

WPSPE WAPSALIT

POTENSI PANAS BUMI
INDONESIA



KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
2017

WPSPE WAPSALIT

SK Wilayah		Kode Wilayah	Luas	Kabupaten / Kota	Provinsi	Status
Nomor	Tanggal					
156 K/06/DJE/2019	23-09-2019	-	6.038	Kab. Buru	Maluku	Persiapan Penawaran

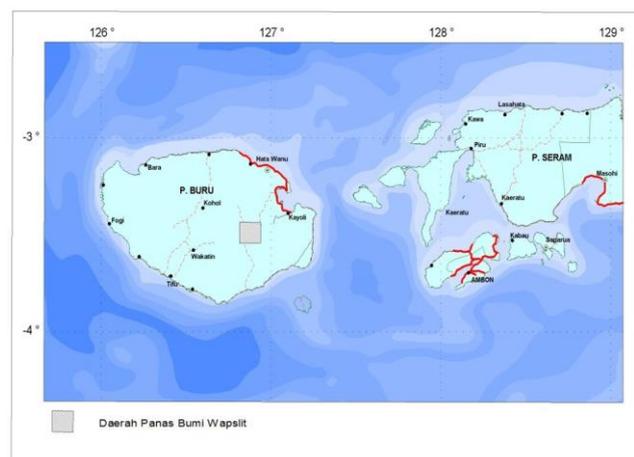
Titik Potensi

Nomor	Nama	Sumber Day (MWe)		Cadangan (MWe)		
		Spekulatif	Hipotesis	Terduga	Mungkin	Terbukti
247	Wapsalit – Waeapo	45	-	25	-	-

Kawasan Hutan

Jenis Hutan	Luas (Ha)
Hutan Konservasi	-
Hutan Lindung	412,5
Hutan Produksi	3.574,1
Hutan Pangan dan Hutan Cadangan	-
Area Lainnya	2.051,4

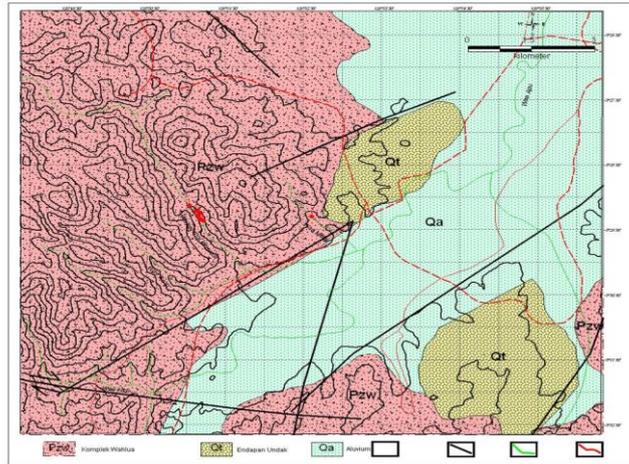
Lokasi WKP



Lokasi Panas Bumi Wapsalit

Secara administratif daerah panas bumi Wapsalit sebagian besar termasuk ke dalam Kecamatan Wae Apo, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku. Pencapaian dari Jakarta ke lokasi daerah panas bumi Wapsalit membutuhkan waktu selama dua hari, dapat dengan menggunakan pesawat udara sampai bandara di Ambon kemudian dilanjutkan dengan kendaraan roda empat dan penyeberangan menggunakan kapal cepat atau kapal ferry untuk selanjutnya diteruskan melalui perjalanan darat sekitar 3 jam menuju lokasi daerah panas bumi Wapsalit

Ringkasan Geologi



Peta Geologi Daerah Panas Bumi Wapsalit

Pada peta geologi lembar Buru, Maluku (skala 1 : 250.000) yang ditulis oleh S. Tjokrosoetro, T. Budhitrisna dan E. Rusmana tahun 1993, batuan yang terdapat di daerah panas bumi Wapsalit terdiri dari batuan malihan, endapan undak dan alluvium yang berumur mulai dari Pra-Tersier sampai Kuartar. Batuan tertua yang tersingkap di daerah panas bumi Wapsalit berupa Kelompok Batuan Malihan Pra-Tersier Komplek Wahlua (Pzw) yang terdiri dari sekis, filit, batupasir arkosa malih, kuarsit, dan pualam yang berumur Perm. Struktur geologi terdapat di daerah panas bumi Wapsalit didominasi oleh sesar-sesar yang berarah timurlaut-baratdaya

