ anomalies, almost the same with the anomalies of resistivities survey namely in the south to southeast of the Atadei geothermal field, around the Watuwawer village. There are three prospect areas Watuwawer 4.5 Km² with the electrical potential of 20-30 MWe, Lewo Kebin, 0.25 Km² with electrical potential of 1-2 MWe and Waru, 1.5 Km² with electrical potential of 7-10 MWe.

The Watuwawer prospect area is the most proposed area for the programme of the Atadei geothermal field development in the future. We hope that the small scale of electricity power plant, at least 3 MWe will get from this area as the local government needed.

SARI

Lapangan panas bumi Atadei termasuk dalam wilayah kecamatan Atadei, Kabupaten Lembata, Nusa Tenggara Timur. Terletak kurang lebih 45 Km di sebelah tenggara kota Lewoleba sebagai ibu kota kabupaten Lembata.

Satuan batuan yang terdapat pada lapangan panas bumi Atadei secara umum dapat dibagi menjadi dua satuan yaitu batuan vulkanik tua dan batuan vulkanik muda berumur Kuartar. Struktur geologi yang berkembang di lapangan panas bumi Atadei terdiri dari sisa dinding kaldera Watuwawer dan Bauraja, sesar normal Watuwawer dan Mauraja berarah timurlaut-baratdaya, dan sesar normal Waibana berarah baratlaut-tenggara.

Manifestasi panas bumi permukaan terdiri dari mata air panas (32°- 45°C), fumarola (80°- 96°C), tanah panas (96°- 98°C) dan batuan ubahan. Penyebaran anomali Hg dan CO₂ hampir sama dengan anomali yang ditunjukkan oleh hasil geolistrik, menyebar di bagian tenggara lapangan panas bumi Atadei yaitu di sekitar daerah Watuwawer. Terdapat tiga daerah prospek panas bumi yaitu daerah prospek Watuwawer, luas 4.5 Km² dengan potensi 20-30 MWe; Lewo Kebin, 0,25 Km² dengan sumber daya 1-2 MWe dan daerah prospek Waru 1,5 Km² dengan sumber daya 7-10 MWe.

Daerah prospek Watuwawer merupakan daerah utama yang diusulkan dalam program pengembangan lapangan panas bumi Atadei dimasa yang akan datang. Melalui lapangan panas bumi Atadei ini diharapkan dapat dihasilkan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) bersekala kecil, minimal menghasilkan 3 MWe untuk memenuhi kebutuhan listrik pemerintah daerah setempat.

1. PENDAHULUAN

Daerah panas bumi Atadei termasuk dalam wilayah Kecamatan Atadei, Kabupaten Lembata, NTT. Luas daerah yang diteliti secara geosentifik mencapai ± 100 Km², dibatasi oleh koordinat 123° 30' 00" – 125° 35' 00" Bujur Timur dan 06° 26' 40" – 06° 31' 21" Lintang Selatan (**Gb. 1**).

Di sebelah baratdaya lapangan panas bumi Atadei, tidak jauh dari daerah ini terdapat daerah panas bumi Adum. Daerah Atadei merupakan daerah panas bumi yang terletak pada kompleks gunung api berumur Kuartar yang berasal dari beberapa pusat erupsi yang terdapat di daerah sekitarnya. Terdapat tiga gunung api aktif di sekitar lapangan panas bumi Atadei, dua diantaranya berada di daratan yaitu Ile Ape/Lewotolo dan Ile Werung sedangkan gunung api yang satunya lagi adalah G.Hobal yang terdapat di pulau kecil di Selat Alor.

Diharapkan makalah ini dapat membantu dalam program pengembangan lapangan panas bumi Atadei, terutama dalam menentukan lokasi sumur bor eksplorasi, semi eksplorasi ataupun bor produksi untuk pengembangan ketenaga listrikan di Kabupaten Lembata dimasa yang akan datang.

2. PENYELIDIKAN GEOSAINTEFIK

A. Geologi

Sundhoro dkk, 1997, 2000, membagi daerah panas bumi Atadei ini menjadi beberapa satuan batuan yang terdiri dari aliran lava yang berasal dari beberapa pusat erupsi yaitu dari Ile Kewiki, Ile Watulolo, Ile Mauraja, Ile Watuwawer, Ile Bauraja, Ile Guakerada, Ile Kedang, Ile Lamakeba dan Ile Benolo. Endapan aliran piroklastik yang berasal dari pusat erupsi Watuwawer dan Karangora. Endapan jatuhnya piroklastik terdiri dari endapan jatuhnya piroklastik Atalojo. Juga terdapat kubah lava Ile Kimok (**Gb. 2**)

Stratigrafi daerah penelitian di susun berdasarkan hubungan relatif antara masing-masing unit yang penamaannya di dasarkan pada pusat erupsi dan genesa pembentukan endapan tersebut.

