

Analisis Alterasi Batuan Dan Hubungannya Dengan Manifestasi Mata Air Panas Parang Wedang Untuk Menentukan Prospek Panas bumi Daerah Parangtritis

Wahyu Budi Santosa^{1a)} Muhammad Irvingia Al Farizzi²⁾ Mohammad Siraj Riyadurrisqy³⁾ Angelina Delaira Lukita⁴⁾ Friska Mesy Ayu Pratiwi⁵⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

^{a)}Corresponding author: 111190059@student.upnyk.ac.id

ABSTRAK

Panas bumi merupakan salah satu sumber energi yang terbarukan dan masih belum dimanfaatkan secara maksimal di Indonesia. Alterasi merupakan salah satu penciri adanya aktivitas panas di bawah permukaan bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi panas bumi di daerah Parangtritis berdasarkan kehadiran alterasi batuan yang berkaitan dengan sistem panas bumi, serta hubungannya dengan manifestasi mata air panas Parang Wedang. Dalam penelitian ini digunakan analisis data sekunder mengacu pada penelitian sebelumnya dan analisis data primer dengan melakukan analisis mineralogi serta petrologi pada batuan alterasi. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan mineral epidot, klorit dan serisit, montmorillonit, kalsit dan hematit pada batuan lava andesitik. Mineral tersebut mencirikan bahwa daerah penelitian termasuk ke dalam zona alterasi hidrotermal tipe Propilitik yang terbentuk pada temperatur 200°-300°C dan tipe Argilik yang terbentuk pada temperatur 100° – 300°C. Alterasi Argilik tersebut dapat diinterpretasikan sebagai *lithocap* pada sistem panas bumi. Selain itu, suhu manifestasi air panas di *reservoir* sekitar 115°C berdasarkan penarikan suhu pada mineral yang ada di permukaan. Daerah penelitian memiliki potensi panas bumi, tetapi bukan sebagai pembangkit listrik melainkan sebagai lokasi wisata yang berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi dan memperkaya literatur yang membahas tentang potensi panas bumi di Parangtritis, khususnya di Parang Wedang.

Kata Kunci: Alterasi; Mineralogi; Panas Bumi; Parang Wedang; Petrologi

ABSTRACT

Geothermal is one of renewable energy sources and still under development in Indonesia. Alteration is one of the characteristics of thermal activity below earth's surface. This study aims to analyze geothermal potential in Parangtritis area, based on the presence of altered rocks related to geothermal system and its relationship with manifestations of Parang Wedang hot springs. This study uses secondary data analysis which refers to previous research and primary data analysis by conducting mineralogy and petrological analysis of alteration rocks. The results of the study found minerals epidote, chlorite and sericite, montmorillonite, calcite and hematite in andesitic lava rocks. These minerals indicate that the research area belongs to the Propylitic alteration type which is formed at a temperature of 200°-300°C and Argillic type which is formed at a temperature of 100° – 300°C. Argillic alteration can be interpreted as a lithocap in geothermal systems. Based on the hot springs temperature and mineral determination on the surface, it is known that heat in reservoir around 115°C. The research area has geothermal potency, but not as a power plant but as a sustainable tourist site. This research is expected to add information and enrich in paper that discusses geothermal potency in Parangtritis, especially in Parang Wedang.

Keywords: Alteration; Geothermal; Mineralogy; Parang Wedang; Petrology

PENDAHULUAN

Energi panas bumi atau *geothermal* termasuk ke dalam salah satu energi alternatif yang memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut di Indonesia. Indonesia memiliki potensi energi panas bumi

yang besar dan dapat dimanfaatkan sebagai solusi untuk permasalahan kebutuhan listrik di Indonesia. Panas bumi merupakan energi baru dan terbarukan yang memiliki potensi pengembangan yang cukup besar di Indonesia, hal ini dikarenakan Indonesia berada di *ring of fire* sehingga memiliki aktivitas gunung api yang cukup tinggi dibanding negara lain. Panas bumi memanfaatkan panas dari magma yang berada di dekat permukaan bumi, umumnya dapat berupa intrusi ataupun dari batolit gunung api non-aktif. Dari panas magma akan merubah air menjadi uap air, uap inilah yang kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin listrik sehingga energi tipe ini relatif ramah lingkungan dan rendah emisi.

