

**PENGEBORAN SUMUR EKSPLORASI SR-1
LAPANGAN PANAS BUMI MUTUBUSA - SOKORIA,
KABUPATEN ENDE, PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR**

**Arif Munandar, Syuhada A., Zulkifli Boegis
Kelompok Program Penelitian Panas Bumi**

SARI

Kegiatan pengeboran sumur eksplorasi SR-1 pada tahun anggaran 2007 ini merupakan kelanjutan dari kegiatan pengeboran sumur eksplorasi SR-1 pada tahun anggaran sebelumnya (2006) yang baru mencapai kedalaman 255,82 m dengan target kedalaman 800 m. Lokasi pengeboran sumur SR-1 ini berada di lapangan panas bumi Mutu Busa-Sokoria, yang termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Ndonga, Kabupaten Ende, Provinsi Nusa Tenggara Timur, dan secara geografis berada pada koordinat 364.261 mE 9.027.790 mN dengan ketinggian sekitar 1.072 m di atas permukaan laut.

Litologi sumur eksplorasi SR-1 yang memiliki kedalaman akhir 532,96 m, disusun oleh tiga satuan batuan, yaitu : Andesit Terubah, Breksi Tufa Terubah, dan Breksi Andesit Terubah. Intensitas ubahan bervariasi dari lemah sampai sangat kuat, yang mencirikan mineral ubahan pada kedalaman 255,82 – 498 meter. Mineral ubahan ini didominasi oleh mineral-mineral lempung berderajat rendah yang termasuk tipe ubahan argilik, yang berfungsi sebagai batuan penudung panas (*clay cap*). Mulai dari kedalaman 498 m batuan mengalami ubahan hidrotermal dengan tipe *phyllitic* yang diperkirakan sebagai zona transisi dalam sistem panas bumi, dengan indikasi munculnya kelompok mineral-mineral bertemperatur tinggi, seperti : ilit dan klorit, serta berkurangnya kehadiran mineral lempung.

Batuan mempunyai permeabilitas baik (*good permeabilities*), terutama pada kedalaman 441,05 m, 462,45 m, 479,90 m, dan 516,45 m hingga kedalaman akhir (532,96 m) yang dicirikan oleh terjadinya hilang sirkulasi total (TLC) maupun hilang sirkulasi sebagian (PLC). *Drilling break* ini diduga merupakan sebagai sesar/patahan, kontak litologi, atau batuan yang belum terkonsolidasi.

Adanya anomali panas yang cukup signifikan pada sumur SR-1 (lanjutan) ini baru terlihat mulai di interval kedalaman 427 – 500 m, dan cenderung semakin panas dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini ditunjang dari data lonjakan temperatur lumpur pembilas yang menunjukkan kenaikan maksimum sebesar 4,3 °C dengan $T_{masuk} = 42,2$ °C dan $T_{keluar} = 46,5$ °C, serta data hasil pengukuran temperatur logging di kedalaman 500 m, yaitu sebesar 166,7 °C (*probe* direndam selama ± 11 jam) dan 187,6 °C dengan gradien temperatur terukur = 37,52 °C setelah *heating up* ± 3 bulan.

PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan salah satu energi alternatif yang cocok dikembangkan di wilayah Indonesia melihat besarnya potensi panas bumi yang terkandung di bawahnya dan tersebar lebih di 250 lokasi panas bumi dan sebagian tersebar di provinsi Nusa Tenggara Timur, (**Gambar 1**). Selain itu juga energi panas bumi mempunyai keunggulan sebagai energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan ramah lingkungan serta dengan berbagai pertimbangan teknik yang ada di daerah penyelidikan.

Lapangan panas bumi Mutubusa-Sokoria terletak di Pulau Flores yang secara administratif termasuk

kedalam Desa Sokoria, Kecamatan Ndonga Timur, Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur. Lokasi titik bor sumur SR-1 ini berada pada koordinat 364.261 mE 9.027.790 mN dengan ketinggian sekitar 1.072 m di atas permukaan laut (**Gambar 2**).

Telah banyak penyelidikan yang berkaitan dengan kepanasbumian di daerah Mutubusa-Sokoria ini, diantaranya: Inventarisasi manifestasi panas bumi, penyelidikan terpadu (geologi, geokimia, geofisika), dan pengeboran landaian suhu hingga pengeboran eksplorasi sumur SR-1 pada tahun anggaran 2006. Berdasarkan hasil penyelidikan di atas maka diduga di daerah Mutubusa-Sokoria ini terkandung potensi energi panas bumi yang dapat dikembangkan menjadi energi listrik dengan

memanfaatkan uap panas yang terkandung di lapisan bawah kerak bumi untuk menggerakkan turbin atau yang dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).

Pengeboran eksplorasi sumur SR-1 dimaksudkan sebagai realisasi kegiatan proyek pada tahun anggaran 2007 yang merupakan kegiatan lanjutan dari pengeboran eksplorasi SR-1 pada tahun sebelumnya (2006), oleh Pusat Sumber Daya Geologi (PMG), Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Adapun tujuannya adalah untuk memperoleh data bawah permukaan (*subsurface*) yang lebih rinci dan akurat meliputi geologi bawah permukaan (litologi, mineral ubahan hidrotermal, struktur dll.), temperatur bawah permukaan, karakteristik fluida panas bumi, dan diharapkan menembus zona reservoir panas bumi.

GEOLOGI UMUM

Daerah Ende termasuk bagian busur vulkanik Banda, yang banyak terdapat gunung api yang sebagian masih aktif, diantaranya: Ili Lewotobi Laki-laki dan perempuan (± 1584 dan 1703 m dpl), Keli Bara (± 1631 m dpl), G. Kelimutu (± 1640 m dpl), G. Iya, dan G. Mutubusa. Seluruhnya terletak di atas Formasi Kiro dan Tanahau yang mempunyai hubungan menjemari (*interfingering*) dengan Formasi Nangapanda yang berumur Tersier.

Sejarah vulkanisme di daerah ini dimulai setelah pembentukan formasi batuan sedimen berumur Tersier (Formasi Kiro, Tanahau, Nangapanda, Laka dan Waihekang). Pada Kuartir Tua terbentuk gunungapi strato yang besar (G. Mutubusa) yang menghasilkan batuan bersusunan andesitik-basaltik, batuanya diwakili oleh endapan aliran lava tua Sokoria. Erupsi gunungapi cukup besar pernah tercatat dan menghasilkan batuan piroklastika yang cukup luas dan tebal dengan komposisi riolitik hingga dasitik, (**Gambar 3**). Erupsi besar ini menghasilkan struktur kaldera berjenis *volcanotectonic depression* membentuk tapal kuda dengan radius ± 15 km membuka ke arah selatan.

Manifestasi panas bumi berupa pemunculan mata air panas dengan temperatur antara $40 - 97^{\circ}\text{C}$, pH sebagian besar netral, kecuali mata air panas

Mutubusa Low base/Nua Saga yang ber-pH= 3. Kandungan Hg berkisar antara $93 - 1.424$ ppb terdapat di sekitar kenampakan mata air panas Sokoria dengan nilai anomali Hg di daerah ini relatif tinggi. Demikian pula untuk kandungan CO_2 terkonsentrasi di sekitar pemunculan mata air panas Sokoria dan Detusoko, dengan nilai lebih besar dari 0,50%.