Secara garis besar stratigrafi daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu kelompok batuan vulkanik tua yang

umumnya terdapat disebelah barat dan timur laut dan kelompok batuan vulkanik muda yang membentuk kerucut-kerucut gunungapi sepanjang garis kelurusan berarah hampir utara selatan.

Kelompok gunungapi tua umumnya terbentuk oleh aliran lava, piroklastik dan endapan lahar yang telah mengalami tingkat pelapukan lanjut. Kelompok gunungapi muda terdiri dari kerucut-kerucut gunungapi yang tumbuh sepanjang garis lineament dimulai dari Gunung Ile Kimok disebelah utara sampai dengan Ile Kedang di sebelah selatan. Kerucut-kerucut ini merupakan kerucut-kerucut gunungapi kecil dengan ketinggian antara 200 sampai 300 m dari dataran di sekitarnya, umumnya terdiri dari lava andesit .

Struktur kelurusan teramati jelas dari foto udara yaitu di tandai dengan kelurusan pusat-pusat erupsi. Kelurusan ini memanjang dari utara (Ile Kimok) ke selatan (Ile Werung dan Hobal) dengan membentuk arah utara-barat laut / selatan-tenggara (NNW –SSE). Struktur ini adalah struktur besar tertua yang diperkirakan memotong hingga basement, dimana sepanjang kelurusan ini telah muncul rangkaian gunung api yang ada saat ini, diantaranya adalah G. Mauraja, G. Guakerada, G. Atalojo, G. Kedang,. G. Lamakeba G. Benolo, G. Kimok, G.Ile Werung dan G. Hobal.

Terdapat dua buah struktur kaldera didaerah ini (Herry dkk, 2000), yaitu kawah Atalojo yang diperkirakan merupakan hasil erupsi dari G.Atalojo. Struktur kaldera lainnya adalah struktur kawah G.Bauraja yang dicirikan oleh tebing setengah melingkar yang terbuka ke arah timur. Dari foto udara terlihat bahwa bagian timur dinding kawah ini telah ditutupi oleh endapan hasil erupsi G.Ile Lamakeba yang tumbuh di lereng timur tubuh G.Bauraja.

Selaian struktur kaldera juga terdapat struktur sesar normal yaitu sesar Mauraja, sesar normal Waibana dan sesar normal Watuwawer.(**Gb.2**).

B. Geokimia

Hasil analisa contoh air panas diplot pada diagram segitiga Cl-SO₄-CO₃ (Giggenbach, 1988) sehingga dapat dipisahkan tipe air panas di daerah panas bumi Atadei yaitu :

-tipe *acid sulfat*, terdiri dari mata air panas Watuwawer dan Waiheka (**Gb.3**); mencirikan daerah *up flow*, berhubungan dengan magmatik, didukung oleh posisi sir panas yang

terletak pada *immature water* pada diagram segitiga Na-K-Mg (**Gb 4**).

-tipe *bikarbonat*, terdiri dari mata air panas Wai Teba, Wai Kowan, Wai Tupat, Wai Mata dan Wai Kerata, mencirikan daerah *out flow*.

Hasil perhitungan geotermometer gas ammonia diperoleh temperatur reservoir sebesar 221°C, temperatur ini didukung oleh mineral-mineral yang terdapat pada batuan ubahan yaitu mineral dickite dan pyropillite yang terbentuk pada temperatur sekitar 280°C. Sedangkan temperatur manifestasi panas bumi saat ini sebesar 98°C, dengan demikian telah terjadi penurunan temperatur (pendinginan/cooling down).

Konsentrasi CO₂ dan Hg pada kedalaman 1 meter menunjukkan nilai yang bervariasi. Konsentrasi CO₂ tanah terendah kurang dari 1,62%, menyebar di sekitar Wai Teba, Bauraja, Atalojo dan Muda Lerek. Konsentrasi CO₂ nilai tinggi (1,62-6,76%) menyebar di sekitar fumarol Watuwawer dan Lewo Kembangin.

Konsentrasi Hg bervariasi dari 96-1266 ppb, tersebar di daerah Wai Teba, Bauraja, Atalojo dan Muda Lerek.

Konsentrasi Hg tinggi (2566 ppb) terletak di sekitar fumarol Lewo Kembangin.

