

Petrogenesis Batuan Beku dan Karakteristik Kekar Tiang di Bukit Pajangan, Desa Sidomulyo, Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah

Mohammad Bagus Pranata^{1*}, Jenian Marin², Yoga Aribowo²

¹Exploration & New Discovery Project, Pertamina EP, Jakarta

²Departemen Teknik Geologi, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstrak

Kekar tiang di Bukit Pajangan, Desa Sidomulyo, Kabupaten Purworejo, yang dikenal sebagai Situs Pajangan, termasuk dalam Formasi Kebobutak di Pegunungan Kulon Progo. Studi kekar tiang di Situs Pajangan yang baru tersingkap pada tahun 2016 masih memerlukan penelitian lanjut yang bertujuan untuk mengetahui petrogenesis hasil magmatisme serta karakteristik kekar tiang Bukit Pajangan. Penelitian ini mencakup observasi lapangan, analisis petrografi, dan analisis karakteristik kekar tiang.

Observasi lapangan meliputi pemetaan geologi Situs Pajangan dan sekitarnya, pengambilan orientasi kekar tiang, kemiringan kekar tiang, dan pengambilan sampel batuan. Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui tekstur dan persentase mineral. Analisis karakteristik kekar tiang dapat mengetahui geometri kekar tiang, orientasi kekar tiang, dan arah pendinginan magma saat membentuk Bukit Pajangan.

Litologi penyusun daerah penelitian dari tua ke muda yaitu, intrusi basalt, lava andesit, breksi andesit, dan endapan aluvial. Seluruh sampel batuan di Bukit Pajangan ditentukan sebagai andesit basaltik. Orientasi kekar di daerah penelitian membentuk derajat kemiringan sebesar 0°-45°, diasumsikan sebagai kemiringan magma saat mengintrusi. Magmatisme pada saat pembentukan andesit basaltik secara umum dikontrol oleh fraksinasi kristal dan pencampuran magma, sedangkan komposisi mineralnya mengindikasikan hasil aktivitas Gunung Gajah yang memiliki tipe magma menengah-basa. Karakteristik kekar tiang pada Situs Pajangan adalah tipe subdivisi kekar tiang *lower colonnade* dan hasil aktivitas intrusi dangkal.

Kata kunci: Bukit Pajangan, kekar tiang, petrogenesis batuan beku

Abstract

Columnar joint at Pajangan Hill, Sidomulyo Village, Purworejo District, known as Pajangan Site is part of Kebobutak Formation in Kulon Progo Mountain. Studies on columnar joint at Pajangan Site that was exposed in 2016 still require further research that aims to determine the petrogenesis of magmatism and characteristic of Bukit Pajangan joint.

This study includes field observation, petrographic analysis, and characteristic analysis of columnar joint. Field observations include geological mapping of Pajangan Site and surrounding area, rock sampling, and measurement of columnar joint's orientation and its geometry. Petrography analysis was conducted to find out texture and mineral percentage. Characteristic analysis of columnar joint will determine the geometry, orientation, and direction of magma cooling when Pajangan Hill formed.

The lithology of the study area from old to young is basalt intrusion, andesite lava, andesite breccia, and alluvial sediment. All rock samples at Pajangan Hill are determined as basaltic andesite. Joint orientation in the research area formed 0°-45° slope, assumed as the orientation of magma intrusion. Magmatism at the time of basaltic andesite formation was generally controlled by crystalline fractionation and magma mixing, while its mineral composition indicates the result of the Gunung Gajah activity which has intermediate magma. Characteristics of columnar joint at the research area showed lower colonnade type as a result of shallow intrusion activity.

Keywords: Pajangan Hill, columnar joint, petrogenesis of igneous rock

*) Korespondensi: bagusprnata@gmail.com

PENDAHULUAN

Bukit Pajangan sebelumnya ditutupi hutan, tetapi hujan besar yang tidak berhenti selama tiga hari pada bulan Juli 2016 membuat Bukit Pajangan dan wilayah sekitarnya mengalami longsor yang sangat besar, menyingkap batuan berupa anak tangga yang terkubur. Secara administratif, Bukit Pajangan berada di Desa Sidomulyo, Kabupaten Purworejo. Sampai naskah ini ditulis, belum ada penelitian dari sudut pandang geologi mengenai kenampakan situs yang masif ini. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui geologi, jenis dan petrogenesis batuan beku, serta karakteristik dan proses pembentukan kekar tiang di Bukit Pajangan.