Penelitian dilakukan di daerah Parangtritis yang secara regional terletak pada zona subduksi antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Daerah ini dulunya merupakan daerah yang mencirikan lingkungan laut karena banyaknya batuan karbonat yang tebal, selain batuan karbonat juga banyak ditemukan adanya intrusi batuan beku berumur tersier yang berasal dari aktivitas gunung api akibat adanya zona subduksi. Oleh karena adanya gunung api purba dan intrusi, daerah ini memiliki potensi panas bumi yang dapat dimanfaatkan oleh manusia. Penelitian yang dilakukan menggunakan data primer dengan pendekatan geologi yaitu pemetaan geologi, analisis petrologi dan mineralogi pada batuan yang mengalami alterasi pada beberapa lokasi di daerah penelitian serta data sekunder berupa data-data mineralogi batuan oleh peneliti-peneliti sebelumnya untuk menunjang data primer. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan suhu dari reservoir magma dan kondisi fluida pada masa lampau dari mineralogi batuan yang telah mengalami alterasi serta potensi panas bumi daerah penelitian.

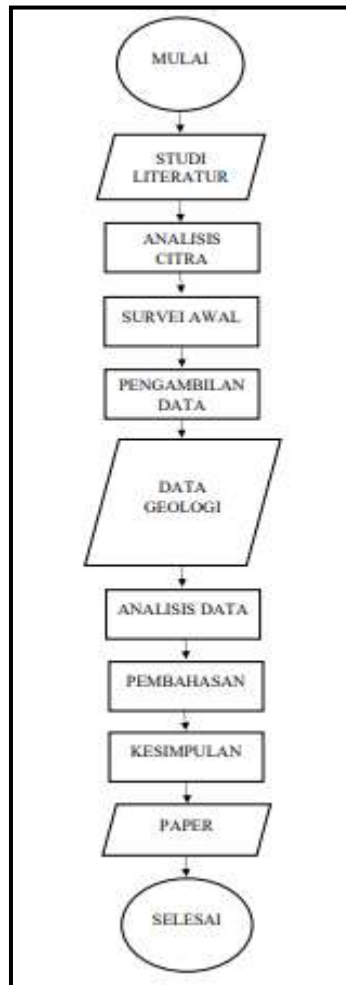
METODE

Penelitian ini disusun berdasarkan beberapa tahapan metode penelitian. Tahapan pertama dalam metode penelitian yang dilakukan adalah studi literatur. Studi literatur digunakan untuk mengetahui dan mempelajari mengenai alterasi yang terjadi pada daerah penelitian berdasarkan penelitian terdahulu. Studi literatur ini juga menjadi acuan dan juga menjadi dasar dari penelitian yang dilakukan. Tahapan kedua dalam metode penelitian adalah analisis citra. Analisis citra digunakan untuk menentukan dan melihat lokasi-lokasi mana saja yang akan digunakan sebagai lokasi penelitian dan juga untuk menentukan akses jalan menuju lokasi penelitian. Analisis citra juga digunakan untuk menentukan daerah yang memiliki prospek panas bumi. Selanjutnya tahapan ketiga yang dilakukan adalah survei awal. Survei awal dilakukan untuk mengecek lokasi-lokasi yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah melakukan survei awal, tahapan keempat adalah proses pengambilan data. Data yang diambil dari lokasi penelitian adalah data petrologi dan mineralogi pada batuan alterasi yang terdapat pada Daerah Parangtritis.

Tahapan kelima setelah selesai mengambil data primer adalah proses analisis data. Proses analisis data merupakan proses yang penting dalam tahapan ini karena menjadi acuan berhasil atau tidaknya penelitian ini. Data yang dianalisis adalah data petrologi dan juga data mineralogi pada batuan alterasi yang didapat dari lokasi penelitian. Data petrologi digunakan untuk mengetahui *bedrock* atau batuan induk dan juga untuk mengetahui tipe magma yang berkembang pada lokasi penelitian. Analisis mineralogi pada batuan beku yang terdapat pada lokasi penelitian berguna untuk mengetahui adanya perubahan mineral yang terjadi dari adanya proses interaksi atau kontak antara batuan dengan fluida panas. Analisis mineralogi juga digunakan untuk mengetahui tipe alterasi yang berkembang pada lokasi penelitian. Data sekunder yang digunakan untuk melengkapi data primer yang didapat dari lokasi penelitian. Data sekunder tersebut yang merupakan data mengenai sayatan tipis batuan alterasi pada daerah penelitian digunakan sebagai acuan dalam penentuan tipe alterasi yang berkembang pada daerah penelitian, juga untuk mengetahui mineral yang menjadi indikator suhu dan fluida, dan sebagai acuan dalam penentuan representatif atau tidaknya data alterasi yang didapat dengan perkembangan potensi panas bumi dari daerah penelitian.

