

# POTENSI ENERGI PANAS BUMI PROPINSI NUSA TENGGARA TIMUR DAN EVALUASI LAPANGAN PANAS BUMI MATALOKO

Kastiman Sitorus \* dan Dany Aswin\*

\* Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral – Indonesia.

**Key Word** : Geothermal, Mataloko, East Nusa Tenggara.

## ABSTRACT

*There are at least 18 (eighteen) geothermal prospect found in regencies of East Nusatenggara Province (Manggarai, Ngada, Ende, Flotim, Lembata and Alor) with potential capacity up to 1055 MWe. One of most promising area to develop is Mataloko. The Mataloko Project is a bilateral cooperation project between The Government of Indonesia and The Government of Japan. The integrated exploration study since 1997 recognized the prospect area with potential up to 63.5 MWe. The exploration hole of MT-02 produce 14.48 – 14.71 ton/hour dry steam or approximately similar to 1.4 MWe. In order to fulfill the electricity demand of Ngada Regency, Geothermal Division of Directorate of Mineral Resources Inventory will drill two exploration wells in Mataloko geothermal field during FY 2003.*

## 1. PENDAHULUAN

Daerah Nusa Tenggara Timur adalah bagian ujung timur dari busur banda yang merupakan busur gunung api yang memanjang dari mulai Sabang di ujung Sumatra, Jawa sampai P.Wetar di ujung timur Nusa Tenggara.

Konsekwensi dari wilayah busur gunungapi ini selain terdapat banyak gunungapi aktif juga terdapat potensi energi panas bumi yang melimpah yang merupakan akibat dari *post volcanic activity*.

Dalam kenyataannya, pengembangan energi panas bumi tersebut masih terpusat di P.Jawa, sedangkan daerah lain di luar P.Jawa yang mempunyai potensi panas bumi yang cukup baik dibanding dengan potensi panas bumi yang terdapat di pulau Jawa masih belum mendapat perhatian yang cukup memadai terutama oleh pengembang di bidang panas bumi. Salah satu daerah tersebut adalah daerah Nusa Tenggara Timur.

Saat ini daerah Nusa Tenggara Timur adalah salah satu propinsi di Indonesia yang mungkin hampir seratus persen menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Sebagai daerah yang curah hujannya cukup rendah maka tidak mungkin di daerah ini untuk di bangun pembangkit tenaga listrik tenaga air (PLTA) yang merupakan pembangkit tenaga listrik yang paling

murah. Sebaliknya sebagai wilayah yang dilalui oleh busur gunungapi maka daerah ini sangat kaya akan sumber energi panas bumi. Energi tersebut tidak saja dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik, akan tetapi juga dapat digunakan secara langsung untuk penerangan hasil pertanian, perikanan, pariwisata dll.

## 2. POTENSI PANAS BUMI DAERAH NUSA TENGGARA TIMUR

Hasil penyelidikan Sub Dit Panas Bumi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, sampai tahun 2002 terdapat 18 lokasi manifestasi panas bumi di daerah Nusa Tenggara Timur yang tersebar dalam enam kabupaten yaitu Kabupaten Manggarai, Ngada, Ende, Flores Timur, Lembata dan Kabupaten Alor. Dari 18 lokasi tersebut, 6 lokasi masih dalam tahap penyelidikan pendahuluan sedangkan 10 lokasi sudah memasuki tahap penyelidikan detail dan 2 lokasi sudah dalam tahap pemboran (Gb.2.1).

Dari hasil inventarisasi dan eksplorasi tersebut diperkirakan potensi panas bumi daerah Nusa Tenggara Timur mencapai 1055 MWe yang terdiri dari 125 MWe Sumber Daya Spekulatif, 374 MWe Sumber Daya Hipotesis, 542 MWe Cadangan Terduga dan 14 MWe Cadangan Terbukti.

Salah satu cadangan terbukti tersebut adalah lapangan panas bumi Mataloko yang dalam pengembangannya merupakan hasil kerja sama antara pemerintah Indonesia dan pemerintah Jepang.