Berdasarkan data pengukuran *logging* temperatur dari dua sumur landaian suhu SK-1 (kedalaman akhir 160,5 m) dan SK-2 (kedalaman akhir 127 m) di lapangan panas bumi Mutubusa-Sokoria menunjukkan adanya anomali gradien temperatur sebesar 40°C dan $37,8^{\circ}\text{C}$ pada setiap kedalaman 100 m, dengan temperatur ekstrapolasi sebesar 79°C pada kedalaman 130 m dan 92°C pada kedalaman 127 m.

Hasil pengeboran eksplorasi sumur SR-1 pada tahun 2006, menunjukkan bahwa litologi sumur SR-1 disusun oleh breksi tufa terubah dan andesit terubah, dengan intensitas ubahan sedang sampai sangat kuat. Mineral-mineral ubahan tersebut antara lain : mineral lempung (kaolinit, smektit, dan montmorilonit), kalsit, kuarsa sekunder, oksida besi, pirit, klorit, dan anhidrit. Mineral-mineral ubahan tersebut masih didominasi oleh mineral-mineral lempung bertemperatur rendah (*argilic type*). Sedangkan hasil pengukuran *logging* temperatur di 255 m diperoleh temperatur ekstrapolasi sebesar 66°C dengan gradien sekitar 16°C per 100 meter.

KEGIATAN PENGEBORAN

Kegiatan pengeboran sumur eksplorasi SR-1 mempunyai kedalaman akhir 532,96 m, dengan konstruksi sumur (*casing design*) sbb : 1) Selubung $13 \frac{3}{8}$ " diset di kedalaman 34,11 m dalam lubang berdiameter $17 \frac{1}{2}$ " yang berkedalaman 36 m, 2) Selubung $10 \frac{3}{4}$ " diset di 251,90 m dengan ukuran lubang berdiameter berkedalaman 255,82 m, 3) Selubung $8 \frac{5}{8}$ " diset di kedalaman 492,63 m dengan lubang berdiameter $9 \frac{5}{8}$ " berkedalaman 517,53 m, dan 4) *Slotted liner* $5 \frac{1}{2}$ " diset di *bottom* dalam lubang berukuran $7 \frac{5}{8}$ ", (**Gambar 4**).

Selama operasi pengeboran banyak dijumpai kendala (*hole problems*), terutama banyaknya zona *loss* yang terpotong oleh lubang bor. Sebagian dapat diatasi dengan menggunakan

material loss (*micatex*, serbuk gergaji, *clay balls* dll.), sedangkan yang lain dengan sumbat semen (*cement plug*). Juga banyaknya formasi batuan yang bersifat lengket dan mengembang jika terkena air (*sticky and swelling clays*), sehingga sering terjadi *bit ballings* dan runtuhnya formasi batuan. Perselingan batuan yang relatif keras dan batuan yang relatif lunak dengan interval yang relatif pendek Rawan jepitan dikarenakan terakumulasinya serbuk bor dalam lubang selama bor buta (*blind drilling*).

GEOLOGI SUMUR

LITOLOGI

Berdasarkan analisis conto serbuk bor (*cutting*), maka dapat diketahui litologi penyusun sumur SR-1 terdiri dari tiga satuan batuan, yaitu: 1) Andesit Terubah (AT), 2) Breksi Tufa Terubah (BTT), dan 3) Breksi Andesit Terubah (BAT), (**Gambar 5**).

1) Andesit Terubah (AT)

Andesit terubah dijumpai pada interval kedalaman 255,82 - 324 m, 378 – 396 m, 402 – 408 m, 495 – 498 m, dan 507 – 510 m, dengan intensitas alterasi lemah sampai kuat (SM/TM = 15 – 75 %) yang umumnya batuan berwarna abu-abu-kehitaman, coklat-kemerahan, kehijauan, keputih-putihan, kekerasan sedang - keras, tekstur porfiritik, fenokris tersusun oleh mineral plagioklas, piroksen, dan hornblende yang tertanam dalam massa dasar afanitik dan gelas vulkanik. Batuan terubah hidrotermal menjadi mineral-mineral sekunder, yaitu : mineral lempung (smektit, montmorilonit, dan kaolin), kalsit, oksida besi, kuarsa sekunder, dengan/tanpa pirit. Serbuk bor andesit terubah ini umumnya berwarna coklat-kemerahan hasil dari proses oksidasi yang menghasilkan mineral oksida besi dalam jumlah berlimpah, getas, bertekstur porfiritik dengan mineral-mineral plagioklas, piroksen, dan hornblende sebagai fenokris tertanam dalam masa dasar afanitik dan gelas vulkanik. Hadir terutama di interval kedalaman 255 – 282 m, 297 – 300 m, dan 303 – 306 m. Sedangkan pada interval kedalaman 291 – 297 m, batuan relatif segar (*fresh*) berwarna abu-abu-kehitaman, keras-sangat keras, porfiritik halus, dengan fenokris terdiri dari plagioklas dan piroksen yang tertanam dalam masa dasar afanitik dan gelas vulkanik, berjenis andesit-basaltik. Pada

kedalaman tertentu, batuan bersifat lengket (*sticky*) sebesar 5 – 15%.

2) Breksi Tufa Terubah (BTT)

Breksi Tufa terubah banyak dijumpai pada Trayek 8 5/8” ini dengan ketebalan bervariasi mulai tiga hingga puluhan meter, yaitu mulai di interval kedalaman 324 - 369 m, 396 – 402 m, 408 – 495 m, dan 498 – 507 m. Berdasarkan ciri-ciri fisik satuan Breksi Tufa terubah umumnya berwarna abu-abu- kehitaman, kehijauan, keputih-putihan, kecoklatan, pemilahan buruk, kemas terbuka, gembur hingga padu, komponen terdiri dari fragmen andesit terubah, andesit basaltik, dan individual mineral mafik, gelas vulkanik dalam matriks berukuran abu hingga pasir, tersementasi oleh kalsit. Rasio antara komponen dan matriks bervariasi. Dalam satuan Breksi Tufa Terubah ini mineral pirit hadir dalam jumlah sedikit hingga banyak, umumnya berbentuk kubik (*cubic x-tal*) dan sedikit berbentuk pyritohedral, agregat, disseminated, hadir bersama kalsit dan kuarsa sekunder, sebagai pengisi urat-urat halus, rongga-rongga batuan dan sebagai mineral pengganti (*replacement*). Sedangkan pada interval kedalaman 450 – 456 m, satuan Breksi Tufa ini dicirikan oleh ubahan berwarna putih (*bleaching*) dan hadir mineral pirit dalam jumlah banyak (15%). Batuan umumnya bersifat lengket (*sticky*) 5 – 25 % dan mengembang (*swelling*) 5 – 10 %.