Tahapan keenam dalam penelitian ini adalah pembahasan dari data-data yang telah dianalisis sebelumnya dan juga dari data sekunder yang menjadi data pelengkap dari penelitian ini. Selanjutnya setelah dilakukan pembahasan, maka tahapan selanjutnya adalah penarikan kesimpulan berdasarkan

data yang telah dibahas tersebut. Dan tahapan terakhir adalah penyusunan data-data tersebut menjadi sebuah paper yang baik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Petrologi

Secara regional, stratigrafi daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Nglanggran, Formasi Wonosari dan Endapan Kuartar. Stratigrafi daerah penelitian tersusun oleh litologi hasil kegiatan gunung api pada Zaman Tersier yang secara tidak selaras di atasnya diendapkan batuan sedimen karbonat klastik berupa batugamping yang terendapkan di lingkungan *marine* serta litologi yang berumur paling muda, yaitu endapan alluvial dan endapan kuartar gumuk pasir.

Pada daerah penelitian, satuan batuan andesit merupakan satuan yang memiliki persebaran paling luas dan menunjukkan adanya struktur vesikuler akibat pelepasan gas saat proses pendinginan dan struktur berupa aliran lava. Sampling batuan dilakukan untuk mendeskripsikan komposisi mineral batuan untuk selanjutnya digunakan untuk analisis mineralogi.

Pada sampel 1 memiliki ciri-ciri warna *fresh* berupa abu-abu kehitaman, dan warna lapuk berupa kuning kecoklatan dengan struktur masif serta memiliki tekstur berupa derajat kristalisasi hipokristalin, derajat granularitas afanitik sampai fanerik sedang (<1mm-5mm), memiliki kemas pada bentuk kristal berupa subhedral dan relasi inequigranular vitroverik serta disusun oleh komposisi mineral berupa Hornblende (35%), Kuarsa (8%), Epidot (5%), dan Massa Dasar Gelas (52%),

sehingga berdasarkan hasil deskripsi sampel batuan 1 pada daerah penelitian merupakan batuan beku vulkanik yang bernama Andesit (Williams, 1954).



Gambar 2. Sampel 1 batuan beku vulkanik intermediet, Andesit menurut Williams (1954)

Pada sampel 2 memiliki warna fresh abu-abu dengan warna lapuk coklat kehitaman dan struktur *massive*, tekstur meliputi derajat kristalisasi berupa holokristalin, derajat granularitas dari afanitik hingga fanerik sedang (<1mm-5mm), kemas pada bentuk kristal subhedral dan relasi inequigranular vitroverik, serta disusun oleh komposisi mineral Hornblende (25%), Kalsit (5%), Kuarsa (5%), Klorit (5%), Serisit (3%), Pirit (2%), dan Massa Dasar Gelas (55%), sehingga sampel batuan 2 diklasifikasikan sebagai Andesit (Williams, 1954).



Gambar 3. Sampel 2 batuan beku vulkanik intermediet, Andesit menurut Williams (1954)

Berdasarkan kandungan komposisi mineralnya dapat diinterpretasikan bahwa jenis magma yang pada masa lampau berkembang di daerah penelitian adalah magma dengan jenis andesit. Magma yang berasal dari aktivitas vulkanisme pada Zaman Tersier menyebabkan potensi panas bumi pada daerah penelitian menjadi kecil akibat proses pendinginan magma yang sudah relatif terlalu lama dan aktivitas magmatisme yang sudah berhenti sehingga mulai menurunkan suplai panas yang sangat berperan di dalam syarat pembentukan panas bumi. Kenampakan batuan di lapangan dan kandungan mineral di dalam batuan menunjukkan sebagian dari satuan batuan andesit telah terubah yang dicirikan oleh kehadiran mineral sekunder berupa Klorit, Epidot, Serisit, dan Kalsit.

