

EVALUASI PROSPEK LAPANGAN MATALOKO DENGAN SURVEI MISE-A-LA- MASSE DAN PENGUJIAN SUMUR MT-5

Oleh: **Edi Suhanto dan Syuhada Arsadipura**
Kelompok Program Penelitian Panas Bumi

ABSTRACT

Various geoscience surveys have been conducted to investigate Mataloko geothermal field and followed by exploration well drillings. Mise-a-la-masse measurements were carried out in Mataloko field in 2006 in order to image a promising reservoir zone for better drilling targets and to correlate the results with prospect zones result from previous geoscience surveys. The results reveal a low resistivity zone proposed to a potential zone for drilling targets. Fluid flow tests of Mataloko well MT5, drilled in 2005, were conducted using orifice plate method in 2006 in order to measure the capacity of well in producing geothermal fluid. The results show that MT5 produced dry saturated steams of 19.3, 12.6 dan 17.4 ton/h at wellhead pressures of 4.0, 6.0, and 5.0 kscg, respectively. Extrapolation data estimated a maximum flow of about 20 ton/h at wellhead pressure of 4.0 kscg. The fluid show high enthalpies of 2746, 2755, 2763, 2768, dan 2771 kJ/kg at wellhead pressure of 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, dan 7.5 kscg, respectively.

ABSTRAK

Beberapa survei geosain telah dilakukan pada lapangan panas bumi Mataloko hingga pengeboran sumur-sumur eksplorasi. Pada tahun 2006 telah dilakukan survei mise-a-la-masse Untuk lebih dapat melihat secara detil daerah prospek pada tahun 2006 telah dilakukan yang hasilnya memperlihatkan kemungkinan suatu zona potensial untuk pengembangan selanjutnya. Sebagai tindak lanjut dari kegiatan pengeboran sumur eksplorasi MT-5 yang memperlihatkan produktif, telah dilakukan suatu uji alir menggunakan metode lempeng *orifice*. Hasil uji memperlihatkan bahwa MT-5 mampu memproduksi fluida panas berupa uap jenuh dengan laju 19.3, 12.6 dan 17.4 ton/jam masing-masing untuk tekanan kepala sumur 4.0, 6.0, dan 5.0 kscg dengan aliran maksimum diekstrapolasi sekitar 20 ton/jam pada tekanan 4.0 ksc. Entalpi fluida termasuk tinggi sebesar 2746, 2755, 2763, 2768, dan 2771 kJ/kg untuk tekanan kepala sumur masing-masing 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, dan 7.5 kscg.

1. Pendahuluan

Lapangan panas bumi Mataloko, terletak di Kabupaten Bajawa-NTT (Gambar 1), merupakan salah satu daerah prospek panas bumi yang telah dieksplorasi sejak 1997 hingga serangkaian kegiatan pengeboran sumur eksplorasi dengan konstruksi sumur yang disiapkan untuk eksploitasi. Survei rinci geologi, geokimia, dan geofisika pertama kali dilakukan di lapangan panas bumi Mataloko pada tahun 1997 (Andan dkk., 1997). Hasil survei memperlihatkan bahwa daerah panas bumi Mataloko merupakan daerah yang prospek untuk diteliti lebih lanjut. Ini terutama diperlihatkan oleh hasil penyelidikan geolistrik tahanan jenis yang memperlihatkan zona anomali rendah sebagai zona prospek dan hasil penyelidikan geokimia yang memperlihatkan zona anomali merkuri pada daerah yang sama (Gambar 2). Hasil ini kemudian ditindak lanjuti dengan sebuah program kerja sama penelitian

geosain antara Indonesia-Jepang mulai April 1997 – Maret 2002 (Tagomori et al., 2002). Hasil studi magnetotelurik mengindikasikan bahwa puncak reservoir utama berada sekitar 600-800 m di bawah sekitar daerah manifestasi (Uchida et al., 2002). Dua sumur eksplorasi MT1 dan MT2 telah dibor sampai kedalaman masing-masing 207 m dan 180 m selama kerja sama ini, dimana MT2 dapat memproduksi uap kering dengan laju sekitar 16 ton/jam pada tekanan kepala sumur 5.5 Kscg sedangkan MT1 ditutup. Sampai akhir tahun 2005 telah dibor enam sumur eksplorasi, empat di antaranya dapat memproduksi fluida panas, satu sumur ditutup, dan satu sumur tidak produktif. Pada tahun 2003 telah dibor dua sumur standard MT3 dan MT4 dengan kedalaman masing-masing 613 m dan 756.5 m (Kasbani dkk., 2004). MT3 dapat memproduksi uap dengan laju antara 6.57 – 7.5 ton/jam pada tekanan kepala sumur 4.5 Kscg. Sedangkan MT4 memproduksi fluida dua fasa

dengan laju uap antara 1.91 – 2.3 ton/jam dan fraksi air sekitar 0.036 ton/jam pada TKS 4.0 Kscg, dengan temperatur sumur mencapai 205.5 °C pada kedalaman 747 m.

Mise-a-la-masse merupakan salah satu metode geofisika yang pada tahun 2006 diterapkan di Mataloko dengan tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai zona-zona yang potensial bagi pengembangan lapangan panas bumi Mataloko dengan cara mencitra secara langsung bagian-bagian yang konduktif dari reservoir.