3) Breksi Andesit Terubah (BAT)

Breksi Andesit terubah ini dijumpai pada interval kedalaman 351 – 366 m dan 369 – 375 m. Deskripsi megaskopis serbuk bor, satuan ini berwarna abu-abu gelap, kehijauan, sedikit kecoklatan dan putih, kekerasan lunak-sedang, *clast-supported*, tersusun oleh fragmen andesit, matriks andesitik dengan semen kalsit. Batuan terubah oleh fluida panas bumi dengan intensitas kuat (65 - 75%), relik mineral primer sulit dibedakan, relik fragmen dan matriks masih bisa dibedakan. Fragmen andesit, berwarna abu-abu, kehijauan, coklat-kemerahan, porfiritik, fenokris plagioklas dan piroksen tertanam dalam massa dasar halus dan gelas vulkanik. Fenokris plagioklas dan piroksen terubah kuat menjadi lempung (Cl), oksida besi (IO), kalsit, dan kuarsa sekunder (SQ). Matriks andesitik, berwarna abu-abu, kehitaman, kehijauan, terubah dominan menjadi menjadi lempung (montmorilonit dan smektit), bersifat lengket (20%) dan mengembang

(5-10%). Sebagian rekahan dan rongga antar butir terisi oleh kalsit dan sedikit kuarsa sekunder.

Berdasarkan hasil analisis petrografi dari empat contoh sayatan tipis (*thin section*), maka litologi penyusun batuan sumur SR-1 terdiri dari lava berjenis Andesit dan Tufa yang telah mengalami ubahan hidrotermal dengan tingkat ubahan mulai dari lemah hingga sangat kuat dengan ineral ubahan di dominasi mineral lempung, hadir pula mineral kalsit umumnya sebagai pengisi rekahan dan rongga, sedangkan mineral klorit dijumpai sebagai *replacement* dari mineral piroksen dan plagioklas. Masa dasar terdiri atas mikrolit-mikrolit yang didominasi oleh plagioklas serta gelas vulkanik, banyak berubah menjadi mineral lempung, kuarsa, dan kalsit.

JENIS BATUAN UBAHAN

Hasil analisis megaskopis sebanyak 87 contoh serbuk bor dari kedalaman 255.82 - 516 meter menunjukkan batuan telah mengalami ubahan hidrotermal, mineral-mineral ubahan dalam contoh batuan tersebut, secara lebih rinci dibahas sebagai berikut.

- **Mineral lempung**, (3 - 50 % dari total mineral), hadir disemua kedalaman, terdiri dari jenis smektit, montmorilonit, dan kaolinit. Kehadiran mineral lempung ini terutama sebagai hasil proses argilitisasi terhadap mineral primer (plagioklas, piroksen) dan gelas vulkanik.
- **Kalsit** (3 - 20 % dari total mineral), hadir di semua kedalaman, umumnya dalam jumlah yang banyak, sebagai hasil ubahan/*replacement* dari mineral feldspar dan gelas vulkanik dan sebagai pengisi urat-urat halus dan rekahan batuan.
- **Oksida besi**, (2 - 50 % dari total mineral), dijumpai hampir di semua kedalaman. Hadir sebagai hasil *replacement* dari mineral piroksen, hornblende dan gelas vulkanik dan sebagai pengisi urat-urat halus dan rekahan batuan.
- **Kuarsa sekunder**, (2 - 23 % dari total mineral), hadir di semua kedalaman, sebagai *replacement* dari plagioklas dan sebagai hasil devitrifikasi terhadap gelas vulkanik dan sebagai pengisi urat-urat halus dan rekahan batuan.

- **Pirit**, (0 - 15 % dari total mineral), hadir mulai di kedalaman 396 m, hadir dalam jumlah sedikit hingga berlimpah, terutama di kedalaman 450 - 456 m, dominan dalam bentuk kristal kubik dan sedikit berbentuk pyritohedral, berupa agregat, *disseminated*, sebagai hasil ubahan/*replacement* dari mineral gelap seperti piroksen dan gelas vulkanik dan sebagai pengisi urat-urat halus dan rongga-rongga batuan bersama kalsit dan kuarsa sekunder.
- **Klorit**, (0 - 2 % dari total mineral), dijumpai baru pada kedalaman 510 - 516 m dalam jumlah sedikit. Sebagai mineral pengganti terutama dari plagioklas.

Berdasarkan hasil analisis PIMA (*Portable Infrared Mineral Analyser*) terhadap 12 contoh serbuk bor sumur SR-1, diperoleh hasil mineral ubahan sebagai berikut : Montmorilonit, nakrit, ankerit, kalsit, opal, ilit, dan klorit.

INTENSITAS UBAHAN

Batuan penyusun sumur eksplorasi SR-1 (lanjutan) mulai dari kedalaman 255,82 hingga 516 meter telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas ubahan mulai dari lemah hingga sangat kuat ($S^{SM}/T^{TM}=15 - 80\%$) oleh proses ubahan argilitisasi (smektit, montmorilonit, kaolinit), oksidasi, silisifikasi/devitrifikasi, dengan/tanpa piritisasi, karbonatisasi, ilitisasi, dan kloritisasi.

TIPE UBAHAN

Secara keseluruhan litologi sumur eksplorasi SR-1 (lanjutan) dari interval kedalaman 255.82 - 498 meter telah mengalami ubahan hidrotermal dengan tipe ubahan *argillic*, yang berfungsi sebagai batuan penutup panas (*clay cap*) dan mulai kedalaman 498 m batuan mengalami ubahan hidrotermal dengan tipe *phyllic* yang diperkirakan sebagai zona transisi dalam sistem panas bumi, dengan indikasi mulai munculnya mineral-mineral bertemperatur tinggi, seperti : ilit dan klorit, serta berkurangnya kehadiran mineral lempung.

STRUKTUR GEOLOGI

Kehadiran struktur geologi pada sumur pengeboran panas bumi dapat ditafsirkan dari beberapa ciri struktur seperti sifat fisik batuan (milonitisasi) yang dikombinasikan dengan data

pengeboran seperti adanya hilang sirkulasi (PLC/TLC) dan terjadinya *drilling break*.

Selama kegiatan pengeboran sumur eksplorasi SR-1 (lanjutan), banyak terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas baik parsial maupun total (PLC dan TLC). Besarnya PLC antara 5 – 350 lpm (liter per menit), sedangkan TLC lebih besar dari 480 dan 600 lpm, (**Tabel 1**). Adanya *loss* tersebut menunjukkan batuan mempunyai permeabilitas tinggi yang diduga sebagai rekahan-rekahan batuan atau adanya bidang kontak litologi pada kedalaman tersebut hal ini didukung oleh data-data dari parameter bor seperti : turunnya tekanan pompa secara drastis, bahkan tekanan = 0 KSc jika terjadi TLC dan adanya *drilling break*.

TEMPERATUR LUMPUR PEMBILAS

Hasil pemantauan temperatur lumpur pembilas masuk (*Tin*) dan keluar (*Tout*) dari kedalaman 255 hingga 517 m masing-masing sebesar 34,5 – 46,5 °C dan 34,9 – 46,9 °C, dengan perbedaan temperatur masuk dan keluar sebesar 0,2 – 4,3 °C. Lonjakan temperatur yang cukup berarti terutama mulai di interval kedalaman 427 m hingga kedalaman 516 m, yaitu sebesar 2 – 4,3 °C, dengan temperatur lumpur masuk = 34,4 – 46,5 °C dan keluar = 34,9 – 48,3 °C.

