

MANIFESTASI PERMUKAAN PANASBUMI DAERAH RABUNAN, GUNUNG ARGOPURO, JAWA TIMUR BERDASARKAN MINERALOGI DAN KIMIA UNSUR UTAMA

Sri Indarto¹, Sudarsono¹, Ahmad Fauzi¹, Eddy Z. Gaffar¹, Andrie K. Abdullah¹, Jakah¹, dan Sunardi¹

²Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
E-mail: sri.indarto@geotek.lipi.go.id

Abstrak

Indonesia mempunyai banyak gunungapi aktif, sehingga dapat menyebabkan munculnya manifestasi panasbumi di permukaan berupa air panas dan uap. Sumber panasbumi yang jumlahnya mencapai 276 lokasi perlu diteliti lebih lanjut dan dijadikan energi alternatif dalam membantu menghemat minyak bumi yang sampai sekarang menjadi andalan terutama untuk pembangkit tenaga listrik. Panasbumi tergantung sumber panas, struktur geologi, batuan reservoir, batuan penutup, dan meteoric water yang masuk ke dalam bumi melalui zona sesar dan bertemu dengan sumber panas (magma) kemudian naik melalui zona sesar yang lain menuju permukaan muncul sebagai mata air panas dan uap. Untuk mengetahui jenis dan tipe manifestasi panasbumi di permukaan digunakan metoda pendekatan dengan analisis mineralogi secara petrografi dan X Ray Diffraction (XRD), serta mengetahui unsur utama batuan dan air panas dengan analisis kimia. Daerah Rabunan dan sekitarnya didapatkan batuan vulkanik produk gunungapi Argopuro, diantaranya lava andesit basaltik, basalt olivin, trachy basalt, breksi laharik yang sebagian teralterasi, tetapi juga didapatkan mikro gabro bertekstur holokristalin, komposisi plagioklas, piroksen, sedikit olivin, diduga menerobos batuan vulkanik G. Argopuro. Batuan vulkanik teralterasi didapatkan dekat mata air panas Rabunan, serta sejumlah sampel dianalisis secara petrografi dan XRD menunjukkan adanya khlorit, epidot, kalsit yang sebagian menggantikan khlorit dan memotong olivin, mineral lainnya albit, kuarsa, montmorillonite, halit. Hasil analisis kimia unsur utama batuan vulkanik menunjukkan SiO_2 sekitar (56,57%), Al_2O_3 (13,88%), MgO (6,89%), Fe_2O_3 (9,58%), K_2O (3,14%), Na_2O (2,19%), diinterpretasikan sebagai andesit basaltik. Hasil analisis kimia sampel air panas Rabunan didapatkan SiO_2 (106,50 – 108,17) mg/l, HCO_3 (464,80 – 484,05) mg/l, Cl (19,50-24,94)mg/l, sehingga air panas ini diinterpretasikan sebagai tipe bicarbonate. Gabungan data lapangan, mineral dan kimia batuan serta air panas yang diperoleh, diinterpretasikan sistem panasbumi di Rabunan dapat ditunjukkan oleh arah pergerakan fluida yaitu out flow, dan air panas yang muncul tipe bicarbonate, serta mineral alterasi yang didapatkan dari kelompok propilitik (khlorit, epidot, dan sebagian khlorit digantikan kalsit), halit, diduga pada saat itu pernah terjadi perubahan suhu di dalam sistem panas bumi.

Kata kunci: Panasbumi, mineralogi, alterasi, kimia, air panas, bicarbonate.

PENDAHULUAN

Sumber panasbumi di Indonesia sangat potensi karena Indonesia merupakan jalur pegunungan vulkanik aktif yang memanjang dari arah Sumatera, Jawa, Bali, Lombok, Flores, Sulawesi Utara, dan Halmahera. Indonesia diperkirakan mempunyai potensi energi panasbumi mencapai 29 GWe, dan telah ditemukan 276 lokasi (PSDG - Badan Geologi 2011) yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 2,6%. Mengingat banyaknya temuan lokasi sumber panasbumi tersebut, maka energi panasbumi perlu dijadikan energi alternatif untuk membantu menghemat minyak bumi yang sampai sekarang masih menjadi andalan khususnya untuk energi listrik. Energi panasbumi merupakan energi relatif bebas polusi yang dapat diandalkan untuk pembangkit tenaga listrik dan sifatnya kompetitif terhadap energi alternatif lainnya. Mengingat besarnya potensi sumber daya panasbumi di Indonesia dan banyaknya energi yang dikonsumsi untuk listrik dalam waktu mendatang, maka perlu ditingkatkan penelitian sumber panasbumi di Indonesia sebagai penyediaan bahan energi alternatif untuk pembangkit tenaga listrik. Energi panasbumi umumnya terletak di pegunungan yang terisolasi, sehingga diharapkan dengan penggunaan energi panasbumi yang ada akan dapat semakin tumbuh perekonomian dan pembangunan daerah tersebut dan sekitarnya.

