

MONITORING SUMUR-SUMUR EKSPLORASI LAPANGAN PANAS BUMI MATALOKO, KABUPATEN NGADA, NTT TAHUN 2012-2014

Anna Yushantarti, S.Si dan Santia Ardi M., ST

Kelompok Penyelidikan Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi

SARI

Lapangan panas bumi Mataloko terletak di kabupaten Ngada, provinsi NTT, secara geografis terletak antara kordinat 121°03'32" BT - 121°09'09" BT dan 08°49'55" LS-08°55'33"LS. Ada empat sumur eksplorasi dan satu sumur injeksi yang dilakukan monitoring untuk mengetahui data mengenai sifat fisik dan kimia fluida sumur Mataloko dalam rangka pengembangan lapangan panas bumi Mataloko. Pada monitoring periode 2012-2014, setelah sumur belum digunakan untuk produksi lagi, terpantau kondisi tekanan kepala sumur (TKS) yang ada relatif stabil. Pada sumur MT-2 tidak terbaca, dengan temperatur pada bleeding line berkisar 93 °C; sumur MT-3 TKS sebesar 5,1 – 6,2 barg dengan temperatur fluida pada separator berkisar antara 93 – 102 °C; sumur MT-4 TKS sebesar 9,6 – 10,1 barg dengan temperatur berkisar antara 99 – 122 °C; dan sumur MT-5 TKS sebesar 4,6 – 4,8 barg dengan temperatur berkisar antara 96 – 110 °C. Konsentrasi sampel *steam condensat* dan *separated water* pada umumnya rendah, komponen *non condensable gases* relatif stabil untuk sumur MT-3 sekitar 0,5-4% mol; sumur MT-4 sekitar 0,4-3,2% mol; dan sumur MT-5 sekitar 0,5-1 % mol. Penyebaran manifestasi baru di sekitar sumur panas bumi Mataloko cenderung meningkat dibanding tahun 2012, namun cenderung sama dengan tahun 2013.

Kata kunci: sumur panas bumi, Mataloko, monitoring

PENDAHULUAN

Lapangan panas bumi Mataloko yang terletak di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur, merupakan lapangan panas bumi yang siap untuk dikembangkan di wilayah Indonesia Timur. Penyelidikan geosain di daerah ini telah dimulai pada tahun 1984, yang dilanjutkan dengan pengeboran sumur

eksplorasi sumur MT-2 pada koordinat 121°03'45" BT dan 08°50'09" LS, kedalaman 180,02 m; sumur MT-3 pada koordinat 121°03'44" BT dan 08°50'07" LS, kedalaman 613,60 m; sumur MT-4 pada koordinat 121°03'35" BT dan 08°50'01" LS, kedalaman 756,80; sumur MT-5 pada koordinat 121°03'44" BT dan 08°50'08" LS, kedalaman 378,20 m; dan sumur injeksi MT-6 pada koordinat

121°03'24" BT dan 08°50'01" LS, kedalaman 123,20 m. Dalam rangka memantau kondisi lapangan panas bumi Mataloko, khususnya terkait kondisi fluida sumur dan aktivitas manifestasi di sekitarnya, dilakukan kegiatan monitoring sumur MT-2, MT-3, MT-4, MT-5 dan sumur injeksi MT-6 Mataloko, Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur.

METODOLOGI

Kegiatan monitoring dilakukan dengan memonitor kondisi fisik dan kimia fluida sumur eksplorasi panas bumi Mataloko. Pengamatan sifat fisik dengan mengamati parameter tekanan kepala sumur, temperatur fluida sumur, dan kondisi lingkungan. Pengamatan sifat kimia dilakukan dengan pengambilan sampel fluida sumur berupa gas, uap yang dikondensasikan (*steam condensate*), dan air separasi. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan menggunakan separator mini pada tekanan tertentu. Pengambilan gas dilakukan dengan menggunakan tabung Giggenbach yang telah diisi larutan NaOH 25%. Aliran fluida fasa gas keluar separator dimasukkan ke dalam tabung tersebut. Sementara sampel kondensat dilakukan dengan mengalirkan uap yang keluar dari separator dalam kondenser sehingga uap terkondensasi dan berubah menjadi fasa cair.

HASIL MONITORING

Sifat Fisik sumur

Pada periode monitoring tahun 2012-2014, kondisi tekanan kepala sumur (TKS) pada sumur MT-2 tidak terbaca, dengan temperatur pada bleeding line berkisar 93 °C; sumur MT-3 TKS sebesar 5,1 – 6,2 barg dengan temperatur fluida pada separator berkisar antara 93 – 102 °C; sumur MT-4 TKS sebesar 9,6 – 10,1 barg dengan temperatur berkisar antara 99 – 122 °C; dan sumur MT-5 TKS sebesar 4,6 – 4,8 barg dengan temperatur berkisar antara 96 – 110 °C.

Sifat Kimia Fluida

Pada monitoring 2012-2014 sumur MT-2 tidak dapat diperoleh sampel fluida karena kondisi sumur yang tidak memungkinkan untuk pengambilan sampel. Sampel air kondensat dan air separasi MT-3 daya hantar listriknya 29-58 µS/cm, pH 4,3-5,6; pada MT-4 daya hantar listriknya 23-54 µS/cm, pH 4,2-5,3; dan pada MT-5 daya hantar listriknya 15-61 µS/cm, pH 3,8-5,7. Hasil analisis air menunjukkan nilai konsentrasi yang kecil terutama untuk senyawa dan ion-ion utama seperti SiO₂, B, Cl⁻, Na⁺, Fe³⁺, dan K⁺. Konsentrasi ion terbesar adalah SO₄, HCO₃⁻, NH₄⁺, dan baik dari *steam condensate* (SCS) dan *separated water* (SPW) sumur MT-3, MT-4, dan MT-5 yaitu sebesar 3-10 mg/liter. Kondisi

tersebut berbeda dengan fluida sumur panas bumi pada umumnya yang mempunyai kandungan silika 100-300 mg/l, klorida <10 hingga 100.000 mg/l, dan Sodium 200-300 mg/l. Konsentrasi senyawa kimia yang relatif kecil pada fluida dari sumur MT-3, MT-4 dan MT-5 lapangan Mataloko dibandingkan fluida sumur panas bumi di lapangan panas bumi lain di Indonesia (Tabel 2) diperkirakan berkaitan dengan keberadaan zona-zona produksi di sekitar sumur-sumur tersebut.

Fluida yang berasal dari reservoir dominasi uap akan memiliki konsentrasi senyawa kimia yang lebih rendah dibandingkan dengan dari reservoir dominasi air. Hal ini disebabkan senyawa tersebut merupakan senyawa yang larut dalam air tetapi tidak larut dalam fasa uap sehingga ketika terjadi boiling di reservoir senyawa tersebut akan tinggal dalam fasa air dan tidak terikut pada fasa uap. Dengan kandungan senyawa kimia yang rendah maka tidak akan terjadi *scalling* apabila fluida dari sumur-sumur Mataloko, terutama sumur MT-3 dan MT-5, diproduksi. Hal ini dikarenakan konsentrasi senyawa seperti SiO_2 dan Ca^{2+} masih berada dibawah nilai kelarutannya.