HASIL PENGUKURAN WELL LOGGING

Pengukuran *logging* temperatur ke-1 dilakukan sebelum set casing 8 5/8" yaitu pada kedalaman 500 m. Hasil pengukuran T-Logging di kedalaman 500 m, temperatur terukur 68,3 °C, sedangkan temperatur maksimum sebesar 166,7 °C setelah *probe* direndam selama sekitar 11 Jam (**Gambar 6**). Sedangkan pengukuran logging tahap ke-2 dilakukan setelah *heating up* selama lebih dari 75 hari, yaitu di kedalaman 400 m dan 500 m. Hasil pengukuran logging temperatur di kedalaman 400 m adalah 139,10 °C, dengan gradient temperatur > 36 °C (**Gambar 7**). Pengujian berikutnya dilaksanakan di kedalaman 500 m, temperatur terukur 187,6 °C dan gradien temperatur terukur = 37,52 °C (**Gambar 8**).

DISKUSI

Satuan batuan penyusun sumur SR-1 (lanjutan) terdiri dari tiga satuan batuan, yaitu : 1) Andesit Terubah, 2) Breksi Tufa Terubah, dan 3) Breksi Andesit Terubah. Berdasarkan karakteristik

litologi dan genesa dari batuan tersebut, diperkirakan batuan tersebut berasal dari G. Mutubusa berupa aliran lava berjenis Andesit dan Andesit-Basaltis dan aliran piroklastika (Breksi Tufa). G. Mutubusa ini merupakan gunungapi strato yang produk erupsinya dicirikan oleh adanya perselingan satuan aliran lava dan piroklastika. Berdasarkan deskripsi dari serbuk bor (*cutting*) sumur SR-1, menunjukkan satuan batuan Breksi Tufa Terubah terdiri dari beberapa *sequences* batuan yang menunjukkan periode letusan G. Mutubusa telah terjadi berkali-kali. Sedangkan aliran lava merupakan produk efusif dari G. Mutubusa yang menghasilkan komposisi batuan yang sedikit berbeda, yaitu Andesit dan Andesit-Basaltis.

Satuan batuan tersebut hampir seluruhnya telah mengalami ubahan oleh fluida hidrotermal, dengan intensitas kuat hingga sangat kuat, kecuali pada interval kedalaman 291 – 297 m batuan relatif segar (*fresh rock*). Sedangkan pada interval kedalaman 450 – 456 m, pada satuan Breksi Tufa ini dicirikan oleh ubahan berwarna putih (*bleaching*) dan hadir mineral pirit dalam jumlah banyak (15%). Mineral-mineral ubahan sampai kedalaman sekitar 500 m, masih didominasi oleh mineral lempung (smektit, montmorilonit, kaolinit), mineral lainnya yang hadir dalam jumlah cukup banyak, yaitu mineral kalsit, pirit, dan oksida besi. Mineral pirit umumnya hadir dalam bentuk *cubic x-tal* dan sedikit dalam bentuk pyritohedral, hadir berupa agregat, *disseminated*, berasosiasi dengan kalsit dan kuarsa sekunder, sebagai mineral pengganti (*replacement*) dan pengisi rekahan-rekahan batuan. Mineral-mineral ubahan bertemperatur tinggi pada sumur SR-1 ini mulai muncul di kedalaman 498 m yang diwakili oleh mineral ilit dan klorit dalam jumlah sedikit dengan temperatur diperkirakan sekitar 180 – 220 °C.

Secara umum batuan penyusun sumur SR-1 bersifat lengket (*sticky* : 5 – 25 %) dan mengembang (*swelling* : 5 – 10 %). Berdasarkan kelompok mineral ubahan yang hadir maka jenis ubahan yang dijumpai dalam sumur SR-1 (lanjutan) dari interval kedalaman 255.82 – 498 meter telah mengalami ubahan hidrotermal dengan tipe ubahan *argillic*, yang dapat dikelompokkan kedalam lapisan penudung panas (*clay cap*) yang berfungsi menahan fluida panas bumi pada lapisan reservoir sehingga tidak mudah keluar. Sedangkan pada interval kedalaman 498 m hingga kedalaman akhir, batuan mengalami ubahan hidrotermal

dengan tipe *phyllic* yang diperkirakan sebagai zona transisi dalam sistem panas bumi, dengan indikasi mulai munculnya mineral-mineral bertemperatur tinggi, seperti : illit dan klorit, serta berkurangnya kehadiran mineral lempung. Hal ini didukung oleh data pengukuran logging temperatur di kedalaman 500 m, yang menunjukkan temperatur terukur sebesar 68,3 °C dan 166,7 °C setelah *probe* direndam ± 11 jam dan data lonjakan temperatur lumpur pembilas memnunjukkan perbedaan yan cukup signifikan, yaitu 4,3 °C dan mempunyai kecenderungan terus menaik.

Berdasarkan kehadiran mineral-mineral ubahan tersebut di atas, diperkirakan fluida panas bumi di sumur SR-1 cenderung bersifat netral dan diperkirakan terdapat bocoran fluida relatif asam, sehingga di beberapa interval kedalaman tertentu dijumpai adanya sedikit pencampuran kedua jenis fluida panas bumi tersebut.

Seringnya terjadi hilang sirkulasi baik PLC dan TLC pada pengeboran eksplorasi ini menunjukkan sumur telah memotong batuan berpermeabilitas baik (*good permeabilities*), terutama pada kedalaman 441,05 m, 462,45 m, 479,90 m, dan 516,45 m hingga kedalaman akhir (532,96 m). Zona permeabilitas tinggi tersebut diduga disebabkan oleh adanya rekahan-rekahan batuan dan rongga-rongga batuan akibat dari adanya struktur sesar/patahan dan kontak litologi.

Adanya anomali gradien panas yang cukup signifikan pada sumur SR-1 ini, mulai terlihat di interval kedalaman 427 – 500 m, dan cenderung semakin panas dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini berdasarkan data lonjakan temperatur lumpur pembilas yang menunjukkan kenaikan maksimum sebesar 4,3 °C dengan $T_{\text{masuk}} = 42,2$ °C dan $T_{\text{keluar}} = 46,5$ °C dan ditunjang dengan data hasil pengukuran temperatur logging terakhir (*heating up* ± 3 bulan) di kedalaman 400 dan 500 m, yaitu sebesar 139,10 °C, dengan gradient temperatur > 36 °C dan 187,6 °C dengan gradient temperatur terukur = 37,52 °C.

