

GEOLOGI DAN UBAHAN HIDROTERMAL SUMUR DANGKAL SWW-2 LAPANGAN PANAS BUMI SUWAWA, BONEBOLANGO - GORONTALO

Oleh :

Fredy Nanlohi

Kelompok Program Penelitian Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi

S a r i

Stratigrafi sumur SWW-2 tersusun oleh endapan aluvial (0-50 m), endapan piroklastika (50-57,5 m) dan andesit terubah (57,5-250 m). Gejala struktur sesar ditemukan pada kedalaman 140-145 m dan 200-210 m dicirikan oleh adanya zona hancuran dan milonitisasi.

Ubahan hidrotermal dengan intensitas kuat hingga sangat kuat mulai terjadi dari kedalaman 57,5 hingga kedalaman 250 m, disebabkan oleh proses argilitisasi, oksidasi, anhidritisasi dengan/ tanpa kloritisasi, karbonatisasi, piritisasi, zeolitisasi illitisasi dan epidotisasi. Pembentukan batuan ubahan sebagai hasil replacement dari mineral utama pada batuan dan matrik/masa dasar batuan, sebagian terbentuk sebagai urat-urat pengisi rekahan pada batuan (vein) dan vug (pengisi rongga pada batuan). Intensitas ubahan lemah hingga sangat kuat (Perbandingan mineral ubahan terhadap total mineral dalam batuan atau SM/TM = 20-85%). Epidot mulai ditemukan pada kedalaman 125 m, kehadirannya sebagai replacement, terbentuk pada temperatur 230°C dan sebagai vein serta vug terbentuk pada temperatur 260-280°C. Biotit ditemukan dari kedalaman 100-200 m, dapat terbentuk pada 220 °C hingga lebih dari 325°C. Pembentukan mineral ubahan temperatur tinggi ini terjadi karena fluida panas bumi naik hingga kedalaman yang dangkal melalui rekahan-rekahan yang terbentuk oleh pergerakan sesar normal Lombongo dan Duano.

Telah terjadi penurunan temperatur reservoir sejak pembentukan mineral temperatur tinggi tersebut disbanding dengan kondisi temperature aktual sumur saat ini.

Batuan dari kedalaman 0-57,5 m belum mengalami ubahan hidrotermal sampai terubah lemah bersifat sebagai lapisan penutup atau overburden. Dari kedalaman 57,5-90 m merupakan andesit terubah dengan tipe ubahan argilik berfungsi sebagai batuan penudung (cap rock/clay cap). Batuan dari kedalaman 90-125 m adalah andesit terubah dengan tipe ubahan phyllic merupakan zona transisi dan batuan dari kedalaman 125-250 m adalah batuan andesit terubah dengan tipe ubahan propylitic sebagai zona reservoir, dicirikan oleh kehadiran mineral epidot, zeolit, klorit, kuarsa dan mineral lainnya..

Abstract

The stratigraphic of SWW-2 shallow well contain of Alluvial (0-50 m), pyroclastic deposit (50-57.5 m) and altered of andesite (57,5-250 m). Fault structures shown in the depth of 140-145 m and 200-210 m, indicated by broken and millonite zones.

Hydrothermal alteration with intens to very intens begin from depth of 57.5 m to 250 m, because of argillitization, oxidation, anhydritization with/without chloritization, carbonatization, pyritization, zeolithization, illitization and epidotization processes. The originated of altered mineral is as replacement of preliminary rock minerals and matrix/groundmass, as veins and vug. The intencity of alteration are from weak altered to very intens altered (SM/TM = 20-85%). Epidot shawn from the depth of 125 m to 250 m as a replacement occured at temperature of 230°C, as vein and vug at temperature of 260-280°C. Biotite occurred at temperatures of 220°C to more than 325°C, shawn in 100 to 200 m depth. The high temperature of altered mineral probably occurred because of geothermal fluids up from underground to shallow depth through fractures zone as movement effect of the Lombongo and Duano normal fault. Cooling down temperature was originated since the occurrence of high temperature mineral to the actual temperature well up now.

The rock units from surface to 57,5 m depth are unaltered to weak altered rock as overburden, from 57.5m to 90 m depth are altered andesite with argillic type of alteration, as cap rock/clay cap, from the depth of 90 m to 125 m are andesite with phyllic type as transition zone and from 125 m to 250 m depth are andesite with propylitic type as reservoir zone, characteristic by occurence of epidot, zeolith, chlorite, quartz and others high altered minerals.

PENDAHULUAN

Pengeboran sumur landaian suhu SWW - 2 dilakukan pada bagian dari lengan utara Sulawesi, tepatnya di Dusun Buhaa, Desa Lombongo, Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bonebolango, Provinsi Gorontalo. Secara geografis lokasi sumur landaian suhu SWW-2 terletak pada posisi 123° 10' 18,893" Bujur Timur dan 00° 32' 1,315" Lintang Utara. atau pada posisi koordinat UTM: X = 519129 mE dan Y = 58990 mN (zona UTM 51, N), dengan ketinggian 27 m di atas permukaan laut. Lokasi sumur landaian suhu SWW-2 terletak pada morfologi pedataran, yang merupakan daerah teras sungai Bone (Gb 1).