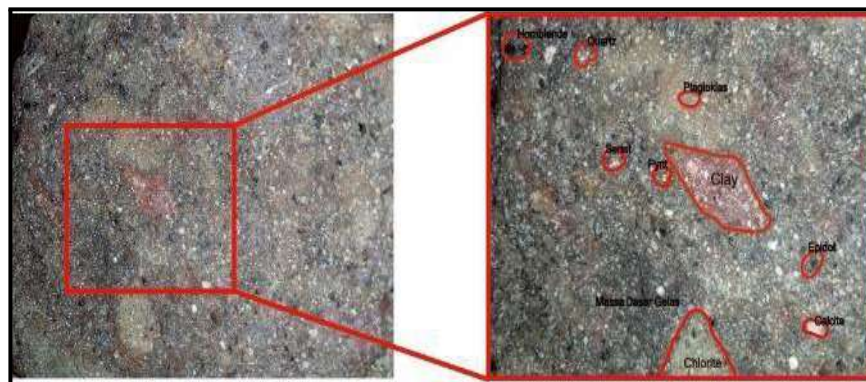
Tabel 1. Tabulasi kehadiran mineral pada batuan, Plg: Plagioklas, Hb: Hornblende, Ku: Kuarsa, Ep: Epidot, Ser: Serisit, Kal: Kalsit, Pir: Pirit, Klo: Klorit, Gls: Gelas

No.	Nama Batuan	No. Sampel	Plg	Hb	Ku	Ep	Ser	Kal	Pir	Klo	Gls
1	Lava Andesit	1	√	√	√	√	-	-	-	-	√
2	Lava Andesit	2	√	√	√	-	√	√	√	√	√

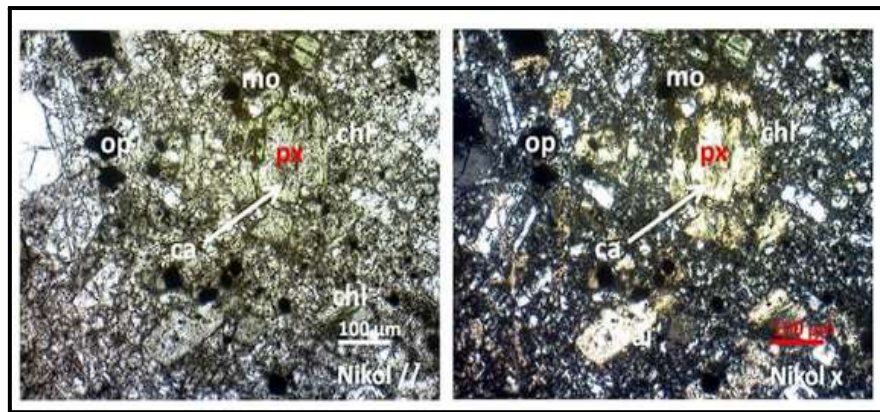
Analisis Mineralogi

Deskripsi dan analisis data petrologi menunjukkan bahwa batuan andesit pada daerah penelitian disusun oleh mineral-mineral primer berupa mineral Hornblende, Plagioklas, dan sedikit Kuarsa dengan massa dasar, yaitu berupa mineral mafik. Dijumpainya mineral sekunder berupa mineral Klorit, Epidot, Serisit dan Kalsit menunjukkan bahwa batuan andesit telah terubah yang diinterpretasikan akibat dari proses alterasi hidrotermal yang berkembang di daerah penelitian dengan intensitas alterasi sedang-kuat (Morrison, 1996).

