

PEMBORAN SUMUR LANDAIAN SUHU MM-2, LAPANGAN PANAS BUMI MARANA, KABUPATEN DONGGALA, SULAWESI TENGAH

Oleh : Fredy Nanlohi, Z. Boegis, Dikdik R.

SARI

Sumur MM-2 merupakan sumur kedua yang dibor pada lapangan panas bumi Marana, Sulawesi Tengah. Seperti halnya sumur MM-1, sumber panas berasal dari sisa magma yang diduga sebagai batuan intrusi yang tidak muncul ke permukaan, terekam sebagai daerah anomali gravity yang terdapat di sebelah timurlaut manifestasi panas bumi Marana dan Masaingi.

Litologi sumur landaian suhu MM-2 terdiri dari endapan aluvial (0-8 m) yang tidak mengalami ubahan hidrotermal, endapan rombakan batuan ubahan (8-217 m), dan batu pasir terubah (217-250 m). Sumur MM-2 miskin rekahan/struktur karena tidak terjadi hilang sirkulasi selama proses pemboran

Batuan dari kedalaman 217-250 m telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas ubahan sedang-kuat (SM/TM=45-55%) dicirikan oleh proses ubahan argilitisasi, piritisasi, silisifikasi/devitrifikasi dengan/tanpa, anhidritisasi, kloritisasi dan zeolitisasi.

Batuan dari permukaan hingga kedalaman 217 m terdiri dari endapan aluvial yang tidak terubah dan endapan rombakam batuan ubahan, kedua satuan batuan ini berfungsi sebagai lapisan penutup/overburden. Batu pasir terubah (217-235 m) termasuk dalam tipe ubahan *argilik* berfungsi sebagai batuan penudung panas (cap rock/clay cap). Batu pasir terubah dari kedalaman 235-250 m termasuk kedalam tipe ubahan *phyllic* sebagai zona transisi.

Secara keseluruhan mineral ubahan yang terdapat pada sumur MM-2 terbentuk sebagai replacement dari mineral utama pembentuk batuan dan masa dasar/matrik dari semua jenis batuan yang terdapat di daerah ini. Sebagian kecil terbentuk sebagai pengisi rekahan pada batuan(vein) dan pengisi rongga pada batuan (vug). Mineral ubahan tersebut berasal dari fluida bersifat netral dengan temperatur pembentukan relatif rendah ($\pm 100^{\circ}\text{C}$) hingga temperatur tinggi ($\pm 320^{\circ}\text{C}$).

PENDAHULUAN

Sumur landaian suhu MM-2 merupakan sumur dangkal kedua yang dibor di lapangan panas bumi Marana, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Sumur MM-2 ini terletak ± 1 Km di sebelah barat-baratlaut dari sumur MM-1. Sumur landaian suhu MM-2 terletak pada posisi $119^{\circ} 47' 54,6''$ Bujur Timur dan $00^{\circ} 35' 1,5''$ Lintang selatan. atau pada posisi koordinat UTM 811510 E dan 9935400 N dengan ketinggian ± 25 m di atas permukaan laut (**Gb. 1**).

Pemboran sumur MM-1 tidak dapat mencapai target kedalaman 250 m, karena ada aliran air panas yang keluar dari lubang bor mencapai temperatur 95°C dengan debit ± 317 liter/menit. Walaupun tidak mencapai target kedalaman, tetapi sumur MM-1 sudah mengindikasikan adanya fluida panas bumi di bawah permukaan dan daerah di sekitar sumur MM-1 ini dianggap sebagai daerah *up-flow*. Diharapkan sumur MM-2 dapat lebih baik dibanding sumur MM-1, karena lokasi bor di daerah ini diapit oleh dua buah

struktur sesar yang membentuk graben yaitu sesar Masaingi dan sesar Marana. Ternyata pada sumur MM-2 ini tidak terjadi aliran air panas dari bawah permukaan, tetapi hasil logging terakhir menunjukkan ada lonjakan temperatur logging mulai dari kedalaman 217 m hingga 250 m, yang mencirikan adanya anomali gradient thermal.

HASIL PENYELIDIKAN TERDAHULU

Penyelidikan terdahulu yang paling akhir dan penting adalah hasil pemboran sumur MM-1 terletak di sebelah tenggara sumur MM-2. Dari sumur MM-1 dapat dipisahkan menjadi tiga satuan batuan yaitu (dari atas/muda ke bawah/tua) : endapan aluvial (0-3 m) dan endapan rombakan batuan ubahan (3-39 m) keduanya sebagai lapisan penutup atau *overburden*. Selanjutnya adalah satuan batu pasir terubah pada kedalaman 39-60 m dengan tipe ubahan *argilik*, sebagai lapisan penudung panas (cap rock/clay cap) dan batu pasir

terubah dari kedalaman 60-185 m sebagai lapisan transisi dengan tipe ubahan *phyllitic*.