Anomali Hg dan CO₂ tanah ini merupakan indikasi adanya struktur atau zona aktif yang berhubungan dengan sumber panas bumi di bawah permukaan di lapangan panas bumi Atadei

C. Geofisika

Pengukuran geolistrik yang dilakukan adalah mapping dan sounding yaitu pada 4 lintasan ukur (lintasan A, B, C dan D) yang berarah baratlaut-tenggara dengan total panjang 14 Km. Hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

Iso tahanan jenis semu AB/2=250 m, menunjukkan tahanan jenis semu rendah (< 10 Ω m) terlihat menyebar di bagian selatan dan tengah daerah penelitian yaitu di sekitar daerah Kneping dan Watuwawer dengan pola sebarannya yang masih membuka ke arah tenggara; Sedangkan untuk daerah Atalojo dan Lewo Kembangin pola sebarannya menutup.

Harga tahanan jenis semu rendah ini semakin meluas penyebarannya dengan

pertambahan kedalaman, terlihat pada AB/2=500 m dan AB/2=750 m.

Pola tahanan jenis semu rendah semakin menyempit pada AB/2=1000 m (**Gb. 5**), menyebar di bagian selatan, tengah dan utara daerah penelitian. Di bagian selatan penyebaran pola tahanan jenis semu rendah mencakupi daerah manifestasi panas bumi seperti tanah panas, fumarola, sulfatara, mata air panas dan batuan ubahan hidrotermal yang terdapat di daerah Watuwawer, Waiwejak, Kneping dan Lewo Kembangin, dengan pola kontur yang masih membuka ke arah selatan dan baratdaya. Untuk daerah di bagian tengah yaitu di sekitar daerah kampung Lewo Kembangin, harga kontur tahanan jenis rendah berpola menutup di sekitar air panas. Sedangkan di bagian utara di sekitar desa Waru, pola kontur anomali melebar dan masih membuka ke arah utara.

Pola-pola kontur menutup yang bertahanan jenis relatif tinggi (> 55 Ω m) menunjukkan kelurusan/lineament berarah baratlaut-tenggara diwakili oleh Bukit Benolo, Bukit Bauraja dan Atalojo.

Penampang Tahanan Jenis Semu :

Pada penampang lintasan A yaitu di sekitar Lewokurang, Waiwejak, Dadaia dan Watuwawer, secara umum memperlihatkan harga tahanan jenis rendah yang semakin meluas dengan bertambahnya kedalaman. Pada penampang lintasan B menunjukkan penyebaran tahanan jenis semu rendah dengan bentuk memanjang di bawah daerah Desa Lewo Kembangin, sedangkan untuk daerah Kneping penyebaran tahanan jenis semu rendah secara vertical lebih meluas. Pada penampang lintasan C menunjukkan penyebaran tahanan jenis semu rendah semakin menyempit, dijumpai di selatan Ille Gua Kerada dengan kedalaman relatif dangkal. Pada penampang lintasan D menunjukkan penyebaran tahanan jenis semu rendah. Terdapat di dua tempat yaitu di bawah kampung Atalojo dengan luas relatif sempit dan di bawah longsoran batuan ubahan.

D. Sumur Dangkal ATD-1 dan ATD-2

Dua sumur dangkal (sumur landaian suhu) dengan kedalaman masing-masing 250 m telah dibor di lapangan panas bumi Atadei ini. Sumur ATD-1 terletak pada di kampung Kneping, yaitu pada bibir dinding kaldera Watuwawer, sedangkan sumur ATD-2 terletak di kampung Mapak di luar bibir dinding kaldera Watuwawer

Susunan litologi sumur ATD-1 terdiri dari perselingan jatuhnya piroklastika, breksi tufa terubah dan andesit terubah dengan intensitas ubahan lemah sampai sangat kuat (SM/TM=20-90%). Kehadiran mineral ubahan umumnya terbentuk sebagai replacement/penggantian dari mineral utama dan masadasar dari semua jenis batuan maupun sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan. Mineral ubahan terdiri dari mineral lempung (4-70%), kalsit (0-12%), pirit (0-25%), oksida besi (0-25%), kuarsa sekunder (1-25%), gypsum (0-3%), ilit (0-8%) dan zeolith (0-3%).

Temperatur maksimum pada kedalaman 250 m sebesar 111,6°C, menunjukkan adanya peningkatan temperatur sebesar 29,56°C per seratus meter kedalaman (Suparman dkk, 2002). Hal ini diperkuat oleh kehadiran mineral ilit dan zeolit pada kedalaman antara 220,90-250,80 m. Batuan yang terdapat pada kedalaman 0-4,35 m dikelompokkan sebagai lapisan "*over burden*" sedangkan batuan pada kedalaman 4,35-250,80 m dikelompokkan menjadi lapisan penutup (*cap rock / clay cap*) dengan tipe ubahan adalah *argilik*.