Geologi Regional

Daerah Yogyakarta terutama bagian baratdaya hingga Pegunungan Kulon Progo merupakan daerah tinggian yang terletak dalam zona poros pematang menurut pembagian Sujanto dan Roskamil (1977) dalam Harjanto (2011). Sejumlah tinggian dan rendahan dapat dibedakan pada poros ini yaitu: Tinggian Kulon Progo, Tinggian Kebumen, Tinggian Karangbolong, Tinggian Gabon, dan Tinggian Besuki.

Stratigrafi Pegunungan Kulon Progo menurut Rahardjo dkk. (1995) tersusun dari: Formasi Nanggulan Eosen Tengah-Oligosen Awal, Formasi Kebobutak/ Andesit Tua

Oligosen Akhir-Miosen Awal, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo, serta intrusi Dasit, Andesit, dan Diorit. Distribusi formasi batuan dapat dilihat di peta pada Gambar 1.

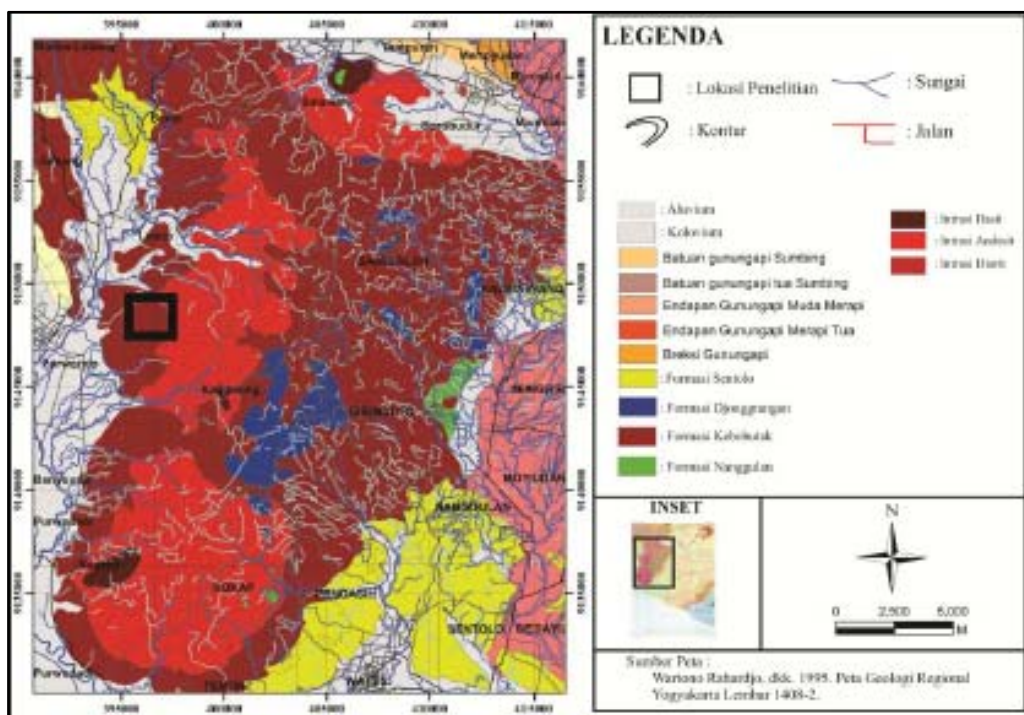
Berdasarkan penanggalan radiometri K-Ar oleh Bellon dkk. (1988) bahwa umur batuan vulkanik di daerah Kulon Progo $42,73 \pm 9,78$ jtl sampai $15,3 \pm 0,88$ jtl (Eosen Akhir – Miosen Awal) dengan penyebaran batuan vulkaniknya ke arah barat – timur (pola struktur Jawa).

Aktivitas magmatisme di daerah Kulon Progo terjadi pada Oligosen – Miosen (Van Bemmelen, 1949 dalam Harjanto, 2011) dengan penyebaran batuan vulkanik berarah barat-timur. Selama Zaman Tersier, daerah Kulon Progo diperkirakan telah mengalami deformasi paling sedikit dua kali periode fase tektonik (Bellon dkk., 1988 dan Sopaheluwakan, 1994 dalam Harjanto 2011). Pertama terjadi pada Oligosen Akhir – Miosen Awal dan periode kedua terjadi pada Miosen Tengah – Miosen Akhir yang membentuk busur magmatik.