HASIL PEMBORAN

PEMBORAN DAN KONSTRUKSI SUMUR

Pemboran diawali dengan tajak sumur memakai TB 7 7/8", dilanjutkan dengan pemboran formasi hingga kedalaman 5,5 meter. Cabut rangkaian TB 7 7/8" + T-90 sampai permukaan, masuk casing pelindung 6" dari permukaan hingga kedalaman 5,5 meter, semen permukaan casing dan tunggu semen kering (TSK). Masuk rangkaian TB 5 5/8" + T-90 dari permukaan sampai kedalaman 5,5 meter, lanjut bor formasi dari kedalaman 5,5 meter hingga kedalaman 95 meter. Sirkulasi bersihkan lubang sumur sambil lakukan persiapan untuk pengukuran logging temperatur pertama. Cabut rangkaian TB + T-90 sampai permukaan, masuk probe temperatur sampai kedalaman 98 m, sambil lakukan pengukuran temperatur, temperatur maksimum adalah 32°C. Masuk rangkaian casing 4" sampai kedalaman 95 m, lakukan semen casing dan TSK. Masuk rangkaian core barrel + NQ sampai kedalaman 95 m, lanjut bor formasi (coring) sampai kedalaman 170 m, tidak berhasil mendapatkan inti bor karena batuan bersifat lepas. Cabut rangkaian CB + NQ sampai permukaan sambil lakukan persiapan pengukuran logging temperatur kedua. Masuk probe temperatur dari permukaan sampai kedalaman 170 m, sambil lakukan pengukuran, setelah probe temperatur direndam hingga ± 2 jam, temperatur maksimum stabil pada 32,2°C. Cabut probe temperatur sampai permukaan, dan masukkan kembali rangkaian CB + NQ dari permukaan sampai kedalaman 170 m. Lanjut bor formasi (coring) dari kedalaman 170 m sampai kedalaman 217 m, tidak mendapatkan inti bor (core) karena masih merupakan batuan lepas. Lanjut bor formasi (coring) mulai dari kedalaman 217 m hingga kedalaman 250 m, inti bor dapat diangkat dengan recovery factor mencapai 60% hingga lebih dari 90%. Setelah sirkulasi bersih dilakukan pengukuran logging temperatur ketiga, temperatur maksimum 38°C.

Selama pemboran telah dilakukan beberapa kali semen sumbat karena formasi batuan runtuh dan selama proses pemboran beberapa kali terhenti karena ganti pahat/bit, perbaikan kerusakan-kerusakan kecil pada mesin bor, hidrolik, spindel dan kerusakan kecil lainnya pada perangkat bor. Untuk

konstruksi sumur MM-2 dimulai dengan pemboran lubang 7 7/8" dari permukaan hingga kedalaman 5,5 m, pasang casing pelindung 6", lanjut bor lubang 5 5/8" dari 5,5 m hingga kedalaman 98 m, set dan sementing casing 4" pada kedalaman 95 m. Lanjut bor formasi (coring) dari kedalaman 95 m hingga 250 m, selesai pemboran. Konstruksi sumur MM-2 disajikan pada **Gb. 2**.

GEOLOGI SUMUR

Stratigrafi sumur MM-1 disusun oleh endapan aluvial (0-8 m), endapan rombakan batuan ubahan (8-217 m), batu pasir (217-250 m). Selengkapnya dari masing-masing satuan batuan ini adalah sebagai berikut (**Gb. 3 dan Tabel 1**) :

Endapan Aluvial, terdiri dari endapan pantai terdiri dari batuan lepas dari berbagai jenis batuan dengan ukuran butir bervariasi dari lumpur hingga bongkah. Terdiri dari batuan metamorf, granit, granodiorit, diorit. Batuan tidak mengalami ubahan hidrotermal.

Endapan Rombakan Batuan Ubahan, terdiri dari batuan lepas dengan komponen sekis, granit, granodiorit, diorit yang telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas sedang hingga kuat. Endapan rombakan batuan ubahan terdapat ini mulai dari kedalaman 8-217 m, ditemukan dalam jumlah relatif banyak mendominasi sumur MM-2 yaitu setebal 209 m (lebih dari 80% dari total ketebalan batuan). Sumber asal dari batuan tidak diketahui, karena penyebarannya tidak ditemukan di permukaan.

Batu Pasir Terubah terdapat pada kedalaman 217-250 m, satuan batu pasir yang terdapat pada sumur MM-2 ini ditemukan dalam jumlah relatif sedikit (ketebalan 33 m) dibanding yang terdapat pada sumur MM-1. Sama seperti yang ditemukan pada sumur MM-1, satuan batu pasir ini terdiri dari (bawah ke atas) konglomerat polimik, batu pasir berukuran sangat kasar sampai sangat halus serta lanau/silt. Ukuran butir ini bergradasi dari sangat halus pada bagian atas hingga sangat kasar pada bagian bawah dan lapisan yang paling bawah adalah konglomerat polimik. Pada batuan ditemukan struktur sedimen berupa laminasi sejajar (parallel lamination), laminasi silang-siur (cross lamination) dan

perlapisan bersusun (cross bedding). Terjadi perulangan perlapisan batuan sedimen ini hanya beberapa sekuen perlapisan. Melihat struktur sedimen tersebut di atas, dapat diperkirakan pembentukan atau lingkungan pembentukan batuan sedimen ini adalah lingkungan laut dalam atau sebagai batuan sedimen turbidit. Pada batuan sedimen ini ditemukan komponen atau fragmen batuan dari berbagai jenis batuan yang lebih tua seperti granit, granodiorit, batuan metamorf dan tufa. Fragmen tufa lebih dominan dibanding fragmen batuan lainnya, diduga fragmen tufa ini berasal dari endapan piroklastika hasil kegiatan vulkanisme yang tidak diketahui sumber asalnya. Apa sumber asal gunung api ini berada di laut, di Selat Makasar ? atau mungkin juga berada di daratan Sulawesi. Komponen/fragmen granit, granodiorit dan metamorf kemungkinan terbawa saat terjadi letusan, sehingga kemudian jatuh dan terendapkan pada lingkungan laut dalam.