Sumur SWW-2 merupakan sumur dangkal kedua yang dibor di daerah panas bumi Suwawa. Ada perbedaan geologi dan ubahan hidrotermal antara sumur dangkal SWW-1 dan SWW-2. Ubahan pada sumur SWW-2 lebih lengkap mulai dari tipe ubahan argilik hingga tipe ubahan transisi/Phyllic. Litologi didominasi oleh endapan aliran lava berumur Tersier. Kemungkinan sistim reservoir antara sumur SWW-1 dan SWW-2 berbeda.

GEOLOGI

Geologi Permukaan

Hasil pemetaan geologi permukaan (Tim Penyelidikan Terpadu DIM, 2005) menunjukkan bahwa stratigrafi daerah panas bumi Suwawa dapat dibagi kedalam 6 satuan batuan (Gb 2);, urut-urutannya dari tua ke muda adalah : Satuan batuan lava Polohungo (Tml), Satuan batuan breksi tuf Taloggita (Tmbt), Satuan batuan granitik (Tmg), Satuan batuan breksi vulkanik Bongo (Qbv), Satuan batuan gamping terumbu/koral (Qgt) dan Satuan batuan aluvium (Qal).

Terdapat sedikitnya tiga buah sesar utama yang mengontrol pemunculan manifestasi panas bumi di daerah Suwawa yaitu sesar normal Lombongo, sesar normal Duano berarah barat laut tenggara sebagai pengontrol pemunculan manifestasi panas bumi kelompok Lombongo. Sesar normal Libungo berarah timur-barat sebagai pengontrol pemunculan manifestasi panas bumi Libungo.

Geologi Sumur

Hasil analisis megaskopis serbuk bor (cutting) dan inti bor (coring) sumur dangkal SWW-2, menunjukkan bahwa sumur ini disusun oleh (dari tua ke muda) andesit terubah (AT), endapan piroklastika (EP), breksi polimik (BP) dan endapan aluvial (Al).

Berikut ini adalah bahasan rinci mengenai litologi sumur SWW-2, dari tua ke muda (Tabel 1 dan Gb. 3)

Andesit Terubah (AT)

Ditemukan dari kedalaman 57,5 hingga kedalaman 250 m, batuan berwarna abu-abu hingga coklat kemerahan, kadang-kadang kehijauan, kristalin berbutir sedang hingga kasar, tekstur porfiritik, fenokris terdiri dari relik plagioklas, piroksen dan hornblende, tertanam dalam masa dasar mikrolit relik plagioklas, piroksen dan hornblende. Batuan andesit yang ditemukan di xdaerah ini diduga sebagai tubuh tua dari batuan vulkanik purba, kemungkinan berumur Tersier.

Endapan Piroklastika (EP)

Ditemukan mulai kedalaman 50m hingga kedalaman 57,5 m. Terdiri dari abu vulkanik (55-57,5 m), aliran piroklastika dengan fragmen batu apung (50-55 m). Tidak diketahui dengan jelas sumber asal batuan vulkanik ini. Kemungkinan merupakan batuan vulkanik tua berumur Tersier.

Endapan Aluvial (Al)

Batuan berwarna abu-abu kotor, terdiri dari bermacam-macam jenis batuan hasil pelapukan dari batuan yang lebih tua dalam berbagai ukuran mulai dari lumpur, pasir, krakal hingga bongkah. Batuan bersifat lepas (unconsolidated materials), terdiri dari andesit/diorit dan dasit/granodiorit serta material pasir lepas. Merupakan endapan teras sungai yang cukup tebal, bersifat poros dan permeable. Endapan aluvial ini ditemukan dari permukaan hingga kedalaman 40 m, endapan aluvial ini belum mengalami ubahan hidrotermal, tetapi beberapa fragmen batuan telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas lemah hingga kuat.

Struktur Geologi

Gejala struktur geologi pada sumur bor dapat diindikasikan dari adanya breksiasi, milonitisasi, adanya hilang sirkulasi pada lumpur pembilas (loss total/TLC atau loss sebagian/PLC), adanya driling break dan lain sebagainya.

Pada kedalaman 140-145 m dan 200 - 210 m ditemukan zona hancuran dan milonitisasi (Tim Pengeboran Suwawa, 2006). yang mencirikan zona stuktur pada batuan andesit. Diduga kedua lokasi kedalaman ini merupakan dua bagian segmen sesar dari sesar normal Duano (Gb. 4).

UBAHAN HIDROTEMAL SUMUR SWW-2

Pembentukan mineral ubahan hidrotermal pada sumur SWW-2 cukup bervariasi mulai dari mineral yang terbentuk pada temperatur rendah hingga temperatur tinggi (Tabel 2) Secara keseluruhan mineral ubahan hidrotermal terbentuk karena replacement dari mineral utama pembentuk batuan, sebagai vein dan vug.

Hasil analisis contoh batuan dari kedalaman 0-250 m menunjukkan bahwa pada sumur SWW-2 terdapat mineral-mineral ubahan dalam jumlah yang bervariasi terdiri dari mineral lempung, kalsit/karbonat, klorit, pirit, oksida besi, kuarsa sekunder, anhidrit, illit, zeolith, epidot dan biotit (Gb 3 dan Tabel 1).