Sedangkan uji produksi terhadap sumur MT-5 pada tahun 2006 merupakan kegiatan tindak lanjut dari kegiatan pengeboran dua sumur (MT-5 dan MT-6) yang telah dilakukan di Mataloko pada tahun 2005, dimana hasil uji perampungan sumur memperlihatkan bahwa sumur MT-5 produktif dan MT-6 tidak produktif. Tujuan uji alir/produksi ini adalah untuk mengetahui besar dan stabilitas aliran fluida panas yang dapat diproduksi, karakteristik fisis sumur, dan jenis serta karakteristik kimia fisis fluida. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk menyajikan hasil survei mise-a-la-masse dan uji alir fluida sumur MT-5 yang kemudian dijadikan bahan evaluasi lapangan Mataloko terutama untuk langkah pengembangan ke depan.

2. Hasil Mise-a-La-Masse

Teknik ini telah digunakan sebagai sebuah alat geofisika untuk pemetaan secara cepat zona tahanan jenis rendah dalam zona-zona reservoir kaya rekahan (Sumintadireja dkk., 2000, Supriyanto dkk., 2005, Ushijima, 1989). Survei mise-a-la-masse di Mataloko dilakukan dengan cara mengukur tahanan jenis listrik batuan di permukaan dengan menggunakan sumur bor MT-3 (kedalaman 613 m) dan MT-5 (kedalaman 378 m) sebagai elektrode arus. Luas cakupan survei sekitar 1 km mengelilingi sumur. Gambar 2 memperlihatkan peta situasi lapangan Mataloko yang memperlihatkan sebaran titik bor, sebaran titik ukur mise-a-la-masse dan hasil survei tahanan jenis dan geokimia sebelumnya.

Gambar 3 memperlihatkan peta sebaran tahanan jenis semu hasil survei mise-a-la-masse. Nilai tahanan jenis antara 3 dan 10 Ohm-m. Secara umum, peta ini memperlihatkan zona rendah di tengah area survei dan membuka ke barat. Pada sisi timurlaut, timur sampai tenggara dicirikan

oleh nilai tahanan jenis yang lebih tinggi yang membentuk pola kontras dengan daerah tengah yang rendah sehingga membentuk gradien tahanan jenis terjal/tinggi dengan lineasi yang konsentrik ke lokasi sumur/manifestasi dan membuka ke barat (garis lineasi gradien tinggi digambarkan oleh garis putus-putus tebal pada Gambar 3).

Dalam zona rendah sendiri terdapat zona yang lebih rendah (terwakili oleh nilai yang lebih < 4 Ohm-m, digambarkan sebagai garis biru tegas di Gambar 3) di sekitar manifestasi-MT2-MT3-MT5 yang membuka ke barat. Jika diacu ke zona rendah ini, maka sumur MT4 dan MT6 berada di batas zona rendah ini.

Selain itu MT4 dan MT6 ini berada di batas anomali tinggi di utaranya. Batas tinggi yang memotong MT6 terdelineasi baratlaut-tenggara. Jika dihubungkan zona hilang sirkulasi dekat permukaan yang terekam selama pengeboran MT6 (Tim Pengeboran Sumur MT5 dan MT6, 2006), maka kemungkinan zona hilang ini berupa suatu zona rekahan yang berarah baratlaut-tenggara.

Garis lineasi gradien tahanan jenis tinggi dan garis lineasi zona rendah setelah dikompilasikan dengan survei tahanan jenis dan geokimia sebelumnya ditampilkan dalam Gambar 4. Hasilnya memperlihatkan bahwa garis lineasi gradien tinggi bertepatan (*coincide*) secara baik dengan anomali tahanan jenis rendah dan anomali merkuri tinggi. Garis lineasi tinggi ini juga sesuai dengan garis diskontinuitas tahanan jenis dalam hasil survei magnetotelurik terutama di bagian timur dan utara. Sedangkan zona rendah mise-a-la-masse, selain berada dalam zona tahanan jenis rendah dan merkuri tinggi, juga berada dalam suatu daerah yang dibatasi oleh garis-garis diskontinuitas tahanan jenis dalam.

3. Hasil Uji Alir Fluida Panas Sumur MT-5

Uji alir/produksi fluida sumur MT-5 dilakukan dengan menggunakan metode lempeng orifis (*orifice plate method*) yang disertai pengukuran kalorimeter, pengukuran suhu dan tekanan sumur dan analisis kimia fluida, dengan tujuan untuk mengetahui:

- karakteristik fisik uap: entalpi, temperatur, kebasahan uap, potensi optimum dan konversinya ke energi pembangkitan listrik, dan

- distribusi zona-zona pemasok fluida (*feed-zone*) di dalam lubang sumur beserta karakteristik fisisnya.

3.1 Desain pipa sumur

Sumur MT-6 dibor pada tahun 2005 sampai kedalaman 378,2 m dengan desain sumur seperti diperlihatkan dalam Gambar 4. Pipa casing produksi (perforated/slotted) 6 5/8" mulai dari sekitar kedalaman 120 m sampai 341 m pada lubang berdiameter 12 1/4" sampai kedalaman 155.5 m dan diameter lubang 7 5/8" sampai kedalaman 345.8 m, kemudian disambung dengan pipa casing produksi 4" sampai kedalaman 378 m pada lubang berdiameter 5 5/8". Zona kehilangan total sirkulasi lumpur pengeboran selama kegiatan pengeboran ditemukan pada kedalaman sekitar 155.5 m, 283 m, dan 341 m (Tim Pengeboran MT-5, 2005) sebagai indikator kemungkinan keberadaan zona-zona pemasok fluida panas.