Ringkasan Geokimia

Diagram dan Peta

Analisa air dan/atau gas serta isotop

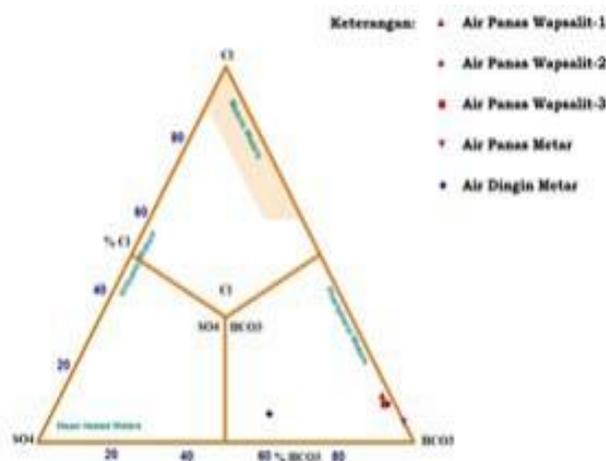


Diagram Segitiga Cl-SO₄-HCO₃

Berdasarkan diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃, air panas Wapsalit-1, 2, 3, dan air panas Meteor bertipe bikarbonat. Hal ini sesuai dengan kondisi air panas Wapsalit dengan temperatur 99-101 °C (mendidih-boiling) dimana gas CO₂ dalam fluida akan lepas/ lolos dari fase cairnya dan menjadikan air panas akan lebih basa (pH 9,4) serta menaikkan kelarutan silika (konsentrasi silika cukup tinggi pada air panas Wapsalit). Fluida panas bumi yang mengandung gas terutama CO₂ kemudian mengalami kondensasi di dalam akuifer dangkal dan mengalami interaksi dengan air permukaan selama perjalanan menuju permukaan sehingga terjadi peningkatan konsentrasi HCO₃.

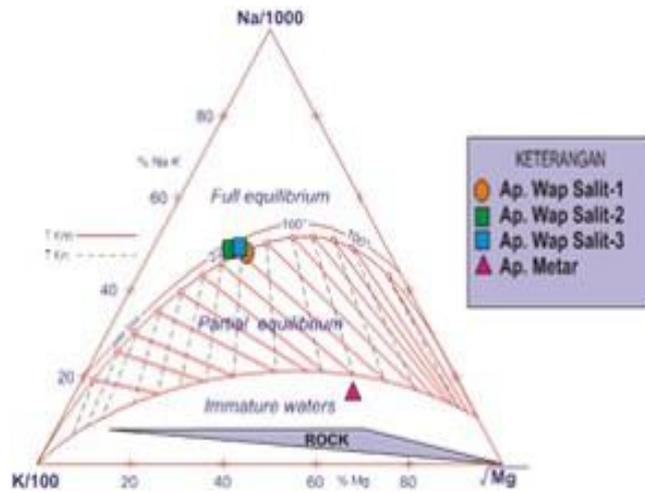


Diagram Segitiga Na-K-Mg

Diagram segitiga Na-K-Mg, air panas Wapsalit-1, 2, dan 3 terletak di luar garis teoritis yang disebut zona weirbox, dikarenakan adanya steam loss yang akan meningkatkan konsentrasi zat terlarut pada tekanan atmosfer, pada zona ini mencerminkan bahwa air panas Wapsalit-1, 2, dan 3 berasal langsung dari reservoir panas bumi. Air Panas Metar berada pada zona partial equilibrium yang mengindikasikan manifestasi yang muncul ke permukaan sesaat setelah mencapai kesetimbangan ada indikasi pencampuran dengan air permukaan. Apabila ditarik ke Na-K dan K-Mg keempat air panas ini berada pada pada garis lurus dan jatuh pada titik berkisar pada temperatur sedang (sekitar 160-200 °C).

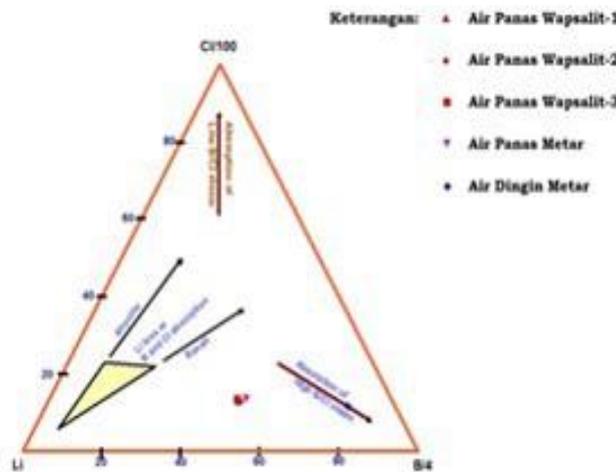
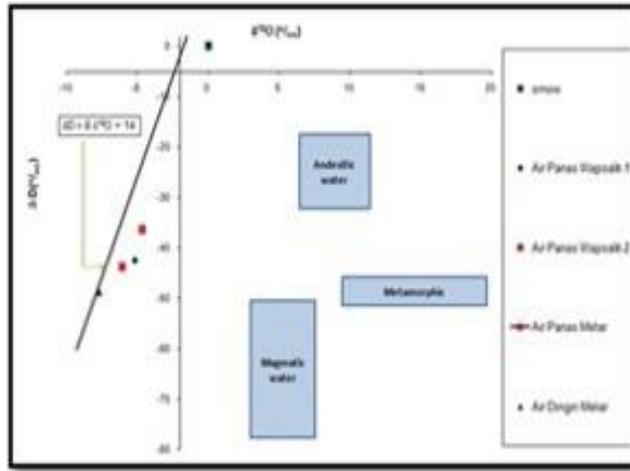