Mineral Lempung (Cl), hadir pada semua kedalaman mulai dari 40 m hingga 250 m dalam jumlah yang bervariasi antara 2 hingga 30% dari total mineral ubahan pada batuan. Jenis mineral lempung adalah montmorilonit/smektit, berwarna kecoklatan, hijau muda hingga berwarna keputih-putihan. Hasil analisa PIMA menunjukkan kehadiran mineral montmorilonit, dikit, halosit, palygorskit dan biotit.

Klorit (Ch), pada sumur SWW-2 terdapat pada kedalaman mulai dari 40-57,5 m, 90-115 m, 120-190 m, 195-250 m dengan jumlah bervariasi antara 1-20% dari total mineral ubahan pada batuan.

Klorit di daerah ini terbentuk sebagai hasil replacement dan vein terdapat pada fluida hidrotermal bertemperatur tinggi berasosiasi dengan zeolith dan epidot, terutama mulai dari kedalaman 120m hingga kedalaman akhir (250 m).

Kalsit/karbonat (Ca), terdapat pada kedalaman yang terpisah yaitu pada kedalaman 90-95 m, 135-140 m, 165-180 m, 190-195 m, dan 205-250 m dalam jumlah relatif kecil/sedikit hingga banyak, bervariasi antara 1-20% dari total mineral ubahan pada batuan. Kalsit berwarna putih, terbentuk sebagai replacement dari mineral plagioklas dan masa dasar/matrik gelas vulkanik pada batuan. Sebagian terbentuk sebagai urat/vein dan pengisi rongga pada batuan (vug). Plateu kalsit ditemukan pada kedalaman 170-175 m dan 190-195 m, mencirikan terjadinya boiling point.

Kuarsa sekunder (SQ), terdapat pada kedalaman tertentu saja yaitu dari 40-50 m, 57,5-105 m, 110-205 m dan 210-250 m dalam jumlah bervariasi antara 1-5% dari total mineral ubahan pada batuan. Berwarna putih transparan, terbentuk sebagai pengganti/replacement dari mineral plagioklas

Oksida besi (IO), hadir dalam jumlah relatif banyak pada kedalaman mulai dari 40 m hingga 250 m dalam jumlah 2-60% dari total mineral ubahan pada batuan, umumnya berwarna coklat kemerahan. Oksida besi ditemukan juga sebagai vein.

Pirit (Py), hanya ditemukan pada beberapa kedalaman saja dalam jumlah relatif sedikit yaitu antara 1-5% dari total mineral ubahan pada batuan; kadang-kadang

terkonsentrasi dalam beberapa fragmen sebagai ubahan dari mineral hitam dan sebagai replacement dari mineral plagioklas. Mineral ini dijumpai pula sebagai urat-urat halus pengisi rekahan pada batuan atau kadangkala mengisi rongga (vugs) bersama-sama dengan kuarsa dan anhidrit. Pirit bukan sebagai mineral penunjuk temperatur tinggi, tetapi disini pirit hadir berasosiasi dengan mineral ubahan bertemperatur tinggi seperti zeolith dan epidot.;

Illit (Ill), terdapat secara merata pada 90 - 250 m dalam jumlah relatif kecil hingga sedang, 1-15% dari total mineral ubahan pada batuan. Terbentuk sebagai hasil replacement dari plagioklas dan masa dasar/matrik dari andesit terubah, dasitik terubah. Pada batuan yang permeabel illit dapat hadir dalam jumlah yang cukup banyak (Lawless, 1994).

Fluida yang mempengaruhi pembentukannya bersifat netral sampai agak asam dan dapat hadir pada temperatur 220-310 C di Filipina (Lawless, 1994).

Anhidrit (An), terdapat pada kedalaman mulai dari 40-205 m dan 210-250 m sebagai ubahan/replacement dari plagioklas piroksen. Terbentuk karena proses evaporasi.

Zeolit (Ze), terdapat pada kedalaman tertentu saja yaitu pada kedalaman 90-205 m, 210-250 m dalam jumlah relatif sedikit hingga sedang yaitu antara 1-15% dari total mineral ubahan pada batuan. Berwarna putih transparan, kadang-kadang belahannya membentuk kipas. Jenis zeolith kemungkinan laumontit dan wairakit. Zeolith menunjukkan pembentukannya oleh jenis fluida bersifat netral dengan temperatur relatif tinggi.

Epidot (Ep), ditemukan mulai pada kedalaman 120-250 m dalam jumlah relatif sedikit yaitu antara 1-5% dari total mineral ubahan pada batuan. Terdapat 3 macam pembentukan epidot yang dikenal pada sumur SWW-2 ini yaitu : epidot yang terbentuk sebagai replacement dari masa dasar dan plagioklas pada batuan andesit. epidot jenis ini terbentuk pada temperatur diatas 230 C (Lawless, 1994). epidot pada sumur SWW-2 ini juga terdapat sebagai urat (vein) pengisi rekahan pada batuan dan sebagai vug, pengisi rongga terutama pada andesit. epidot yang terdapat sebagai vein atau vug, terbentuk pada temperatur antara 260 - 280 C (Lawless, 1994).

Biotit, dari hasil analisa PIMA biotit ditemukan mulai dari kedalaman 100 m hingga 200 m dalam jumlah cukup banyak yaitu dari 52% hingga 61% dari total mineral ubahan.