Hasil analisis gas menunjukkan bahwa konsentrasi CO_2 dan H_2S pada fluida sumur MT-2, MT-3, MT-4, dan MT-5, dominan dibanding gas-gas lainnya

sebesar 75-93 % mol untuk CO_2 dan 2-21% mol untuk H_2S . Gas H_2S tertinggi pada sumur MT-4 mencapai 21 %mol.

Manifestasi baru dan Lingkungan

Manifestasi baru merupakan manifestasi yang muncul setelah adanya sumur-sumur eksplorasi. Sejak tahun 2006 sudah terpantau manifestasi baru di sekitar sumur MT-2. Pada tahun 2013 manifestasi tersebut masih ada dan muncul manifestasi baru di sebelah barat daya Wai Beli yang sudah terpantau sejak tahun 2011. Manifestasi baru yang muncul pada umumnya berupa uap panas yang berbentuk lubang-lubang kecil berdiameter bervariasi kurang lebih 50 titik. Uap panas tersebut bercampur dengan air hujan sehingga membentuk kubangan lumpur panas. Suhu uap rata-rata $>90^\circ\text{C}$. Air permukaan yang terperangkap akan membentuk bualan air panas dan lumpur panas. Banyak muncul pula zona-zona alterasi baru. Pada tahun 2014 kondisi relatif sama terpantau seperti tahun 2013. (Gambar 10-11). Pemunculan manifestasi baru selain di sekitar sumur MT-2 dan MT-1 bisa dikarenakan tidak digunakannya sumur-sumur Mataloko untuk PLTP sehingga sesuai dengan kondisi tekanan dan temperatur di bawah permukaan, fluida di reservoir yang bersifat dinamis akan muncul sebagai

manifestasi melalui zona-zona permeabilitas yang cukup bagus di sekitarnya.

Monitoring gas-gas H₂S dan CO₂ diperlukan untuk mengidentifikasi zona lingkungan yang perlu diperhatikan karena kedua gas tersebut dapat beracun (National Institute for Occupational Safety and Health), kedua gas tersebut lebih berat daripada udara di sekitarnya sehingga bisa terakumulasi di area yang lebih rendah. H₂S dapat terkonsentrasi di area bawah permukaan yang mendidih, seperti fumarol dan lumpur panas. Pengaruh gas H₂S ke lingkungan sekitar bergantung dari topografi lokal, arah angin, dan penggunaan lahan. Gas H₂S mempunyai bau yang tidak sedap, membuat korosi pada alat-alat logam, mengakibatkan iritasi mata dan kerusakan pada saluran pernapasan. Berdasarkan hasil analisa gas H₂S pada 2012-2014, (berdasarkan Rolfe (1980) dan Safety, mining and eng. (1999) dalam Gunnlaugsson (2003)), konsentrasi H₂S di lingkungan mencapai 10-20 ppm mengeluarkan bau yang tidak sedap, bisa mengakibatkan iritasi langsung pada mata, dan bisa menyebabkan batuk, untuk manusia hanya boleh berada di lingkungan tersebut sekitar 10 menit atau harus memakai masker gas.

Gas CO₂ merupakan gas yang tidak berwarna, kurang berbau, tidak mudah

terbakar. Batas konsentrasi yang diperbolehkan di udara luar adalah sampai 5000 ppm (www.mass.gov), konsentrasi gas CO₂ di lingkungan sekitar manifestasi masih bisa ditolerir.

Kondisi PLTP

Pada awal tahun 2011, pembangkit dioperasikan sebesar 1,8 MW, Namun pada saat monitoring tahun 2011 dilakukan, telah terjadi penurunan daya listrik yang dihasilkan yaitu hanya sebesar 1,182 MW. Pada tahun 2012 sampai monitoring periode ketiga-Oktober 2014, PLTP Mataloko tidak dioperasikan karena beberapa kerusakan. Pada monitoring tahun 2012 sejak November 2012 terjadi kerusakan pada alat *Digital Control System* di PLTP Mataloko, sehingga pasokan uap dari sumur MT-3 dan MT-5 dihentikan. Pada monitoring tahun 2013, kondisi yang sama masih terjadi sampai bulan November 2013 alat tersebut sudah selesai diperbaiki, tetapi terjadi kerusakan pada turbin sehingga PLTP Mataloko belum bisa dioperasikan. Pada periode pertama/ April sampai kedua/Agustus 2014, turbin masih rusak dan diperbaiki, kemudian pada periode 3/Oktober turbin sudah ada di Mataloko namun belum dirangkaikan di PLTP. Sumur MT-3 dan MT-5 dalam kondisi *bleeding*, fluida tidak dialirkan menuju ke PLTP Mataloko karena kerusakan tersebut, adapun sumur MT-2 dan MT-4

dalam keadaan dimatikan dan hanya di-*bleeding*. Sumur MT-6 juga nantinya difungsikan untuk menampung air sisa proses kondensasi di menara pendingin.

PEMBAHASAN

Hasil monitoring sumur panas bumi Mataloko tahun 2012-2014 menunjukkan tekanan kepala sumur relatif stabil. Kestabilan tekanan ini merupakan faktor yang sangat penting mengingat tekanan sangat mempengaruhi jumlah uap dapat digunakan memutar turbin pada pembangkit listrik tenaga panas bumi. Kondisi tekanan kepala sumur (TKS) pada sumur MT-2 tidak terbaca, dengan temperatur pada bleeding line berkisar 93 °C; sumur MT-3 TKS sebesar 5,1 – 6,2 barg dengan temperatur fluida pada separator berkisar antara 93 – 102 °C; sumur MT-4 TKS sebesar 9,6 – 10,1 barg dengan temperatur berkisar antara 99 – 122 °C; dan sumur MT-5 TKS sebesar 4,6 – 4,8 barg dengan temperatur berkisar antara 96 – 110 °C. Temperatur uap juga merupakan faktor yang penting dari kualitas suatu sumur panas bumi. Semakin tinggi temperatur uap semakin baik kualitasnya. Dari hasil pengamatan selama periode 2012-2014 temperatur uap cukup stabil untuk masing-masing sumur.