Proses alterasi hidrotermal menyebabkan batuan andesit mengalami perubahan mineralogi membentuk mineral-mineral sekunder akibat interaksi antara fluida hidrotermal yang melalui batuan yang diterobosnya dan kemudian mengubah mineralogi atau susunan kimia dan sifat fisik batuan. Kehadiran alterasi hidrotermal ini dikontrol oleh adanya Sesar Parangkusumo yang membuka jalan atau celah bagi fluida hidrotermal yang berasosiasi dengan proses magmatisme pada Zaman Tersier yang menyebabkan fluida hidrotermal naik ke atas melalui celah atau rekahan menuju tekanan yang lebih rendah. Mineral-mineral sekunder yang dijumpai pada batuan andesit terubah umumnya didominasi oleh mineral Klorit yang hadir pada semua sampel batuan yang terbentuk menggantikan fenokris dan massa dasar dengan warna coklat hingga hijau. Mineral Epidot hadir pada semua sampel batuan, memiliki warna hijau serta bentuk mineral kurang baik, dan merupakan mineral hasil ubahan dari Hornblende. Mineral Serisit hadir pada semua sampel batuan menggantikan Plagioklas, dan memiliki warna coklat hingga kuning keemasan. Lebih lanjut berdasarkan data analisis mineralogi menurut Yudiantoro (2017), pada beberapa lokasi di daerah penelitian, dijumpai batuan andesit terubah dengan mineral sekunder berupa mineral Lempung dengan jenis Montmorillonit yang terbentuk dari fenokris dan massa dasar, mineral Kalsit yang terbentuk dari ubahan mineral Plagioklas yang hadir mengisi urat atau rongga batuan, serta mineral Opak berupa mineral Hematit yang merupakan hasil ubahan dari sebagian mineral Piroksen, Plagioklas dan massa dasar.



Gambar 4. Foto megaskopis batuan Andesit yang telah mengalami ubahan



Gambar 5. Foto sayatan tipis batuan Andesit terubahkan
Sumber: Yudiantoro (2016)

Berdasarkan himpunan mineral-mineral sekunder tersebut, terdapat 2 tipe alterasi yang berkembang di daerah penelitian, yaitu alterasi hidrotermal tipe Propilitik yang dicirikan oleh kehadiran mineral Klorit, Epidot, Serisit, dan Kalsit yang terbentuk pada temperatur 200° - 300°C pada pH mendekati netral, dengan salinitas beragam, umumnya pada daerah yang memiliki permeabilitas rendah dan alterasi hidrotermal tipe Argilik yang dicirikan oleh kehadiran mineral Montmorillonit, Kalsit, dan Hematit yang terbentuk pada temperatur 100° - 300°C pada pH asam hingga netral dengan salinitas yang rendah (Corbett and Leach, 1996). Kehadiran alterasi ini menunjukkan bahwa pada daerah penelitian terdapat potensi panas bumi, selain adanya kehadiran manifestasi mata air panas Parang Wedang. Mineral Epidot yang hadir pada lokasi penelitian digunakan sebagai indikator suhu fluida hidrotermal pada masa lampau. Suhu fluida pada masa lampau diinterpretasikan berkisar pada suhu 180° - 220°C dengan pH netral berdasarkan kehadiran mineral Epidot di daerah penelitian yang memiliki bentuk buruk yang dapat terbentuk pada suhu 180° - 220°C (Fonkwe, dkk., 2012).

Tabel 2. Temperatur indeks mineral ubahan

MINERAL		TEMPERATUR			
		50	100	200	300° C
Mineral Primer	Piroksen	—————			
	Plagioklas	—————			
	Masadasar	—————			
Mineral Ubahan	Opal	—————			
	Kuarsa	—————			
	Kristobalit	—————			
	Montmorillonit	—————			
	Illit-Montmorillonit	—————			
	Illit	—————			
	Kalsit	—————			
	Gypsum	—————			
	Anhidrit	—————			
	Klorit	—————			
	Adularia	—————			
	Wairakit	—————			
	Epidot	—————			
	Biotit	—————			
Aktinolit	—————				
Hematit	—————				
Pirit	—————				

Sumber: Arnorsson (1975), Reyes, dkk (1993), dan Inoue (1995), dalam Yudiantoro (2017)

Manifestasi

Manifestasi yang terdapat di daerah penelitian adalah manifestasi mata air panas Parang Wedang. Manifestasi mata air panas Parang Wedang ini memiliki suhu 43,0°C pH 7.5-7.7, terasa asin, dan tidak berbau. Berdasarkan penyelidikan temperatur bawah permukaan di daerah Parangtritis menunjukkan suhu sekitar 115° C menurut perhitungan geotermometer SiO₂. Manifestasi mata air panas Parang