Diagram Segitiga Cl-Li-B

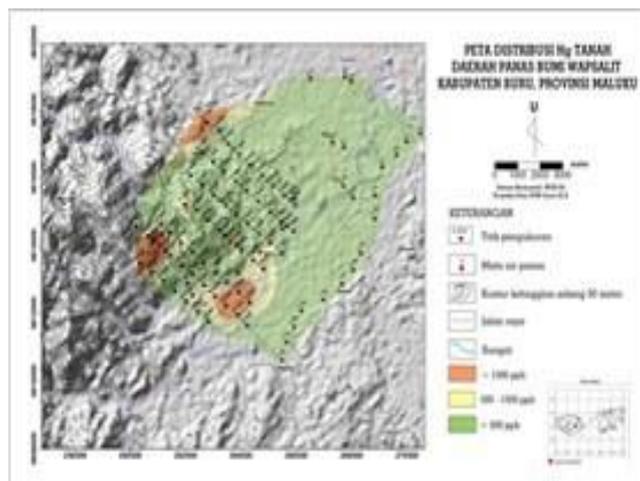
Pada diagram segitiga Cl-Li-B, posisi semua mata air panas cenderung menjadi satu kelompok ke arah zona Li-B, hal ini mengindikasikan semua air panas berasal dari satu reservoir dan air panas ada indikasi berinteraksi dengan batuan beku dan terbentuk pada lingkungan batuan sedimen sebelum mencapai permukaan (konsentrasi Boron cukup tinggi 15-35 mg/l).



Distribusi Isotop Air

Data hasil isotop ^{18}O dan ^2H menunjukkan air panas Wapsalit-1, air panas Wapsalit-3, dan air panas Metar cenderung menjauhi garis air meteorik ke arah kanan, yang mengindikasikan telah terjadi pengkayaan ^{18}O karena interaksi fluida dengan batuan di reservoir. Berdasarkan data tersebut maka air panas Wapsalit dan Metar berasal langsung dari kedalaman. Nilai rasio di plot pada grafik δD terhadap $\delta^{18}\text{O}$, dengan garis air meteorik $\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 14$

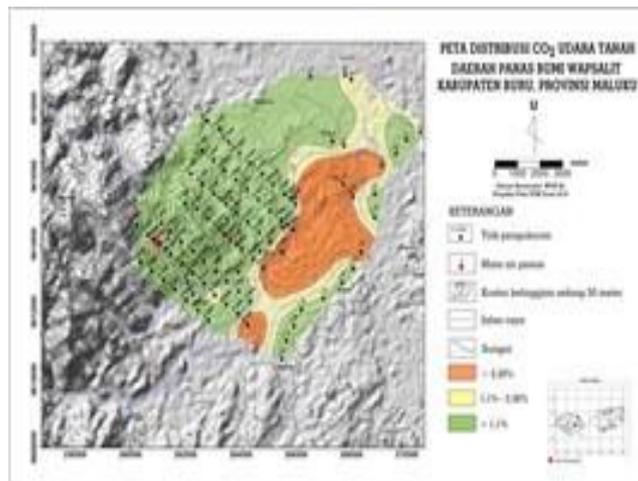
Peta Distribusi Hg



Peta Sebaran Hg Tanah

Konsentrasi Hg tanah setelah dikoreksi oleh nilai konsentrasi H_2O -, bervariasi dari nilai terendah 3 ppb, sampai dengan 15871 ppb. Variasi Hg tanah, memberikan nilai background 1367 ppb, nilai treshhold 2248 ppb, dan nilai rata-rata 486 ppb. Peta distribusi nilai Hg tanah, memperlihatkan anomali relatif tinggi >1300ppb terletak di sekitar air panas Wapsalit-1, 2, dan 3 serta sebagian kecil di bagian utara dan di selatan daerah panas bumi Wapsalit, sedangkan Hg 500-1300 ppb berada di sebelah selatan, timur dan utara, sementara Hg <500 ppb menyebar merata di daerah panas bumi Wapsalit.

Peta sebaran CO₂ (Fluks CO₂)



Peta Sebaran CO₂ Udara Tanah

Konsentrasi CO₂ tanah bervariasi dari terendah 0,03 % sampai dengan konsentrasi tertinggi 6,34 %. Variasi CO₂ udara tanah, memberikan nilai background 2,26 %, nilai threshold 3,40%, dan nilai rata-rata 1,11%.

Distribusi nilai CO₂ Udara tanah, memperlihatkan anomali tinggi > 2,26 % berada di bagian tenggara daerah penyelidikan, konsentrasi CO₂ antara 1,1-2,26 %, terdistribusi di sebagian kecil daerah usulan WKP Panas Bumi Wapsalit, sedangkan nilai <1,1 % tersebar merata hampir mendominasi daerah usulan WKP Panas Bumi Wapsalit.

Lain-lain

Perhitungan Geotermometer

No.	PARAMETER	SATUAN	MAP. Wapsalit-1	MAP. Wapsalit-2	MAP. Wapsalit-3	MAP. Metar	MAD. Metar
			APWS-1	APWS-2	APWS-3	APM	ADM
1.	pH	-	9.40	9.10	9.30	7.20	7.10
	Na	ppm	1234.00	1216.00	1101.00	686.00	3.34
2.	K	ppm	75.20	76.80	60.00	28.80	0.36
	Li	ppm	6.80	6.90	5.20	2.80	0.01
3.	Ca	ppm	0.00	0.00	0.00	16.80	0.29
4.	Mg	ppm	0.02	0.02	0.01	3.41	0.53
5.	Fe	ppm	0.02	0.03	0.03	0.21	0.03
6.	Al	ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.	CO ₂	ppm	637.16	407.55	499.19	0.00	0.00
8.	As	ppm	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00
9.	NH ₄	ppm	2.73	5.64	4.73	9.09	0.00
10.	HCO ₃	ppm	1540.08	2001.79	1532.35	1816.64	7.50
11.	Cl	ppm	228.67	232.19	182.34	105.54	1.00
12.	SO ₄	ppm	40.00	40.00	50.00	1.00	4.50
13.	B	ppm	33.58	35.08	25.51	15.28	0.26
14.	F	ppm	2.00	3.00	1.00	1.00	0.00
15.	SiO ₂	ppm	328.24	323.87	248.15	73.46	18.82
16.	Conductivity	uhos/cm	4500	4360	4300	2330	178