Gejala struktur geologi tidak ditemukan pada sumur MM-2 ini, karena selama berlangsungnya proses pemboran tidak terjadi hilang sirkulasi sebagian (PLC) maupun total (TLC), sehingga dapat dikatakan bahwa sumur MM-2 ini miskin rekahan/struktur.

UBAHAN HIDROTERMAL

Jenis Ubahan

Secara keseluruhan kehadiran mineral ubahan pada sumur landaian suhu MM-2 dapat dipisahkan menjadi :

Mineral ubahan pada rombakan batuan ubahan

Terdapat mulai kedalaman 8 m hingga 217 m merupakan batuan lepas (unconsolidated). Intensitas ubahan dari atas hingga ke bawah hampir sama yaitu dari ubahan dengan intensitas sedang hingga kuat. Mineral ubahan terdiri dari sedikit mineral lempung, klorit, pirit, oksida besi, kuarsa sekunder, Anhidrit, ilit, zeolit dan epidot. Batuan ubahan pada kedalaman 8-217 m ini dianggap sebagai lapisan penutup atau *Overburden*.

Mineral ubahan pada batu pasir

Terdiri dari batu pasir yang terubah (217-250 m), dicirikan oleh adanya proses argilitisasi, piritisasi, oksidasi, silisifikasi/divitifikasi dengan/tanpa kloritisasi, anhidritisasi, dan zeolitisasi.

Jenis mineral ubahan yang ditemukan pada sumur MM-2 kedalaman 217-250 m :

- Mineral Lempung (Cl), terdapat pada kedalaman dari 217-250 m dalam jumlah relatif banyak hingga sangat banyak/berlimpah (15-50 % dari total mineral ubahan pada batuan) umumnya terbentuk karena proses argilitisasi sebagai replacement (terubah dan tergantikan) dari mineral utama pada batuan
- Klorit (Ch) hanya terdapat pada kedalaman 247-250 m dalam jumlah relatif sedikit (2% dari total mineral ubahan pada batuan), terbentuk sebagai replacement dari mineral utama dan matrik serta sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan (sangat sedikit) berasosiasi dengan kuarsa sekunder dan pirit.
- Pirit (Py) terdapat dari kedalaman 217-250 m dalam jumlah relatif sedang (3-10% dari total mineral ubahan pada batuan) terbentuk sebagai replacement dari mineral utama pada batuan dan sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan berasosiasi dengan kuarsa sekunder.
- Oksida besi (IO) terdapat pada kedalaman 217-250 m dalam jumlah relatif sedikit (1-2% dari total mineral ubahan pada batuan), terbentuk sebagai replacement dari mineral utama dan matrik serta dalam jumlah kecil sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan berasosiasi dengan kuarsa sekunder, zeolit dan pirit.
- Kuarsa sekunder (SQ) terdapat pada kedalaman 217-250 m dalam jumlah relatif sedikit hingga sedang (1-8% dari total mineral ubahan pada batuan), terbentuk sebagai replacement dari mineral utama dan matrik serta sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan berasosiasi dengan pirit, oksida besi, anhidrit dan zeolit.
- Anhidrit (An) terdapat pada kedalaman 241-250 m dalam jumlah relatif sedikit (2-3% dari total mineral ubahan pada batuan), terbentuk sebagai replacement dari mineral utama dan matrik serta sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan (sangat sedikit) berasosiasi dengan kuarsa sekunder, zeolit dan pirit.

- Zeolit (Ze) ditemukan mulai dari kedalaman 235 m hingga 250 m, dalam jumlah relatif banyak (15% dari total mineral ubahan pada batuan), terbentuk sebagai replacement, urat halus dan pengisi rongga pada batuan (vug).

Intensitas Ubahan

Batuan ubahan hanya terdapat pada kedalaman 217-250 m, yaitu pada batu pasir dengan intensitas ubahan dari sedang hingga kuat (SM/TM = 45-55%). Distribusi mineral ubahan disajikan pada Tabel 1.

Tipe Ubahan

Batuan dari permukaan hingga kedalaman 8 m terdiri dari endapan aluvial yang belum mengalami ubahan hidrotermal, dapat digolongkan sebagai lapisan penutup atau *Overburden*. Batuan dari kedalaman 8 m hingga 217 m terdiri dari endapan rombakan batuan ubahan, dapat dikatakan sebagai endapan aluvial sehingga digolongkan sebagai lapisan penutup atau *overburden*.