Berdasarkan kehadiran mineral ubahan hidrotermal tersebut, maka dapat dipisahkan beberapa tipe ubahan (Gb. 4) yaitu :

Overburden : lapisan penutup yang belum dipengaruhi ubahan hidrotermal.

Tipe Argilik : ubahan hidrotermal yang didominasi oleh kehadiran mineral lempung yang terbentuk pada temperatur relatif rendah seperti montmorilonit, smektit, kaolinit, halosit dan mineral lempung lainnya. Tipe argilik ini berfungsi sebagai lapisan penudung (cap rock/clay cap).

Tipe Filik : tipe ubahan yang umumnya terdapat pada daerah transisi antara lapisan penudung dengan zona reservoir. Mineral ubahan hidrotermal pada tipe ini adalah mineral ubahan yang terbentuk pada temperatur relatif sedang hingga tinggi seperti ilit, klorit, kadang-kadang epidot, zeolith, kuarsa dan mineral lainnya.

Tipe Propilitik : Tipe ubahan yang mencirikan batuan reservoir, dicirikan oleh kehadiran mineral ubahan hidrotermal yang terbentuk pada temperatur relatif tinggi seperti klorit, kuarsa, epidot, biotit dan mineral ubahan lainnya.

Hasil pengukuran logging temperatur relatif sangat rendah dibanding temperatur pembentuk mineral ubahan yang ada. Dengan demikian dapat dikatakan mineral ubahan dan tipe ubahan pada sumur dangkal SWW-2 merupakan fosil hidrotermal, karena fluida hidrotermal pada sumur ini sudah tidak aktif lagi.

PEMBAHASAN

Stratigrafi sumur landaian suhu SWW-2 dibangun oleh satuan andesit terubah, endapan piroklastik dan endapan alluvial. Gejala struktur sesar ditemukan pada kedalaman 140-145 m dan 200-210 m berupa adanya zona hancuran dan milonitisasi. Kemungkinan sebagai bidang sesar duano dimana pergerakannya menimbulkan zona hancuran dan milonitisasi.

Mineral lempung bukan sebagai penunjuk temperatur tetapi pada beberapa laporan panas bumi di dunia seperti di New Zealand, Cerro Prieto, Filipina, Jepang, Iceland dan lapangan panas bumi lainnya mineral lempung jenis smektit dapat hadir pada temperatur antara 100-200 °C, montmorilonit terbentuk pada temperatur sekitar 140 °C. Anhidrit ditemukan stabil pada temperatur ± 140 °C (Brown, 1993; 1994).

Kalsit hanya terdapat pada kedalaman tertentu saja dalam jumlah relatif sedikit (1-15 %) terbentuk sebagai replacement dari mineral utama pembentuk batuan dan matrik/semen. Kalsit bukan merupakan mineral penunjuk temperatur, tapi dapat hadir dari temperatur rendah hingga temperatur 300 °C di New Zealand sedangkan di Filipina kalsit jarang ditemukan.

Oksida besi terdapat sebagai replacement dari mineral utama dan masasar/matrik pada batuan, sebagian sebagai vein. Pirit dapat hadir hingga temperatur lebih kecil dari 240 °C, yang menarik perhatian adalah kehadiran mineral ilit, zeolit, epidot dan biotit kesemuanya terbentuk pada temperatur relatif tinggi. Dari hasil pengukuran temperatur aktual (temperatur logging), tidak lebih dari 60°C, sedang dari beberapa literatur epidot sebagai replacement terbentuk pada temperatur 230°C dan sebagai vein serta vug terbentuk pada 260-280°C (Browne, 1970; Browne & Ellis, 1970).

Biotit (mineral sekunder) ditemukan dari kedalaman 100 m hingga 200 m (hasil analisa PIMA). Menurut Browne, 1994, biotit yang terbentuk di lapangan Tongonan (Filipina) terbentuk pada temperatur diatas 220 °C dan masih terdapat pada temperatur lebih dari 325 °C, Tabel 2 memperlihatkan distribusi mineral sekunder dengan temperatur pembentukannya.

Jika dilihat dari kehadiran biotit pada sumur SWW-2 di kedalaman 100 hingga 200 m, maka dapat dihubungkan dengan zona sesar yang terindikasi oleh adanya zona hancuran dan milonitisasi pada kedalaman 140-145 m dan pada 200-210 m. Kemungkinan fluida hidrotermal pada masa lampau keluar melalui zona rekahan ini, sehingga terbentuk mineral-mineral temperatur tinggi sepanjang zona sesar tersebut. Dapat ditafsirkan bahwa telah terjadi cooling down (penurunan/pendinginan temperatur mulai pembentukan biotit, epidot hingga saat ini, dapat dikatakan bahwa kehadiran biotit, epidot, zeolit dan ilit ini sebagai fosil hidrotermal. Kemungkinan fluida panas bumi yang membentuk mineral-mineral ubahan bertemperatur tinggi ini, mulanya naik ke permukaan hingga kedalaman yang dangkal, melalui rekahan-rekahan yang terbentuk akibat pergerakan struktur sesar normal Duano.