Hasil Analisis Sampel Air

No	PARAMETER	SATUAN	Wapsalit -1	Wapsalit -2
2.	Koordinat (UTM)	X	261229	261229
Y		9614458	9614458	
Z		87	87	
4.	T-manifestasi	°C	92.6	94.8
5.	H ₂	% mole	1.03x10 ⁻³	4.09 x 10 ⁻³
6.	O ₂ +Ar	% mole	0.13	0.13
7.	N ₂	% mole	0.023	0.018
8.	CH ₄	% mole	0.00	0.00
9.	CO	% mole	0.00	0.00
10.	CO ₂	% mole	0.94	0.95
11.	SO ₂	% mole	0.00	0.00
12.	H ₂ S	% mole	0.00	0.06
13.	HCl	% mole	0.00	0.00
14.	NH ₃	% mole	0.012	0.011
15.	H ₂ O	% mole	98.90	98.89

Hasil analisis gas

Air Panas	SiO ₂ (cc)	SiO ₂ (ac)	Na/K Fournier	Na/K Truesdell	Na/K (Giggenbach)
Air Panas Wapsalit-1	218	198	178	140	196
Air Panas Wapsalit-2	217	197	181	143	198
Air Panas Wapsalit-3	196	180	170	130	188
Air Panas Metar	121	119	152	110	171

Perhitungan geotermometer air

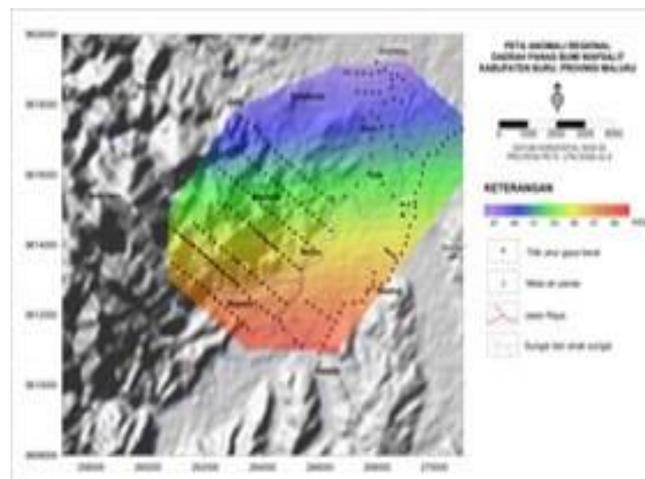
Perkiraan temperatur reservoir hasil perhitungan geotermometer SiO₂ (*adiabatic cooling*) berkisar antara 119- 198 °C, SiO₂ (*conductive cooling*) berkisar antara 121-218 °C sedangkan berdasarkan geotermometer Na/K (Giggenbach) diperoleh temperatur 171-198 °C.

Dengan manifestasi panas bumi di daerah Wapsalit menunjukkan konsentrasi SiO₂ pada air panas yang tinggi, yaitu 248-323 mg/L, terdapat endapan sinter silika yang kuat di permukaan, temperatur air panas Wapsalit-1, 2, dan 3 mendidih (*boiling*) 98-101 °C, pada segitiga Na-K-Mg berada pada zona steam loss, data tersebut menunjukkan air panas Wapsalit-1, 2, dan 3 merupakan air panas yang berasal langsung dari reservoir panas bumi, maka penggunaan geotermometer SiO₂ lebih cocok diaplikasikan untuk memperkirakan temperatur bawah permukaan yang berhubungan dengan temperatur reservoir panas bumi di Wapsalit, yaitu sekitar 218 °C.

Hasil perhitungan geotermometer gas CO₂ (D'Amore dan Panichi) menunjukkan temperatur reservoir sebesar 235 °C. Berdasarkan keberadaan manifestasi temperatur tinggi seperti sebaran tanah panas yang luas dan air panas mendidih maka aplikasi geotermometer gas dapat digunakan dibandingkan geotermometer SiO₂. Berdasarkan perhitungan geotermometer gas, maka diperkirakan temperatur reservoir sebesar 235 °C yang termasuk pada sistem panas bumi temperatur tinggi.