Penelitian panasbumi di Gunung Iyang-Argopuro, Probolinggo, Jawa Timur berdasarkan kontrol struktur regional, struktur lokal, dan anomali rendah gaya berat yang digambarkan dalam bentuk *circular feature*,

kemudian dapat diinterpretasikan sebagai kaldera (*caldera*), dan dari kenampakan *citra landsate* dapat menunjukkan adanya kelurusan struktur sesar, *circular feature* (bentuk kawah), dan zona alterasi yang diduga berhubungan dengan terjadinya manifestasi panasbumi. Berdasarkan peta anomali gaya berat dan struktur regional Jawa (Badan Geologi, 2010), maka G. Iyang-Argopuro, Dieng dan G. Slamet terjadi anomali gaya berat yang rendah dan melewati struktur geologi regional, sehingga berasumsi bahwa daerah yang mempunyai *low gravity* diinterpretasikan sebagai kaldera yang diduga akan terdapat manifestasi panasbumi. Namun paper ini akan membahas tentang dugaan sistem panasbumi di G. Argopuro berdasarkan mineralogi dan kimia unsur utama dari manifestasi panasbumi yang berupa batuan alterasi dan mata air panas yang didapatkan di sebelah utara lereng G. Argopuro, yaitu daerah Rabunan. Mata air panas daerah Rabunan ini pernah diteliti unsur kimia air panasnya yang menunjukkan kandungan HCO_3 (386,43 – 395,97) mg/l (Sulaeman, 1990) yang menyatakan tipe air *bicarbonate*, dan Iman K. Sinulingga, dkk., 2000 menganalisis kimia batuan vulkanik G. Iyang Argopuro dari *Major Elementsnya* menunjukkan SiO_2 (50,84 – 60,47)% yaitu berkisar antara andesit - basalt dan andesit basaltik.

Permasalahan yang sering terjadi di lapangan panasbumi adalah berkaitan dengan suhu air panas, uap, batuan *reservoir* dan batuan penutup (*cap rock*), air permukaan, karena ini sangat berperan di dalam sistem panasbumi. Kadang-kadang di lapangan panasbumi terjadi penurunan suhu air panas, hal ini apakah dapat disebabkan oleh jauhnya sumber panas (*heat source*) dengan mata air panas yang muncul di permukaan sebagai *out flow* dan atau banyaknya resapan air permukaan ke bawah permukaan sehingga air panas yang muncul ke permukaan sudah banyak bercampur dengan air permukaan (*meteoric water*)? Masalah yang lain sering terjadi hilangnya mata air panas di permukaan, apakah ini dapat disebabkan oleh tertutupnya mata air tersebut oleh batuan *impermeable*, atau muncul di tempat lain melalui jalur rekahan yang lain? Oleh karena itu, di dalam penelitian ini dilakukan pengukuran suhu mata air panas, debit mata air panas yang keluar, pengamatan dan pengukuran struktur geologi di sekitar mata air panas, pengambilan conto air panas dan air dingin kemudian dianalisis secara kimia diantaranya unsur-unsur: K, Na, Li, Ca, Mg, Cl, B, sulfat, HCO_3 , SiO_2 , dengan perhitungan geotermometer kimia, kadar unsur-unsur kimia tersebut dapat untuk memprediksi suhu bawah permukaan (Truesdell, 1975, di dalam Koga, 1993, Djedi S. Widarto, dkk., 2003).

Secara mineralogi bahwa mineral alterasi sebagian dapat sebagai petunjuk di dalam sistem panasbumi, seperti mineral adularia adalah salah satu mineral petunjuk batuan *reservoir*, *illite* (sebagai petunjuk batuan *impermeable*, dan batuan penutup), epidot sebagai petunjuk suhu tinggi yang potensi untuk panasbumi (Izawa, 1993). Disamping itu perlu pengamatan mineral alterasi di dalam batuan di sekitar manifestasi untuk membuktikan apakah sedang terjadi penurunan temperatur (*cooling down*) atau kenaikan (*heating up*). Contoh terjadinya *heating up* seperti yang ditunjukkan oleh mineral ubahan sebagai indikator suhu tinggi meng-*overprint* (memakan) mineral ubahan yang bersuhu lebih rendah.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian memperoreh gambaran manifestasi permukaan sistem panasbumi berdasarkan data geologi, geokimia dan analisis laboratorium. Data permukaan, seperti: kemungkinan adanya fumarola, sulfatara, mata air panas, pH dan suhu air panas, batuan/mineral alterasi, unsur kimia air panas (K, Na, Li, Ca, Mg, Cl, B, SiO_2 , Sulfat, HCO_3), dan kimia batuan, pengukuran struktur geologi, memprediksi tipe dan suhu bawah permukaan berdasarkan perhitungan data unsur kimia air panas dan kumpulan mineral alterasi, serta mengetahui tipe *reservoir* panasbumi apakah dikuasi air (*water dominated*) atau uap (*steam dominated*).

