

## Analisa Batuan Alterasi Panas Bumi Arjuno-Welirang Berdasarkan Sifat Mineraloginya

Bakruddin<sup>1</sup>, Widya Utama<sup>2</sup>, dan Dwa Desa Warnana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Politeknik Aceh Selatan,

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Geofisika, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Geofisika, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Email: bakry.klt@gmail.com

### Abstract

This research has been conducted on the geothermal area of Arjuno-Welirang, the with aim to know the alteration of rocks based on their mineralogical properties. The method used is X-ray Diffraction by using Shimadzu X-ray Diffraction technique, Co-K $\alpha$  radiation ( $\nu = 1.54060 \text{ \AA}$ ). Mineral phase obtained from Padusan rock samples are 9 minerals ie Aragonite and followed by other minor phases. Then on Cangar rock samples, there are 7 mineral phases with core minerals, ie Silicon Oxide and followed by phase of other minerals.

**Keywords:** Arjuno-Welirang, Alteration rock, X-ray Diffraction, Mineralogical

### 1. Pendahuluan

Energi panas bumi merupakan sumber daya alam energi baru terbarukan dan cukup menjanjikan sebagai solusi energi alternatif dimasa depan, upaya ini terus dilakukan karena mengingat menipisnya cadangan energi fosil khususnya minyak bumi. Secara umum energi panas bumi berada pada daerah vulkanik dan terdapat indikasi manifestasi permukaan (*geothermal surface manifestation*) yang muncul di sekitaran wilayah potensi seperti mata air panas, fumarol, kubangan lumpur panas (mud pools), geyser dan jenis manifestasi lainnya. Manifestasi permukaan diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida (uap dan air panas) panas bumi mengalir ke permukaan (Saptadji, 2012).

Sebaran wilayah potensi panas bumi di Indonesia berdasarkan data Kementerian ESDM tahun 2014 terdapat 299 lokasi panas bumi, salah satunya adalah terdapat di Jawa Timur yaitu pada gunung Arjuno-Welirang. Arjuno-Welirang merupakan gunung api aktif dan hampir seluruh daerah panas bumi Gunung Arjuno-Welirang merupakan batuan produk vulkanik kuarter. Sedangkan batuan ubahan pada kawasan ini dikelompokkan menjadi dua lokasi yaitu daerah alterasi disekitar kawah Plupuh, berdasarkan kehadirannya dapat di interpretasikan bahwa daerah tersebut telah terbentuk alterasi hidrotermal yang dipengaruhi oleh fluida asam (PSDG, 2011).

Batuan alterasi (ubahan) memberikan peranan penting dalam kegiatan eksplorasi panas bumi. Kehadiran batuan alterasi dapat memberikan

gambaran dan pemahaman kondisi bawah permukaan (reservoir) berdasarkan dari segi mineralogi batuan, serta untuk mengimplementasikan hasil studi untuk tercapainya pemboran yang lebih efektif dan efisien (Silaban, 2001).

Dalam penelitian ini, akan dilakukan analisa pada batuan alterasi panas bumi Arjuno-Welirang yang berdasarkan sifat mineraloginya.

### 2. Metode dan Peralatan

Penelitian ini dilakukan terutama dengan pengamatan langsung ke lapangan dan dilakukan proses pengambilan sampel pada kawasan alterasi, selanjutnya dilakukan reparasi sampel batuan, dan kemudian dilakukan karakterisasi dengan menggunakan X-ray Diffraction (XRD), yang diamati profil puncak difraksi atau *peak broadening* dilakukan dengan menggunakan teknik difraksi sinar-x Shimadzu, radiasi Co-K $\alpha$  ( $\nu = 1.54060 \text{ \AA}$ ), dan analisa berdasarkan mineral yang muncul.