Ringkasan Geofisika

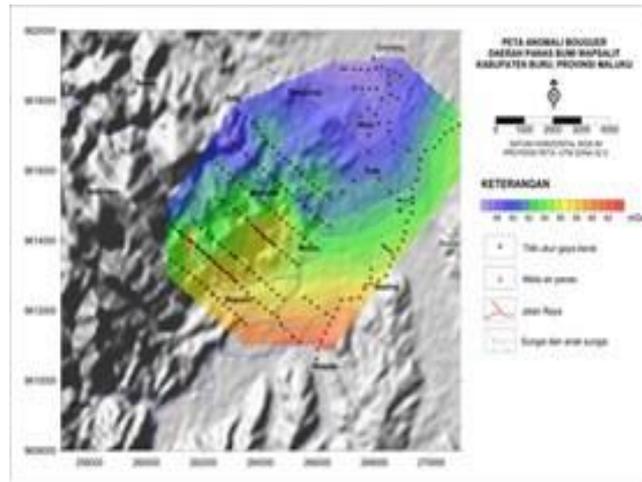
Gaya Berat/Gravity



Peta Anomali Regional

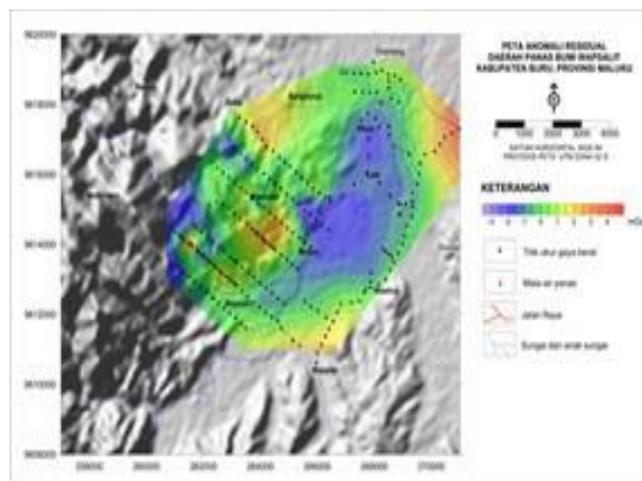
Anomali regional menunjukkan pola anomali dengan kelurusan berarah barat-timur. Anomali rendah tersebar di sebelah utara, sedangkan anomali tinggi terletak di sebelah selatan. Pola tersebut mirip dengan pola anomali

Bouguernya. Pola anomali regional tersebut mengindikasikan batuan dasar berupa batuan metamorf yang berada di sebelah selatan cenderung lebih dekat ke permukaan daripada batuan dasar yang terletak di sebelah utara.



Peta Anomali Bouguer

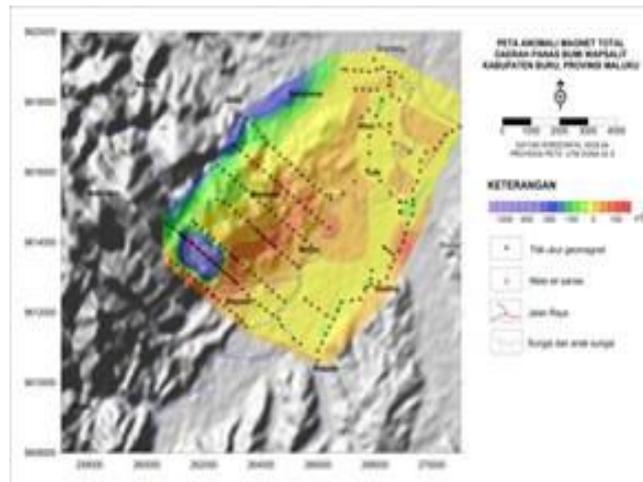
Secara umum sebaran anomali Bouguer tersebut membentuk kelurusan yang berarah barat-timur dengan nilai anomali rendah tersebar di sebelah utara dan anomali tinggi tersebar di sebelah selatan. Anomali Bouguer rendah yang tersebar di sebelah utara dan timurlaut diinterpretasikan sebagai respon dari batuan dengan densitas yang lebih rendah (endapan undak), sedangkan anomali tinggi yang terletak di sebelah selatan diinterpretasikan sebagai respon dari batuan metamorf yang memiliki densitas lebih tinggi dari endapan undak.



Peta Anomali Residual

Pada peta anomali residual terlihat adanya anomali rendah yang membentuk kontur tertutup di sebelah timur mata air panas Metar. Anomali rendah tersebut bertepatan dengan zona graben yang terisi oleh batuan alluvium dan endapan undak di bagian bawahnya. Anomali tinggi yang terletak di sebelah timur, selatan dan di sekitar Bangkarua diinterpretasikan sebagai respon dari batuan metamorf. Anomali tinggi di sekitar mata air panas wapsalit dan air panas Metar dengan pola kontur tertutup menjadi sesuatu yang menarik. Kedua anomali tinggi tersebut diduga berasosiasi dengan batuan terobosan yang tidak muncul ke permukaan atau batuan metamorf.