3.2 Pengukuran temperatur dan tekanan sumur (P-T logging)

Hasil pengukuran pertama P-T Logging pada kondisi statik (sumur ditutup) memperlihatkan temperatur sumur berkisar antara 151.7 – 156.3 °C, dengan temperatur tertinggi terjadi pada kedalaman antara 160 – 200 m. Hasil pengukuran kedua, pada akhir pengujian, memperlihatkan temperatur lubang sumur dari permukaan sampai kedalaman 365.0 m adalah 168.42 – 168.90 °C atau sedikit naik daripada hasil logging sebelumnya, dengan tekanan di bagian atas 10.5 ksc dan di bagian bawah sumur 9.9 ksc (Gambar 5). Profile yang isothermik (seragam) sepanjang kolom sumur menunjukkan hanya ada satu pasokan fluida yaitu dari arah dasar sumur, dengan fluidanya dalam bentuk uap jenuh dari suatu reservoir uap.

3.3 Hasil uji alir fluida dan kandungan kimia

Hasil uji alir fluida pertama memperlihatkan laju alir 17.2, 18.3, 7.5, dan 9.6 ton/jam pada tekanan kepala sumur (TKS) masing-masing 4.0, 6.0, 7.5, dan 7.0 kscg (Gambar 6). Pada pengukuran kedua pada TKS 4.0, 6.0, dan 5.0 sumur memproduksi 19.3, 12.6 dan 17.4 ton/jam dengan temperatur uap tertinggi 167.8 °C. Entalpi yang terukur pada TKS 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, dan 7.5 masing-masing adalah 2746, 2755, 2763, 2768, dan 2771 kJ/kg. Entalpi yang stabil ini juga menunjukkan bahwa

kemungkinan hanya ada satu pemasok uap ke dalam sumur.

Semburan maksimum tak dapat diukur, tetapi dengan hasil interpolasinya memperlihatkan nilai sekitar 20 ton/jam pada TKS 4.0 ksc atau ekuivalen dengan pembangkitan listrik sebesar 2.0 MWe. Hasil penghitungan daya listrik untuk tekanan inlet 5.5, 6.0, dan 6.5 ksc diberikan dalam Tabel 1. Temperatur reservoir diestimasi dengan metode James (1980) dengan formula $T = 192 P^{0.282}$ °C adalah sekitar 189 °C. Sedangkan uap yang disemburkan melalui merupakan uap jenuh (*dry saturated*).

Analisis *non-condensable gases* (NCGs) terhadap uap uji memperlihatkan kandungan gas NCG yang rendah, dimana konsentrasi (dalam % mol) CO₂ 0.49, H₂S 0.018, SO₂ 0.023, dan N₂ 0.069 dalam kadar air 99.6 (Gambar 7). Analisis kimia air separasi memperlihatkan kandungan silika kurang dari 3 ppm, NH₄⁺ kurang dari 3 ppm, Cl⁻ kurang dari 5 ppm, SO₄⁻ sekitar 5 ppm, dan sisanya kurang dari 0.5 ppm (Gambar 8).

Perkiraan penurunan laju produksi fluida untuk jangka waktu 1, 3, 6, dan 12 bulan telah dihitung untuk TKS 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, dan 7.0 ksc, dan hasilnya diberikan dalam Tabel 2. Perhitungan ini didasarkan pada anggapan bahwa sumur terletak pada reservoir yang terisolasi dan terbatas, yang berarti tak ada resapan aliran (*recharge flow*) pada reservoir.

3.4 Permeabilitas dan transmisivitas

Permeabilitas adalah suatu ukuran kemudahan kelolosan fluida melalui formasi batuan, intergranular, rekahan atau keduanya. Dengan estimasi nilai transmisivitas (hasil perkalian permeabilitas dan ketebalan lapisan produktif) menggunakan kurva *output* aliran fluida versus TKS (Gambar 6) dengan metode *tangent at zero-output*, nilai transmisivitas untuk asumsi tebal *feed zone* 25, 50 dan 100 meter masing-masing adalah 26.3, 25.4 dan 24.4 darcy-meter yang termasuk tinggi. Dari hasil ini, tebal zona *feed zone* yang paling tepat 25 meter yang bersesuaian dengan transmisivitas 26.3.

Sementara itu, hasil analisis data pemulihan tekanan (*build up pressure test*) (Gambar 9 dan 10) selama waktu pemulihan menjelang reservoir dalam keadaan tunak (*steady state*) memperlihatkan nilai transmisivitas 69.6 darcy-

meter. Jika zona permeable itu tebalnya diasumsikan 50 meter, maka nilai permeabilitas adalah 1.4 darcy, suatu nilai yang tinggi untuk meloloskan fluida. Hasil ini cocok dengan hasil analisis faktor kulit (*skin factor/skin well damage*) yang memberikan hasil negatif (- 10.9) yang mencirikan sistem rekahan.