Batuan Endapan Rombakan, dari kedalaman 217 m hingga 250 m adalah batu pasir berubah dengan tipe ubahan dapat dipisahkan menjadi :

- batu pasir berubah dari kedalaman 217-235 m dapat digolongkan dalam tipe ubahan **Argilik** berfungsi sebagai lapisan penutup panas (*cap rock/clay cap*) dan
- batu pasir berubah dari kedalaman 235-250 m termasuk dalam tipe ubahan *Phyllic* sebagai zona transisi dari tipe argilik ke tipe propilitik (zona reservoir).

Pengukuran Logging Temperatur

Pengukuran logging temperatur pada sumur MM-2 dilakukan sebanyak tiga kali yaitu masing-masing pada kedalaman 95 m, 170 m dan 250 m (**Gb. 3**). Hasil pengukuran dan pengamatan logging temperatur pada sumur landaian suhu MM-2 di kedalaman 95 m dan 170 m belum menunjukkan adanya peningkatan temperatur sesuai dengan pertambahan kedalaman sumur, karena kenaikan temperatur pada kedalaman tersebut sangat kecil. Sedangkan pengukuran logging pada kedalaman 250 m menunjukkan trend yang meningkat sebesar $\pm 9^\circ$ dalam 250 m (29°C di permukaan dan 38° di 250 m).

PEMBAHASAN

Stratigrafi sumur landaian suhu sumur MM-2 dibangun oleh endapan aluvial, endapan

rombakan batuan ubahan dan batu pasir. Endapan rombakan batuan ubahan, merupakan batuan lepas (unconsolidated) yang terdiri dari berbagai jenis batuan seperti batuan metamorf, granit, granodiorit, andesit dan tufa. Pada batu pasir gradasi besar butir dari pasir sangat halus – pasir hingga konglomerat terlihat jelas pada inti bor dari kedalaman 217 – 250 m. Struktur sedimen berupa paralel laminasi, graded bedding, cross laminasi mencirikan endapan terbentuk pada lingkungan laut dalam.

Struktur geologi dari hasil pemetaan menunjukkan bahwa batupasir disekitar Sungai Masaingi tidak mengalami struktur sesar, tetapi menutupi granit yang tersesarkan dengan sesar normal masaingi. Selama pelaksanaan pengeboran tidak terjadi hilang sirkulasi sebagian (PLC) atau hilang sirkulasi total (TLC), sehingga dapat dikatakan bahwa sumur MM-2 tidak memotong zona rekahan akibat struktur.

Batuan dari permukaan hingga kedalaman 8 m adalah endapan aluvial yang tidak mengalami ubahan hidrotermal; batuan dari kedalaman 8-217 m merupakan endapan rombakan batuan ubahan, sehingga kedua satuan batuan tersebut dapat digolongkan sebagai lapisan penutup atau *Overburden*.

Batuan dari kedalaman 217-235 m adalah batu pasir berubah dengan intensitas sedang hingga kuat (SM/TM=45-55%) termasuk tipe ubahan *Argilik* berfungsi sebagai batuan penutup panas (*cap rock/clay cap*). Sedangkan batuan pada kedalaman 235-250 m adalah batu pasir berubah dengan intensitas ubahan kuat (SM/TM=50%), termasuk tipe ubahan *Phyllic* atau sebagai zona transisi dari tipe argilik ke tipe propilitik (zona reservoir). Endapan rombakan batuan ubahan dan batuan sedimen (batu pasir) seperti ini jarang ditemukan pada sumur-sumur landaian suhu lainnya seperti di sumur landaian suhu Mataloko (Nanlohy, 2000, 2002 ; Sitorus et.al, 2000; 2001), sumur landaian suhu Mutubusa (Tim Pemboran Landaian Suhu Mutubusa, 2004) dan sumur landaian suhu lainnya.

Mineral ubahan hidrotermal yang terdapat pada sumur MM-2 umumnya terbentuk sebagai hasil replacement mineral utama pembentuk batuan seperti plagioklas, feldspar dan masa dasar/matrik, sebagian kecil sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan dan sebagai pengisi rongga pada batuan (vug).

Mineral ubahan hidrotermal yang umum ditemukan di sumur MM-2 adalah mineral lempung, pirit, oksidasi besi, kuarsa sekunder, zeolit, sedikit anhidrit dan klorit.

Mineral lempung terdiri dari mineral lempung yang terbentuk pada temperatur relatif rendah, seperti montmorilonit dan smektit lebih dalam lagi ditemukan ilit sebagai mineral lempung yang terbentuk pada temperatur relatif tinggi. Mineral smektit terbentuk sebagai hasil replacement dari mineral utama pada batuan terutama plagioklas dan masa dasar/matrik, bukan merupakan mineral penunjuk temperatur tetapi pada beberapa laporan panas bumi didunia seperti di New Zealand, Cerro Prieto, Pilipina, Jepang, Iceland dan lapangan panas bumi lainnya smektit dapat hadir pada temperatur antara 100 – 180°C, jarang melebihi 200°C. Di New Zealand smektit ditemukan stabil pada temperatur \pm 140°C, sedangkan ilit di atas 220°C (Browne, 1993) Untuk sumur MM-2, smektit diduga terbentuk pada temperatur relatif rendah, dan kehadiran smektit saat ini adalah sebagai fosil hidrotermal, karena tidak sesuai dengan temperatur aktual hasil pengukuran logging temperatur. Hasil analisis pima menunjukkan kehadiran mineral ilit dalam jumlah relatif sedikit. Ilit terdapat juga sebagai fosil hidrotermal, tercatat bahwa ilit dapat hadir pada temperatur antara 140 - 310°C (Cerro Prieto) dan pada beberapa laporan panas bumi dapat hadir pada temperatur 210 – 310°C (New Zealand, Salton Sea, Piliphine).