Susunan litologi sumur ATD-2 terdiri dari breksi tufa berselingan dengan andesit terubah dan sisipan tipis tufa dasitan terubah. (Fredy dkk, 2002).

Dari kedalaman 0 – 81,50 m tidak terjadi hilang sirkulasi (sebagian/PLC atau total/TLC), sehingga tidak mencirikan kehadiran struktur geologi. Adanya struktur geologi terlihat pada kedalaman 81,50-250,91 m karena di daerah ini terdapat banyak rekahan sehingga terjadi loss sirkulasi berulang-ulang.

Secara keseluruhan batuan mempunyai Intensitas ubahan dari lemah hingga sangat kuat (SM/TM = 15-80%). Kehadiran mineral ubahan umumnya terbentuk sebagai hasil replacement / penggantian dan hasil ubahan mineral utama pembentuk batuan maupun sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan. Mineral ubahan terdiri dari mineral lempung (2-65%), pirit (0-25%), karbonat/kalsit (0-10%), oksida besi (0-45%), kuarsa sekunder (0-20%), anhidrit (0-3%), ilit (0-3%), Gypsum (0-20%) dan zeolit (0-2 %). Kehadiran ilit dan zeolit dalam jumlah relatif kecil, sebagai fosil geothermal yang mengindikasikan bahwa pada daerah tersebut pernah terjadi

peningkatan temperatur atau fluida panas bumi bertemperatur tinggi pernah terjadi di daerah ini. Saat ini telah terjadi "cooling down" atau pendinginan temperatur fluida panas bumi di daerah ini, dicirikan oleh kehadiran mineral lempung temperatur rendah dan hasil logging yang relatif rendah.

Secara keseluruhan tipe ubahan dapat digolongkan dalam tipe ubahan *argilik* yang dapat berfungsi sebagai batuan *penudung panas / clay cap / cap rock*.

Dari dua sumur dangkal tersebut, ternyata sumur ATD-1 menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding sumur ATD-2, karena sumur ATD-1 berada di dalam bibir dinding kaldera Watuwawer sedangkan sumur ATD-2 berada di luar bibir dinding kaldera Watuwawer.

3. PROSPEK PANAS BUMI

A. Manifestasi Panas Bumi

Manifestasi panas bumi di daerah Atadei terdiri dari mata air panas bertemperatur antara 35° - 42°C, muncul di daerah Wae Mata, Wae Kerata, Wae Kowan, Wae Tupat, Wae Keti/Lewogeroma dan Wae Teba. Fumarola bertemperatur antara 80° - 96°C muncul ke permukaan di daerah Watuwawer. Tanah panas bertemperatur antara 96° - 98°C muncul di Watuwawer/Karunatek. Lewokebingin/Wae Kating dan Lewokeba. Juga ditemukan batuan ubahan di sekitar Watuwawer, Lewokebingin/Wae Kating dan Lewokeba.

Sumber panasnya diduga berasal dari bawah permukaan di sekitar daerah Watuwawer, kemungkinan berasal dari sisa magma pembentuk kerucut-kerucut vulkanik muda di sekitar Watuwawer atau berasal dari kaldera Watuwawer.

B. Daerah Prospek Panas Bumi

Dari hasil penelitian geosentifik (geologi, geokimia dan geofisika) terdapat tiga daerah prospek yaitu daerah prospek Watuwawer, Lewo Kepingin dan Waru.

Daerah prospek Watuwawer, dicirikan oleh pemunculan manifestasi panas bumi di permukaan dan data tahanan jenis yaitu harga tahanan jenis semu rendah ($< 10 \Omega \text{ m}$) pada peta iso tahanan jenis semu AB/2=1000 m. Luas daerah prospek Watuwawer mencapai 4,5 Km²

dan hasil perhitungan potensi panas bumi di daerah ini sebesar 20-30 Mwe.

Daerah prospek Lewo Kebingin, dicirikan oleh harga tahanan jenis semu rendah ($<10 \Omega \text{ m}$) tercermin pada peta iso tahanan jenis semu $AB/2=1000 \text{ m}$ dan terdapatnya manifestasi panas bumi di daerah ini serta terdapatnya anomali Hg dan CO_2 di daerah ini. Luas daerah prospek Lewo Kebingin mencapai $0,25 \text{ Km}^2$ dan hasil perhitungan potensi panas bumi di daerah ini mencapai 1-2 Mwe.

Daerah Waru dicirikan oleh harga tahanan jenis semu rendah, manifestasi panas bumi dan terdapatnya batuan ubahan permukaan di daerah ini. Luas daerah prospek di daerah ini sebesar $1,5 \text{ Km}^2$ dan hasil perhitungan potensi di daerah ini mencapai 7-10 Mwe.