4. Diskusi

Dengan keberhasilan dan produktifitas yang besar untuk ukuran sumur-sumur eksplorasi dalam memproduksi fluida panas pada entalpi yang tinggi, maka Mataloko merupakan lapangan yang prospek untuk dikembangkan. Hasil survei mise-a-la-masse memperlihatkan hasil yang konsisten dengan hasil studi-studi sebelumnya yang memberikan deliniasi zona yang potensial untuk dikembangkan. Anomali rendah mise-a-la-masse memperlihatkan bahwa semua sumur produktif berada dalam zonanya kecuali MT4 yang berada pada daerah batas. Anomali rendah mise-a-la-masse ini berada di tengah anomali-anomali lainnya hasil studi sebelumnya. Ini dapat dianggap bahwa anomali rendah ini membatasi secara lebih presisi zona potensial untuk pengeboran. Jika demikian, maka hasil evaluasi data sebelumnya dengan hasil mise-a-la-masse ini memberi saran bahwa zona potensial untuk dikembangkan adalah zona rendah seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Karena zona potensial ini berada di dalam zona yang dibatasi oleh garis-garis diskontinuitas tahanan jenis (Gambar 4), kemungkinan zona potensial ini merupakan zona yang lebih dangkal bagi reservoir untuk dijangkau daripada di luarnya. Dengan mempertimbangkan data tahanan jenis sebelumnya yang memperlihatkan ketebalan batuan penudung (*clay cap*) sekitar 600 m di atas daerah manifestasi atau di sekitar sumur-sumur yang ada, kemungkinan puncak reservoir utama berada di kedalaman lebih besar dari 600 m. Untuk lebih dapat mempelajari reservoir secara baik tentunya diperlukan pengeboran eksplorasi yang dapat menjangkau atau malah melewati bagian puncak reservoir utama. Lokasi-lokasi yang disarankan terutama adalah ke arah barat dari sumur-sumur MT2-MT3-MT5 sampai sejauh sekitar 500 m. Lokasi-lokasi tersebut memiliki keuntungan karena tanahnya relatif datar dan termasuk kebun-kebun penduduk tanpa banyak bangunan perumahan.

5. Simpulan

Hasil survei mise-a-la-masse memberi saran suatu zona potensial secara lebih presisi yang berada di dalam zona prospek hasil survei sebelumnya, yaitu melingkupi manifestasi dan sumur-sumur yang ada dan meluas ke barat sampai sekitar 500 m dari sumur MT2-MT3-MT5.

MT-5 memproduksi uap saturasi dengan laju maksimum sekitar 20 ton/jam pada tekanan 4.0 ksc dengan entalpi tinggi sekitar 2750 kJ/kg. Zona pemasok uap diperkirakan sekitar 25 meter dengan tranmissivitas 26.3 darcy-meter.

Daftar Pustaka

- Andan A., Suhanto E., Sukirman A., Ashari, dan Usmawardi, 1997. Laporan terpadu penyelidikan geofisika daerah panas bumi Mataloko, Kabupaten Ngada, NTT. Laporan Penyelidikan, Direktorat Vulkanologi.
- Kasbani, Wahyuningsih R., dan Sitorus K. (2004). Subsequent state of development in the Mataloko geothermal field, Flores, Indonesia. Proceedings of the 6th Asian Geothermal Symposium, Oct. 26-29, p.101 -106.
- Munandar A., dan Suparman, 2005. Laporan pengeboran sumur MT5 dan MT6 lapangan panas bumi Mataloko, Kabupaten Ngada, NTT. Pusat Sumber Daya Geologi.
- Sumintadireja P., Sudarman S., Mizunaga H., and Ushijima K., 2000. Mise-a-la-masse and gravity data surveys at Kamojang geothermal field. Proceeding World Geothermal Congress 2000, pp.1777-1784.
- Supriyanto S., Daud Y., Sudarman S., and Ushijima K., 2005. Use of a mise-a-la-masse to determine new production targets in Sibayak Field, Indonesia. Proceeding World Geothermal Congress 2005.
- Tagomori K., Saito H., Koseki T., Takahashi H., Dwipa S., and Futagoishi M., 2002. Geology and hydrothermal alterations, and those correlations to physical properties obtained from gravity and resistivity measurements in the Mataloko geothermal field. Special publication: Indonesia-Japan geothermal exploration project in Flores island. Geological Survey of Japan.

PROCEEDING PEMAPARAN HASIL-HASIL KEGIATAN LAPANGAN DAN NON LAPANGAN TAHUN
2006, PUSAT SUMBER DAYA GEOLOGI

Tim Pemboran Sumur Eksplorasi MT-5 Lapangan Panas Bumi Mataloko, 2005. Laporan pemboran sumur eksplorasi MT-5 lapangan panas bumi Mataloko, Kabupaten Ngada, NTT. Direktorat Sumber Daya Mineral, Bandung.

Uchida T., Lee J. T., Honda M., Ashari, Andan A., 2002. 2-D and 3-D interpretation of magnetotelluric data at the Bajawa

geothermal field, central Flores, Indonesia. Special publication: Indonesia-Japan geothermal exploration project in Flores island. Geological Survey of Japan.