Jika dikemudian hari akan dilanjutkan dengan pemboran eksplorasi, maka sebaiknya dilakukan rekonstruksi sesar normal Duano dan Lombongo, sehingga dapat menempatkan lokasi sumur agar target pemboran dapat memotong sesar normal duano atau Lombongo pada batuan reservoir.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan pengeboran sumur landaian suhu sumur SWW-2, lapangan panas bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini :

- Litologi sumur SWW-2 terdiri dari , endapan aluvial (0-50 m), endapan piroklastika (50-57,5 m) dan andesit terubah (57,5-250 m) . Struktur geologi hanya

dicirikan oleh adanya zona hancuran dan milonitisasi pada kedalaman 140-145 m dan 200-210 m, kedua zona hancuran dan milonitisasi tersebut merupakan sesar yang sama sebagai segmen sesar normal Duano.

- Mineral ubahan yang terdapat pada sumur SWW-2 terbentuk sebagai replacement dari mineral utama pembentuk batuan, sebagian sebagai urat-urat pengisi rekahan pada batuan dan sebagai vug. Keseluruhan mineral ubahan tersebut sebagai fosil hidrotermal.
- Telah terjadi penurunan temperatur fluida panas bumi sejak pembentukan mineral temperatur tinggi hingga kondisi sumur saat ini
- Batuan dari kedalaman 0 - 57,5 m bersifat sebagai lapisan penutup atau overburden. Dari kedalaman 57,5

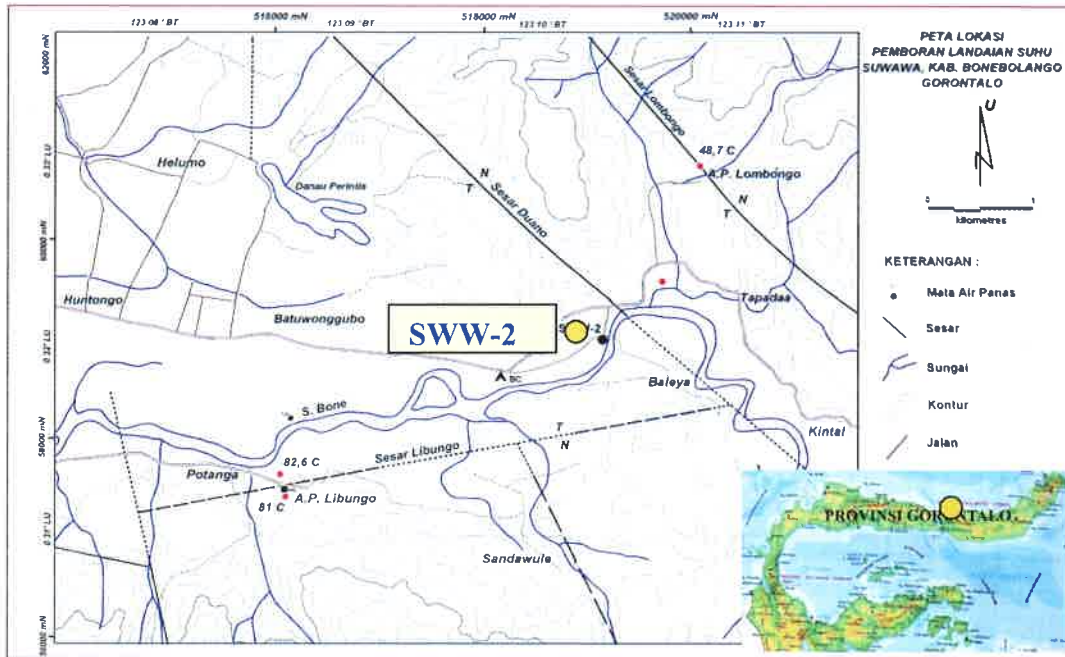
90 m merupakan andesit terubah dengan tipe ubahan argilik berfungsi sebagai batuan penutup panas (cap rock/clay cap). Batuan dari kedalaman 90 - 125 m adalah andesit sebagai zona transisi dan zona propilitik pada kedalaman 125 - 250 m sebagai zona reservoir.

UCAPAN TERIMAKASIH

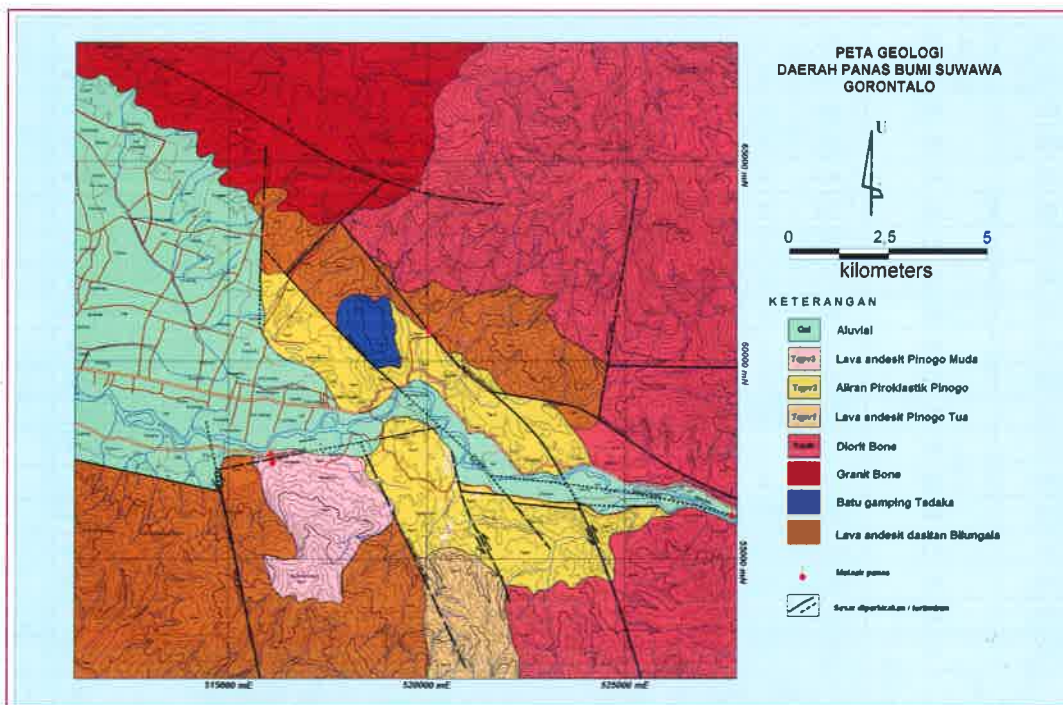
Terimakasih kami sampaikan kepada Dewan Redaksi atas kesempatan yang diberikan hingga tulisan ini dapat dimuat dalam buletin Sumber Daya Geologi edisi ini. Terimakasih juga buat tim editor yang telah mengoreksi tulisan ini hingga isi dan kekurangan-kekurangan dalam tulisan ini dapat diperbaiki, semoga dapat bermanfaat.