METODOLOGI

Kerangka pemikiran

Energi panasbumi merupakan energi alam yang berasal dari hasil pemanasan akuifer di dalam batuan *reservoir* oleh suatu sumber panas yang berasal dari magma (Hiroshi Shigeno, 1993), kemudian muncul melalui rekahan-rekahan atau sesar normal menuju permukaan sebagai air panas dan uap. Mengacu hipotesa Hiroshi Shigeno, 1993 tersebut, maka penelitian di daerah Rabunan perlu mencari data manifestasi panasbumi dan mengidentifikasinya. Data panasbumi yang dimaksud mata air panas, uap,

batuan alterasi, struktur geologi (kekar atau sesar) yang merupakan faktor – faktor yang dapat menyebabkan munculnya manifestasi panasbumi di permukaan. Data manifestasi panasbumi yang diperoleh dianalisis di laboratorium sehingga didapatkan tipe manifestasi dan sistem panasbumi khususnya di Rabunan.

Metoda pengumpulan data

Data dihimpun mulai dari pengumpulan data sekunder berupa laporan peneliti terdahulu, penyediaan dan analisis citra *landsat*, peta geologi daerah penelitian dan peta topografi, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data primer dari hasil penelitian lapangan dan laboratorium. Dalam penelitian lapangan melakukan *plotting* lokasi pengamatan geologi, pengukuran struktur dan temperatur air panas, debit, pH dan pengambilan sejumlah conto batuan dan air panas pada posisi koordinat tertentu yang diukur dengan *Global Positioning System* (GPS). Pengamatan dan pencatatan singkapan batuan segar dan teralterasi (lemah, sedang, kuat, inten, dan total) serta diteliti urutan terbentuknya, dan pengambilan foto data lapangan untuk dokumentasi. Disamping itu dilakukan pengukuran dengan metoda Magnetotelurik (MT) dari arah Tiris ke Paiton (Gambar 1) untuk mengetahui struktur geologi dan perlapisan batuan bawah permukaan. Pengukuran Magnetotelurik (MT) sebanyak 11 titik, jarak antara titik satu dengan titik yang lain 4 km, satu titik pengukuran memerlukan waktu minimal 12 jam. Pengukuran dan pencatatan debit air dan lebar sungai di sekitar mata air panas serta pengambilan conto air untuk dianalisis di laboratorium.

Analisis di laboratorium yang diperlukan meliputi analisis petrografi dan kimia batuan dilakukan di Puslit Geoteknologi – LIPI Bandung, kemudian *X – Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Pusat Survei Geologi (PSG) Bandung, dan kimia air dilakukan di BPPTK Yogyakarta. Analisis petrografi dilakukan terhadap conto batuan segar maupun yang teralterasi, yang tujuannya untuk mengidentifikasi mineral-mineral di dalam conto batuan dan menentukan nama batuanya yaitu dengan menggunakan acuan pada Williams, et al., 1954, serta meneliti hubungan antara mineral – mineral alterasi yang satu terhadap mineral alterasi lainnya (yaitu terjadinya proses *overprinting*/penggantian diantara mineral) sehingga dapat digunakan sebagai indikator terjadinya perubahan temperatur di dalam sistem panasbumi. Conto mineral-mineral alterasi yang dapat digunakan sebagai mineral pandu di dalam sistem panasbumi (Izawa, 1993), seperti: *adularia* dapat sebagai indikator adanya batuan *reservoir*, *epidot* indikator temperatur panasbumi yang potensi, *illite* indikator batuan penutup. Pengukuran inklusi fluida misal terhadap kristal kuarsa yang didapatkan di lapangan panasbumi, dapat untuk mengetahui suhu homogenitas sistem panasbumi. Analisis conto batuan dengan *X-Ray-Diffraction* (XRD) dilakukan untuk conto batuan yang mengalami alterasi intensif – total, seperti batuan mengandung mineral lempung hasil alterasi (*illite*, *montmorillonite*) dan sebagainya. Kimia air panas: dari kandungan K, Na, Li, Ca, Mg, Cl, B, SiO₂, Sulfat, HCO₃ dapat untuk memprediksi suhu bawah permukaan yaitu dengan geotermometer kimia (Koga, 1993, Djedi S. Widarto,dkk., 2003). Kimia batuan: unsur utama, unsur jejak, dan unsur jarang untuk mengetahui jenis batuan/magma asal, dan posisi terhadap tektonik. Kimia conto air dingin untuk dibandingkan dengan kimia air panas di sekitarnya, berapa besar perbedaan unsur – unsur kimia antara keduanya.