Analisis laboratorium terhadap sampel kondensat (SCS) sumur, MT-3, MT-4

dan MT-5 menunjukkan bahwa kandungan anion dan kation relatif stabil pada tahun 2013. Konsentrasi silika pada fluida sumur masih jauh berada di bawah kelarutan silika pada temperatur di atas 100 °C, namun tetap harus diperhatikan perkembangannya. Peningkatan rasio *Sulphate/Chloride* bisa mencirikan masuknya air hasil pemanasan uap ke dalam reservoir. Dari gambar 6 terlihat perbandingan SO_4/Cl dalam SCS dari tahun 2012 sampai periode 1 2014, MT-3 dan MT-5 relatif mengalami peningkatan rasio SO_4/Cl sementara MT-4 rasio SO_4/Cl meningkat tajam pada periode satu 2014. Ini bisa berkaitan dengan proses kondensasi di sumur Mataloko. Tetapi pada monitoring kedua Agustus 2014 komposisi ini turun kemudian naik kembali pada monitoring ketiga Oktober 2014. Hasil analisa SO_4 dari 2012 sampai periode 1 tahun 2014 untuk MT-4 cenderung mengalami peningkatan, untuk MT-5 cenderung turun dan stabil pada akhir 2012 sampai 2013 kemudian meningkat di awal 2014, begitupula untuk MT-3. SO_4 bisa mengindikasikan kontribusi dari air yang terpanaskan oleh uap pada kedalaman yang dangkal yang terbentuk karena oksidasi S^{2-} (Malimo, 2013). Hal ini mengindikasikan peningkatan oksidasi fluida di sumur tersebut. Konsentrasi Cl dari 2012-2014 terlihat mencolok pada MT-4 di pertengahan tahun 2013

kemudian turun dan stabil sampai monitoring kedua Agustus 2014. Peningkatan konsentrasi Cl bisa dikarenakan proses-proses yang terjadi di reservoir, tekanan air tanah, evaporasi, pengenceran atau kontribusi dari air reservoir yang mempunyai kandungan Cl yang tinggi yang berhubungan dengan gas-gas magmatik (Malimo, 2013).

MT-4 mempunyai kandungan H₂S yang paling tinggi dibandingkan dengan MT-3 dan MT-5, sedangkan MT-3 konsentrasi H₂S relatif paling rendah dan cenderung stabil dibanding sumur MT-4 dan MT-5. Pengkayaan H₂S ini mungkin terjadi pendidihan kembali dari fluida yang sudah mendidih di sumur MT-4. Gas CO₂ pada MT-3 relatif stabil dalam kurun waktu periode ini, sementara MT-4 dan MT-5 konsentrasi CO₂ cenderung naik sampai monitoring ketiga Oktober 2014. Perbandingan CO₂ sebagai gas yang lebih sulit larut dalam air dibandingkan H₂S dapat digunakan untuk menunjukkan kondisi reservoir terkait dengan pembentukan uap yg terjadi. Fluida MT-3 memiliki perbandingan CO₂/H₂S yang paling tinggi mengindikasikan bahwa pembentukan uap di sekitar dasar sumur MT-3 merupakan yang tertinggi, diikuti daerah di sekitar sumur MT-4 dan terakhir MT-5 (gambar 7).

Hasil analisis kandungan gas pada sampel gas yang tak terkondensasi (NCG) sebagaimana terlihat pada gambar 8 menunjukkan bahwa kandungan gas dalam fluida sumur cukup stabil. NCG pada periode 2012 sampai periode 3/2014 NCG di MT-4 trennya menurun kemudian kembali naik sampai periode 3/2014, untuk MT-5 relatif tidak mengalami perubahan signifikan, hanya di MT-3 kandungan NCG naik signifikan pada monitoring 3 tahun 2012 dan turun sampai monitoring ke-3 tahun 2013 kemudian naik lagi pada awal monitoring 2014 dan turun kembali di Agustus 2014 dan kembali naik di Oktober akhir monitoring 2014. Penurunan kadar NCG di MT-4 dan beberapa periode di sumur Mataloko ini ada kemungkinan kondisi reservoir yang semakin intensif boiling, dimana banyak steam yang terbentuk di reservoir sehingga konsentrasi gas H₂S yang mudah terlarut akan jauh lebih meningkat, atau bisa pula karena pengenceran dari daerah recharge yang punya NCG lebih rendah. Apabila kadar NCG tinggi nantinya akan berpengaruh pada ketidakefisien pada geothermal power plant (PLTP) yang membuat naiknya konsumsi uap dan akan memakan biaya yang lebih tinggi.

Temperatur reservoir Mataloko selama 2012-2014 (tidak ada massa dari reservoir yang digunakan untuk

produksi PLTP) relatif stabil. Hasil plot pada geotermometer CO₂/Ar-H₂/Ar *gas ratio grid* (gambar 9), menunjukkan sampel yang diambil tahun 2012-2014 (selama sumur tidak diproduksi untuk PLTP) berasal dari reservoir dengan temperatur berkisar 250-300°C dan terplot di garis kesetimbangan liquid yang mewakili kesetimbangan untuk gas yang seluruhnya berada pada lingkungan cair. Tidak ada sampel yang terplot di atas garis kesetimbangan liquid yang mengindikasikan kesetimbangan dibawah kondisi vapour/steam, seperti di dalam steam cap, atau bisa juga karena kehilangan argon.

Hasil studi magnetotelurik mengindikasikan bahwa puncak reservoir utama berada sekitar 600-800 m di bawah sekitar daerah manifestasi. Sementara kedalaman sumur MT-2 mencapai 180,02 m, MT-3 613,60 m, MT-4 756,80, MT-5 378,20 m; ada kemungkinan bahwa kedalaman sumur Mataloko baru mencapai zona uap yang dangkal, masih di zona clay cap dan belum mencapai reservoirnya (*shallow feeding zones*). Pada *shallow feeding zones* ini mungkin sangat dekat dengan zona kondensasi (berada di atas *shallow feeding zone*) dimana diindikasikan pH yang sedikit asam (pH 4-5), adanya peningkatan rasio *Sulphate/Chloride* bisa mencirikan

masuknya air hasil pemanasan uap ke dalam *shallow feeding zones*.

Hasil pemantauan terhadap manifestasi di sekitar sumur menunjukkan bahwa semakin aktifnya manifestasi baru yang muncul di sekitar sumur Mataloko.

KESIMPULAN

Hasil monitoring sumur panas bumi Mataloko tahun 2012-2014 menunjukkan tekanan kepala sumur relatif stabil. Kestabilan tekanan ini merupakan faktor yang sangat penting mengingat tekanan sangat mempengaruhi jumlah uap dapat digunakan memutar turbin pada pembangkit listrik tenaga panas bumi.

Pada sumur MT-2 tidak terbaca, dengan temperatur pada bleeding line berkisar 93 °C; sumur MT-3 TKS sebesar 5,1 – 6,2 barg dengan temperatur fluida pada separator berkisar antara 93 – 102 °C; sumur MT-4 TKS sebesar 9,6 – 10,1 barg dengan temperatur berkisar antara 99 – 122 °C; dan sumur MT-5 TKS sebesar 4,6 – 4,8 barg dengan temperatur berkisar antara 96 – 110 °C. Konsentrasi sampel *steam condensat* dan *separated water* pada umumnya rendah, komponen *non condensable gases* relatif stabil untuk sumur MT-3 sekitar 0,5-4% mol; sumur MT-4 sekitar 0,4-3,2% mol; dan sumur MT-5 sekitar 0,5-1 % mol.