Wedang yang termasuk ke dalam zona *outflow* dicirikan oleh dominasi air bertipe klorida (Yudiantoro, dkk 2016). Kehadiran manifestasi ini berkaitan erat dengan berkembangnya struktur geologi di daerah penelitian yaitu dikontrol oleh adanya sesar Parangkusumo dengan arah barat laut-tenggara yang memberikan celah sehingga dapat manifestasi mata air panas dapat keluar di permukaan. Selain kehadiran manifestasi mata air panas, terdapat kehadiran manifestasi lain berupa alterasi hidrotermal dimana di dalam proses pembentukannya juga dikontrol oleh Sesar Parangkusumo. Sesar Parangkusumo yang menjadi jalur Bergeraknya fluida hidrotermal di celah rekahan menyebabkan fluida hidrotermal yang bergerak menuju tekanan lebih rendah berinteraksi dengan batuan di sampingnya sehingga membentuk alterasi hidrotermal dimana kehadiran alterasi hidrotermal juga berasosiasi dengan sistem panas bumi. Berdasarkan hasil analisis mineralogi menunjukkan adanya hubungan antara manifestasi air panas dengan alterasi hidrotermal di daerah penelitian yaitu pada fase pembentukan alterasi argilik terbentuk pada kondisi suhu rendah atau *low temperature* dengan suhu berkisar pada 100° - 300°C yang dapat membentuk *lithocap* sebagai batuan penudung dengan dominasi mineral lempung yang memiliki sifat impermeabel sehingga dari suhu pembentukan alterasi argilik relevan dengan interpretasi suhu manifestasi air panas di reservoir sekitar 115°C (Idral dkk, 2003). Meskipun tergolong ke dalam kategori suhu yang rendah untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panas bumi, manifestasi mata air panas Parang Wedang tetap dapat dimanfaatkan namun dalam skala yang kecil. Pengembangan lebih lanjut mengenai pemanfaatan manifestasi mata air panas Parang Wedang dapat diarahkan kepada potensi sebagai kawasan wisata berbasis geologi.

KESIMPULAN

Kehadiran mineral-mineral sekunder pada batuan andesit terubahkan menunjukkan adanya 2 tipe alterasi hidrotermal, yaitu tipe alterasi Propilitik yang dicirikan oleh kehadiran mineral Klorit, Epidot, dan Serisit yang terbentuk pada suhu 200° - 300°C dan tipe alterasi Argilik yang dicirikan oleh kehadiran mineral Montmorillonit, Kalsit dan Hematit yang terbentuk pada suhu 100° - 300°C. Diinterpretasikan berdasarkan kehadiran mineral epidot, suhu fluida hidrotermal yang menerobos batuan dari reservoir magma pada daerah penelitian di masa lampau berkisar antara suhu 180° - 220°C sehingga berpotensi sebagai sumber energi panas bumi. Hasil analisis mineralogi menunjukkan hubungan manifestasi air panas dengan alterasi hidrotermal pada fase pembentukan alterasi argilik yang terbentuk pada kondisi suhu rendah berkisar pada 100° - 300°C membentuk *lithocap* sebagai batuan penudung sehingga dari suhu pembentukan alterasi argilik relevan dengan interpretasi suhu manifestasi air panas di reservoir sekitar 115°C. Meskipun tergolong ke dalam kategori suhu yang rendah dan proses magmatisme telah berhenti, manifestasi mata air panas Parang Wedang tetap dapat dimanfaatkan namun dalam skala yang kecil. Pengembangan lebih lanjut mengenai pemanfaatan manifestasi mata air panas Parang Wedang dapat diarahkan kepada potensi sebagai kawasan wisata berbasis geologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada dosen pembimbing kami yaitu Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T. dan Intan Paramita Hatty, S.T., M.T yang telah memberikan arahan dalam pembuatan karya tulis ini yang diharapkan dapat bermanfaat dan membuka peluang riset-riset selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Browne, P. R. L. (1978). Hydrothermal Alteration Hydrothermal alteration in active geothermal fields. *Annual review of earth and planetary sciences*, 6 (1), 229-248.
- Corbett, G. J., & Leach, T. M. (1998). Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization (No. 6). Littleton, Colorado: Society of Economic Geologists.
- Djouka-Fonkwé, M. L., Kyser, K., Clark, A. H., Urqueta, E., Oates, C. J., & Ihlenfeld, C. (2012). Recognizing propylitic alteration associated with porphyry Cu-Mo deposits in lower greenschist facies metamorphic terrain of the Collahuasi district, northern Chile—implications of petrographic and carbon isotope relationships. *Economic Geology*, 107(7), 1457-1478.
- Fonkwe, MLD. et al. 2012." Recognizing Propylitic Alteration Associated with Porphyry Cu-Mo Deposits in Lower Greenschist Facies Metamorphic Terrain of the Collahuasi District, Northern