#### 2.1. Pengambilan sampel batuan

Pengambilan sampel batuan alterasi dilakukan pada dua lokasi yaitu Padusan dan Cangar. Sampel diambil yang mempunyai ciri khas, pembentukan batuan alterasi ditandai dengan warna keabu-abuan dan diperkuat oleh sesar yang berada pada sekitarnya (Bakruddin, dkk. 2016). Penentuan dengan melihat secara visual perbedaan corak warna serta bentuk pada batuan. Sampel pada daerah Padusan yang diambil memiliki warna agak kekuning-kuningan,

dengan titik elevasi sekitar 920 meter, sedangkan pada daerah Cangar mempunyai warna agak gelap dengan titik elevasi 1623,91 meter. Tabel 1. Merupakan data lokasi saat pengambilan sampel dilakukan dilapangan.

Tabel 1. Data lokasi pengambilan sampel batuan alterasi

No	Nama Lokasi	Temperatur Air (C°)	Temperatur Tanah (C°)	Koodinat (Derajat)	
				BT	LS
1	Padusan	36	24	112,549718	-7,687308
2	Cangar	32	21	112,53305	-7,740380

### 2.2. Preparasi sampel batuan.

Reparasi sampel dilakukan dengan beberapa proses tahapan yaitu proses tahapan *ball milling* dan *vibrating sieving*.

#### a. Ball milling

*Ball milling* dilakukan untuk menjadikan sampel dalam bentuk padat menjadi serbuk. Pada saat melakukan *ball milling* sampel batuan sudah dalam kondisi ukuran kecil atau butiran, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses milling serta efisiensi waktu yang digunakan. Proses selanjutnya dilakukan penimbangan pada sampel batuan yang telah diproses sebelumnya, sampel dari penimbangan tersebut bertujuan untuk menyesuaikan ball pada kedudukan wadah (*camber*). Adapun data sampel yang akan dilakukan *ball milling* dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data sampel saat akan dilakukan proses *ball milling*

Nama sampel	Berat Bola (gram)	Diameter Bola (cm)	Berat Spesimen (gram)	Jumlah Bola	Kecepatan Putaran (RPM)	Lama Putaran (jam)
Padusan	4,5	1	57,185	12	200	1
Cangar			82,335	18		

#### b. Vibrating Sieving

Proses *Vibrating Sieving* dilakukan untuk memperoleh sampel dalam ukuran serbuk sesuai yang diinginkan (terukur). Hasil dari proses *ball milling* sampel digunakan untuk tahapan *Vibrating Sieving*, sampel dimasukan kedalam tempat yang disebut dengan *siever*. *Siever* disusun secara berurutan mulai dari ukuran besar (kasar) sampai ukuran yang diinginkan, dalam hal ini ukuran yang diinginkan ialah 120 mikron. Data sampel yang telah dilakukan *Vibrating Sieving* seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

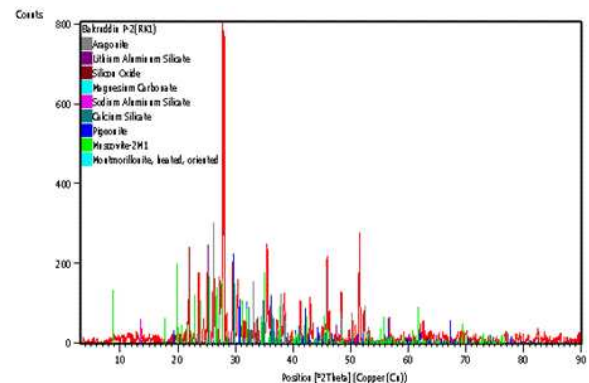
Tabel 3. Data sampel saat akan di *Vibrating sieving*

Nama sampel	Waktu (Menit)	Delay Time (Detik)	Siever (Mikron)
Padusan	15	10	120
Cangar			

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Fasa mineral pada batuan Padusan