Operasi pengeboran eksplorasi sumur SR-1 (lanjutan) ini dihentikan pada kedalaman akhir 532,96 m dengan pertimbangan kendala-kendala teknis di lapangan dan untuk menghindari jepitan yang fatal (*stuck pipe*), seperti telah terjadinya jepitan sebanyak dua kali pada stang bor yang disebabkan pengeboran dilakukan dengan cara bor buta, sehingga serbuk bor tidak ada yang naik ke

permukaan dan tidak seluruhnya dapat masuk kedalam rekahan-rekahan batuan yang ada, hal ini berpotensi menjepit stang bor, serta debit air di lokasi yang tidak mencukupi (± 100 - 150 lpm) untuk kegiatan pengeboran eksplorasi dengan cara bor buta yang membutuhkan air dalam jumlah yang banyak (> 700 lpm).

Data terakhir sumur setelah *heating up* (pemanasan) selama lebih kurang 1 bulan terdapat tekanan di kepala sumur (TKS) maksimum yang terbaca yaitu sebesar 0,35 KSc. Tekanan tersebut sangat kecil, kemungkinan hanya merupakan hasil akumulasi gas CO₂ dalam sumur saja sehingga diperkirakan temperatur fluida panas bumi di sumur SR-1 sampai kedalaman akhir belum cukup tinggi untuk membentuk uap, sehingga tidak terjadi semburan di sumur SR-1 **Gambar 9**.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian dalam bab-bab sebelumnya dapat dibuat beberapa kesimpulan dari pengeboran sumur eksplorasi SR-1 ini.

- Lapisan batuan terdiri dari 1). Andesit Terubah, 2). Breksi Tufa Terubah, dan 3). Breksi Andesit Terubah. Berdasarkan karakteristik litologi dan genesanya batuan tersebut satuan batuan tersebut diduga berasal dari G. Mutubusa berupa aliran lava berjenis Andesit dan Andesit-Basaltis dan aliran piroklastika.
- Batuan umumnya bersifat lengket (*sticky* : 5 – 25 %) dan mengembang (*swelling* : 5 – 10 %).
- Mineral-mineral ubahan yang hadir masih didominasi oleh mineral lempung (smektit, montmorilonit, kaolinit), mineral lainnya yang juga hadir dalam jumlah cukup banyak, yaitu mineral kalsit, pirit, dan oksida besi. Sedangkan mineral kuarsa sekunder, illit, dan klorit dalam jumlah sedikit.
- Berdasarkan kelompok mineral ubahan yang hadir hingga kedalaman 498 m, dapat dikelompokkan kedalam lapisan penudung panas (*clay cap*) dengan tipe ubahan *argillic* dan selanjutnya mulai dari kedalaman 498 m hingga kedalaman akhir, diperkirakan sebagai zona transisi dengan tipe ubahan *phyllic*, dengan indikasi mulai munculnya kelompok mineral-mineral bertemperatur tinggi, seperti : illit dan klorit, serta berkurangnya kehadiran mineral lempung.

- e) Batuan berpermeabilitas baik (*good permeabilities*), terutama dijumpai pada kedalaman 441,05 m, 462,45 m, 479,90 m, dan 516,45 m hingga kedalaman akhir (532,96 m), yang diperkirakan berupa rekahan-rekahan dan rongga-rongga batuan akibat adanya struktur sesar dan kontak litologi yang terpotong sumur SR-1.
- f) Lonjakan temperatur lumpur pembilas yang menunjukkan kenaikan maksimum sebesar 4,3 °C dengan $T_{masuk} = 42,2$ °C dan $T_{keluar} = 46,5$ °C.
- g) Pengukuran temperatur logging di kedalaman 500 m, yaitu sebesar 166,7 °C (T_{probe} direndam ± 11 jam) dan hasil pengukuran logging terakhir di kedalaman 500 m setelah *heating up* ± 75 hari adalah 187,6 °C dengan gradien temperatur terukur = 37,52 °C
- h) Pengeboran eksplorasi SR-1 (lanjutan) dihentikan pada kedalaman akhir 532,96 m dengan pertimbangan kendala teknis di lapangan.

SARAN

Pemantauan tekanan di kepala sumur (TKS) SR-1 sebaiknya tetap dilakukan guna mengetahui perkembangan kondisi sumur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Bain, R.W. (1964) *Steam Tables. Physical Properties of Water and Steam (0 – 800 °C and 0-100 bars)*. Published by Her Majesty's Stationery Office, p. 147.

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

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

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

-----, 1994, *An Introduction to Hydrothermal Alteration, Geothermal System and Technology Course*, 15 August-2 Sept 1994, Pertamina in Cooperation with Uniservices of the University of Auckland and Yayasan Patra Cendekia, Cirebon, Jawa Barat.

-----, 1995, *Hydrothermal Alteration and Geothermal Systems*, Lecture of geothermal student, Auckland University. NZ.

Chasin, M., 1974, *Inventarisasi Kenampakan Gejala Panas Bumi Daerah Flores*, Direktorat Vulkanologi

Dedi Kusnadi dkk., 1991, *Penelitian Geokimia Dengan Metode Hg dan CO₂ Daerah Mutubusa dan Sekitarnya, Kabupaten Ende, NTT*, Direktorat Vulkanologi

Kastiman, S. dan Dani A., 2003, *Technical and Cost Proposal of The Sokoria Geothermal Development, Ende, Flores-NTT*

PT PLN (PERSERO), 1996, *Studi Geosains PLTP Mini Sokoria, Ende, Flores, NTT, Laporan Akhir, Volume 2*

Suparman, 2005, *Proposal Operasi Pemboran Sumur Eksplorasi MT-5 dan MT-6, Lapangan panas bumi Mataloko, Ngada, NTT*, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral

Suparman, dkk., 2006, *Pengeboran Eksplorasi Sumur SR-1, Lapangan panas bumi Mutubusa-Sokoria, Kabupaten Ende, NTT, Pusat Sumber Daya Geologi*

Zulkifli Boegis, dkk., 2004: *Laporan Survei Sumur Landaian Suhu Sumur SR-1 Lapangan Panas bumi Mutubusa-Sokoria, Kabupaten Ende-Nusa Tenggara Timur, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral*

-----, 2004: *Laporan Survei Sumur Landaian Suhu Sumur Lapangan Panas Bumi Mutubusa-Sokoria, Kabupaten Ende-Nusa Tenggara Timur, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral.*