Penyebaran manifestasi baru di sekitar sumur panas bumi Mataloko cenderung meningkat dibanding tahun 2012, namun relatif sama dengan tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

Pusat Sumber Daya Geologi, 2007, Laporan Hasil Kegiatan Eksplorasi Sumber Daya Panas Bumi Daerah Mataloko, Kab. Ngada, NTT (Ringkasan), tidak dipublikasikan

Gunnaugsson, E., 2003, *Environmental Monitoring*, UNU-GTP, Iceland.

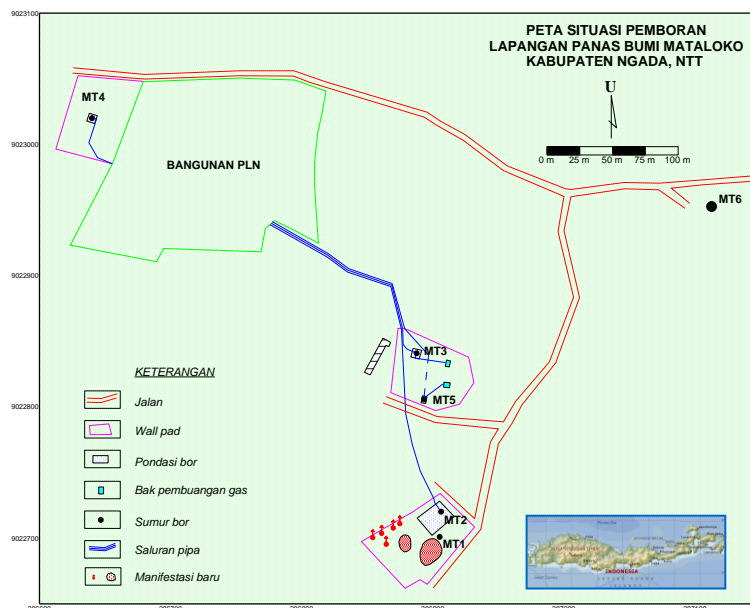
Mahon, Toni, dkk., 2000, The Chemistry of Geothermal Fluids in Indonesia and Their Relationship to Water and Vapour Dominated Systems, Proceeding World Geothermal Congress, Kyushu, Japan.

Malimo, S.J., 2003, *Geochemical Monitoring Practices*, UNU-GTP,

Nicholson, K., 1993, *Geothermal Fluids-chemistry and exploration technique*, Springer Verlag, Inc. Berlin, ISBN: 3540560173

Yushantarti, Anna, 2014, Laporan Monitoring Periode ke-3 Sumur MT-2, MT-3, MT-4, MT-5 dan MT-6 Daerah Panas Bumi Mataloko, Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur, Pusat Sumber Daya Geologi

<http://www.mass.gov/eohhs/docs/dph/environmental/iaq/appendices/carbon-dioxide.pdf>, diakses April 2014



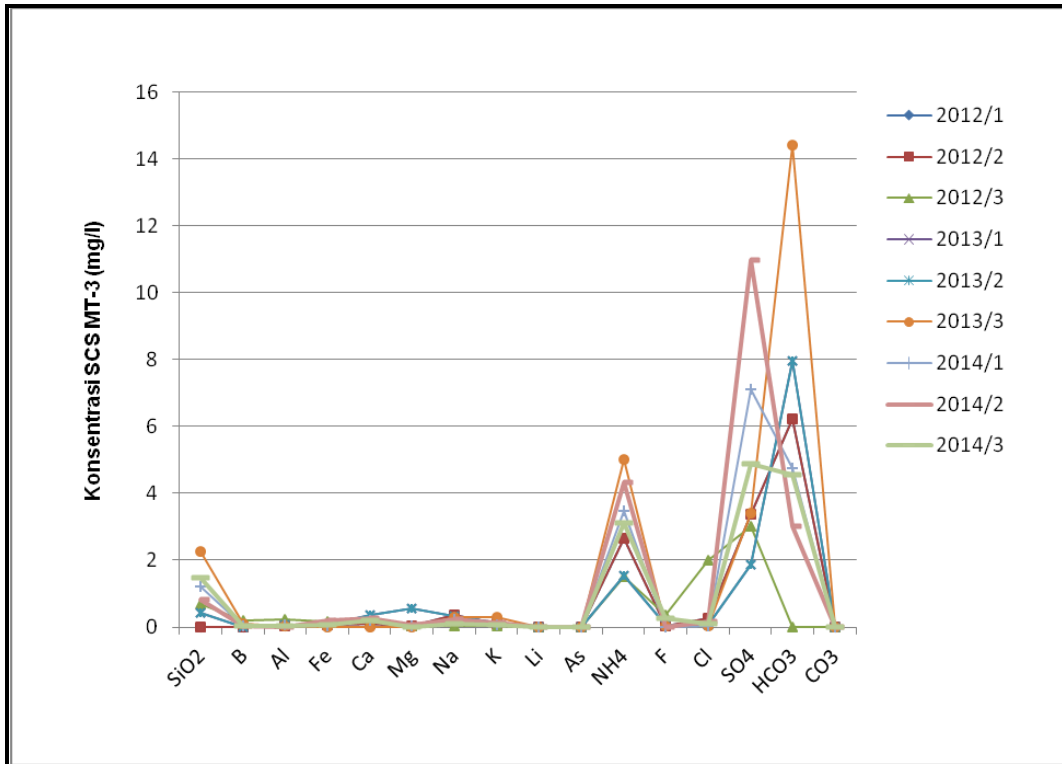
Gambar 1. Peta lokasi lapangan panas bumi Mataloko