Hasil uji yang diperoleh pada sampel batuan, terdapat puncak-puncak utama yang dominan yang ditunjukkan dengan intensitas puncak tertinggi, setiap puncak yang dihasilkan terdapat satu mineral yang muncul. Hasil uji pada sampel batuan Padusan, terdapat 9 fasa mineral yang terdeteksi, sedangkan fasa minor nya tidak terdeteksi, hal ini dikarenakan banyak fasa mineral lain, namun dalam penelitian ini hanya diambil beberapa puncak tertinggi saja. Puncak dominan diwakili oleh fasa mineral *Aragonite* dan diikuti fasa mineral-mineral lain dengan pola difraksi (*peak broadening*) pada sampel batuan padusan dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Sedangkan mineral yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4. Tinggi atau rendahnya intensitas dari sejumlah puncak difraksi yang dihasilkan bergantung pada atom atau ion yang ada, dan terdistribusi di dalam sel satuan material tersebut (Bajili, dkk. 2014).



Gambar 1. Pola difraksi fasa mineral hasil pengukuran X-Ray Diffraction pada sampel batuan Padusan

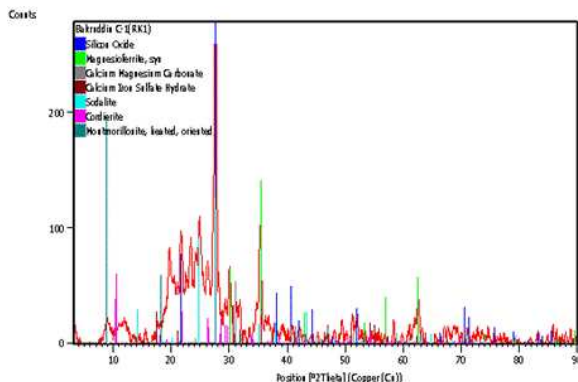
Tabel 4. Data mineral hasil pengukuran dengan X-Ray Diffraction pada sampel batuan Padusan

No	Nama Mineral	Rumus Formula
1	<i>Aragonite</i>	Ca (CO) <sub>3</sub>
2	<i>Lithium Aluminum Silicate</i>	LiAlSiO <sub>4</sub>
3	<i>Silicon Oxide</i>	SiO <sub>2</sub>

4	Magnesium Carbonate	$Mg(CO_3)$
5	Sodium Aluminum Silicate	$Na_6(AlSiO_4)_6$
6	Calcium Silicate	$Ca_2(SiO_4)$
7	Pigeonite	$(Mg_{0.39}Fe_{0.52}Ca_{0.09})SiO_3$
8	Muscovite-2M1	$KAl_2.9Si_{3.1}O_{10}(OH)_2$
9	Montmorillonite, heated, oriented	$(Ca,Na)_{0.3}Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_{2-x}H_2O$

### 3.2. Fasa mineral pada batuan Cangar

Sedangkan hasil pengujian *X-Ray Diffraction* pada sampel batuan Cangar, terdapat 7 fasa mineral yang terdeteksi, sedangkan fasa minor nya tidak terdeteksi. Puncak yang dominan pada sampel batuan Cangar diwakili oleh fasa mineral *Silicon Oxide* dan diikuti fasa mineral-mineral lain. Profil pola difraksi (*peak broadening*) pada sampel batuan Cangar dapat dilihat seperti pada Gambar 2. Sedangkan mineral yang diperoleh dari hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 2. Pola difraksi fasa mineral hasil pengukuran *X-Ray Diffraction* pada sampel batuan Cangar.

Tabel 5. Data mineral hasil pengukuran dengan *X-Ray Diffraction* pada sampel batuan Cangar

No	Nama Mineral	Rumus Kimia
1	<i>Silicon Oxide</i>	$SiO_2$
2	<i>Magnesioferrite</i> ,	$(Mg_{0.06}Fe_{0.94})Mg_{0.14}(Fe_{0.77}Mg_{1.23})O_4$
3	<i>Calcium Magnesium</i>	$CaMg(CO_3)_2$
4	<i>Calcium Iron Sulfate Hydrate</i>	$Ca_4Fe_2S_2O_9 \cdot 12H_2O$
5	<i>Sodalite</i>	$Na_8(Al_6Si_6O_{24})Cl_6$
6	<i>Cordierite</i>	$(Mg_{0.725}Fe_{0.275})_2Na_{0.021}(Al_{3.976}Fe_{0.031}Si_{4.993})O_{18}$
7	<i>Montmorillonite, heated,</i>	$(Ca,Na)_{0.3}Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_{2-x}H_2O$