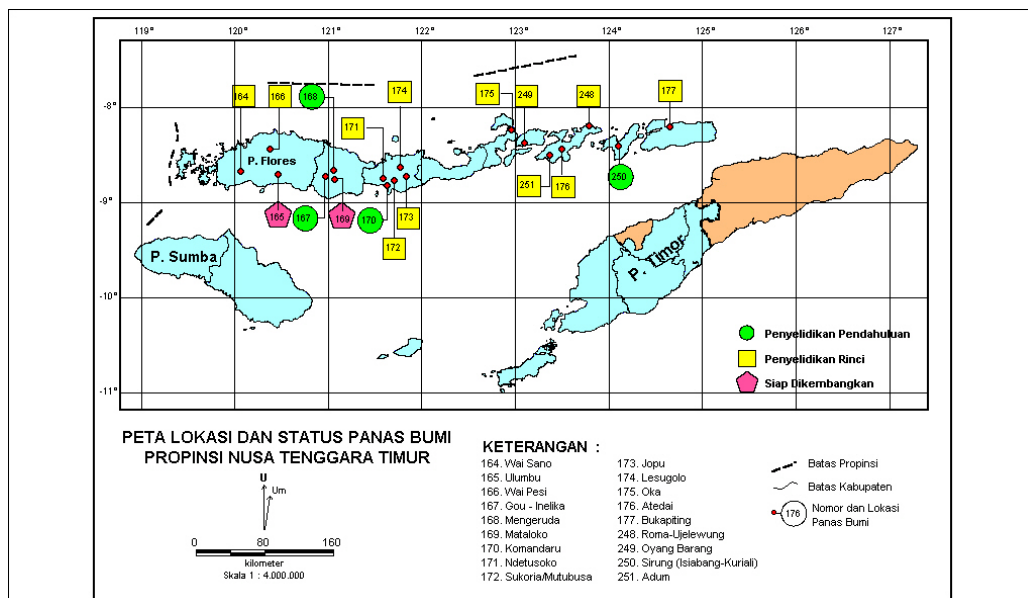
PROCEEDING PEMAPARAN HASIL KEGIATAN LAPANGAN DAN NON LAPANGAN TAHUN 2007
PUSAT SUMBER DAYA GEOLOGI

Tabel 1. Hilang Sirkulasi Lumpur Pembilas di Sumur Eksplorasi SR-1 (lanjutan), Mutu Busa – Sokoria, Ende – NTT

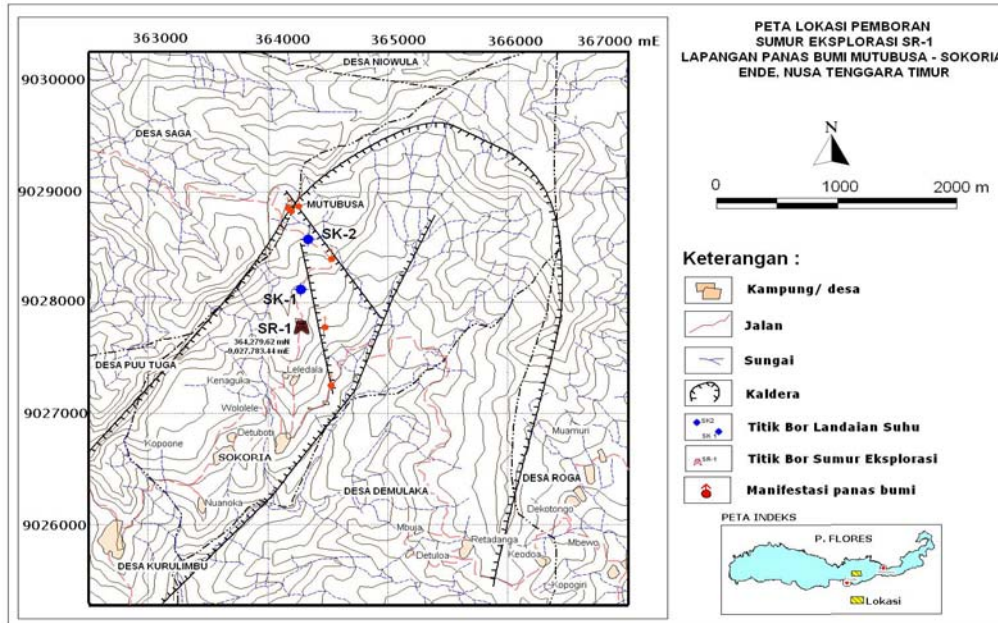
No.	KEDALAMAN (meter)	HILANG SIKRULASI		TEKANAN (KSc)	KETERANGAN
		SEBAGIAN	TOTAL		
1.	259 - 263	350	-	5 - 6	Semen sumbat
2.	441.05	-	> 480	0	Lumpur kental + <i>Micatex</i>
3.	441.05 – 448	10 - 30	-	7	Lumpur kental + <i>Micatex</i>
4.	462.45	-	> 570	0	Semen sumbat
5.	479.9	-	> 600	0	Semen sumbat
6.	479.90 - 484	100	-	5	Semen sumbat
7.	516.45	-	> 600	0	<i>Clay balls</i> + Bata Merah

Tabel 2. Lonjakan Temperatur Lumpur Pembilas di Sumur Eksplorasi SR-1 (lanjutan), Mutu Busa – Sokoria, Ende – NTT

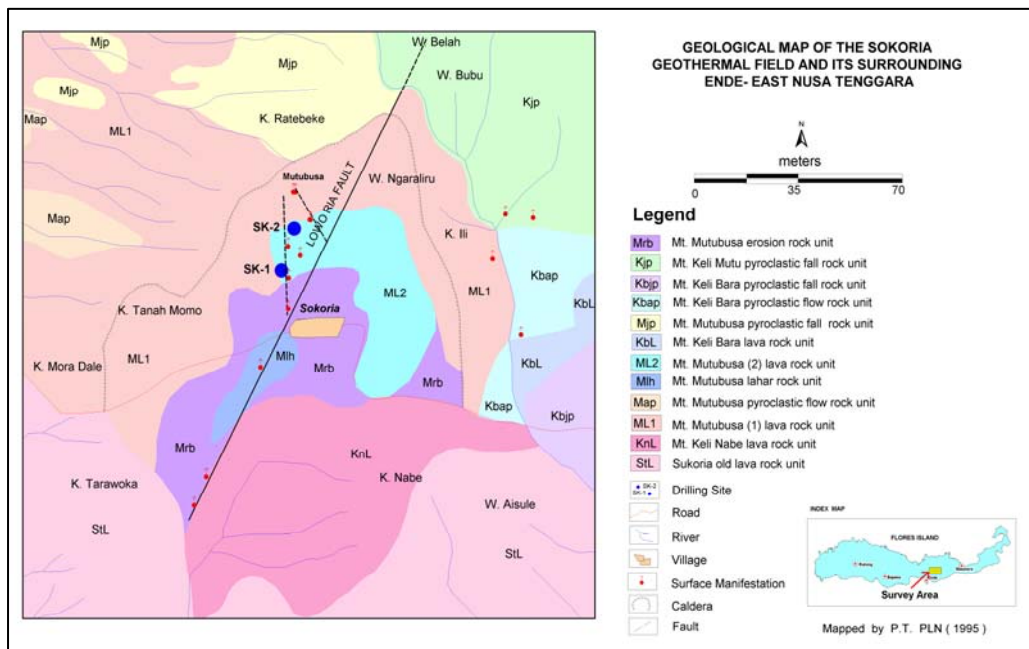
Kedalaman (meter)	Temperatur (°C)		ΔT (°C)
	<i>in</i>	<i>out</i>	
255 - 356	34.5 – 42.6	34.9 – 43.7	< 1
356 - 427	40.0 – 45.8	40.8 – 47.7	0.8 – 2.0
427 - 500	36.8 – 46.5	39.8 – 48.3	2.0 – 3.3
500 - 517	39.4 – 44.2	44.0 – 46.9	3.0 – 4.3