### 3. LAPANGAN PANAS BUMI MATALOKO

Kerja sama bilateral antara Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral - Republik Indonesia dengan pihak Jepang (GSJ, AIST dan NEDO) dalam pengembangan energi listrik skala kecil di Indonesia Bagian Timur telah direalisasikan dengan proyek eksplorasi terpadu pada lapangan panas bumi Mataloko (April 1997 - Maret 2002). Hasil eksplorasi ini akan ditindak lanjuti ke tahap pemboran sumur eksploitasi oleh Sub-Direktorat Panas Bumi - Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.

Pusat Energi Listrik Tenaga Diesel (PLTD) berkapasitas 2.5 MWe telah dioperasikan oleh PT. PLN (Pesero) Kabupaten Ngada hingga sekarang ini. Penurunan efisiensi mesin diesel dan meningkatnya harga bahan bakar minyak akhir-akhir ini berdampak langsung pada pembengkakan biaya operasional dan konsekuensinya tarif (harga) dasar listrik (TDL) seyogianya harus naik.

Kondisi ini merupakan kendala klasik yang melanda perlistrikan nasional Indonesia sejak tahun 1997 dan perlu dilakukan langkah-langkah terobosan untuk memecahkan permasalahan ini. Oleh sebab itu pada periode anggaran tahun 2003 -2004, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral (DJGSM) melalui Subdit Panas Bumi - Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral merencanakan pemboran 2 (dua) sumur eksploitasi di lapangan panas bumi Mataloko, Kabupaten Ngada - NTT. Dua (2) sumur ini diharapkan memproduksi uap yang setara 3 (tiga) MWe.

Dalam kaitan ini, maka dilakukan evaluasi rinci terhadap ; 1). potensi reservoir panas bumi daerah ini, 2). lokasi (dan konstruksi) sumur, 3). strategi pemboran, serta 4). gambaran umum teknik dan estimasi biaya dalam penyediaan fasilitas produksi (setelah pemboran) hingga pembangunan pembangkit.

Sebagai tambahan, di lapangan panas bumi Mataloko telah ada 1 (satu) sumur eksplorasi MT-2 (TD = 180.02 m) yang mampu mengalirkan uap kering (*dry steam*) sebesar 14.48 - 14.71 ton/jam

(TKS = 5.79 - 5.88 barg) yang setara dengan  $\pm 1$  MWe (Sitorus et al., 2001). Uap kering sumur MT-2 (*superheated by 0.12 - 21.28°C*) tergolong entalpi tinggi (2713.5 - 2727.3 kJ/kg) pada kisaran temperatur 151.9 - 176.8°C.

#### 3.1 Lokasi Pengembangan Panas Bumi Mataloko

Lapangan panas bumi Mataloko terletak pada koordinat X = 286920.49 mT dan Y = 9022732.12 mU, termasuk Kelurahan Toda Belu, Kecamatan Golewa, Kabupaten Ngada - NTT (**Gb. 3.1**). Rencana lokasi pemboran berjarak  $\pm 12$  km di sebelah tenggara kota Kabupaten Bajawa, atau  $\pm 2$  km di sebelah selatan jalan raya Bajawa - Ende (sisi timur Kampung Toda Belu) yang dapat dicapai melalui jalan udara, dari Bandung - Denpasar - Maumere yang dilanjutkan dengan jalan darat Maumere - Ende - Mataloko - Todabelu, atau Ende - Mataloko - Toda Belu.

Berdasarkan kerangka tektonik regional, daerah penelitian (Kabupaten Ngada - Flores) termasuk busur kepulauan Banda-Sunda Kecil (McCaffrey; 1988). Kabupaten Ngada - Flores dibedakan menjadi 4 (empat) zona fisiografi, yaitu 1). Cekungan Aesesa, 2). Kaldera Welas, 3). Kaldera Bajawa, dan 4). Zona Gunungapi Muda. Lokasi pengembangan panas bumi ini terletak pada zona gunungapi muda yang dicirikan oleh 2 (dua) gunungapi aktif, yaitu G. Inelika di tengah dan G. Ineria di selatan (*termasuk Wolo Bobo dan G. Ebulobo*). W. Bobo yang mirip G. Inelika dicirikan oleh sejumlah kerucut tufa (*tuff cone*) yang tersebar pada satu kelurusan berarah utara-selatan. Kelurusan yang sama (barat laut-tenggara) hadir di daerah Mataloko. Kelurusan ini merefleksikan dapur magma berbentuk dike (*dike-shaped magma chamber*) di bawah Lapangan Panas Bumi Mataloko (Muraoka et al., 1999).