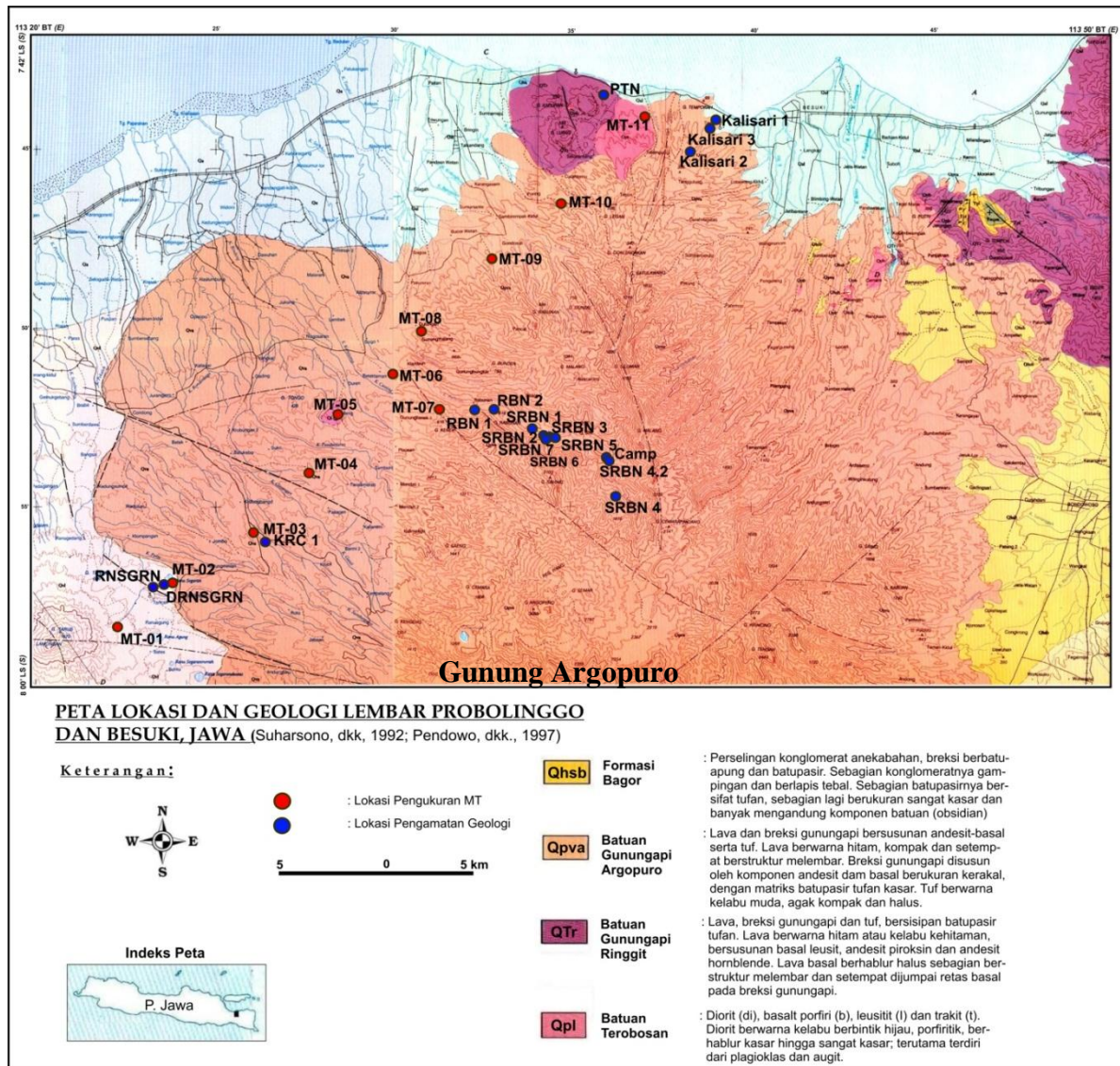
HASIL

Lapangan, laboratorium (petrografi, XRD, dan kimia)

Hasil penelitian geologi dan geokimia panasbumi di Kompleks G. Iyang Argopuro dan sekitarnya didapatkan sejumlah data lapangan diantaranya variasi litologi (batuan) vulkanik produk G. Argopuro, data struktur kekar dan sesar, serta manifestasi panasbumi berupa mata air panas. Pada penelitian lapangan dilakukan pengamatan, pengukuran dan pencatatan data geologi di beberapa lokasi (Gambar 1) disertai pengambilan conto batuan terpilih, conto air panas dan air dingin untuk dianalisis di laboratorium. Conto batuan segar dianalisis secara petrografi dan kimia (Tabel 1 dan 2), sedangkan batuan teralterasi dianalisis secara petrografi dan XRD (Tabel 1 dan 3). Untuk conto air panas dan air dingin dilakukan analisis di laboratorium kimia (Tabel 4).