Pirit, kuarsa sekunder dan oksida besi terdapat sebagai replacement dari mineral utama dan masadasar/matrik pada batuan, sebagian kecil sebagai vein dan vug. Pirit dapat hadir hingga temperatur lebih kecil dari 240°C. Kuarsa sekunder dapat hadir pada temperatur antara 150 – 330°C, di Cerro Prieto > 100°C di Piliphina > 180°C. Jika tekanan rendah kuarsa sekunder diendapkan dari hasil pendinginan fluida (Lawless, 1994).

Mineral zeolit terdapat dalam jumlah relatif besar (\pm 15% dari total mineral ubahan pada batuan). Pembentukan zeolit karena replacement mineral utama dan masadasar/matrik pada batuan. Menurut Brown (1993, 1994, 1995), pembentukan zeolit sangat bergantung pada temperatur oleh karena itu mineral ini sangat berguna sebagai penunjuk temperatur. Zeolit dapat terbentuk pada temperatur rendah (< 110°C) ditemukan pada lapangan panas bumi Iceland, dan mineral-mineral zeolit ada yang

terbentuk pada temperatur tinggi. Untuk zeolit jenis wairakit dapat mengindikasikan adanya boiling dan jenis fluida netral. Temperatur pembentukan wairakit bervariasi dari 180°C hingga mencapai 320°C (Lawless, 1994). Untuk zeolit jenis laumontit dapat menunjukkan permeabilitas rendah dengan temperatur pembentukan antara 140 – 280°C (Piliphina), 110 – 230°C (Yellow stone), 100 – 200°C (Jepang) dan laporan panas bumi lainnya. Pembentukan zeolit pada sumur MM-2 mengindikasikan terbentuk pada temperatur sedang hingga tinggi dengan jenis fluida adalah dominasi air panas (*water dominated system*).

Hasil analisis pima juga ditemukan mineral ubahan palygorskite terbentuk dari magnesium silikat, pembentukannya berasosiasi dengan pergerakan struktur sesar (@2001 Mineral data publishing, version 1,2 yang diambil dari internet), temperatur pembentuk mineral ini tidak lebih dari 250°C.

Dari kehadiran mineral ubahan pada sumur MM-2 dapat ditarik kesimpulan bahwa hampir keseluruhan mineral ubahan merupakan fosil hidrotermal yang terbentuk pada fluida yang bersifat netral dengan temperatur pembentukan relatif bervariasi dari rendah (100°C) hingga sangat tinggi (320°C). Dapat ditafsirkan bahwa selama pembentukan mineral-mineral ubahan tersebut hingga saat ini telah terjadi penurunan temperatur atau terjadi *cooling down*.

Selama proses pengeboran temperatur lumpur pembilas tercatat relatif tidak meningkat hingga meningkat sangat kecil sesuai dengan kemajuan kedalaman sumur. Hal ini dapat ditafsirkan bahwa daerah di sekitar lokasi pengeboran MM-2 merupakan blok sesar yang relatif menurun, tidak sama dengan lokasi sumur MM-1, dimana pada sumur MM-1 ada aliran air panas mulai dari kedalaman 50 hingga 60 m. Pada kedalaman 185 m (MM-1) air panas yang keluar di kepala sumur mencapai temperatur 95°C dengan debit air panas mencapai 317 liter/menit. Sedangkan pada sumur MM-2 kejadian seperti itu tidak terjadi, bahkan sampai kedalaman 250 m temperatur lumpur pembilas cenderung tidak berubah.

Dari dua sumur landaian suhu pada lapangan panas bumi Marana ini dapat dibuat suatu model panas bumi yang didasarkan atas

geologi sumur MM-1 dan MM-2 dan hasil logging temperatur pada kedua sumur tersebut (**Gb.4**). Dari model panas bumi ini terlihat bahwa zona reservoir lebih dekat ke arah sumur MM-1 dibandingkan sumur MM-2. Karena dari sumur MM-1 telah terbukti ada aliran air panas dari bawah permukaan dengan temperatur terukur sebesar 95°C. Hasil logging pada kedalaman 185 m menunjukkan temperatur 104°C, sedangkan hasil logging temperatur pada sumur MM-2 relatif kecil, dimana lonjakan temperatur terjadi mulai kedalaman 217-250 m. Dengan demikian disimpulkan bahwa pada sumur MM-2 panas/air panas akan ditemukan jauh lebih dalam dibandingkan sumur MM-1. Hasil rekonstruksi struktur menunjukkan bahwa sumur MM-1 akan memotong struktur sesar Masaingi pada kedalaman ± 225 m dengan sudut sesar 75° atau pada kedalaman ± 340 m jika sudut sesar 80°. Sebaliknya pada sumur MM-2 akan ditemukan jauh lebih dalam.