#### 3.2 Penelitian Geologi, Geoikimia dan Geofisika Daerah Ngada

Pemetaan geologi regional daerah Ngada dan sekitarnya serta pengelompokan stratigrafi berdasarkan pengukuran umur absolut dilakukan oleh Muraoka H. et al. (1999). Lapisan Miosen tidak dijumpai di daerah Ngada, tetapi tersingkap baik di dekat kota Ende. Batuan vulkanik Pliosen merupakan satuan batuan tertua di daerah penelitian, terdiri (tua ke muda) dari andesit Wangka (Wn), Basalt Maumbawa (Mb), Tufa Welas (Wt), *Formasi Aesesa* (Ae), Basalt Wolo Mere (Me) dan Basalt Waebela (Wa). Sistem

Kuarter disusun (tua ke muda) oleh andesit Wolo Sasa (Sa), Endapan Aliran skoria Aimere (As), Andesit Mataloko (Mk), Andesit Wolo Bobo (Bb), Andesit Inelika (Ik), Basalt Inerie (Ie), Endapan lahar (Lh) dan Aluvium (Qa).

Susunan stratigrafi pada peta geologi daerah Mataloko, W. Bobo dan Nage (Takahashi, H. et al., 1998) digambarkan sebagai berikut. Batuan vulkanik Tersier Mombawa yang tersingkap baik  $\pm 3 - 5$  km di sebelah baratdaya lokasi pemboran MT-2 ditindih secara tidak selaras oleh endapan vulkanik *Pra-kaldera Bajawa* (Pleistosen). Batuan vulkanik Pra-Kaldera Bajawa disusun oleh batuan vulkanik Tertua (1.6 Ma) dan batuan vulkanik Tua (1.1 Ma). Batuan vulkanik Tua (Pleistosen Atas) tersebar luas di daerah manifestasi panas bumi Mataloko, terubah kuat menjadi alunit, kaolinit dan monmorilonit (Fredy N., 1999). Pembentukan kaldera Bajawa disertai sejumlah erupsi vulkanik (0.1 – 0.2 Ma), kemudian diikuti oleh serangkaian kerucut vulkanik muda seperti *Wolo (Gunung) Inelika, W. Bobo, W. Bela, W. Sasa, W. Pure* dan *W. Nawa*. Hampir semua kerucut vulkanik muda dicirikan oleh kerucut sinder hasil erupsi bertipe strombolian, kecuali *W. Inerie (composite cone), W. Inelika* dan *kubah lava W. Belu*. Aktivitas vulkanik termuda di Lapangan Panas Bumi Mataloko adalah *W. Inerie* dan *Inelika*, masing-masing berjarak  $\pm 13$  km dan  $\pm 20$  km di sebelah barat-barat daya dan barat laut lokasi pemboran MT-2.

Sedikitnya 15 sumber erupsi ditampilkan pada peta geologi Lapangan Panas Bumi Mataloko (Fredy, N. et al., 1998), yaitu (tua ke muda) *Roto Gesa, W. (Wolo) Pena, W. Roge, W. Pure, W. Sasa, W. Rhea, W. Lele, W. W. Kopo, W. Hobolida, W. Nawa, W. Riti, W. Bina, W. Bena, W. Hoge* dan *W. Belu*. Berdasarkan sumber erupsi, jenis litologi dan posisi satuan batuan, maka stratigrafi Lapangan Panas Bumi Mataloko disusun oleh 29 satuan batuan, yakni tufa hijau (GT), aliran lava Watumanu (Wl), aliran lava-1 Rotogesa (RTI-1), aliran piroklastik Rotogesa (Rta), aliran lava-2 Rotogesa (RT-2), endapan lahar (Lh), aliran lava Wolo Pena (Pel), aliran piroklastik Wolo Roge (Roj), jatuhnya piroklastik Wolo Pure (Pj), aliran lava Wolo Pure (Pl), jatuhnya piroklastik Wolo Sasa (Sj), aliran lava Wolo sasa (SI), jatuhnya piroklastik Wolo Rhea (Rj), aliran piroklastik Wolo Rhea (RI), aliran lava Wolo Lele (LI), jatuhnya piroklastik Wolo Lele (Lj), jatuhnya piroklastik Wolo Hobolida (HLj), jatuhnya piroklastik Wolo Nawa (Nj), aliran lava Wolo Riti (RIj), aliran lava Wolo Bina (Bil),