Struktur geologi yang didapatkan umumnya kekar – kekar dan longsoran yang diduga sebagai indikasi sesar. Batuan yang di daerah penelitian umumnya berkisar dari andesit basaltik hingga basalt sebagai produk gunungapi Argopuro. Batuan – batuan tersebut ditemukan di Rabunan dan Krucil (sebelah utara dan barat G. Iyang Argopuro). Batuan yang terdapat di Rabunan (di sepanjang sungai) ke arah sumber mata air panas selain ditemukan batuan vulkanik Argopuro juga didapatkan mikro gabro (SRBN-1B, dan SRBN-2A)

bertekstur holokristalin, komposisi mineralnya plagioklas sebagian berubah menjadi serisit dan kalsit, piroksen, olivin teroksidasi, mineral opak (Tabel 1), berdasarkan kesamaan ciri fisik mikro gabro ini jika mengacu pada Suharsono, dkk., 1992, dapat dimasukkan sebagai anggota satuan batuan intrusif yang berumur Kuartar, dan menerobos batuan vulkanik produk gunungapi Argopuro. Batuan vulkanik Argopuro yang didapatkan berupa lava yang terdiri dari basalt porfiri (SRBN-6) mempunyai struktur vesikuler yang sebagian terisi zeolit/natrolit, dan klorit, komposisi utamanya labradorit, gelas vulkanik, dan **epidot** ubahan piroksen, opak, **klorit**. Didapatkan juga lava andesit basaltik (SRBN-7) bertekstur porfiritik, terdapat struktur amigdaloida diisi oleh kalsit, komposisi utamanya labradorit dan andesin, gelas vulkanik, mineral ubahan **epidot**, **kalsit**, opak, lihat Tabel 1.

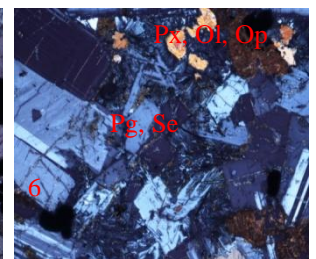
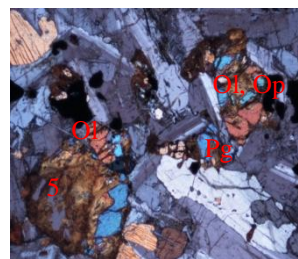
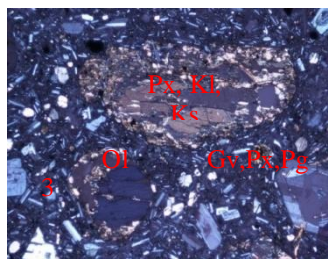


Gambar 1. Lokasi Pengamatan Geologi, Pengambilan Sampel, dan Pengukuran Magnetotelurik (MT), di lereng barat dan utara G. Argopuro, Probolinggo, Jawa Timur.



Foto 1. Singkapan lava andesit basaltik terkekarkan kuat, di atasnya diendapkan breksi laharik. Lokasi di tebing sungai Rabunan, Koordinat : S = 7° 52' 43" - 7° 53' 38,4", E = 113° 33' 55,8" - 113° 35' 33,5".

Foto 2. Mata air panas dan sedikit uap pada breksi teralterasi berdampungan dengan terjunan air dingin di sebelah kanannya, batuan dasar mata air panas mengalami oksidasi kuat berwarna merah keputihan Lokasi di hulu S. Rabunan dengan posisi koordinat : S = 7° 55' 17,9", E = 113° 35' 34,8".



Fotomikrografi 3, 4. Basalt olivin (SRBN-2B), teralterasi, tekstur porfiritik, komposisi gelas vulkanik (Gv), plagioklas (Pg), Piroksen (Px) terkloritkan (kl) teroverprint kalsit (foto 3), olivin (Ol) berubah dan terpotong oleh *veinlets* kalsit (Ks), terdapat hornblende (Hb) sebagai *xenocryst* teroksidasi di bagian pinggirnya, mineral opak (Op), foto 4.

Fotomikrografi 5, 6. Mikro gabro (SRBN-1B), dicirikan oleh tekstur holokristalin yang komposisi mineralnya plagioklas (Pg) yang sebagian mulai berubah menjadi mika (serisit = Se) dan kadang-kadang kalsit, piroksen (Px), sedikit olivin (Ol) teroksidasi (Ok), mineral opak (Op).