Jika dibandingkan dengan sumur-sumur landaian suhu lainnya yang pernah dibor, seperti sumur landaian suhu MTL-01 lapangan panas bumi Mataloko atau sumur landaian suhu Mutubusa, maka sumur-sumur di lapangan panas bumi Marana ini sangat berbeda. Pada lapangan panas bumi Marana sumber panasnya berasal dari batuan intrusi yang tidak muncul kepermukaan (sebagai anomali gravity) atau sebagai lapangan panas bumi non vulkanik, sedangkan sumur MTL-01 atau sumur lainnya berasal dari batuan vulkanik. Perbedaan lainnya yaitu pada sumur MM-1 terjadi aliran air panas dengan temperatur 95° C, debit 317 liter/menit, sedangkan pada sumur MTL-01 terjadi semburan uap (Nanlohy, 2000, 2002 ; Sitorus et.al, 2000; 2001) dan sumur landaian suhu Mutubusa meningkat panasnya pada kedalaman yang dangkal (Tim Pemboran Landaian Suhu Mutubusa, 2004).

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan sumur landaian suhu MM-2 lapangan panas bumi Marana, Kabupaten Donggala, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Stratigrafi sumur MM-2 disusun oleh endapan aluvial (0-8 m), endapan rombakan batuan ubahan (8-217 m) dan

batu pasir terubah (217-250 m). Selama proses pengeboran tidak ada indikasi terdapatnya rekahan pada batuan sebagai suatu struktur geologi.

- Batuan dari permukaan hingga kedalaman 8 m belum mengalami ubahan hidrotermal berfungsi sebagai lapisan penutup atau *Overburden*. Batuan dari kedalaman 8-217 m merupakan batuan lepas yang juga berfungsi sebagai lapisan penutup atau *Overburden*. Batuan dari kedalaman 217-235 m telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas sedang-kuat berfungsi sebagai batuan penudung panas (*cap rock/clay cap*). Batuan dari kedalaman 235-250 m adalah lapisan transisi dengan tipe ubahan *Phyllic*.
- Dari kehadiran mineral ubahan pada sumur MM-2 dapat ditarik kesimpulan bahwa hampir keseluruhan mineral ubahan merupakan fosil hidrotermal yang terbentuk oleh fluida yang bersifat netral dengan temperatur pembentukan relatif bervariasi dari rendah (100°C) hingga sangat tinggi (320°C). Telah terjadi penurunan temperatur atau terjadi *cooling down* sejak pembentukan mineral ubahan hingga saat ini.
- Selama proses pengeboran temperatur lumpur pembilas tercatat relatif tidak meningkat hingga meningkat sangat kecil sesuai dengan kemajuan kedalaman sumur.
- Hasil pengukuran logging temperatur menunjukkan ada kenaikan atau lonjakan temperatur mulai kedalaman 217 m.

SARAN-SARAN

- Jika akan dilakukan pengeboran eksplorasi, akan menemukan sistem reservoir yang didominasi oleh air panas (*hot water dominated reservoir*)
- Sumur eksplorasi akan jauh lebih dangkal di sekitar sumur MM-1 dan akan lebih dalam di sekitar sumur MM-2
- Kemungkinan untuk pemanfaatan langsung lebih bermanfaat, karena merupakan daerah perkebunan kelapa dan daerah nelayan.
- Tidak menutup kemungkinan digunakan untuk pemanfaatan tidak langsung sebagai energi listrik (PLTP), setelah dilakukan pemboran beberapa sumur eksplorasi.

DAFTAR PUSTAKA

Browne, P.R.L. and Ellis, A.J. 1970, *The Ohaki Broadlands Hydrothermal Area, New Zealand; Mineralogy and Associated Geochemistry*, American Journal of Science 269: 97 – 131 p

Browne, P.R.L., 1970, *Hydrothermal Alteration as an aid in investigating Geothermal fields*. Geoth. Special issue

-----, 1993, *Hydrothermal Alteration and Geothermal System*, Lecture of geothermal student, University of Auckland, NZ

-----, 1994, *An introduction to Hydrothermal Alteration, Geothermal System and Technology Course, 15 Augustus – 2 Sept 1994*, Pertamina in Cooperation with Uniservices of University of Auckland and Yayasan Patra Cendekia, Cirebon, Jawa barat