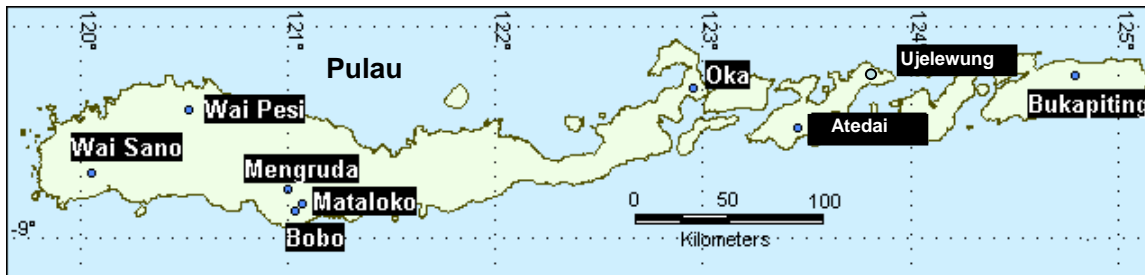
Ushijima K., 1989. Exploration geothermal reservoir by the mise-a-la-masse measurements. Geothermal Resource Council Bull., vol. 18 (2), pp.17-25.

Tabel 1. Tabel hasil penghitungan daya listrik untuk tekanan 5.5, 6.0, dan 6.5 ksca.

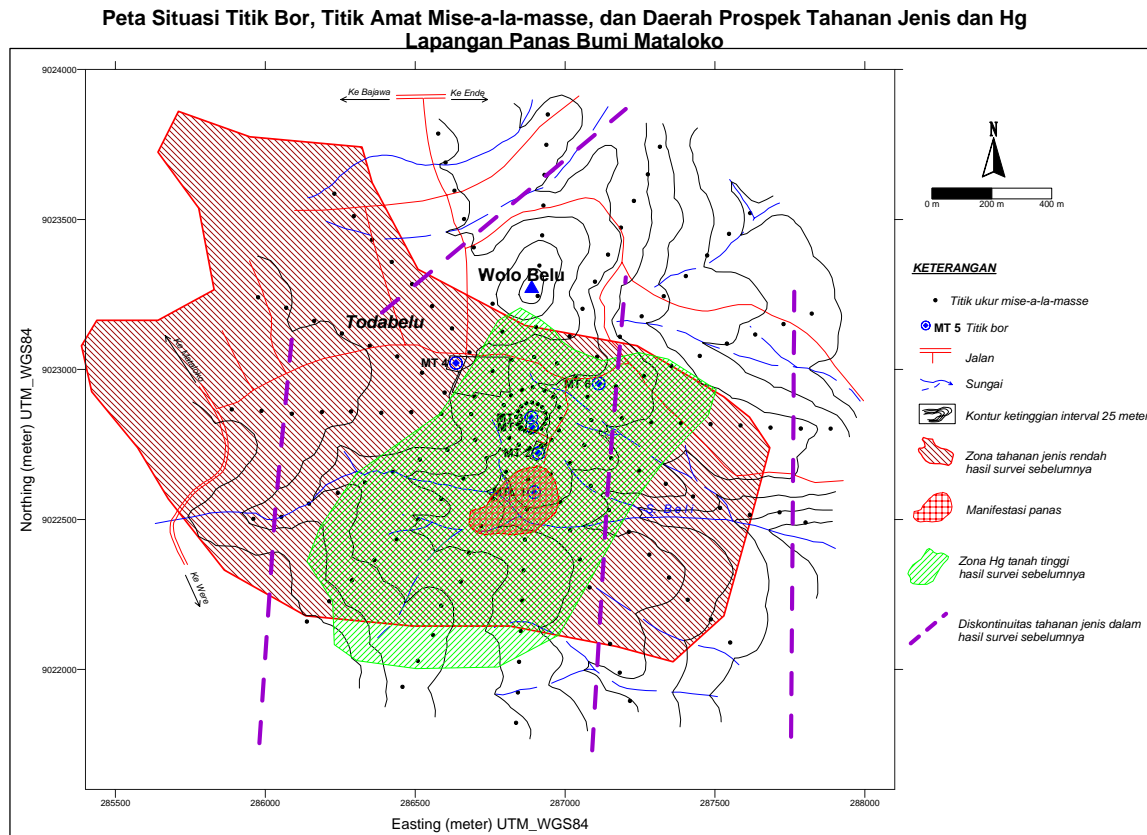
Pinlet ksca	Pcondensor ksca	laju fluida ton/h	entalpi D_{drop} kJ/kg	DAYA LISTRIK MWe
5.5	0.16	17.80	129.93	2.15
6.0	0.16	16.47	133.14	2.04
6.5	0.16	14.92	136.10	1.89

Tabel 2. Perkiraan penurunan laju produksi fluida untuk jangka waktu 1, 3, 6, dan 12 bulan