Ke arah hulu sungai Rabunan yaitu dekat dengan mata air panas didapatkan lava, breksi laharik dan batuan yang teralterasi intensif - total. Batuan-batuan tersebut adalah basalt olivin (SRBN-2B), yang menunjukkan tekstur glomero porfiritik, komposisinya plagioklas (labradorit) sebagai fenokris dan masadasar, gelas vulkanik, augit dan hipersten **terkloritkan** kemudian **di-overprint oleh kalsit**, olivin terpotong oleh *veinlet* kalsit, terdapat *xenocryst* hornblende telah teroksidasi bagian pinggirnya, mineral opak. Disamping itu didapatkan *trachy basalt* (SRBN-4.2B), menunjukkan tekstur ofitik yang dibentuk felspar dan piroksen, komposisi: felspar / alkali felspar berkembaran karlsbad, sebagian lain berupa andesin sebagai fenokris dan masadasar, piroksen dari jenis augit dan hipersten teroksidasi dan berubah menjadi khlorit dan epidot, mineral lainnya olivin, mineral opak (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Analisis Petrografi Batuan Gunung Argopuro

No.	KODE CONTO dan LOKASI	STRUKTUR & TEKSTUR	KOMPOSISI (%)	NAMA BATUAN
1.	Tiris	Lobang bekas gas, pfr, XL (0,02-3) mm	Pg/ Lb & Mkr, Gv(53%), (35%), Ol (10%) Kl (5%), Op(2%).	Basalt olivin (singkapan)
2.	SRBN-4.2B	Pfr, oft, Uk-XL (0,01-4) mm	Fs (73%) fnk + mds. mikrolit, Px/Ag, Hp(20%) Oks-Kl, Op(5%), Ol(2%).	<i>Trachy Basalt</i> (singkapan)
3.	SRBN-4c	Klastik, Uk-Fr. (2-4) mm	Pg (Ad, 40%)-Se, Gv(30%)-Kl, Mf(15%)-Kl, Fr.vol (10%), Op(5%).	Breksi Andesit alterasi
4.	SRBN-2B	Porfiritik, glomero porfiritik, XL (0,02-6) mm.	Pg/Ad(57%), Gv(25%), Px/Ag, Hp(10%), Op(5%), Kf (3%).	Andesit piroksen
5.	SRBN-2A	Holokristalin, XL (0,1-6) mm	Fs (10%), Ad, Lb (40%), Ag, Hp (15%), Se (10%), Ol (10%), Ks (10%), Op (5%).	Mikro gabro
6.	SRBN-4A	Porfiritik, XL (0,1-3) mm	Lp alter (42%), Ks (23%), fragmen alter total (30%), kalsedon (5%)	Batuan alterasi total
7.	SRBN-6	Pfr, Str.ves. terisi ze/natrolit, khlorit	Lb (48%), Gv (25%), Ep (15%) ubahan Px, Op (7%), Kl (5%).	Basalt porfiri
8.	SRBN-7	Pfr, struktur amigdaloida terisi kalsit	Lb dan Ad (66%), Gv (16%), Ep (10%), Ks (3%), Op (5%).	Andesit basaltik

Keterangan: Uk-Xl – ukuran kristal, Str.ves. – Struktur vesikuler, Pfr – Porfiritik, Fs – Felspar /alkali felspar, Px – Piroksen, Ag – Augit, Hp – Hipersten, Pg- Plagioklas, Ad – Andesin, Lb – Labradorit, Gv – Gelas vulkanik, Si – Silika, Op – Mineral opak, Ol – Olivin, Fr.vol – Fragmen batuan vulkanik, Oft. – Ofitik, Fnk. – Fenokris, Oks – Oksida besi, Mkr – mikrolit, Kl – Khlorit, Se – Serisit, Ks – Kalsit, Mds – Masadasar, Lp – Mineral lempung, Ze – Zeolit.

Tabel 2. Hasil Analisis Kimia Batuan Gunung Argopuro dan sekitarnya

No	Unsur Yang Dianalisis	Hasil Analisis (%)		Metoda
		Pekalen	SRBN – 4.2	
1	Si O ₂	53,27	56,57	Gravimetry
2	Ti O ₂	1,40	1,43	Spectrophotometry
3	Al ₂ O ₃	18,06	13,88	Tirtation
4	Fe ₂ O ₃	9,63	9,58	AAS
5	Mn O	0,24	0,19	AAS
6	Mg O	4,73	6,89	AAS
7	Ca O	0,72	2,47	AAS
8	K ₂ O	3,61	3,14	AAS
9	Na ₂ O	4,04	2,19	AAS
10	P ₂ O ₅	3,15	3,27	Spectrophotometry
11	H ₂ O ⁻	0,70	0,19	Gravimetry
12	H ₂ O ⁺	0,10	0,13	Gravimetry
13	LOI	1,05	0,37	Gravimetry
	Total	100,70	100,30	