### 3.3. Analisa fasa mineral dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*

Hasil pengujian *X-Ray Diffraction* pada sampel batuan Padusan dan Cangar memiliki perbedaan yang mendasar, hal ini dibuktikan dengan kehadiran fasa mineral yang muncul. Pada sampel batuan Padusan terdapat 9 mineral yang terdeteksi dan diikuti dengan fasa mineral lainnya. Menurut (Guilbert dan Park, 1986) reaksi alterasi hidrotermal pada fasa mineral tertentu menjadikan mineral tersebut terakumulasi atau menjadi kelompok tertentu, berdasarkan temperatur dan pH fluida yang disebut sebagai himpunan mineral. Kehadiran mineral alterasi pada sampel batuan Padusan dapat dikelompokkan dengan melihat kehadiran mineral kuncinya seperti *Aragonite* mineral-kunci (*calcite*), *Silicon Oxide* mineral kunci (*kuarsa*), *Sodium Aluminum Silicate* mineral kunci (*zeolit*), dan *Montmorillonite, heated, oriented* mineral kunci (*Smektit*), dengan demikian kehadiran mineral alterasi pada sampel batuan Padusan dapat digambarkan berdasarkan pengaruh temperatur dan variasi pH larutan hidrotermal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.

MINERAL	TEMPERATUR (°C)			
	0	100	200	300
<i>Kuarsa</i>	[Red bar spanning 0 to 300°C]			
<i>Smektit</i>	[Red bar spanning 100 to 300°C]			
<i>Kalsit</i>	[Red bar spanning 0 to 300°C]			
<i>Zeolit</i>	[Red bar spanning 200 to 300°C]			

Gambar 3. Kisaran temperatur mineral batuan alterasi Padusan

Berdasarkan pada Gambar 3 kehadiran mineral alterasi pada sampel batuan Padusan, maka dapat diasumsikan bahwa proses terjadinya alterasi pada batuan karena dipengaruhi oleh adanya temperatur bawah permukaan dengan tipe zona alterasi Argilik, dan terbentuk pada temperatur bawah permukaan yang diperkirakan sekitar 150-300°C dengan *power of hydrogen* (pH) fluida mendekati netral (Guilbert dan Park, 1986). Jika merujuk pada penelitian sebelumnya, seperti yang dilaporkan oleh (PSDG, 2011) terkait dengan studi geokimia kawasan panas bumi Arjuno-Welirang, pada Padusan 1 dengan pH 6,3, dan Padusan 2 dengan pH 5,87, maka hal tersebut sangat bersesuaian dengan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini.

Sedangkan pada sampel batuan Cangar terdapat 7 fasa mineral terdeteksi dan diikuti dengan mineral-mineral lainnya, sedangkan fasa mineral

tidak terdeteksi dianggap sebagai fasa minor. Kehadiran mineral alterasi pada sampel batuan Cangar dapat dikelompokkan dengan melihat kehadiran mineral kuncinya seperti, *Silicon Oxide* mineral kunci (*kuarsa*), *Magnesioferrite*, *syn* mineral kunci (*magnetit*), dan *Montmorillonite*, *heated*, *oriented* mineral kunci (*Smektit*), sehingga proses terjadinya alterasi batuan Cangar dapat digambarkan berdasarkan pengaruh temperaturnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.