C. Struktur Geologi Prospek

Struktur geologi yang terdapat di daerah panas bumi Atadei adalah struktur panas bumi karena hampir seluruh pemunculan manifestasi panas bumi di daerah ini dikontrol oleh struktur geologi yang ada, baik oleh struktur sesar maupun struktur kaldera (**Gb 6**)

Sesar Mauraja terletak paling selatan lapangan panas bumi Atadei berarah timurlaut-baratdaya, manifestasi panas bumi Lewogeromo dan Waiketi muncul melalui kontrol struktur sesar Mauraja ini

Sesar Watuwawer, berarah timurlut-baratdaya sebagai pengontrol pemunculan manifestasi panas bumi Lewo Kebingin (Koru Lewo Kebingin) berupa pemunculan fumarola, tanah panas, batuan ubahan dan mata air panas Wai Kowan

Sesar Waibana, berarah baratlaut-tenggara mengontrol pemunculan manifestasi panas bumi Wai Kowan dan Waikerata

Kaldera Watuwawer dan Bauraja membuka ke arah timur, menunjukkan struktur prospek karena sumber panas dianggap berasal dari dalam struktur kaldera ini.

Keseluruhan struktur geologi yang terdapat di lapangan panas bumi Atadei tersebut dapat dikatakan sangat prospek untuk dijadikan target dalam pemboran sumur eksplorasi/semi eksplorasi ataupun sumur

produksi untuk pengembangan lapangan panas bumi Atadei.

Selanjutnya, dari pola struktur di lapangan panas bumi Atadei (Fredy dkk, 2002), dibuat rekonstruksi struktur geologi yang dikombinasikan dengan pemunculan manifestasi panas bumi permukaan, adanya anomali geokimia (Hg dan CO_2), data geolistrik dan hasil pemboran sumur dangkal/landaian suhu (**Gb 7**).

Penampang rekonstruksi struktur tersebut ditarik dari arah baratlaut-tenggara berdasarkan hasil penyelidikan geologi (Herry dkk, 1997, 2000) dan dari penampang ini dapat terlihat arah sumber panas, batas atas/top reservoir dan kontrol struktur yang mungkin dapat dijadikan target terutama sebagai target kedalaman dalam pemboran eksplorasi/semi eksplorasi ataupun pemboran sumur produksi. Diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan lapangan panas bumi Atadei.

4. PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian geosentifik (geologi, geokimia dan geofisika panas bumi) maka didapatkan bahwa daerah anomali yaitu :

- adanya kontrol struktur geologi (struktur sesar normal dan sisa dinding kaldera) pada pemunculan manifestasi panas bumi
- terdapat anomali Hg dan CO_2 terutama di sekitar daerah Watuwawer
- adanya daerah dengan tahanan jenis semu rendah ($< 10 \Omega \text{ m}$) terutama di bagian selatan-tenggara yaitu di sekitar kampung Watuwawer
- dari dua sumur dangkal (landaian suhu) menunjukkan bahwa sumur ATD-1 yang terletak didalam bibir dinding kaldera Watuwawer, lebih baik hasilnya karena disini temperatur maksimum pada kedalaman 250 m sekitar $111,6^\circ\text{C}$.

Dengan demikian, jika lapangan panas bumi Atadei ini akan dikembangkan, maka sebaiknya program pengembangan dilakukan mengacu pada hasil penyelidikan geosentifik yang menunjukkan anomali-anomali baik secara geologi, geokimia, geofisika maupun dari hasil pemboran dangkal yang sudah dilakukan.

Dari hasil rekonstruksi struktur geologi yang dikombinasikan dengan anomali geokimia dan geofisika (**Gb. 7**) menunjukkan bahwa daerah di sekitar kampung Watuwawer yaitu daerah dalam bibir kaldera Watuwawer di sekitar manifestasi panas bumi yang dikontrol oleh

sesar Watuwawer, dengan anomali Hg dan CO₂ serta adanya daerah yang dibatasi oleh harga tahanan jenis semu rendah (< 10 Ω m) merupakan daerah prospek yang sangat baik untuk dikembangkan.