Di atasnya terdapat breksi lahar (SRBN-4c), terdiri dari fragmen dan matriks. Fragmennya berupa batuan vulkanik teralterasi berukuran (2-4) mm, andesin umumnya berubah menjadi mineral **serisit**, **khlorit** ubahan dari mineral mafik berukuran halus, dan matriksnya gelas vulkanik **terkhloritkan**, mineral opak. Disamping itu dilakukan pengambilan contoh batuan vulkanik di sekitar lokasi pengukuran magnetotelurik, yaitu dilakukan di Tiris, Tambak Ukir, Renteng, Pakuniran, Paiton. Contoh batuan teralterasi inten dan total dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis conto batuan dengan XRD daerah Gunung Argopuro dan sekitarnya

No	Kode Conto Batuan	Komposisi Mineral
1	SRNSGN	Labradorit (69%), Augit (10%), Diopsid <i>ferroan</i> (21%)
2	SRBN – 4A	Kuarsa (72%), Andesin (9%), <i>Clinoclore, ferroan</i> (7%), <i>Laumontite</i> (12%)
3	SRBN – 4G	Kalsit, magnesian (51%), Labradorit (9%), Klinopiroksen (37%), <i>Pyrrhotite</i> (3%)
4	SRBN – 4E	Khlorit-serpentin (24%), <i>Montmorillonite</i> (15%), Kuarsa (24%), Halit (3%), Albit, calcian (25%), Epidot (9%)

Tabel 4. Hasil Analisis Kimia Conto Airpanas Gunung Argopuro dan sekitarnya

No	Unsur Yang Dianalisis	Hasil Analisis (mg/l)						
		Danau Rano Segaran dingin	Rabunan Ke – 1	Rabunan Ke – 2	Rabunan Ke – 3	MAP Ke-1 Kali Rano Segaran	MAP Ke-2 Kali Rano Segaran	Air Panas Tiris
1	Si O ₂	3,05	108,17	107,10	106,50	109,82	102,31	117,71
2	Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Fe	0,00	0,13	0,50	0,26	0,50	0,71	0,00
4	Ca	9,27	58,60	57,76	25,55	126,45	109,50	71,54
5	Mg	3,93	14,78	14,40	14,64	140,80	121,00	108,7
6	Na	9,18	155,70	140,30	144,40	441,20	399,40	354,8
7	K	3,80	41,48	38,90	39,58	137,90	120,00	88,14
8	Li	0,04	0,12	0,13	0,14	0,74	0,66	0,42
9	NH ₃	5,33	5,00	4,17	5,00	6,67	7,33	9,00
10	Cl	12,00	23,84	24,92	19,50	509,23	455,05	445,31
11	SO ₄	1,27	161,02	158,89	149,36	0,74	0,64	0,66
12	HCO ₃	89,17	483,14	464,80	484,05	1773,99	1555,87	1374,25
13	H ₂ S	3,27	6,55	3,27	4,37	6,55	8,73	5,13
14	B	0,24	0,52	0,45	0,00	15,13	7,64	6,53
15	PH Lab.	8,30	6,57	7,25	6,65	6,68	6,54	7,05
16	DHL, umhos/cm	125	1200	8,00	711	2700	2400	1900

Keterangan : Kecuali PH dan DHL semua unsur/ senyawa dalam satuan mg/l

Berdasarkan data kandungan unsur kimia dan pH dari analisis conto air panas menunjukkan kandungan HCO₃ cukup besar sehingga diinterpretasikan bahwa airpanas di Rabunan dapat dikategorikan sebagai tipe air *bicarbonate*.

DISKUSI

Daerah Rabunan dan sekitarnya didapatkan batuan vulkanik produk gunungapi Argopuro, diantaranya lava andesit basaltik, basalt olivin, *trachy basalt*, breksi laharik sebagian teralterasi (Tabel 1) dan ditemukan mikro gabro yang diduga menerobos batuan vulkanik G. Argopuro.

Batuan vulkanik teralterasi didapatkan dekat mata air panas Rabunan, menunjukkan adanya khlorit, epidot, kalsit yang menggantikan khlorit dan memotong olivin, mineral lainnya serisit, albit, kuarsa, *montmorillonite*, halit (Tabel 1, 3). Mineral-mineral alterasi tersebut mengindikasikan bahwa di dalam sistem panasbumi Rabunan pada saat itu pernah terjadi perubahan suhu. Mineral-mineral yang dapat menunjukkan suhu tinggi adalah epidot dan serisit, sedangkan mineral-mineral yang terbentuk pada suhu relatif lebih rendah diantaranya *laumontite*, *montmorillonite*, halit (Tabel 3), sehingga dapat diduga bahwa suhu pada saat itu pernah mengalami perubahan. Jika melihat terjadinya *overprinting* mineral khlorit oleh kalsit (SRBN-2B, foto 3, dan 4), dan munculnya *laumontite*, *montmorillonite*, halit maka kemungkinan suhu pada sistem panasbumi saat itu sedang turun (*cooling down?*). Hasil analisis kimia unsur utama batuan