Magmatisme

Wilson (1989) terdapat 3 proses inti yang mempengaruhi komposisi primer magma menjadi bersifat lain, yaitu:

- Fraksinasi kristal merupakan proses separasi kristal dalam fase *liquid* yang menyebabkan sebagian kristal terbentuk lebih dahulu karena perbedaan kondisi yang dibutuhkan untuk membentuknya (Wilson, 1989).



Gambar 1. Peta Geologi Regional Pegunungan Kulon Progo (Rahardjo dkk., 1995).

- b. Asimilasi adalah proses pencampuran antara magma dengan lempeng yang terjadi saat magma bergerak dari dapur magma menuju permukaan. Bila magma granitik menembus batuan gabro (mineral augit dan labradorit) maka magma tidak akan mampu mencairkan dinding tersebut. Namun, bila magma bersifat lebih basa dari batuan samping yang diterobos, maka magma akan mampu mencairkan sehingga terbentuklah batuan *hybrid* atau magma bersifat menengah.
- c. *Magma mixing* diawali dengan magma primitif yang menginjeksi tubuh magma, panasnya akan ditransmisikan secara perlahan pada bagian yang terkena kontak langsung tanpa perubahan yang terjadi secara tiba-tiba. Bagian paling bawah yang tidak terkena kontak langsung akan mengalami fraksinasi dan bagian yang terkena kontak langsung akan berubah secara perlahan sehingga terjadi *magma mixing*.

Kekar Tiang

Kekar tiang memiliki dua karakteristik, yaitu pertama kekar tiang berupa hasil aliran lava (Wicander dkk, 2007) dan kekar tiang hasil aktivitas plutonik atau intrusif (Robinson, 1956). Menurut Spry (1961 dalam Gray, 1986), pendinginan aliran lava akan diawali dengan pembentukan rekahan hingga rekahan tersebut saling bertemu dan membentuk simpangan Y (*Y-Junction*). Semakin homogen suatu magma, maka semakin besar peluang untuk terbentuknya kekar tiang berbentuk simpangan Y, dengan sudut sempurna 120° (Gambar 2).

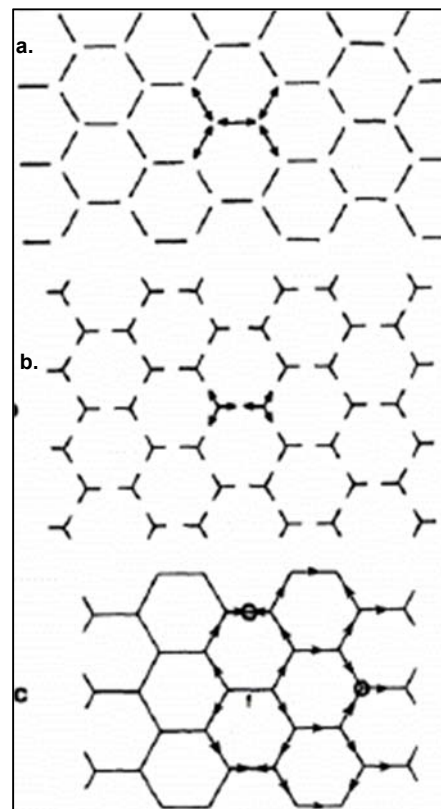
Dalam mempermudah memahami kekar tiang, Tomkieff (1940 dalam Gray, 1986) mengemukakan teori mengenai pembagian tiga subdivisi dari struktur kekar tiang. Aliran lava akan mengalami pendinginan yang terpisah dalam tiga zona, *collonade* bawah merupakan bagian pendinginan ke arah dalam atau bawah aliran, *entablature* merupakan bagian pendinginan dari tengah aliran lava, sedangkan *collonade* atas merupakan bagian pendinginan lava ke arah suhu permukaan yang paling rendah atau dingin (Gambar 3).

Arah pendinginan magma dapat diestimasi berdasarkan data arah kemiringan dan kemiringan kekar tiang. Wicander dkk. (2007) menyatakan bahwa rekahan awal kekar tiang terbentuk dari bagian permukaan dan merambat menuju ke dalam dari aliran magmanya,

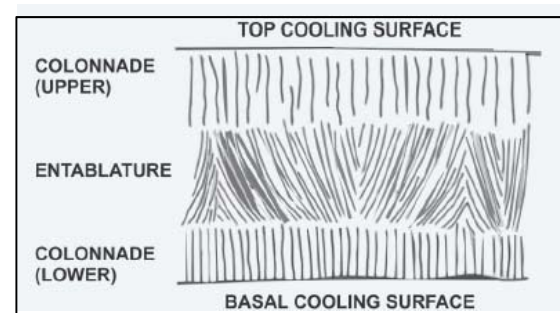
sehingga membentuk tiang secara paralel dengan bidang yang memanjang tegak lurus dari arah pendinginan magma tersebut.