Dari rekonstruksi struktur tersebut, top reservoir berada ± 800 m dari permukaan di sekitar daerah Watuwawer, dimana anomali Hg dan CO₂ juga terdapat di daerah ini dan harga tahanan jenis semu rendah (< 10 Ω m) mencapai ketebalan ± 800 m, dianggap sebagai *cap rock* atau *clay cap*,

Target kedalaman sumur eksplorasi/semi eksplorasi sebaiknya memotong sesar Watuwawer, sesar Mauraja ataupun dinding kaldera Watuwawer pada kedalaman minimal 800 m sehingga hasil yang diharapkan akan lebih baik, karena sumur bor memotong struktur pada zona reservoir bukan memotong struktur pada lapisan penudung (*cap rock / clay cap*). Seperti pada lapangan panas bumi Mataloko, Ngada (Dany dkk, 2000, Nanlohy, 2000, Sitorus dkk, 2001) sumur MT-1 dan MT-2 memotong zona struktur pada lapisan penudung / *clay cap / cap rock*, sehingga sumur agak dangkal dan tidak menghasilkan uap yang cukup besar.

Setidaknya lapangan panas bumi Atadei ini dapat menghasilkan uap yang dapat membangkitkan listrik berskala kecil, minimal 3 MWe sesuai kebutuhan daerah setempat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian geosentifik (geologi, geokimia dan geofisika panas bumi) dan hasil pemboran dangkal menunjukkan bahwa lapangan panas bumi Atadei sangat prospek untuk dikembangkan terutama di daerah tengah, selatan hingga tenggara yaitu di daerah sekitar Watuwawer, Lewo Kedingin dan Waru. Daerah prospek yang lebih direkomendasikan adalah daerah di sekitar Watuwawer (termasuk Desa Nebuhaeraka dan Desa Atakore) karena :

- Manifestasi panas bumi di daerah ini berupa fumarola, tanah panas, mata air panas dan ubahan hidrotermal dengan temperatur kenampakan yang cukup tinggi yaitu 80° - 96°C

- Anomali Hg dan CO₂ terdapat terdapat di beberapa tempat terutama di sekitar Watuwawer

- Anomali geolistrik dengan harga tahanan jenis semu rendah (< 10 Ω m) terdapat di daerah Watuwawer dengan luas 4,5 Km². Dari penampang tahanan jenis sebenarnya menunjukkan bahwa tebal dari harga tahanan jenis rendah sekitar 600-800 m ditapsirkan sebagai batuan penudung (*cap rock/clay cap*) dan kedalaman 800 m dianggap sebagai top reservoir.

- Hasil pemboran dua sumur dangkal menunjukkan bahwa sumur ATD-1 lebih baik dibanding sumur ATD-2 karena sumur ATD-1 terletak pada bagian dalam bibir kaldera Watuwawer sedangkan sumur ATD-2 terletak di bagian luar dari dinding kaldera Watuwawer.

- Hasil rekonstruksi struktur yang dikombinasikan dengan pemunculan manifestasi panas bumi permukaan, anomali geokimia dan geofisika menunjukkan bahwa daerah di sekitar Watuwawer sangat prospek untuk dikembangkan dimasa yang akan datang.

- Kesulitan yang mungkin akan dialami saat melakukan pemboran eksplorasi/semi eksplorasi adalah persediaan air untuk kebutuhan pemboran di daerah ini sangat kurang.

- Diharapkan program pengembangan lapangan panas bumi Atadei dimasa yang akan datang dapat menghasilkan uap yang dapat membangkitkan listrik (PLTP) berskala kecil minimal 3 MWe atau lebih sesuai kebutuhan daerah.

Saran

- Untuk program pengembangan, lokasi sumur bor disarankan tidak jauh dari mata air untuk kebutuhan pemboran, sebaiknya salah satu sumur bor terletak di sekitar sumur ATD-1, karena temperatur maksimum pada kedalaman 250 cukup besar (111,6°C) dan mata air Waikerata tidak terlalu jauh jaraknya

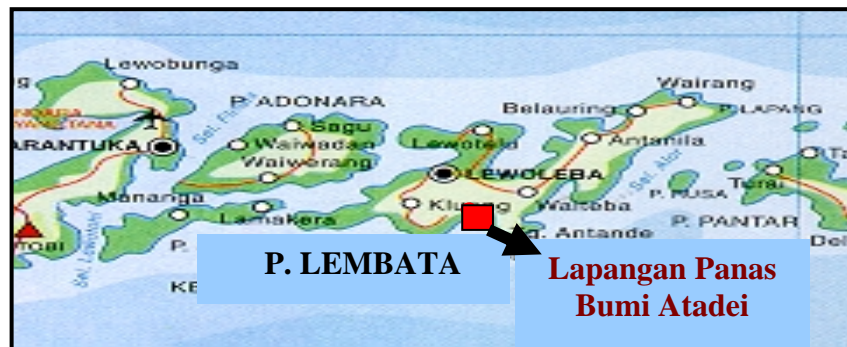
dari daerah ini. Untuk sumur bor lainnya, diperlukan pemikiran dan survey lebih lanjut.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