Tabel 1. Kondisi PLTP Mataloko tahun 2012-2014

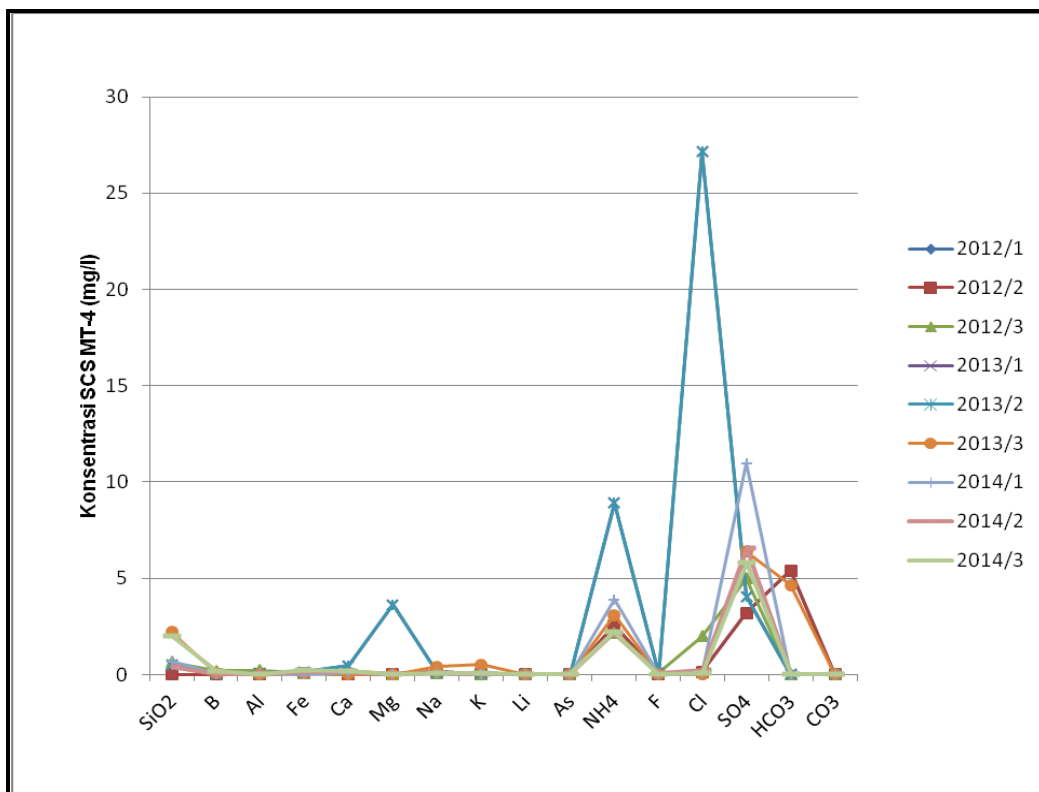
| Tahun/periode | pertama | kedua | ketiga |
|---|---|---|--|
| 2012 Februari- September- November | ada kerusakan di <i>Digital Control System</i> | ada kerusakan di <i>Digital Control System</i> | ada kerusakan di <i>Digital Control System</i> |
| 2013 Maret- Agustus- November | ada kerusakan di <i>Digital Control System</i> | ada kerusakan di <i>Digital Control System</i> | Digital Control System selesai diperbaiki, Turbin rusak dikirim ke Surabaya untuk diperbaiki |
| 2014-April- Agustus- Oktober | Turbin rusak | Turbin rusak | Turbin sudah ada di Mataloko, sedang dalam proses dirangkai di PLTP Mataloko |

Tabel 2. Data kimia fluida sumur beberapa lapangan panas bumi (Toni Mahon, 2000)

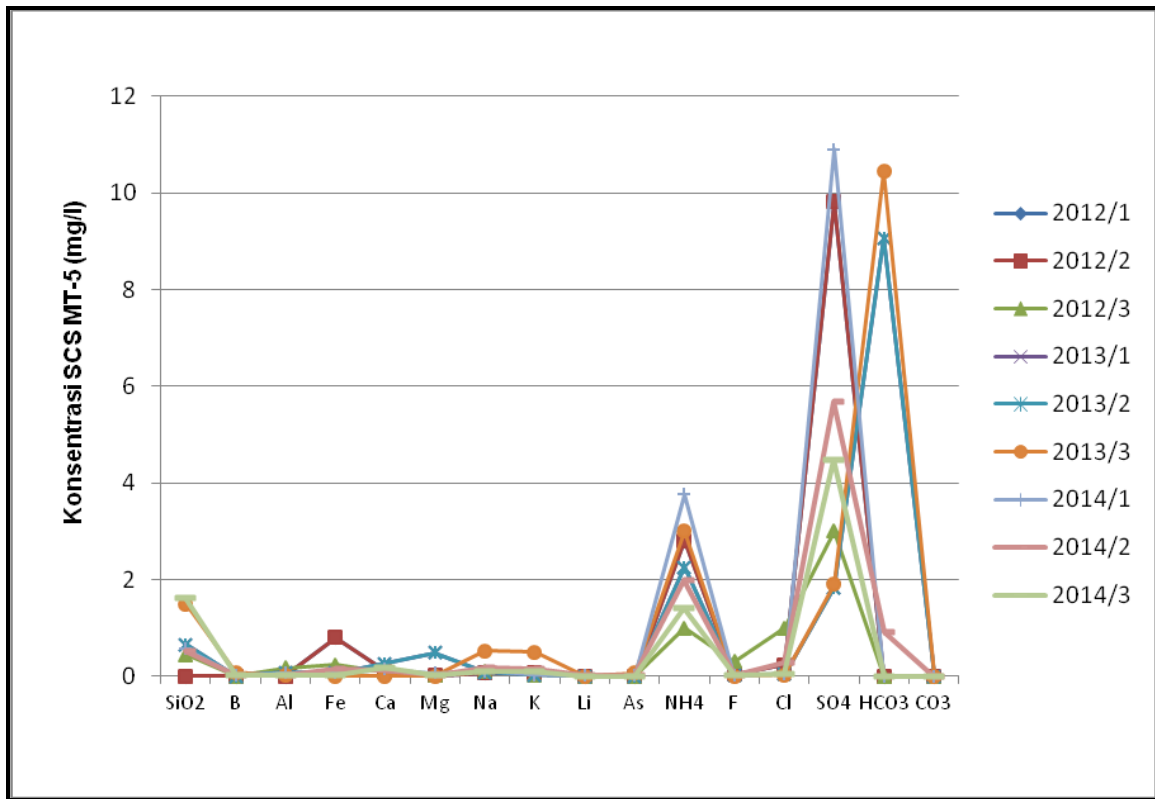
| Parameter | Kamojang 10 | Darajat 11 | Salak 12 | Wayang Windu 13 |
|-------------------------------|----------------|---------------|-------------|--------------------|
| Temperatur | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Tanggal | 1974 | 1985 | 1983 | 1996 |
| pH | 4-6 | 7.1 | 6.7 | 6.3 |
| Li ⁺ | 0.75 | 1.4 | 12.4 | 33 |
| Na ⁺ | 100 | 1460 | 3675 | 11250 |
| K ⁺ | 10 | 44 | 876 | 3060 |
| Mg ²⁺ | <0.1 | 4.9 | 1 | 0.6 |
| Ca ²⁺ | <0.1 | 22.5 | 268 | 885 |
| Cl ⁻ | 2 | 220 | 6810 | 22160 |
| B | | 23.4 | 258 | 692 |
| CO ₂ | 0-100 | 2680 | 37 | <10 |
| SO ₄ ²⁻ | 290 | 685 | 20 | 75 |
| SiO ₂ | 415 | 255 | 495 | 355 |