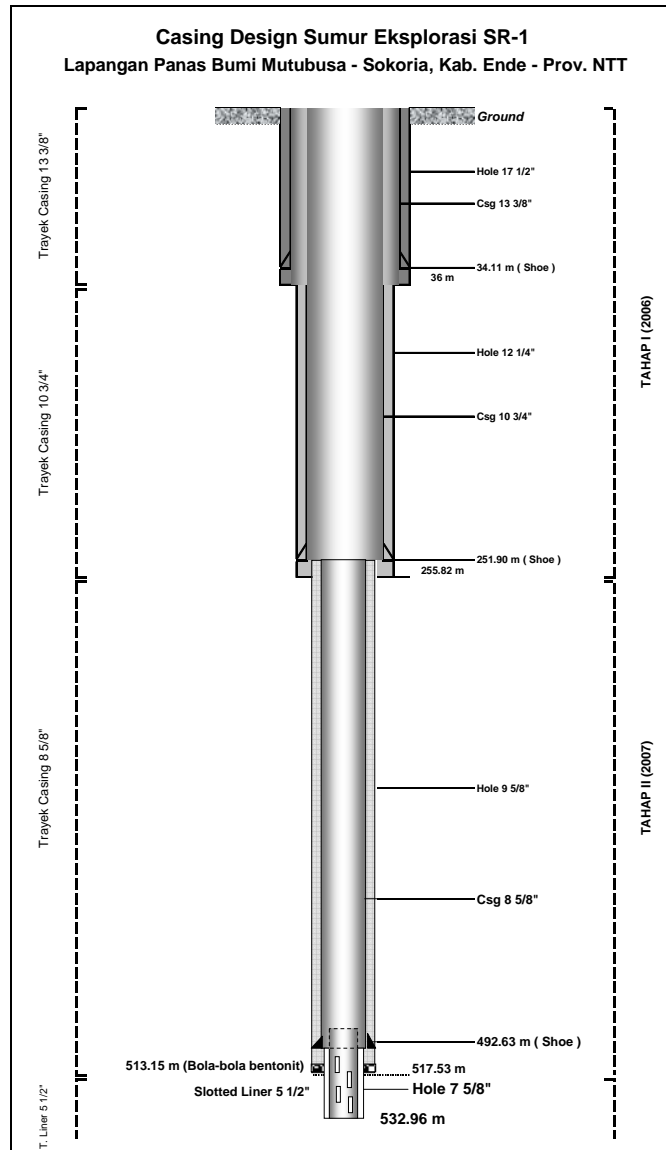
Gambar 1. Peta penyebaran panas bumi di Provinsi Nusa Tenggara Timur.



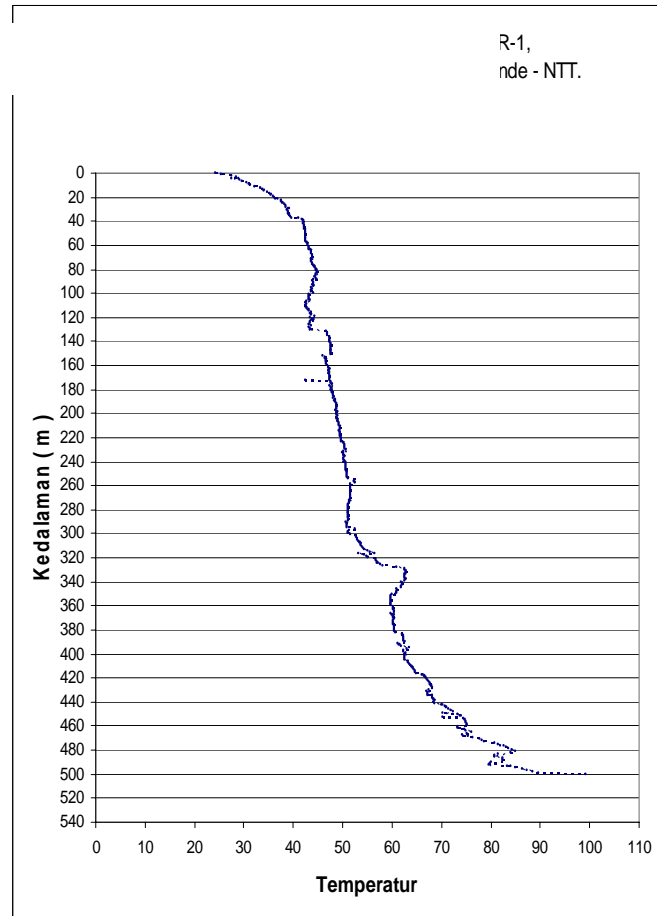
Gambar 2. Peta lokasi pengeboran sumur eksplorasi SR-1, lapangan panas bumi Mutubusa – Sokoria, Kab. Ende - NTT.



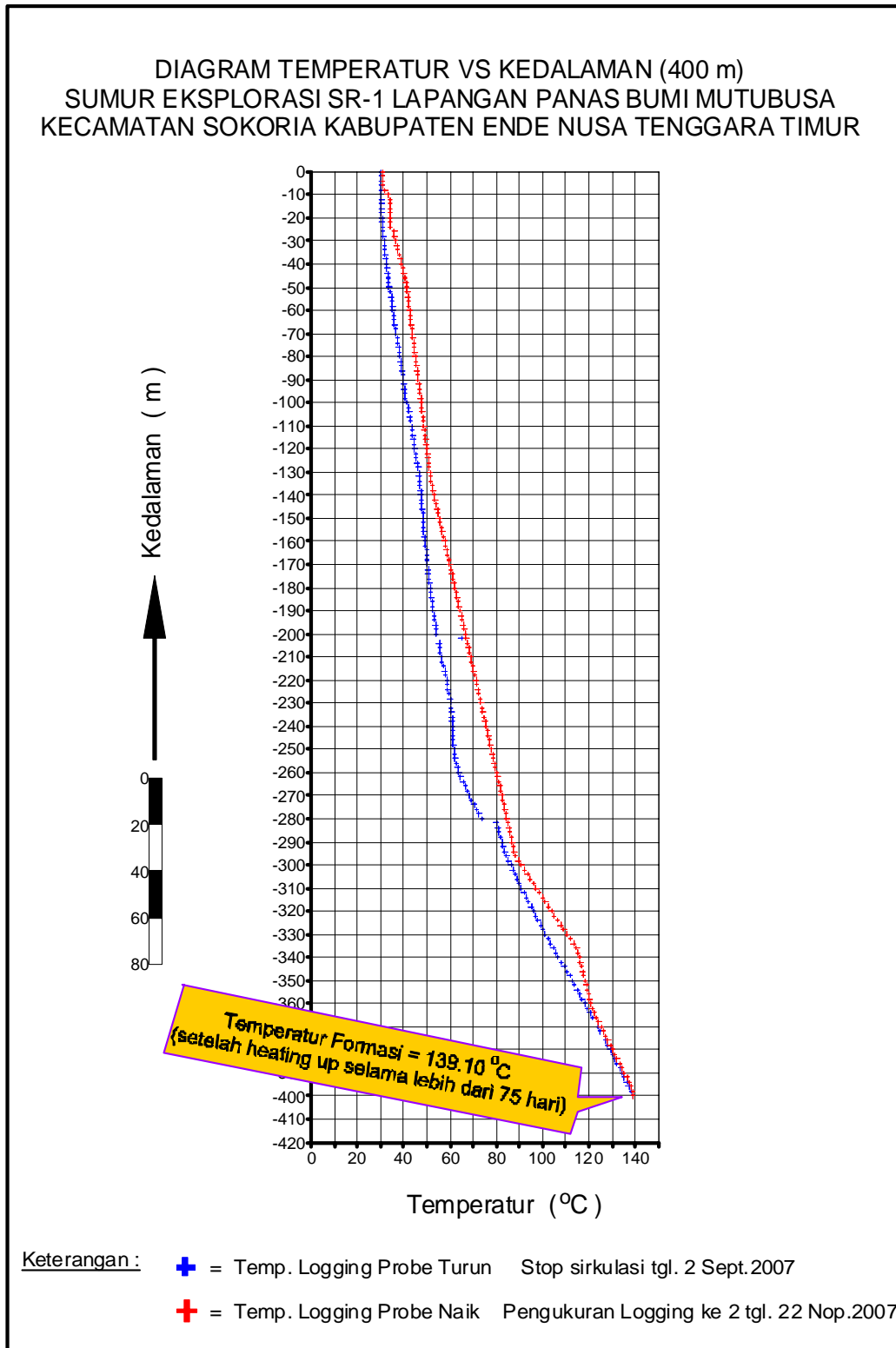
Gambar 3. Peta geologi daerah Mutubusa – Sokoria, Kab. Ende - NTT.