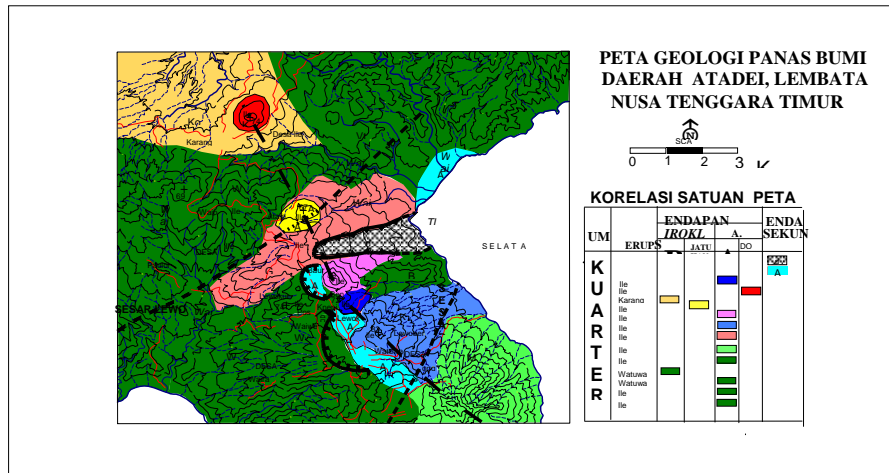
Kami mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Kepala Sub Direktorat Panas Bumi yang telah memberi kesempatan kepada kami untuk menulis makalah ini. Juga kepada panitia presentasi hasil kerja Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral atas dimuatnya tulisan kami ini.

DAFTAR BACAAN

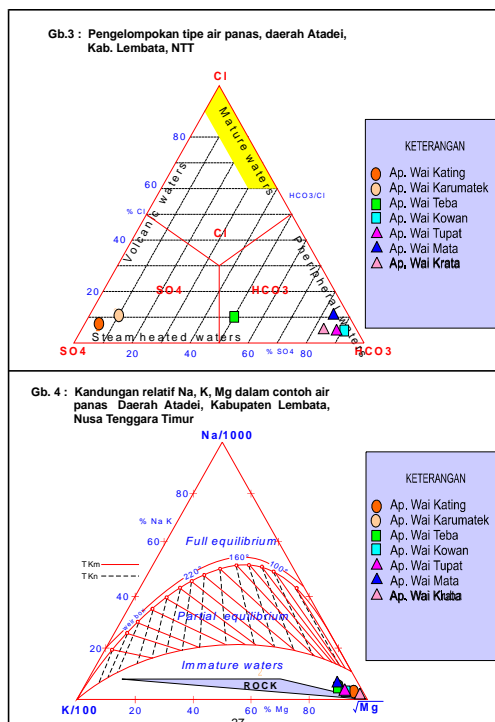
- Dany Aswin dkk, 2000 : Laporan Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata, Lomblen – Nusa Tenggara Timur. Laporan DIM tdk dipubl.
- Fournier, R.O., (1981), Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering, "Geothermal System : Principles and Case Histories". John Willey & Sons, New York.
- Fredy Nanlohy dkk, 2002 : Laporan Survey Landaian Suhu Sumur ATD-2, Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata, Nusa Tenggara Timur. Laporan DIM tdk dipubl.
- 2002 :Rekonstruksi Struktur Geologi dan Hubungannya dengan Sumur Dangkal ATD-2, Lapangan Panas Bumi Atadei, Lembata, NTT. Makalah Fungsional Perekayasa, tdk dipubl. 2002 Geologi Bawah Permukaan dan Batuan Ubahan Hidrotermal pada Sumur Dangkal ATD-2, Lapangan Panas Bumi Atadei, Lembata, NTT. Makalah Fungsional Perekayasa, tdk dipubl.
- Giggenbach, W.F., (1988), Geothermal Solute Equilibria Derivation of Na – K - Mg – Ca Geoindicators, *Geochemica et Cosmochemica*, Acta 52, 2749 – 2765.
- Koga, A., (1978), Hydrothermal Geochemistry, A text for the 9th International Group Training Course on Geothermal Energy held at Kyushu University.
- Lawless, J., (1995), Guidebook An Introduction to Geothermal system, short course, Unocal Ltd., Jakarta.
- Nanlohy, F. ,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.
- Sitorus K, F. Nanlohy, 2001, Drilling Activity in The Mataloko Geothermal Field, Ngada, NTT, Flores, Indonesia. Proceeding of 5 th INAGA annual scientific conference and exhibitions. Yogyakarta, March 7-10, 2001.
- Sundhoro, H., dkk, 1997: Pemetaan Geologi Panas Bumi Daerah Atadei, P. Lomblen, Nusa Tenggara Timur. Laporan Dit. Vulk. tidak dipublikasikan.
- Suparman dkk, 2002: Laporan Survey Landaian Suhu Sumur ATD-1, Lapangan Panas Bumi Atadei, Kabupaten Lembata, Nusa Tenggara Timur. Laporan DIM, tdk dipubl.
- Syuhada Arsadipura, 2002: Penyelidikan Well Logging Sumur ATD-1 dan ATD-2, Lapangan Panas Bumi Atadei, Kab. Lembata, Propinsi Nusa Tenggara Timur, laporan DIM, tidak dipublikasikan.