ACUAN

- 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 h.131
- 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
- Lawless, J.V., White, B.J. and Bogie, I., 1994. Important Hydrothermal Minerals and Their Significance. h 1-30, Kingston Morrison, Fifth edition.
- Tim Pengeboran Suwawa, 2006. Laporan pengeboran sumur landaian suhu SWW-1 lapangan panas bumi Suwawa, Kabupaten Bonebolango, Gorontalo. Laporan PMG, tdk dipubl.
- Tim Pengeboran Suwawa, 2006. Laporan pengeboran sumur landaian suhu SWW-2 lapangan panas bumi Suwawa, Kabupaten Bonebolango, Gorontalo. Laporan PMG, tdk dipubl.
- Tim Penyelidikan Terpadu, 2005. Laporan Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika, Daerah Panas Bumi Suwawa, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo. Laporan Subdit. Panas Bumi, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral. Tdk dipubl.



Gambar 1. Lokasi Sumur Dangkal SWW-2, Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo (Modifikasi dari Tim Penyelidikan Terpadu DIM, 2005)

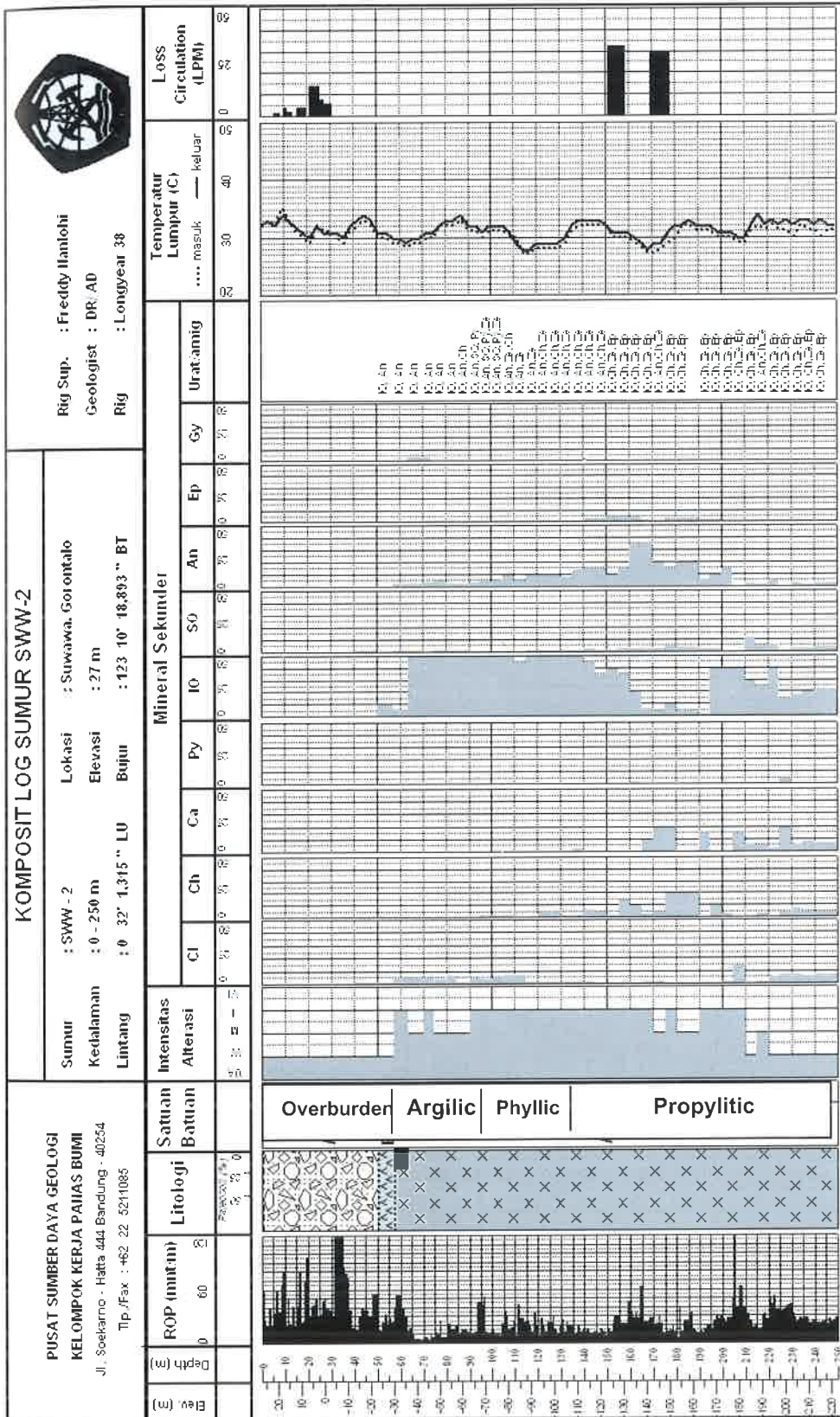


Gambar 2. Peta Geologi Daerah Panas Bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo (Sumber : Tim Penyelidikan Terpadu DIM, 2005)

Tabel 1, Distribusi Mineral Ubahan (%) Sumur Landaian Suhu SWW-2 Lapangan Panasbumi Suwawa Bonebolango- Gorontalo

KEDALA MAN (m)	LITOLOGI	SM/TM	Cl	Ca	Ch	Py	IO	SQ	An	Il	Ze	Ep	URAT /	Sw /St/P/ BP
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	AMIG.
0 - 40	AI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 - 50	BPT	20	5	-	1	1	10	2	1	-	-	-	-	-
50 - 57,5	EP	15	5	-	1	1	7	-	1	-	-	-	IO, An	Sw=5, P=5
57,5 - 64	AT	75	10	-	-	-	60	2	3	-	-	-	IO, An	Sw=5 BP=25;
64 - 70	AT	70	10	-	-	-	55	2	3	-	-	-	IO, An	BP=15
70 - 75	AT	75	10	-	-	-	60	1	4	-	-	-	IO, An	BP=20
75 - 80	AT	70	8	-	-	-	55	2	5	-	-	-	IO, An	BP=15
80 - 85	AT	70	15	-	-	-	50	2	3	-	-	-	IO, An	BP=30
85 - 90	AT	70	4	-	1	-	60	2	3	-	-	-	IO, An,Ch	BP=25
90 - 95	AT	75	10	1	1	1	55	1	4	1	1	-	IO, An,SQ,Py	BP=15