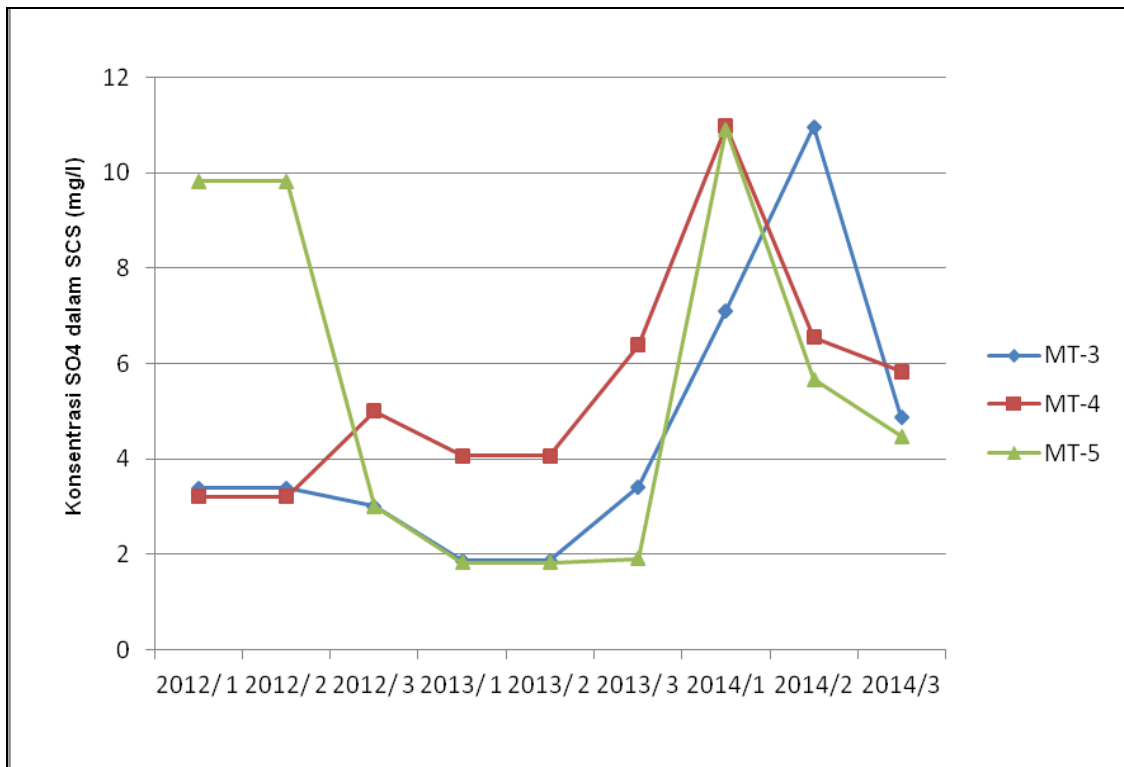
Gambar 2. Perbandingan Hasil Analisis SCS MT-3 (2012-2014)



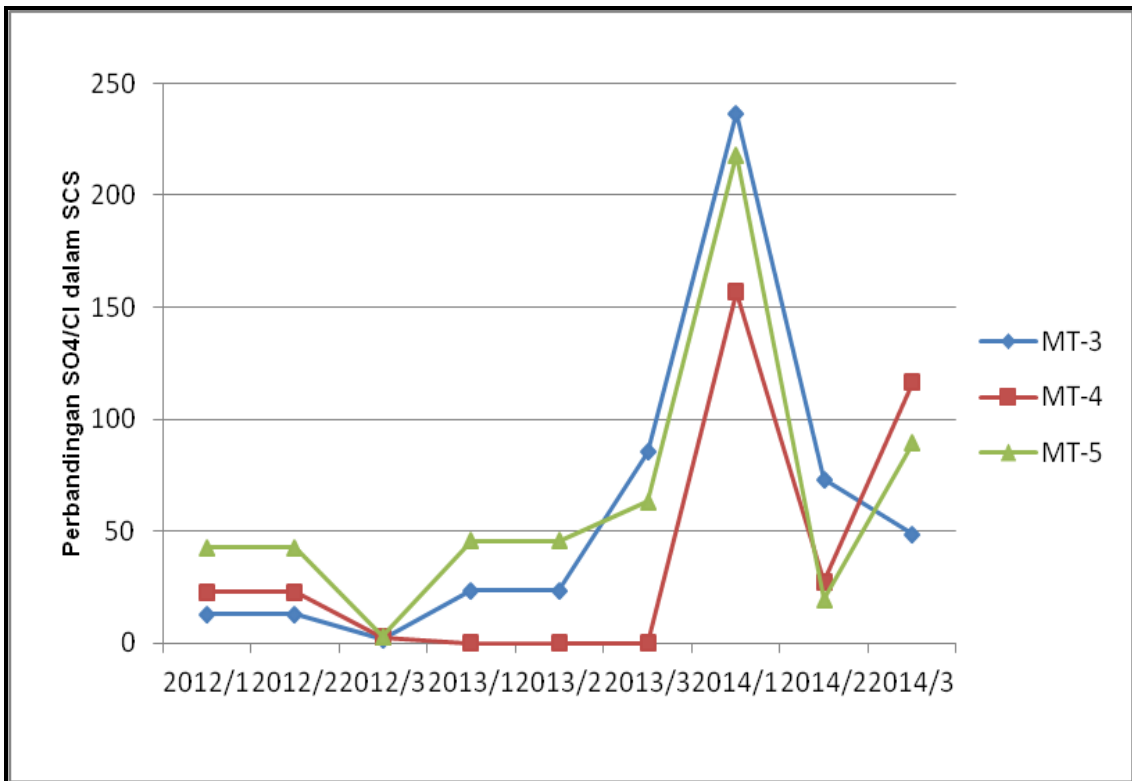
Gambar 3. Perbandingan Hasil Analisis SCS MT-4 (2012-2014)