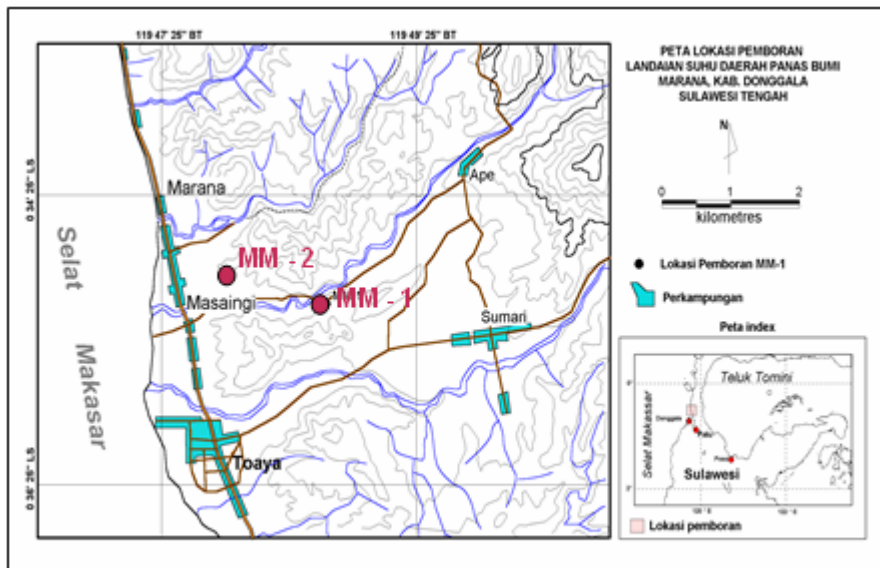
Sitorus, K., Fredy, N (2000) Subsurface Geology of the Mataloko Shallow Well (MTL-01), the Mataloko Geothermal Field, Ngada – NTT, Flores – Indonesia. IAVCEI (18 –22 July 2000), Bali – Indonesia.

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

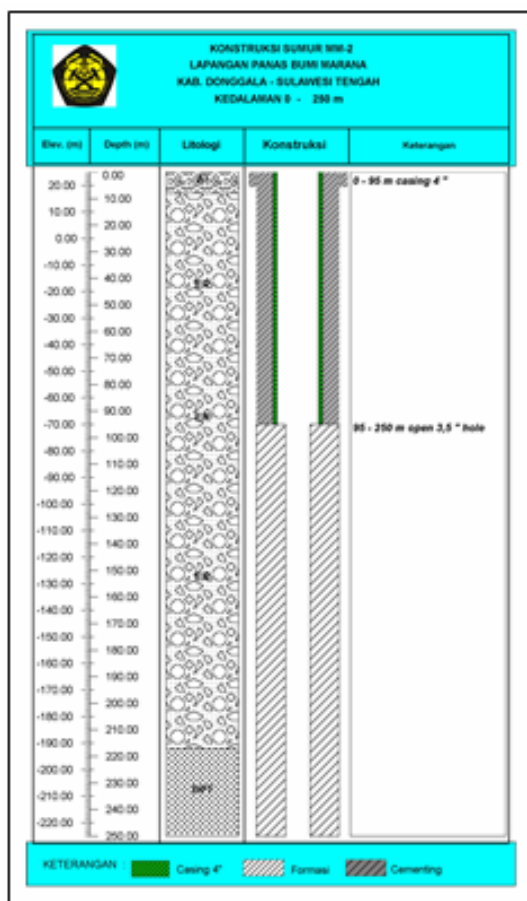
Tim Survey Terpadu, 2004, *Laporan Penyelidikan Terpadu Daerah Panas Bumi Marana, Kab. Donggala, Sulawesi Tengah*

Tim Pemboran Landaian Suhu, 2004, *Laporan Kegiatan Pemboran Landaian Suhu, Daerah Panas Bumi Mutubusa - Sokoria, Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur*

Tim Pemboran Landaian Suhu, 2003, *Laporan Kegiatan Pemboran Landaian Suhu, Daerah Panas Bumi Werang, Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur*.