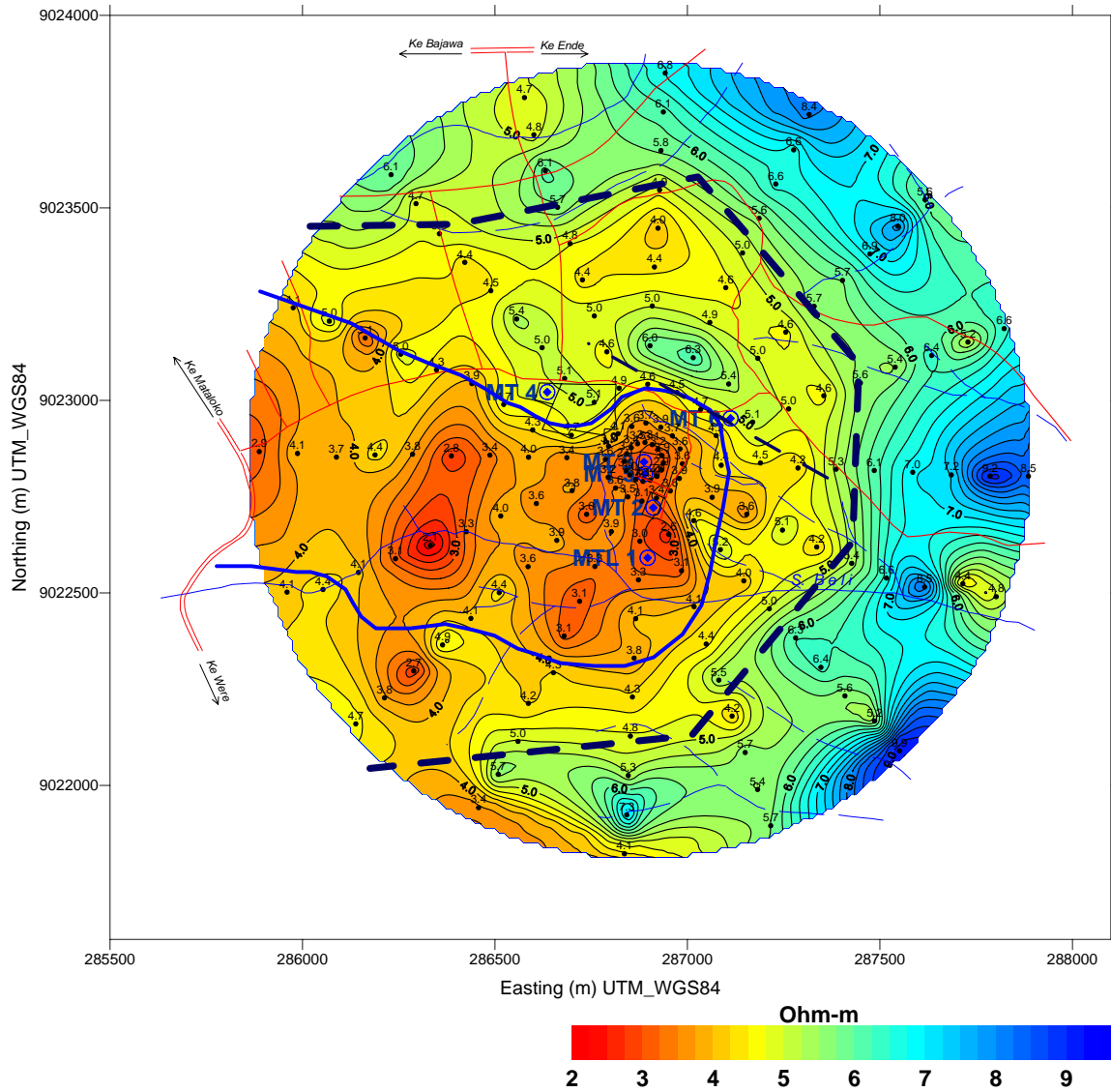
TKS [ksca]		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	
Pf [ton/h/sec]		1.569	1.249	0.967	0.721	0.510	
Bln	ke 0	Q00	18.92	17.80	16.47	14.92	13.14
	Ke 1	Q01	17.81	16.77	15.52	14.05	12.38
	ke 3	Q03	16.92	15.93	14.73	13.34	11.76
	ke 6	Q06	16.40	15.44	14.28	12.93	11.40
	ke 12	Q12	15.91	14.98	13.86	12.55	11.06