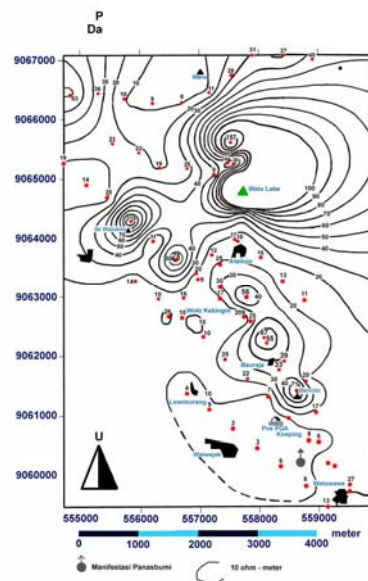
Gb.1 Peta Lokasi Lapangan Panas Bumi Atadei



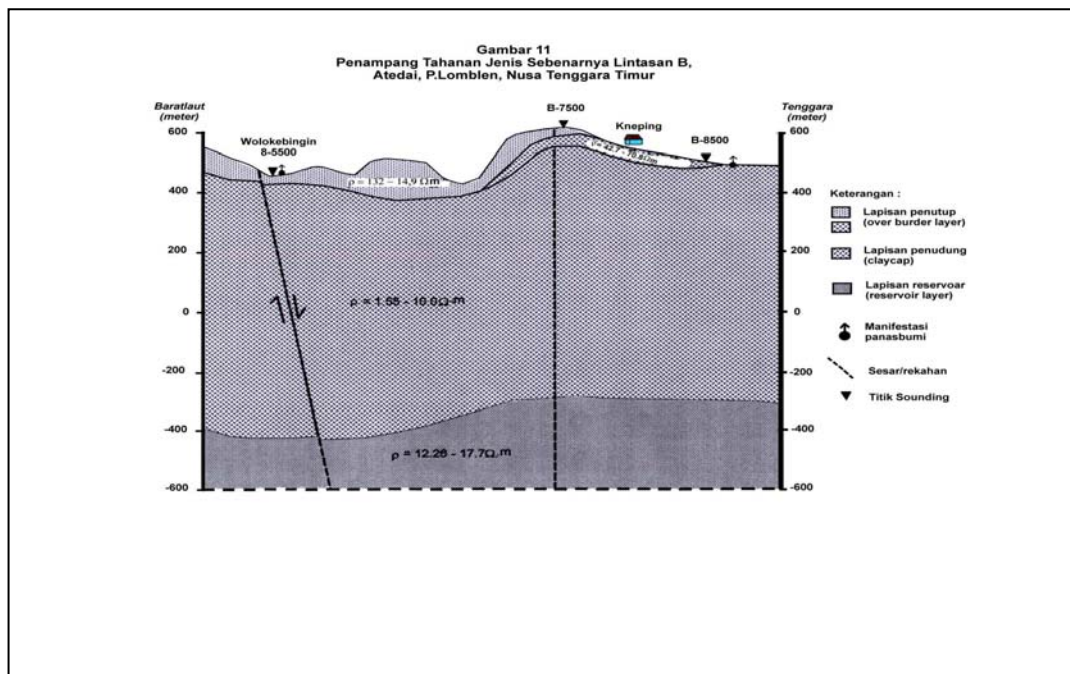
Gb.2. Peta Geologi Panas Bumi Daerah Atadei, Lembata, NTT (Sundhoro dkk, 2000)



Gb.3. Pengelompokan Tipe Air Panas, Daerah Atadei, Kab. Lembata
Gb.4. Kandungan relatif Na. K. Mg dalam contoh air Panas Daerah Atadei



Gb.5 Peta Tahanan Jenis Semu $AB/2=1000$ m, daerah panas bumi Atadei, Lembata, Nusa Tenggara Timur.



Gb.6. Penampang tahanan jenis sebenarnya lintasan B, daerah panas bumi Atadei – NTT.