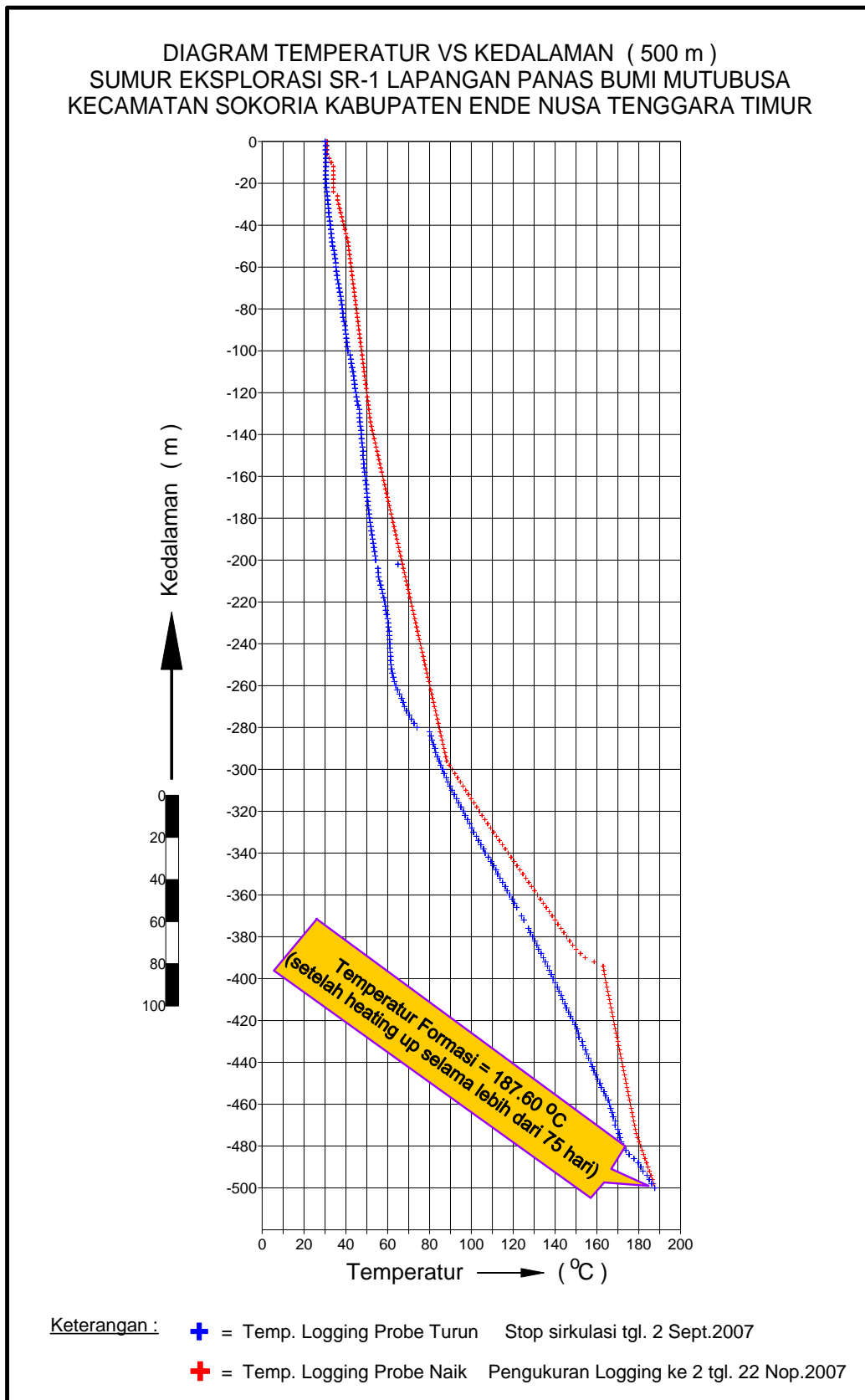
Gambar 4. Casing design sumur eksplorasi SR-1, Mutubusa-Sokoria.



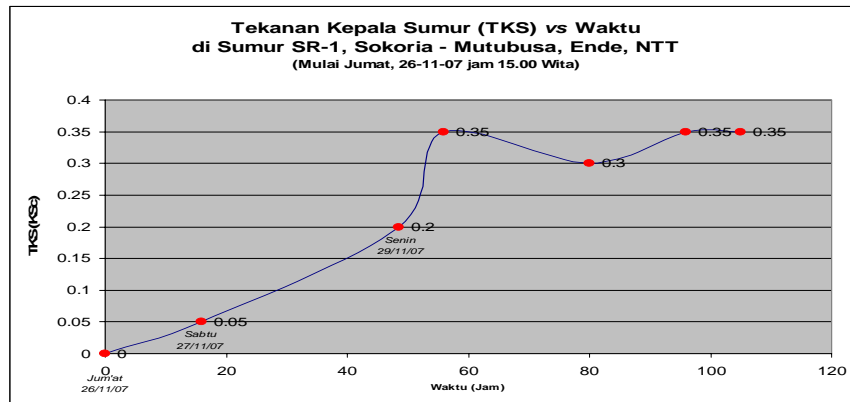
Gambar 6. Temperatur *logging* di sumur eksplorasi SR-1 (500 m), Mutubusa-Sokoria.



Gambar 7. Diagram T VS Kedalaman (400 m) Sumur Eksplorasi SR-1.



Gambar 8. Diagram T VS Kedalaman (500 m) Sumur Eksplorasi SR-1



Gambar 9. Pemantauan Tekanan Kepala Sumur SR-1.