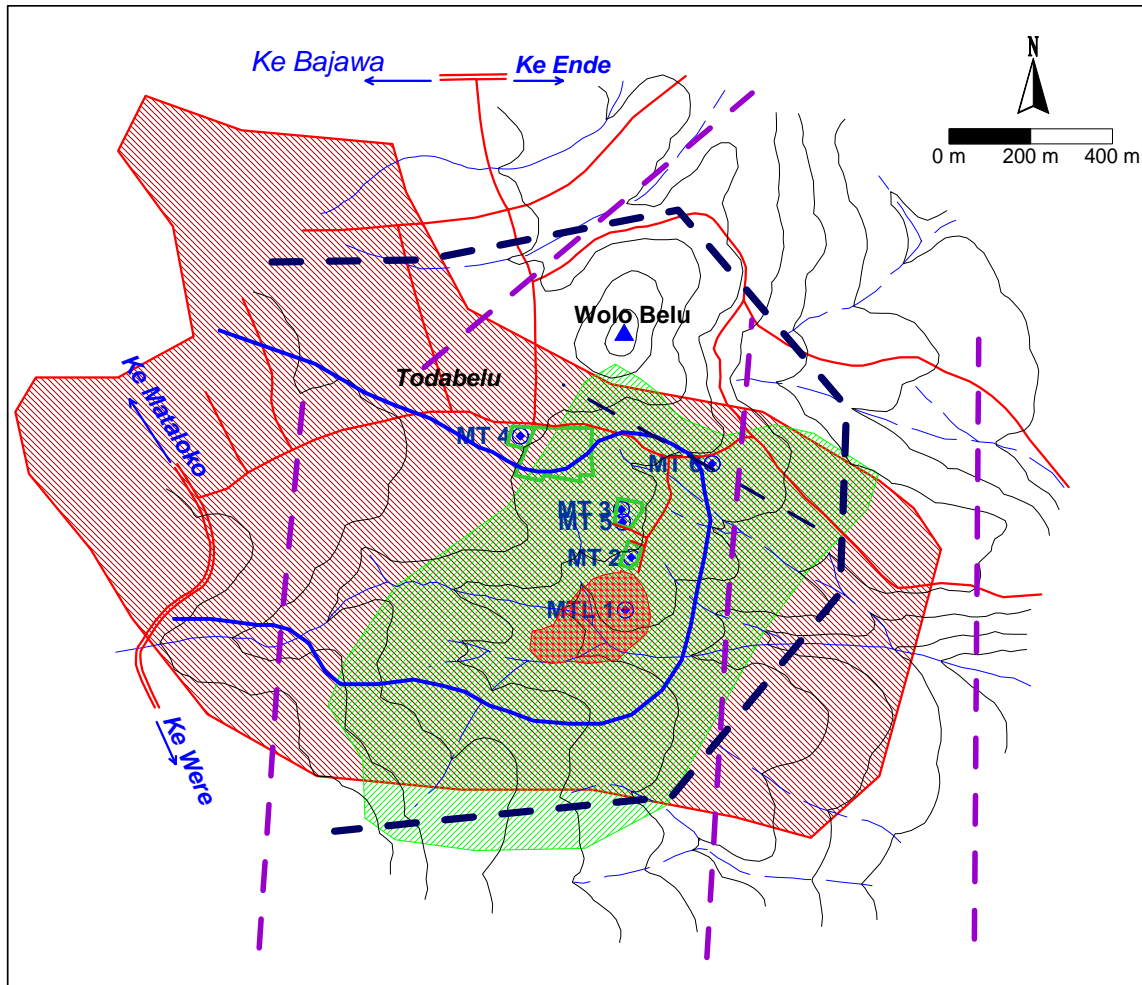
Gambar 1. Lokasi lapangan panas bumi Mataloko di Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur.



Gambar 2. Peta situasi titik bor, titik amat mise-a-la-masse, dan daerah prospek menurut anomali tahanan jenis dan merkuri.

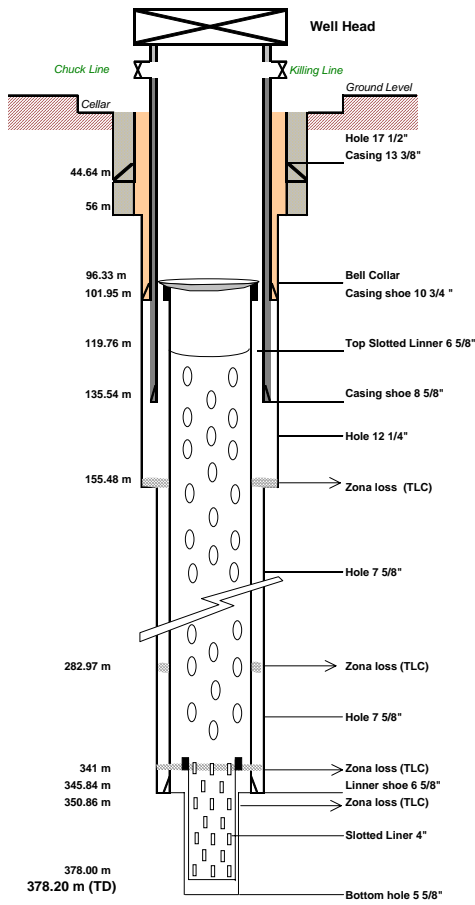


Gambar 3. Peta tahanan jenis semu hasil mise-a-la-masse. Garis biru gelap putus-putus adalah garis gradien tinggi yang mendelineasi zona rendah yang membuka ke barat. Garis biru tegas adalah garis yang membatasi zona rendah yang paling menjanjikan untuk target pengeboran.

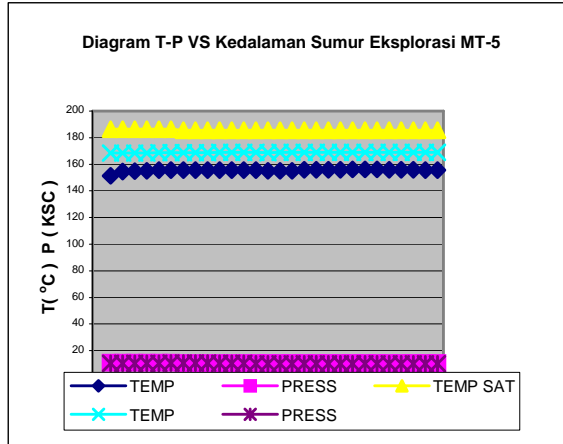


Gambar 4. Kompilasi hasil anomali mise-a-la-masse dengan hasil survei sebelumnya. Zona rendah yang dibatasi garis biru gelap putus-putus bertepatan dengan sangat baik dengan anomali rendah tahanan jenis rendah (daerah berarsir merah), sedangkan batas baratnya bertepatan dengan batas anomali rendah dan merkuri tinggi (daerah berarsir hijau). Daerah yang dibatasi garis biru tegas merupakan zona paling menjanjikan untuk target titik bor.