aliran lava Wolo Bela (Bl), jatuhnya piroklastik Wolo Bela (Bj), aliran piroklastik Wolo Hoge (Hj), aliran lava Wolo Hoge (HI), kubah lava Wolo Belu (Bek) dan aluvium (Al). Pada laporan ini ditampilkan korelasi stratigrafi antara peta geologi regional daerah Ngada (Muraoka H. et al., 1999) dengan peta geologi daerah Mataloko, Wolo Bobo dan Nage (Takahashi, H. et al., 1999) serta peta geologi Lapangan Panas Bumi Mataloko (Fredy, N. et al., 1998).

Penelitian geokimia air panas di sekitar Bajawa telah dilaporkan oleh Takahashi et al. (1999). Contoh air panas diambil dari manifestasi panas bumi permukaan di Mataloko, Nage, daerah Keli dan Soka (di selatan - tenggara Bajawa), Mengeruda, Gou dan Boba-Soa (di timurlaut Bajawa). Temperatur air panas tercatat  $> 90^{\circ}\text{C}$  di Mataloko,  $> 75^{\circ}\text{C}$  di Nage,  $> 70^{\circ}\text{C}$  di Keli dan antara  $40-45^{\circ}\text{C}$  pada daerah-daerah lainnya. Hampir semua air panas (*hot springs*) Bajawa dicirikan oleh *air sulfat asam*, kecuali air panas Nage yang merupakan kombinasi tipe *air sulfat asam-klorit*. Air panas sulfat asam merupakan campuran dari gas vulkanik (mengandung  $\text{H}_2\text{S}$ ) bertemperatur rendah bersama dengan air permukaan dan air meteorik/bawah permukaan. Sedangkan *air sulfat asam-klorit* di daerah Nage berasal dari gas vulkanik bertemperatur tinggi yang mengandung  $\text{HCl}$  dan gas  $\text{SO}_2$ . Karakteristik kimia (dan isotop) sulfat terlarut dalam air panas menunjukkan bahwa air panas Mataloko, Nage, Keli adalah mirip dengan air panas dari panas bumi vulkanik jenis-A di Jepang, sedangkan air panas Mengeruda, Gou dan Soka bersumber dari panas bumi vulkanik jenis-B. Karena itu disimpulkan bahwa sumber panas bumi di daerah Mataloko, Nage dan Keli adalah lebih prospek dibanding dengan daerah Mengeruda, Gou dan Soka.

Penelitian geolistrik Lapangan Panas Bumi Mataloko - Nage dilakukan dengan membuat 10 (sepuluh) jalur survei, yakni A-B, C, D, F, H, J, K, L, M dan N, termasuk 1 (satu) jalur di daerah Nage (Uchida T. dan Andan A., 1998). Lapisan resistif permukaan (100 ohm-m) dan lapisan konduktif ( $\pm 10$  ohm-m) di bagian lebih dalam muncul hampir disemua jalur survei. Ketebalan lapisan resistif permukaan bervariasi secara gradual, tetapi umumnya antara 100 – 300 m. Pada beberapa lokasi di jalur C dan K, lapisan resistif ke tiga pada kedalaman lebih dari 600 m diduga sebagai zona reservoir. Kehadiran lapisan resistif ketiga ini disokong oleh penelitian CSAMT (Uchida, T. et al., 2000).