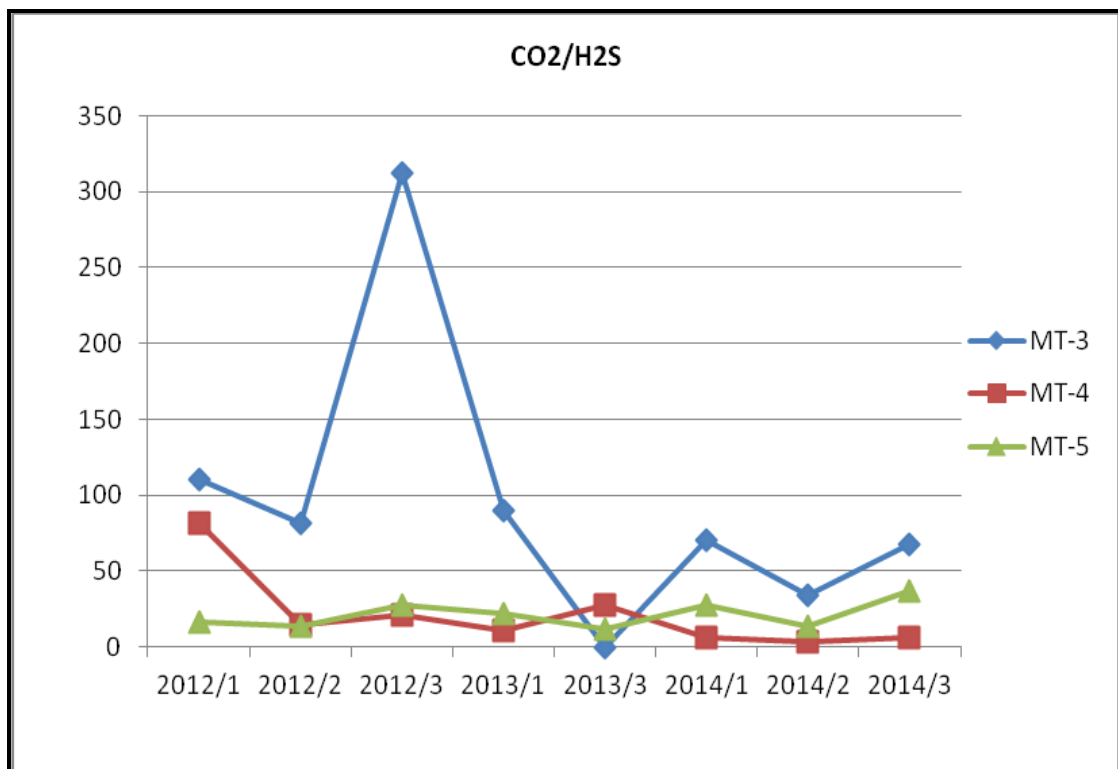
Gambar 4. Perbandingan Hasil Analisis SCS MT-5 (2012-2014)



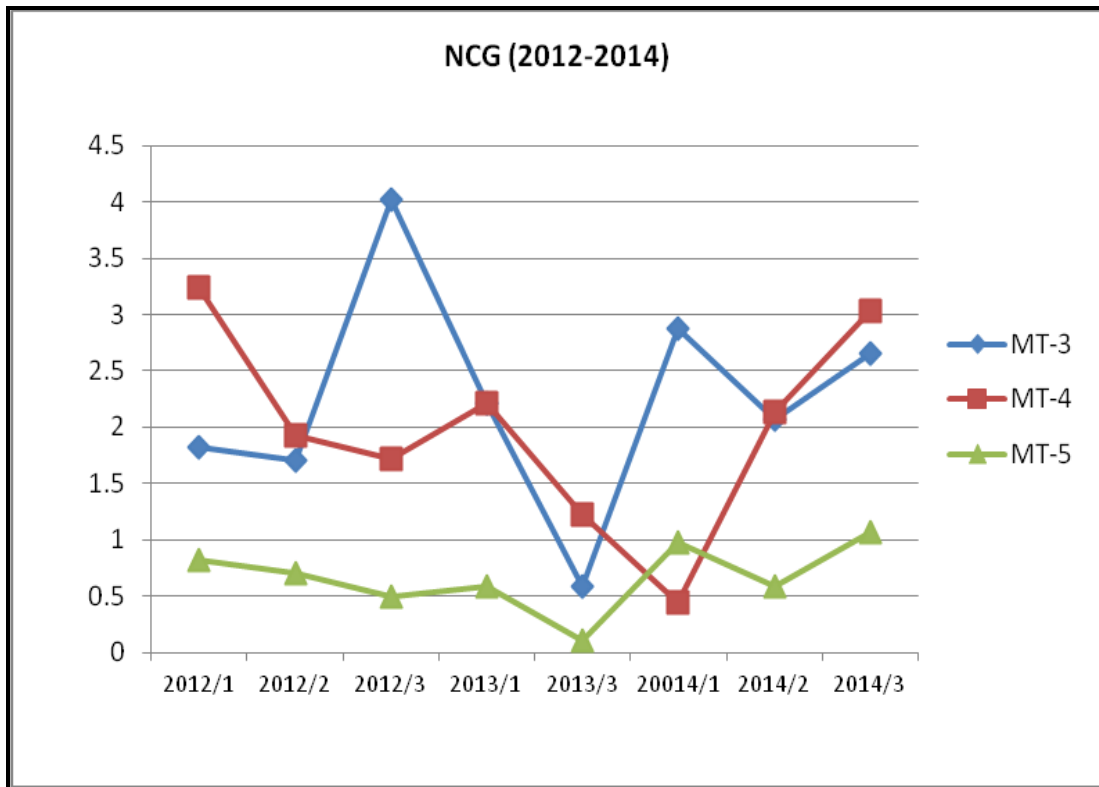
Gambar 5. Perbandingan Konsentrasi SO₄ dalam SCS (2012-2014)



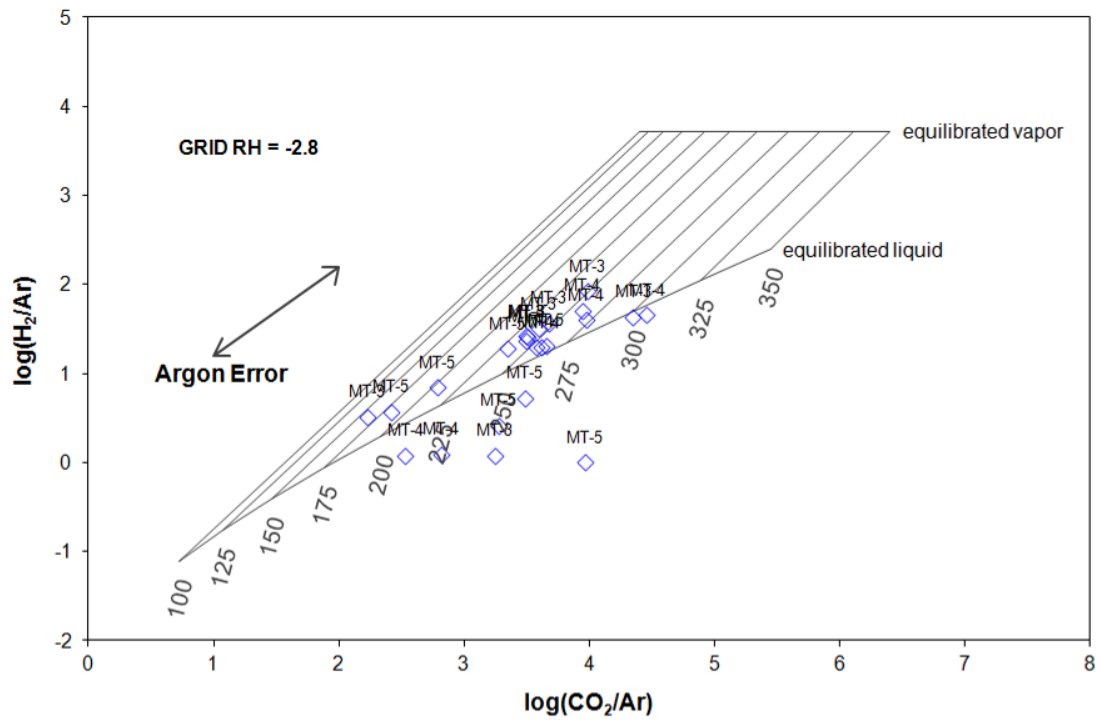
Gambar 6. Perbandingan SO₄/Cl dalam SCS (2012-2014)