95 - 100	AT	80	8	-	2	1	60	1	5	1	2	-	IO,An,SQ,Py,Ze	BP=15
100 - 105	AT	80	10	-	2	1	58	1	5	1	2	-	IO,An,SQ,Py,Ze	BP=25
105 - 110	AT	75	14	-	2	1	45	-	10	1	2	-	IO,An,Ze,Ch	-
110 - 115	AT	75	15	-	1	1	50	1	5	1	1	-	IO,An,Ze	-
115 - 120	AT	75	5	-	-	1	55	2	10	1	2	-	IO, An,Ze	-
120 - 125	AT	80	5	-	5	-	50	2	10	1	5	1	IO, An,Ch,Ze	-
125 - 130	AT	80	4	-	5	1	50	2	10	1	6	1	IO, An,Ch,Ze	-
130 - 135	AT	80	5	-	2	-	55	2	9	1	5	1	IO, An,Ch,Ze	-
135 - 140	AT	75	4	3	2	1	45	2	14	1	2	1	IO, An,Ch,Ze	-
140 - 145	AT	75	5	-	7	-	35	3	15	1	5	3	IO, An,Ch,Ze	-
145 - 150	AT	80	3	-	5	1	40	2	15	1	8	4	IO, An,Ch,Ze	-
150 - 155	AT	75	3	-	2	1	35	2	10	2	15	5	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
155 - 160	AT	80	3	-	15	2	20	3	15	2	15	5	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
160 - 165	AT	80	3	-	10	-	7	3	35	2	15	5	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
165 - 170	AT	80	5	10	3	-	5	3	35	2	15	2	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
170 - 175	AT	70	5	20	4	-	10	3	20	1	6	1	IO, An,Ch,Ze	-
175 - 180	AT	75	3	20	20	-	5	5	15	2	3	3	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
180 - 190	AT	70	3	-	20	1	2	4	20	1	15	4	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
190 - 195	AT	80	2	15	-	-	40	3	7	1	10	2	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
195 - 200	AT	75	2	-	10	-	40	3	10	1	7	2	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
200 - 205	AT	85	5	-	3	-	40	1	15	15	5	1	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
205 - 210	AT	80	30	15	1	1	30	-	-	2	-	1	IO, Ch,Ze,Ep	-
210 - 215	AT	65	3	7	1	1	25	12	3	2	10	1	IO, AnSQ,Ch,Ze,Ep	-
215 - 220	AT	70	4	5	3	1	40	5	2	1	8	1	IO, An,Ch,Ze	-
220 - 225	AT	60	13	3	1	5	15	7	5	2	8	1	IO, SQ,An,Ch,Ze	-
225 - 230	AT	65	15	20	5	-	18	2	1	1	2	1	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
230 - 235	AT	60	15	7	8	-	20	3	3	1	2	1	IO, An,Ch,Ze,Ep	-
235 - 240	AT	60	13	9	5	1	23	3	2	1	2	1	IO, Ch,Ze,Ep	-
240 - 250	AT	60	14	8	5	1	20	4	3	2	2	1	IO, AnSQ,Ch,Ze,Ep	-