Komazawa M, et al., (1999) melakukan penelitian gaya berat di sekitar Bajawa, termasuk Lapangan Panas Bumi Mataloko, Nage dan Mengeruda. Daerah Mengeruda dicirikan oleh anomali Bouguer rendah bila dibanding dengan sedimen vulkanik atau aliran piroklastik pada zona depresi di dekat Mataloko. Satu anomali tinggi tersebar memanjang dari Beja, Bena hingga Dona.

Survei potensial-diri (*Self-potensial survey*) di Lapangan Panas Bumi Mataloko-Nage dilaksanakan pada 1998-1999 (Yasukawa, K. et al., 1999). Anomali SP positif paling tinggi terdapat pada manifestasi panas bumi Mataloko dan tidak ada anomali positif tunggal yang terlihat di Nage. Pola distribusi SP di Nage dan Mataloko menunjukkan penyebaran zona *upflow* dangkal yang relatif kecil di Mataloko, sebaliknya di Nage relatif cukup besar.

### 3.3 Geologi Sumur MT-2

Litologi sumur MT-2 (0 – 180.0 m) ditentukan dari analisis megaskopis 44 contoh serbuk bor, terdiri dari breksi tufa berubah kuat - sangat kuat, andesit piroksen berubah sedang – kuat, andesit hornblende berubah kuat – sangat kuat dengan sisipan tipis tufa berubah kuat (**Gb.3.2**). Seluruh batuan berubah hidrotermal ke tipe argilik (*argillic type of alteration*), dicirikan oleh mineral lempung (smektit dan kaolinit), pirit dengan/tanpa karbonat, Fe-Oxide, kuarsa sekunder, anhidrit, illit dan zeolit. Intensitas ubahan (SM/TM) bervariasi dari 30 – 90% dan mengandung 2 – 60% *swelling clay*. Operasi pemboran sumur MT-2 dicirikan oleh sirkulasi seluruh lumpur ke permukaan (*with full mud returned on shaker*). Berarti, tidak terjadi hilang sirkulasi total/sebagian (TLC/PLC) pada pemboran hingga kedalaman 180.02 m. Kehadiran rekahan-rekahan halus pada lubang sumur MT-2 disimpulkan dari hasil observasi pada kondisi statik (*static loss* = 42 liter/menit) setelah uji alir fluida jangka pendek (TD sumur MT-2 = 163.35 m).

### 3.4 Uji Alir Sumur MT-2

Uji alir sumur MT-2 dilakukan 2 (dua) kali, yakni uji sumur jangka pendek (kedalaman bor 163.35 m) dan uji sumur jangka panjang (kedalaman bor 180.02 m).

Uji alir uap sumur MT-2 (jangka pendek) dengan metode tekanan kritis pipa lip pada 22 – 27 Januari 2001 (Sitorus, K. et al., 2001) diperoleh laju alir uap ( $\varnothing$  pipa uji 3" = 77.5 mm) antara

10.87 – 10.98 ton/jam pada TKS 7.9 kscg. Laju alir uap maksimum, yakni 14.48 – 14.78 ton/jam pada TKS 5.9 – 6.0 kscg menunjukkan kisaran temperatur 135 – 140 °C Tekanan kepala sumur (TKS) maksimum saat sumur ditutup adalah 14.0 kscg. Pada pengujian ini, tekanan hulu (Pu) tidak terpasang sehingga sulit dipastikan apakah aliran fluida ini tergolong uap kering atau uap jenuh. Dalam pengujian jangka pendek ini dinyatakan bahwa sumur MT-2 menghasilkan uap jenuh (*saturated steam*) yang kebasahannya rendah (< 2%) sebab aliran fluida (TKS 5.9 kscg dan 7.9 kscg) tidak mengandung fraksi air. Hasil analisis kimia lapangan menunjukkan bahwa kandungan H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> dalam aliran uap adalah sangat rendah (WEST-JEC, 2001), yakni 6.33 – 6.59 vol% dan 90.81- 90.99 vol% dalam NCG (NCG dalam uap = 0.258 – 0.291 vol%), sedangkan gas sisa (*residual gas*) dalam NCG berkisar antara 2.61 – 2.68 vol% .