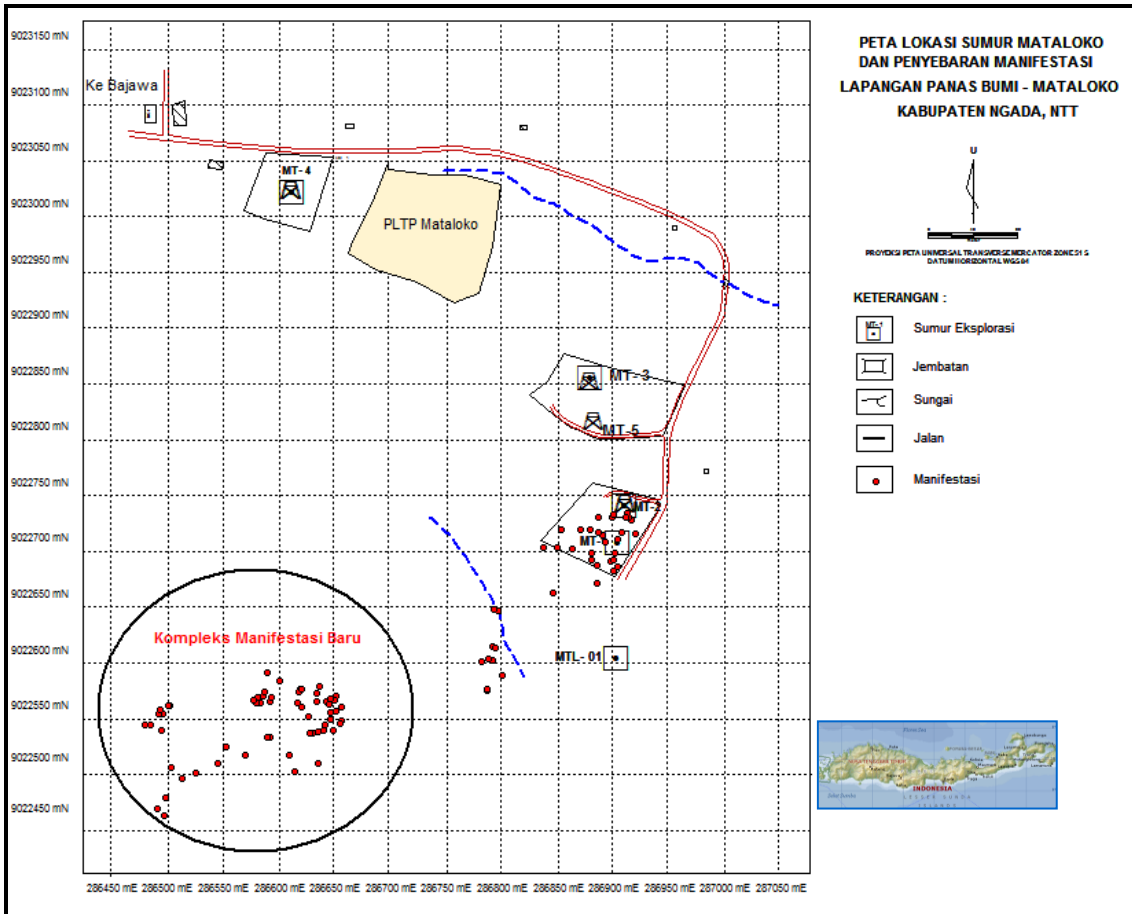
Gambar 7. Perbandingan CO₂/ H₂S tahun 2012-2014



Gambar 8. Perbandingan NCG tahun 2012-2014 (dalam %mol)



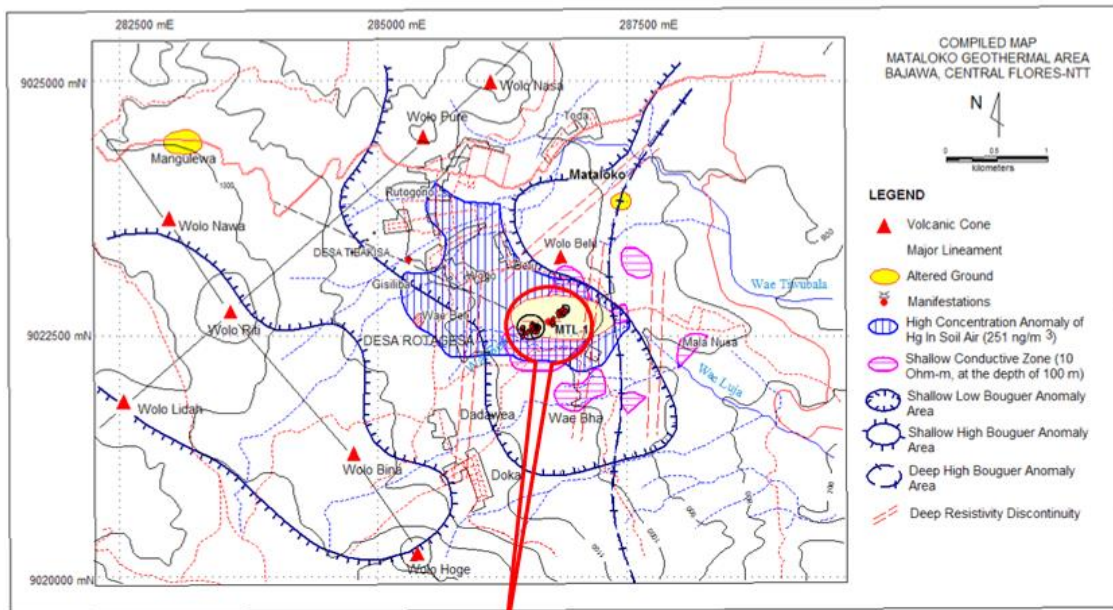
Gambar 9. Geotermometer CO₂/Ar-H₂/Ar gas ratio grid tahun 2012-2014



Gambar 10. Peta Lokasi sumur dan Penyebaran Manifestasi baru tahun 2013-2014



Gambar 11. Manifestasi baru sebelah barat daya MT-2 dari Google Earth tahun 2014



**Kelompok
Manifestasi Baru**

Gambar 12. Manifestasi baru sebelah barat daya MT-2 periode-2 2014 dikompilasikan dengan peta daerah prospek Mataloko (Modifikasi dari Pusat Sumber Daya Geologi)