Gambar 1. Peta Lokasi MM-2 Lapangan Panas Bumi Marana, Kab. Donggala, Sulteng

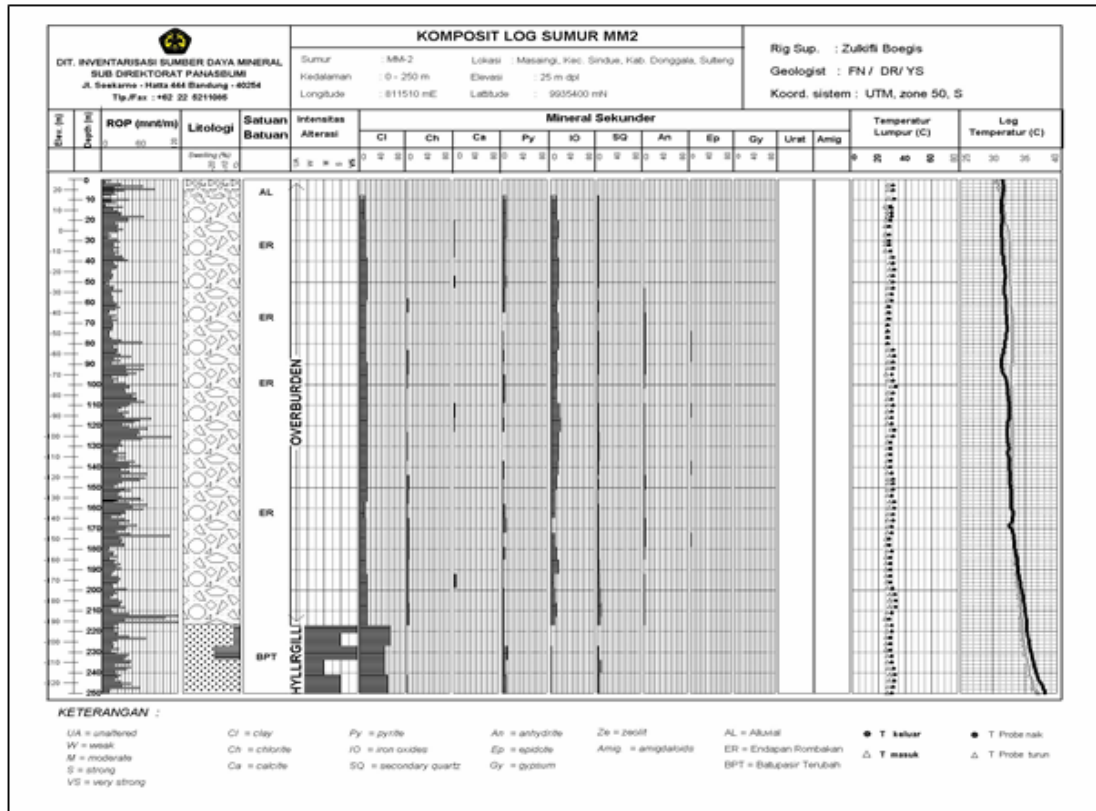


Gambar 2. Konstruksi Sumur Landaian Suhu MM-2

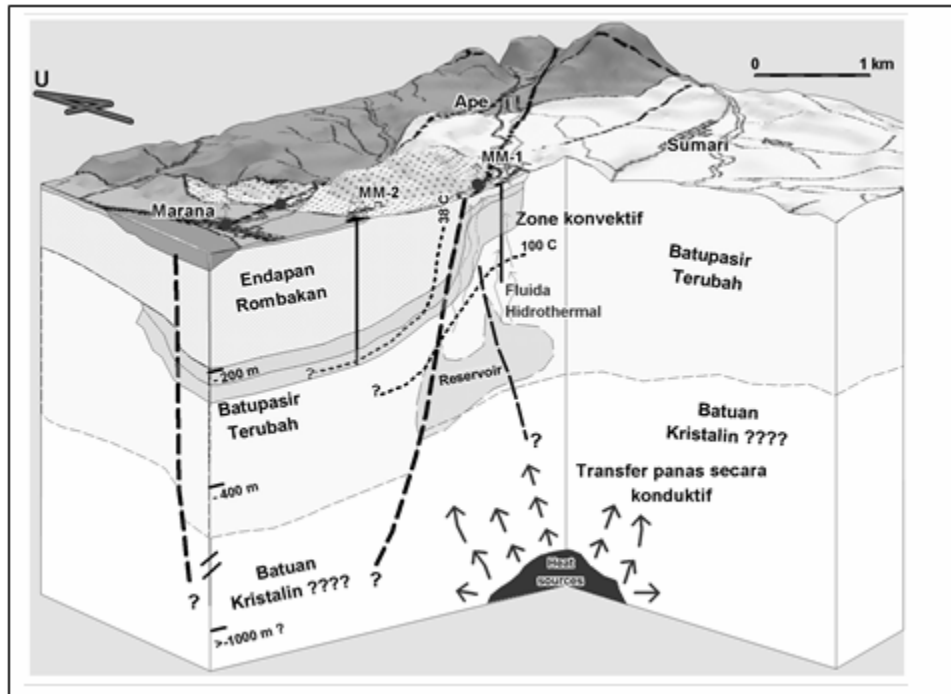
Tabel 1. Distribusi mineral ubahan (%) sumur landaian suhu MM-2 daerah panas bumi Marana, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah

KEDALAMAN	LITOLOGI	SM/TM (%)	Cl (%)	Ca (%)	Ch (%)	Py (%)	IO (%)	SQ (%)	An (%)	Ze (%)	URAT / AMIG.	Swelling Clay (%)
0 – 8	AI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 – 217	ER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
217 – 220	BPT	55	50	-	-	3	1	1	-	-		Sw=5, St=40
220 – 226	BPT	55	50	-	-	3	1	1	-	-		Sw=5, St=40
226 – 235	BPT	45	30	-	-	10	2	3	-	-		Sw=20, St=30
235 – 241	BPT	45	15	-	-	5	2	8	-	15	Ze,SQ,Py	-
241 – 247	BPT	50	15	-	-	10	2	6	2	15	Ze,SQ,Py	-
247 – 250	BPT	50	15	-	2	8	2	5	3	15	Ze,SQ,Py,Ch	-

Keterangan : AI = Alluvial; ER=Endapan rombakan; BPT=Batu pasir terubah; Sm/Tm=Perbandingan mineral ubahan thd total mineral dalam batuan; Cl=mineral lempung; Ca=kalsit; Ch=klorit; Py=pyrite; IO=Oksida besi; SQ=Kuarsa sekunder; An=anhydrit; Ze=Zeolith; Sw=Swelling Clay; St=Stickv clay



Gambar 3. Komposit Log Sumur Landaian Suhu MM-2, Lapangan Panas Bumi Marana, Donggala, Sulteng



Gambar 4. Model Tentatif Lapangan Panas Bumi Marana, Donggala, Sulteng