Uji sumur MT-2 jangka panjang (*long term flow test of MT-2*) dengan metode lempeng orifis (*D and D/2 tappings*) dilaksanakan pada 15 April - 14 July 2001. Potensi optimum sumur MT-2 adalah sekitar 1.48 MWe yang setara dengan laju alir uap 16.0 ton/jam pada TKS 5.5 barg. Pada TKS ini, aliran uap kering (*superheated* 20.28 – 21.28 °C) dicirikan oleh entalpi tinggi (2784.0 – 2785.3 kJ/kg) pada temperatur uap  $\geq$  163.0 °C. Aliran uap kering sumur MT-2 mengandung NCG (*non-condensable gases*) yang rendah, yakni 0.18 – 0.59 vol% (0.43 – 1.83 Wt%). Konsentrasi masing-masing H<sub>2</sub>S (0.41 – 0.89 ppm), CO<sub>2</sub> (3.74 – 15.5.8 ppm) dan gas sisa (0 – 0.07 ppm) dalam NCG adalah relatif kecil dan tidak tergolong korosif.

Dalam masa produksi 1, 6, 12, 24, 60 dan 300 bulan, masing-masing penurunan produksi adalah 26.2 – 28.5 %, 2.9 – 3.2 %, 0.5 – 1.3 %, 0.9 – 1.4 %, 0.9 – 1.9 % dan 0.1 – 0.21 %. Potensi stabil sumur MT-2 berkisar antara 10.0 – 11.40 ton/jam ( $\leq$  1 MWe) yang mampu bertahan sedikitnya 25 tahun asalkan konstruksi sumur tidak rusak.

Hasil *P-T Kuster logging* sebanyak 5 (lima) kali, yakni pada kondisi *bleeding* (1 kali), *flowing* (2 kali) dan statik (2 kali) menunjukkan bahwa kedalaman sumur MT-2 saat ini adalah 178.0 m. Temperatur tinggi (182.40 – 192.30 °C) tercatat pada interval kedalaman 130.0 –  $\geq$  175.0 m dan dianggap sebagai *feed zone* sumur MT-2.

Pada *PBU-test*, *feed zone* ini dicirikan oleh *flow capacity* atau ketebalan permeabilitas (kh) yang cukup cukup tinggi (14.43 darcy meter) yang berkembang selama uji alir fluida sumur MT-2.

Hal ini konsisten dengan faktor skin (*skin well damage*) bernilai negatif (- 5.583) yang mencirikan sistem panas bumi bertipe rekahan.

## 5. Kesimpulan.

Tidak kurang dari 1055 MWe energi panas bumi terdapat didaerah Nusa Tenggara Timur, yang masih perlu ditingkatkan keyakinan geologinya melalui penyelidikan yang lebih rinci (pemboran).

Lapangan panas bumi Mataloko tergolong reservoir dominasi uap (*steam dominated reservoir*) bertemperatur tinggi. Berdasarkan metode geokimia uap sumur MT-2 maka temperatur reservoir panas bumi Mataloko adalah antara 270 – 306°C (Matsuda, K., Terry Sriwana, H., Primulyana, S. and Futagoishi, M., 2002).

Zona reservoir dengan ketebalan sekitar 1 km merupakan lapisan resistif yang ditindih langsung oleh sekitar 500 – 600 m lapisan penudung (*clay cap*). Berarti, lapangan panas bumi ini cukup prospek untuk dikembangkan dengan puncak reservoir (*top of reservoir*) terletak sekitar 600 m di bawah permukaan. Potensi terduga sebesar 63.5 MWe dihitung berdasarkan sebaran zona konduktif seluas  $\pm 5 \text{ km}^2$  (Data Base Sub Direktorat Panas Bumi, Status 2002).

Rencana pengeboran 2 (dua) sumur panas bumi di daerah ini pada tahun 2003, lokasi A terletak antara 50 sampai 75 m dari MT-2 ke arah utara sedangkan lokasi B terletak disebelah timur MT-2. Lokasi ini diperkirakan merupakan lokasi yang tepat sasaran dan sangat berpeluang untuk memenuhi target produksi uap. Dengan demikian, sumur direkonstruksi agar memotong zona reservoir berpermeabilitas tinggi (zona produktif).