volkanik menunjukkan SiO₂ sekitar (56,57%), Al₂O₃ (13,88%), MgO (6,89%), Fe₂O₃ (9,58%), K₂O (3,14%), Na₂O (2,19%), diinterpretasikan sebagai andesit basaltik (Tabel 2), sedangkan hasil analisis kimia sampel air panas Rabunan (Tabel 4) didapatkan SiO₂ (106,50 – 108,17) mg/l, HCO₃ (464,80 – 484,05) mg/l, Cl (19,50-24,94) mg/l, yang dapat diinterpretasikan sebagai tipe *bicarbonate*.

Berdasarkan data lapangan, air panas, mineral dan kimia batuan yang diperoleh, dapat diinterpretasikan bahwa manifestasi panasbumi di Rabunan dapat ditunjukkan oleh munculnya air panas kemungkinan terjadi karena *out flow* dan tipe airnya adalah *bicarbonate*, dan diduga pada saat itu pernah terjadi perubahan suhu di dalam sistem panasbumi.

KESIMPULAN

Manifestasi panasbumi yang didapatkan di Rabunan yaitu letaknya di lereng sebelah utara dari G. Iyang Argopuro, diantaranya berupa mata air panas dan batuan alterasi hidrotermal. Mata air panas tersebut didasari oleh batuan volkanik Argopuro yang terdiri dari andesit – basaltik, basalt porfiri, *trachy basalt*, dan breksi laharik yang kadang-kadang teralterasi, dan didapatkan mikro gabro yang diduga menerobos batuan volkanik produk G. Argopuro.

Mata air panas yang muncul diinterpretasikan karena terjadinya *out flow*, tipenya airnya *bicarbonate*. Batuan alterasi intensif – total didapatkan di sekitar lokasi mata air panas, yang diduga batuan aslinya lava andesit basaltik dan breksi laharik. Mineral alterasi yang muncul diantaranya khlorit yang tampak digantikan oleh kalsit, serta adanya *laumontite*, *montmorillonite*, halit, kemungkinan suhu di dalam sistem panasbumi saat itu pernah turun (*cooling down*).

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih Kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI dan Panitia Seminar Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI 2011 yang berkenan memberikan kesempatan untuk memaparkan hasil penelitian kami. Tidak lupa terimakasih disampaikan kepada Pemerintah Kabupaten Probolinggo dan PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY (PGE) selaku pemilik KP yang telah mengizinkan penelitian di daerahnya, dan kepada semua pihak yang membantu penelitian di lapangan dan di laboratorium serta memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi, 2010. *Peta Anomali Gaya Berat Di Jawa*, skala 1:100.000.
- Djedi S. Widarto, Sri Indarto, Eddy Z. Gaffar, 2003. *Hasil Awal Geotermometri Kimia Airpanas Lapangan Panasbumi Gedongsongo di Lereng Selatan Gunung Ungaran, Jawa Tengah*. Buletin Geologi, ITB, Bandung.
- Hiroshi Shigeno, 1993. *Geochemical Exploration*. International Group Training Course on Geothermal Energy (Advanced), Kyushu University.
- Imam, K.S., Agung Pribadi., Eka Kadarsetia, Wahyu Suherman, Amin Saefudin, 2000. *Penyelidikan Petrokimia Batuan Kompleks Gunungapi Iyang Argopuro, Jawa Timur*. Departemen Energi Dan Sumberdaya Mineral, Dirjen. Geologi Dan Sumberdaya Mineral, Direktorat Vulkanologi.
- Izawa, 1993. *Alteration type and critical minerals in geothermal systems*. International Group Training Course on Geothermal Energy (Advanced), Kyushu University.
- Koga, A., 1993. *Hydrothermal Geochemistry*. International Group Training Course on Geothermal Energy (Advanced), Kyushu University.
- Pendowo, B., Samodra, H., 1997. *Peta Geologi Lembar Besuki, Jawa*, Sekala 1 : 100.000, P3 Geologi, Bandung.

- Pusat Sumber Daya Geologi – Badan Geologi, 2011. *Pengembangan Sumber Daya Panasbumi Indonesia*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Suharsono, Suwarti, T., 1992. *Peta Geologi Lembar Probolinggo, Jawa*, Skala 1 : 100.000, P3 Geologi, Bandung.
- Sulaeman, B., 1990. *Penyelidikan Geokimia Pendahuluan Daerah Panabumi G. Iyang Argopuro, Jawa Timur*. DPE, Dit.Jen. Geologi Dan Sumber Daya Mineral Direktorat Vulkanologi.
- Williams H., Turner F.J., Gilbert, C.M., 1954. *Introduction to the Study of Rocks in Thin Section*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.