MINERAL	TEMPERATUR (°C)			
	0	100	200	300
<i>Kuarsa</i>	—————			
<i>Magnetit</i>				———
<i>Smektit</i>		—————		

Gambar 4. Kisaran temperatur mineral batuan alterasi Cangar

Berdasarkan Gambar 4 kehadiran mineral-mineral tersebut dapat diperkirakan bahwa, pada bawah permukaan Cangar terjadi suatu proses reaksi antara fluida dan batuan, terbentuk pada temperatur bawah permukaan yang diperkirakan 100-300°C, jika mengacu pada penelitian sebelumnya zona ini masuk kedalam tipe zona alterasi Argilik, dengan pH mendekati netral. Hasil ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh (PSDG, 2011) terkait dengan studi geokimia panas bumi Arjuno-Welirang pada daerah Cangar 1 dengan pH 5,9 dan Cangar 2 dengan pH 6,0.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat di simpulkan bahwa mineral dominan pada sampel batuan Padusan yaitu fasa mineral *Aragonite* dan diikuti fasa-fasa mineral lainnya, maka dapat diasumsikan bahwa proses terjadinya alterasi dipengaruhi oleh adanya tempertur bawah permukaan dengan tipe zona alterasi Argilik, dan terbentuk pada temperatur bawah permukaan sekitar 150-300°C. Sedangkan pada sampel batuan Cangar fasa mineral *Silicon Oxide*, maka dapat diasumsikan bahwa terbentuk pada temperatur bawah permukaan yang diperkirakan 100-300°C. Perbedaan fasa mineral yang hadir pada sampel batuan dikarenakan adanya beda temperatur di bawah permukaan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Bajili Abdil, dkk. (2014). "Karakterisasi Mineral Pada Batuan Granit Di Sekitar Gunung Merapi Daerah Sumatra Barat Menggunakan X-Ray Difrraction (XRD)." *Pillar of Physics* Vol. 1: Hal. 01–08.
- [2] Bakruddin, dkk. (2016). "Penggunaan Citra Satelit Landsat-8 untuk Analisa Patahan pada Lapangan Panas Bumi Ajuno Welirang Provinsi Jawa Timur". *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah IX : ISSN 2301-6752*.
- [3] Brown. (2010). "A Discussion of Geothermal Resources and Their Potential for Utilization in Territory", *Yukon Energy Caharrette*.
- [4] Daud Yunus, Fikri Fahmi, Wambra Aswo Nuqramadha, Dzil Mulki Heditama, and Surya Aji Pratama, (2015). "3-Dimensional Inversion of MT Data over the Arjuno-Welirang Volcanic Geothermal System, East Java (Indonesia)," *Proceedings World Geothermal Congress*. April: 3–8.
- [5] ESDM, Kementerian. (2014). "Direktorat Panas Bumi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral-Panas Bumi Indonesia Baru Termanfaatkan 14." <http://pabum.ebtke.esdm.go.id/berita/arsipberita/panas-bumi/56-panas-bumi-indonesia-baru-termanfaatkan-14-000-mw.html>, diakses pada 20 November 2015.
- [6] Guilbert, G.M & Park, C.F., 1986, *The Geology of Ore Deposits*, W.H. Freeman and Company, New York..
- [7] Keputusan menteri energi dan sumber daya mineral (2014), Tentang penetapan wilayah kerja pertambangan panas bumi di daerah gunung Arjuno Welirang. Jakarta.
- [8] Lowell, J. David, dan John M. Guilbert, (1970). "Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits.". 373-408.
- [9] Saptadji, N., M., (2012). "Catatan Kuliah Teknik Panas Bumi", Penerbit ITB: Bandung.
- [10] Silaban., SP., Marihot, (2001). "Studi Mineral Lempung Hidrotermal Dan Aplikasinya Untuk Operasi Pemboran Panasbumi." *Proceeding of The 5th INAGA ANNUAL SCIENTIFIC CONFERENCE & EXHIBITIONS*: Yogyakarta.
- [11] Sunaryo, (2015). "Identification Arjuno – Welirang volcano – Geothermal Energy zone Bay Mans of density Ana susceptibility contrast parameter". *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS* Vol: 12 No: 01