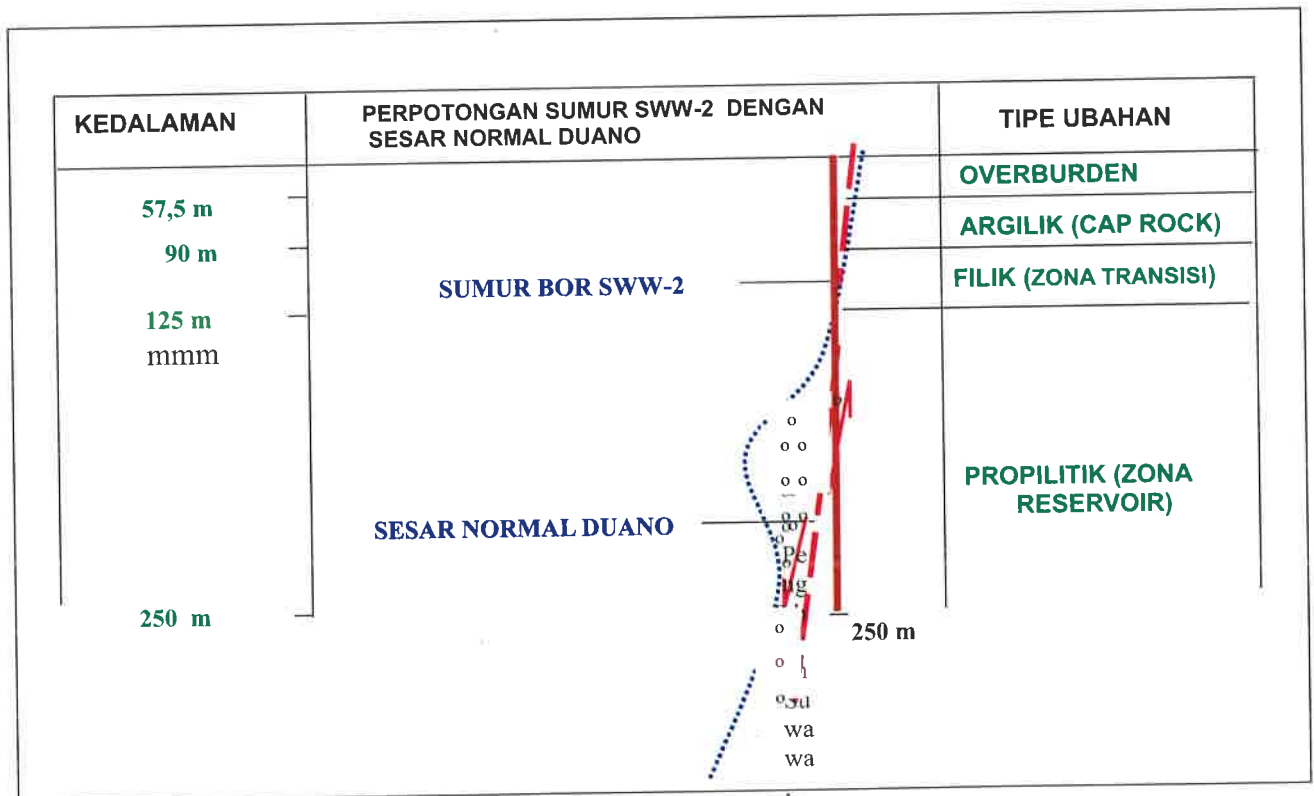
Keterangan : AI = Alluvial; BP=Breksi Polimik Terubah Lemah-Tdk Terubah; BPT=Breksi Polimik Terubah Sedang-Sangat Kuat SM/TM=Perbandingan mineral ubahan thd total mineral dalam batuan; Cl=mineral lempung; Ca=kalsit; Ch=klorit Py=pirit; IO=Oksida besi; SQ=Kuarsa sekunder; An=anhydrite ;Il=Illit; Ze=Zeolit; Ep=Epidot; Sw=Swelling Clay; St=Sticky clay; P=Paleosoil; BP= Brittle Paleosoil



Gambar 3. Composite Log Sumur SWW-2, Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolang-Gorontalo

Tabel 2. Mineral Ubahan Vs Temperatur Pada Sumur SWW-2 Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango, Gorontalo. (Berdasarkan Lawless et.al, 1994)

Mineral Ubahan	Temperatur (° C)		
	100	200	300
Montmorilonit	[Dotted line from 0 to 200]		
Smektit	[Solid line from 0 to 200]		
Illit	[Dotted line from 200 to 300]		
Kalsit	[Solid line from 0 to 300]		
Klorit	[Dotted line from 0 to 300]		
Epidot	[Dotted line from 200 to 300]		
Biotit	[Dotted line from 250 to 300]		



Gambar 4. Sketsa Perpotongan sumur SWW-2 dengan sesar normal Duano dan tipe ubahan hidrotermal pada sumur dangkal SWW-2, Lapangan Panas Bumi Suwawa, Bonebolango - Gorontalo.