- Chile—Implications of Petrographic and Carbon Isotope Relationships,” Society of Economic Geologists, Inc. *Economic Geology*, Vol. 107, pp. 1457–1478, Februari 2012.
- Hughes, C. J. (2013). *Igneous petrology*. Elsevier.
- Idral, Alanda, et al., “Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia Dan Geofisika Daerah Panas Bumi Parangtritis, Daerah Istimewa Yogyakarta,” Kolokium Hasil Kegiatan Inventarisasi Sumber Daya Mineral – DIM, TA. 2003, No. 35, pp 35-1 – 35- 10, 2003.
- Lagat, J. (2009). Hydrothermal alteration mineralogy in geothermal fields with case examples from Olkaria domes geothermal field, Kenya. *Dipresentasikan dalam Short Course IV on Exploration for Geothermal Resources*.
- Qodri, R. R., & Putra, A. (2018). Studi Alterasi Hidrotermal Dan Mineralisasi Batuan Di Sekitar Mata Air Panas Garara Bukit Kili, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, 7(3), 246-252.
- Rahmadani, V. B., Bahar, H., Yuwanto, S. H., & Utamakno, L. (2021, August). Studi Alterasi Dan Mineralisasi Daerah Keloran Dan Sekitarnya, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan* (Vol. 3, No. 1, pp. 482-486).
- Suhascaryo, KRT., Hadi Purnomo, Jatmika Setiawan. ”Geothermal hot water potential at Parang Wedang, Parangtritis, Bantul, Yogyakarta as main support of Geotourism,” *MATEC Web of Conferences*, Vol 101. No. 04019, pp 1 – 5, 2017
- Tae, Yasinthus D. et al., ”Identifikasi Potensi Geothermal Non-Vulkanik Dengan Perpaduan Data Remote Sensing (Gis) Dan Pemetaan Geologi Di Parang Wedang, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah,” *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-11, Perspektif Ilmu Kebumihan Dalam Kajian Bencana Geologi Di Indonesia*, pp. 1065-1074, September 2018.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *General Geology of Indonesia and adjacent archipelagoes. The geology of Indonesia*.
- Yang, K., Browne, P. R. L., Huntington, J. F., & Walshe, J. L. (2001). Characterizing the hydrothermal alteration of the Broadlands–Ohaaki geothermal system, New Zealand, using short-wave infrared spectroscopy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 106(1-2), 53-65.
- Yudiantoro, D. F., Choiriah, S. U., Paramita Haty, I., & Ardian, M. I. N. (2016). Karakteristik dan Potensi Sistem Panas Bumi Berdasarkan Analisa Geokimia Air Daerah Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Geologi*, Hal 77-82.
- Yudiantoro, D. F., Haty, I. P., Choiriah, S. U., Sayudi, D., & Ardian, M. I. N. (2017). Mobilitas Unsur Kimia Batuan Alterasi Hidrotermal Di Daerah Panas bumi Parangtritis Yogyakarta.
- Yudiantoro, D. F., Haty, I. P., Sayudi, D. S., Aji, A. B., & Adrian, M. N. (2019). Fluid-Rock Interaction During Hydrothermal Alteration at Parangtritis Geothermal Area, Yogyakarta, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 6(1), 29-40.
- Yuwanto, S. H., Solichah, L., & ITATS, J. T. G. F. (2015). Study Alterasi Dan Mineralisasi Daerah Tambaksari Dan Sekitarnya, Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. *Jurusan Geologi*, 519-526.