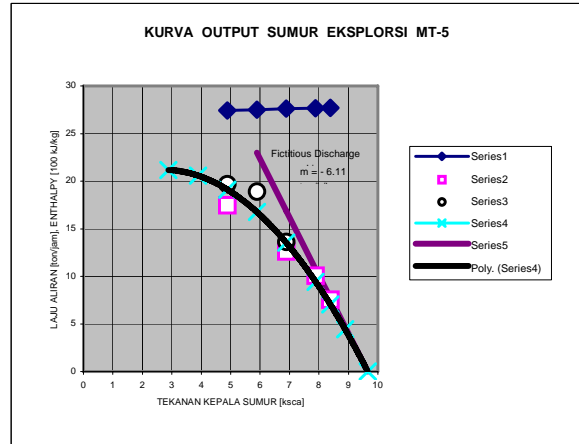
Casing design Sumur Eksploitasi MT-5
Lapangan Panas Bumi Mataloko, Kab. Ngada - Nusa Tenggara Timur



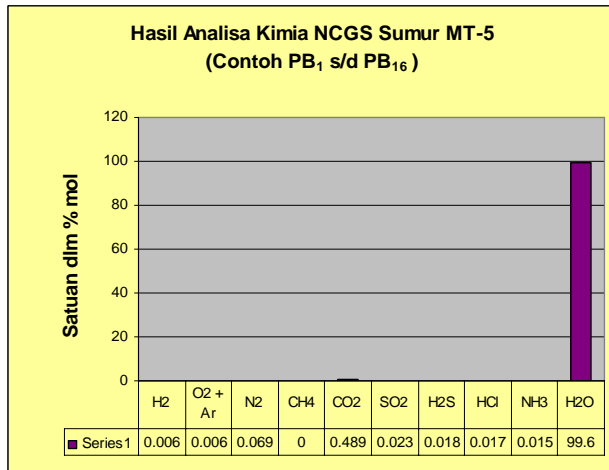
Gambar 5. Desain casing MT-5.



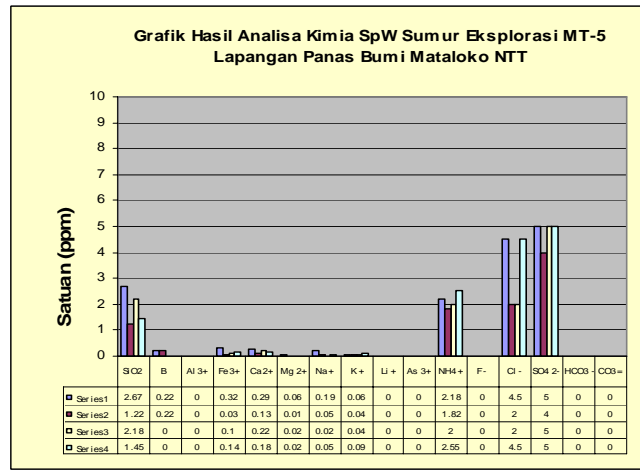
Gambar 5. Data logging temperatur dan tekanan sumur MT-5



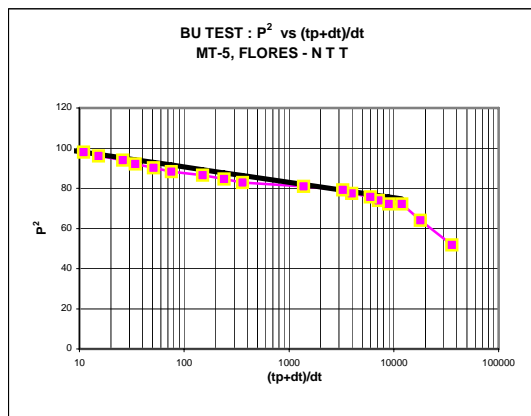
Gambar 6. Data output laju alir uap pada berbagai TKS sumur MT-5



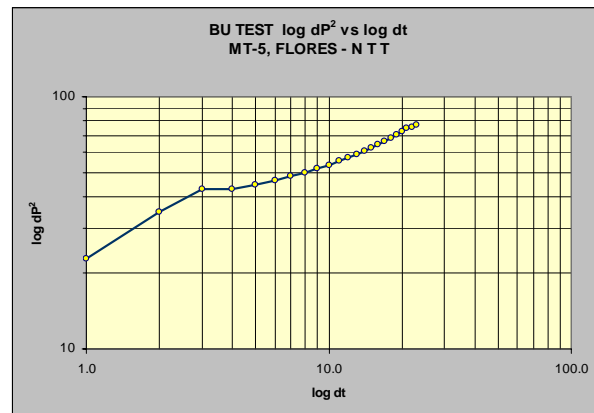
Gambar 7. Kandungan gas NCG sumur MT-5



Gambar 8. Kandungan kimia air separasi sumur MT-5



Gambar 9. Diagram P^2 vs $(tp+dt)/dt$ pada build-up test MT-5



Gambar 10. Diagram dP^2 vs $\log(dt)$ pada build-up test MT-5