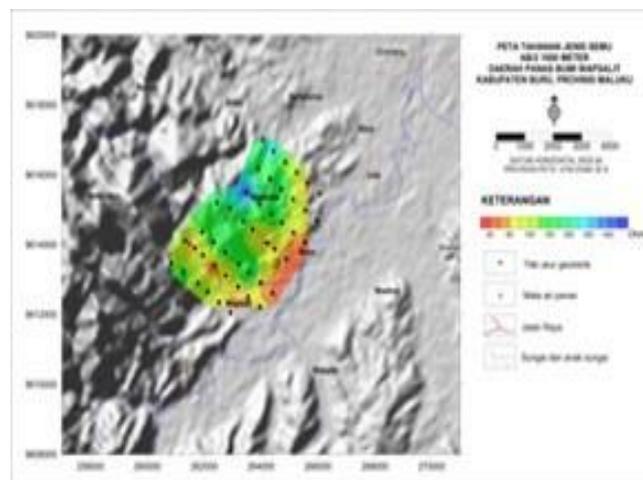
Geomagnet



Peta Anomali Magnet Total

Nilai anomali magnet total memiliki rentang nilai -1600 s.d. 160 nT. Secara umum nilai anomali magnet tersebut didominasi oleh nilai -150 nT hingga 160 nT. Nilai anomali rendah hingga sangat rendah (<-150 nT) tersebar di sekitar mata air panas Wapsalit. Anomali magnet rendah tersebut diduga berasosiasi dengan batuan ubahan yang tersingkap luas di sekitar mata air panas Wapsalit. Anomali magnet >0 nT yang tersebar di bagian tengah – sekitar mata air panas Metar – diinterpretasikan sebagai respon dari batuan metamorf, sedangkan anomali magnet sedang (-50 nT s.d. 0 nT) yang tersebar di sebelah tenggara diduga berasosiasi dengan batuan endapan undak.

Geolistrik

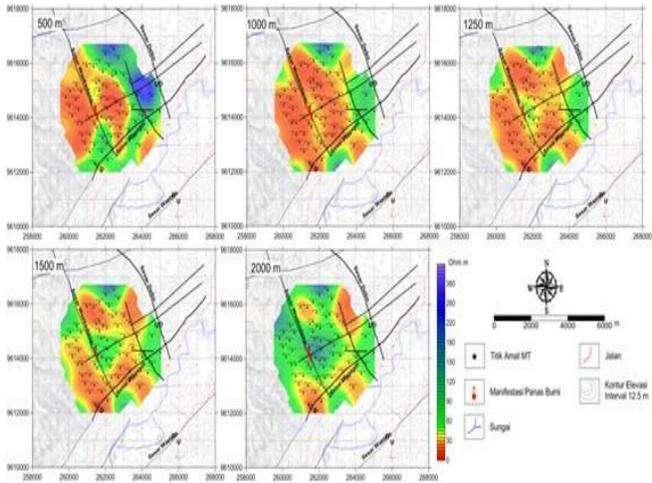


Peta tahanan jenis semu $AB/2 = 1000\text{ m}$

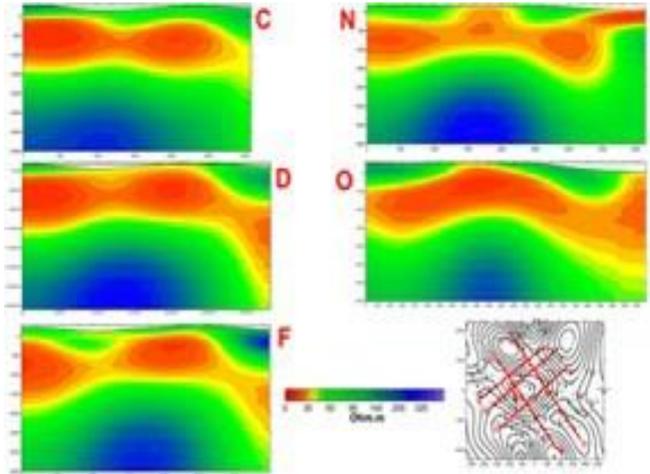
Nilai tahanan jenis semu rendah (<60 $\Omega.m$) tersebar di sekitar mata air panas Wapsalit dan mata air panas Metar dengan pola membuka ke arah tenggara. Nilai tahanan jenis rendah yang tersebar di sekitar mata air panas Wapsalit diduga berasosiasi dengan batuan ubahan yang tersingkap di permukaan, sedangkan nilai tahanan jenis rendah yang terletak di sebelah tenggara mata air panas Metar diduga berasosiasi dengan batuan alluvium atau endapan undak. Nilai tahanan sedang hingga tinggi (>100 $\Omega.m$) tersebar di bagian tengah dengan pola membuka ke arah utara. Tahanan jenis sedang-tinggi tersebut diperkirakan berasosiasi dengan batuan metamorf yang tersebar luas di daerah ini. Kontras nilai tahanan jenis rendah dan sedang-tinggi di sebelah tenggara mata air panas Metar membentuk kelurusan yang berarah baratdaya-timurlaut dan diduga berasosiasi dengan Sesar Wapsalit.