## REFERENCES

Bain, R. W. (1964) Steam Tables. Physical Properties of Water and Steam (0 – 800°C and 0 – 1000 bars). Published by Her Majesty's Stationery Office, 147 p.

British Standard-1042 (1964) Methods for the measurement of fluid flow in pipes. Orifice Plates, Nozzles and Venturi Tubes (Part 1). British Standards Institution, 221 p.

Directorate of Mineral Resources and Inventory (2001) Flow test report of the MT-2 well. The

Mataloko Geothermal Field, Ngada – Flores Island, East Nusatenggara. Published by DMRI, 130 p.

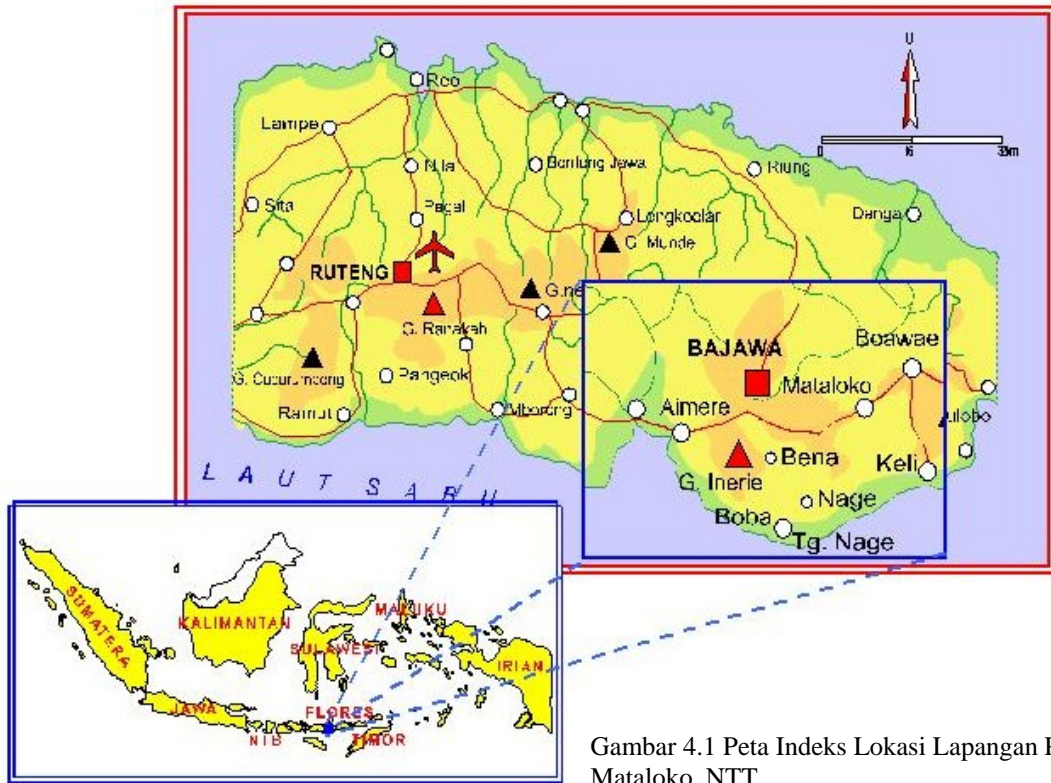
Sitorus, K., Fredy, N, and Simajuntak, J. (2001) Drilling Activity in the Mataloko Geothermal Field, Ngada-NTT, Flores-Indonesia. Proceeding of the 5<sup>th</sup> INAGA. *Annual Scientific Conference and Exhibitions*. Yogyakarta, 6 p.

Muraoka, H., Nasution, A., Urai, M., Takahashi, M., and Takashima, I. (1999) A geothermal regime constrained by dike-shaped magma in Bajawa, Flores, Indonesia. In : Abstract of 1999 Annual Meeting of Geothermal Research Society of Japan.