Elektromagnetik

MT



Peta tahanan jenis MT per Kedalaman Daerah Panas Bumi Wapsalit

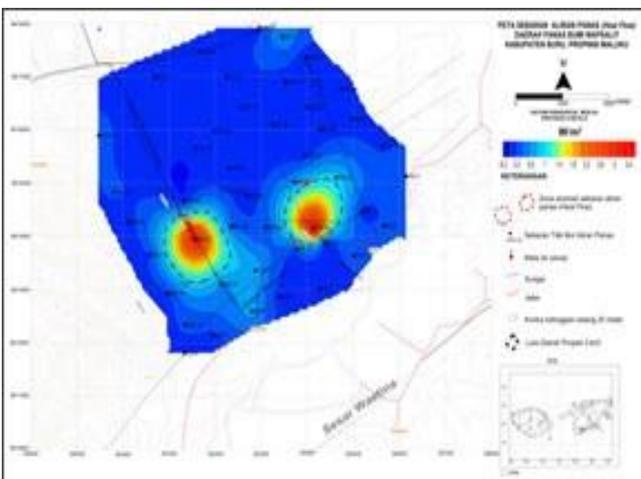


Penampang Model Tahanan Jenis MT Daerah Panas Bumi Wapsalit

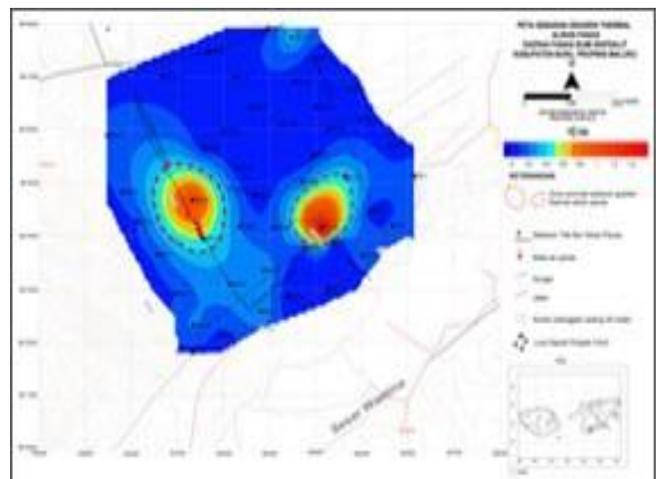
Hasil pemodelan 3D tahanan jenis MT diperlihatkan dalam bentuk peta tahanan jenis per kedalaman dan penampang tahanan jenis. Peta tahanan jenis MT pada kedalaman 500 m memperlihatkan sebaran nilai tahanan jenis rendah $<30 \Omega.m$ (zona konduktif) di sekitar manifestasi Wapsalit dan melebar ke arah baratdaya dan timurlaut. Zona konduktif tersebut tersebar meluas pada kedalaman 1000 m dan diinterpretasikan sebagai respon dari batuan ubahan yang berperan sebagai batuan penudung. Pada kedalaman 1250 m, di bagian tengah zona konduktif tersebut (sekitar manifestasi) muncul sebaran nilai tahanan jenis sedang ($30-100 \Omega.m$) yang diduga berasosiasi dengan zona bertemperatur tinggi. Zona tersebut terlihat meluas pada kedalaman 1500 m dan 2000 m.

Penampang MT disajikan dalam 5 lintasan, 3 lintasan berarah baratdaya-timurlaut (lintasan C, D, dan F) dan 2 lintasan berarah baratlaut-tenggara (lintasan N dan O). Lintasan D dan N memotong manifestasi di bagian tengah lintasan. Kelima model tersebut memperlihatkan sebaran nilai tahanan jenis rendah $<30 \Omega.m$ (lapisan konduktif) dari dekat permukaan hingga kedalaman sekitar 2000 m dengan ketebalan rata-rata sekitar 1000 m. Lapisan konduktif tersebut diduga berasosiasi dengan batuan ubahan yang berperan sebagai batuan penudung pada sistem panas bumi daerah Wapsalit. Di bagian bawah zona konduktif tersebar nilai tahanan jenis sedang ($30-100 \Omega.m$) dengan ketebalan antara 800 m hingga 1200 m. Lapisan tahanan jenis sedang tersebut diduga berasosiasi dengan zona bertemperatur tinggi (reservoir panas bumi). Pada kedalaman 2500 m ke bawah tersebar nilai tahanan jenis tinggi ($>100 \Omega.m$) yang diinterpretasikan sebagai batuan dasar.