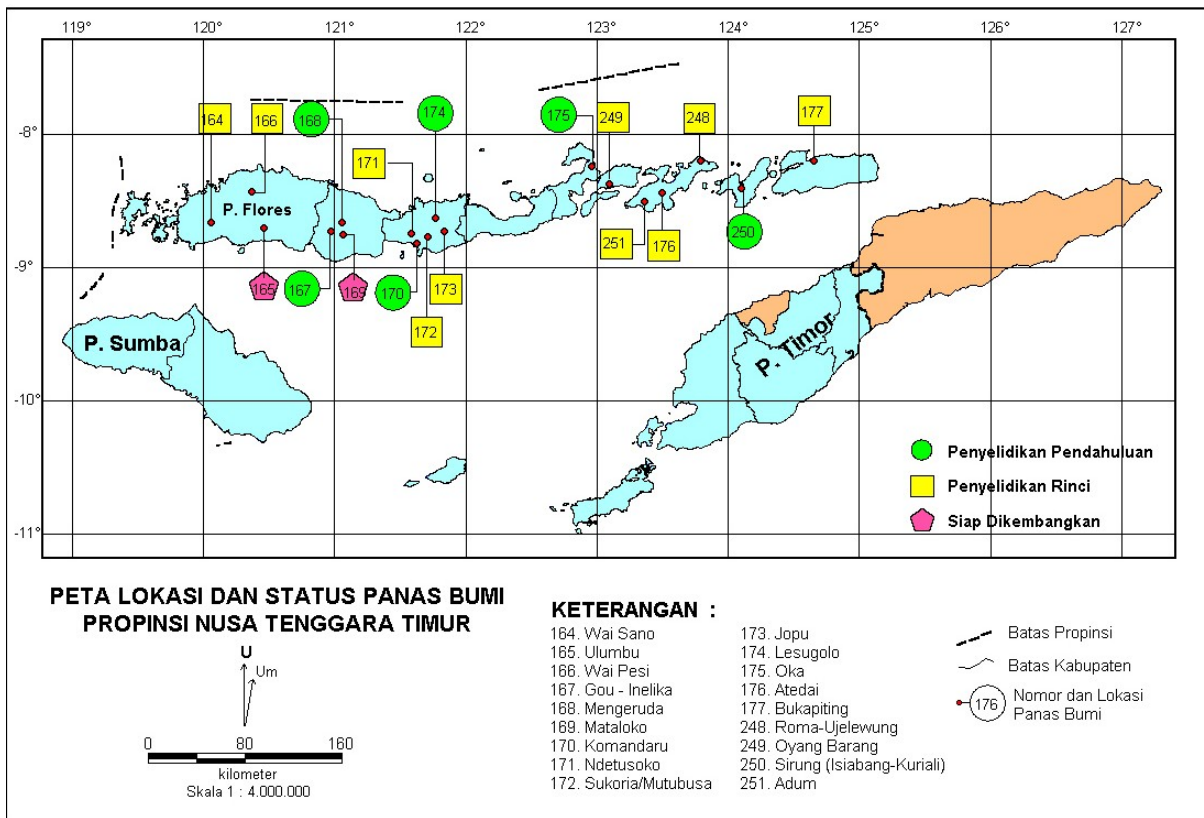
Tahahashi, M., Urai, M., Yasukawa, K., Muraoka, H., Matsuda, K., Akasaka, H., Koseki, T., Hisatani, K., Kusnadi, D., Sulaeman, B., and Nasution (2002). Geochemical characteristics of hot spring water at Bajawa area, central Flores, Indonesia. *Special Publication: Indonesia-Japan Geothermal Exploration Project in Flores Island, p.153-171*.

Nanlohy, F., Sitorus, K., Kasbani, Dwipa, Syafr., and Simanjuntak, J. (2002) Subsurface geology of the Mataloko geothermal field, deduced from MTL-01 and MT-2 wells, central Flores, East Nusatenggara, Indonesia. *Special Publication: Indonesia-Japan Geothermal Exploration Project in Flores Island, p.335-345*.

# DAERAH PENELITIAN



Gambar 4.1 Peta Indeks Lokasi Lapangan Panas Bumi Mataloko, NTT



Gambar 4.2 Peta Sebaran Lokasi Panas Bumi NTT