Sumur Landaian Suhu



Peta Sebaran Aliran Panas Daerah Panas Bumi Wapsalit

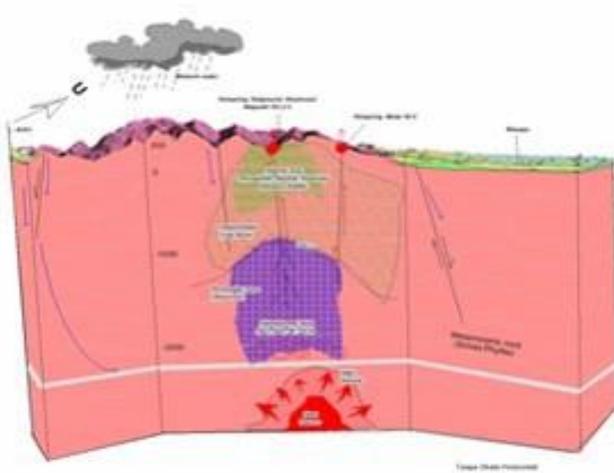


Peta Sebaran gradien thermal daerah panas bumi Wapsalit

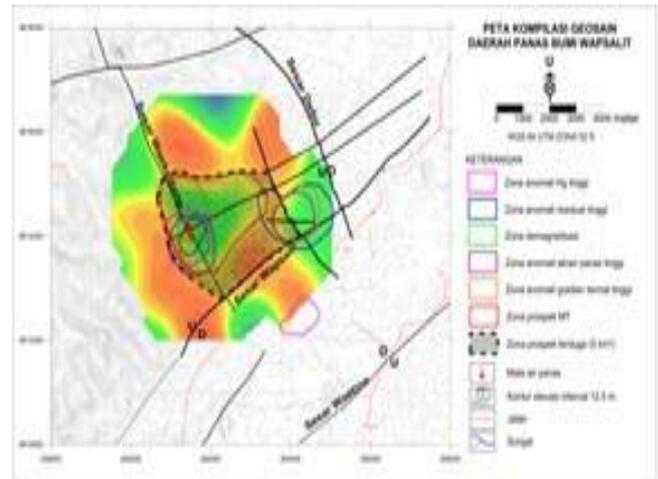
Peta Sebaran Aliran Panas secara umum daerah Wapsalit didominasi oleh sebaran aliran panas rendah ($< 1 \text{ W/m}^2$). Anomali sebaran aliran panas tinggi ($>1 \text{ W/m}^2$) tersebar di sekitar manifestasi Wapsalit dan Metar yang membentuk pola kontur tertutup. Terdapatnya anomali aliran panas di sekitar manifestasi ini mengindikasikan adanya perubahan panas yang signifikan di daerah tersebut dan menjadi indikasi adanya prospek panas bumi.

Secara umum sebaran gradien termal di daerah Wapsalit didominasi oleh anomali rendah ($<0,4 \text{ }^\circ\text{C/m}$). Anomali tinggi gradien termal ($>0.4 \text{ }^\circ\text{C/m}$) tersebar di sekitar mata air panas Wapsalit dan mata air panas Metar. Kedua anomali tersebut tersebar memisah dan membentuk pola kontur tertutup. Adanya anomali gradien termal di sekitar manifestasi Wapsalit dan Metar menjadi indikasi adanya sumber panas di bawah permukaan.

Model Konseptual



Model Tentatif Sistem Panas Bumi Wapsalit



Peta Kompilasi Geosain Daerah Panas Bumi Wapsalit

Sumber Panas Daerah panas bumi Wapsalit berada pada batuan metamorfik, berumur sangat tua (Permian), kemungkinan keberadaan batuan metamorfik sebagai sumber panas sangatlah kecil. Berdasarkan data gaya berat, geomagnet dan geolistrik menunjukkan adanya tubuh batuan yang memiliki nilai densitas tinggi di bawah permukaan daerah Wapsalit. Hal diperoleh data geokimia yang menyatakan bahwa di daerah manifestasi adanya bau belerang cukup menyengat, sehingga mengindikasikan adanya tubuh vulkanik di bawah permukaan yang belum muncul, diduga berada di antara Sungai Pemali dan Sungai Waemetar. Berdasarkan data-data tersebut diperkirakan sumber panas dari sistem panas bumi Wapsalit berupa magma di bawah permukaan yang belum muncul atau masih dalam tahap awal pembentukan vulkanik muda. Lapisan reservoir diperkirakan terletak pada satuan batuan metamorf dengan jenis skis dan filit. Berdasarkan data MT, reservoir panas bumi diperkirakan berada di bawah batuan penutup dan dicirikan dengan respon tahanan jenis yang lebih tinggi dari batuan penutup. Puncak reservoir ini diperkirakan berada di bawah manifestasi Wapsalit pada kedalaman sekitar 1250 dengan ketebalan sekitar 800-1200 meter. Sedangkan Batuan Penutup, adanya Interaksi antara fluida panas yang tersimpan di reservoir dengan batuan di atasnya (sekitarnya) menghasilkan batuan penutup (cap rock) yang bersifat kedap air (impermeable). Batuan penutup inilah yang menyebabkan pergerakan fluida panas yang terdapat di lapisan reservoir tertahan untuk sampai ke permukaan. Batuan penutup sistem panas bumi Wapsalit ini diperkirakan berupa batuan metamorf yang mengalami ubahan/ alterasi akibat kontak antara fluida panas dengan batuan sekitarnya. Dari survei MT, sebaran tahanan jenis rendah yang diinterpretasikan sebagai batuan penutup tersebar di sekitar mata air panas Wapsalit dan menerus ke arah air panas Metar. Sebaran nilai tahanan jenis rendah tersebut tersebar dari dekat permukaan hingga kedalaman sekitar 1500 m dengan ketebalan sekitar 1000 m.

Hasil kompilasi antara data geologi, geokimia dan geofisika menghasilkan daerah prospek panas bumi Wapsalit diduga berada di sekitar mata air panas Wapsalit dan melebar ke arah mata air panas Metar dengan luas sekitar 5 km^2 . Daerah prospek tersebut dibatasi oleh kontras nilai tahanan jenis dan Sesar Wapsalit di sisi sebelah selatan. Perhitungan potensi energi panas bumi menggunakan metode volumetrik (Lump Parameter) dengan asumsi tebal reservoir 1 km, *recovery factor* 25%, faktor konversi 10%, dan lifetime 30 tahun. Dengan luas daerah prospek terduga 5 km^2 , temperatur bawah permukaan $230 \text{ }^\circ\text{C}$, dan temperatur *cut-off* yang digunakan $180 \text{ }^\circ\text{C}$. Perhitungan cadangan terduga diperlihatkan pada Tabel 7.1 Dengan demikian, besarnya cadangan energi panas bumi terduga di daerah panas bumi Wapsalit sekitar 20 MWe.

Sumber Data

Pusat Sumber Daya Geologi – PVMBG, Badan Geologi – KESDM. 2009.