METODOLOGI

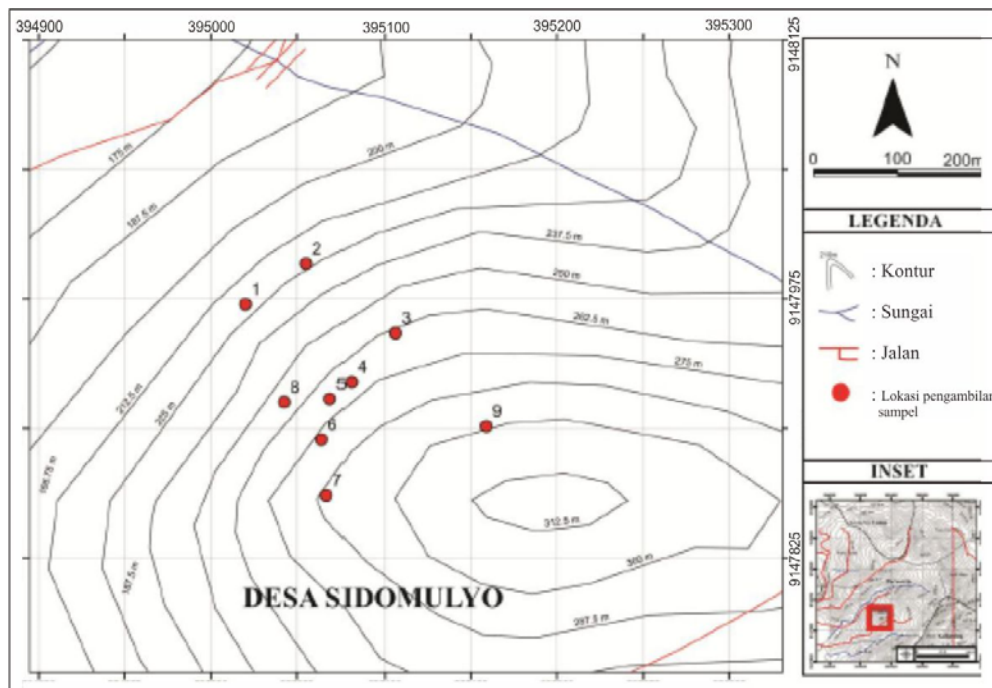
Penelitian ini mencakup observasi lapangan dan pengambilan sampel batuan, analisis petrografi, serta analisis karakteristik kekar tiang. Observasi dilakukan dalam luasan area 3,1x3,1 km.



Gambar 2. a. Rekahan muncul di permukaan lava kemudian melebar hingga bertemu rekahan lain. b. simpangan Y terbentuk, rekahan kembali melebar secara radial dan bertemu dengan simpangan Y lainnya. c. rekahan (f) jika diskemakan tanpa ada gangguan akan membentuk pola heksagonal (Spry,1961 dalam Gray, 1986).



Gambar 3. Ilustrasi penampang vertikal bentuk subdivisi kekar tiang pada suatu tubuh lava (Tomkieff, 1940 dalam Gray, 1986).



Gambar 4. Peta lokasi pengambilan sampel di Situs Pajangan.

Sebanyak 9 sampel batuan diambil dari singkapan batuan di Situs Pajangan (Gambar 4). Sampel yang diambil mempertimbangkan diameter kekar, perbedaan elevasi, dan perbedaan karakteristik batuan. Sampel dipreparasi menjadi sayatan tipis.

Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan pada sayatan tipis dari 9 sampel batuan. Analisis menggunakan mikroskop polarisasi di Laboratorium Paleontologi, Geologi Foto, dan Geoptik, Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro. Penamaan batuan vulkanik ditentukan berdasarkan klasifikasi QAPF (kuarsa, alkali feldspar, plagioklas, dan feldspathoid) (Le Bas dan Streckeisen, 1991).

Analisis Karakteristik Kekar Tiang

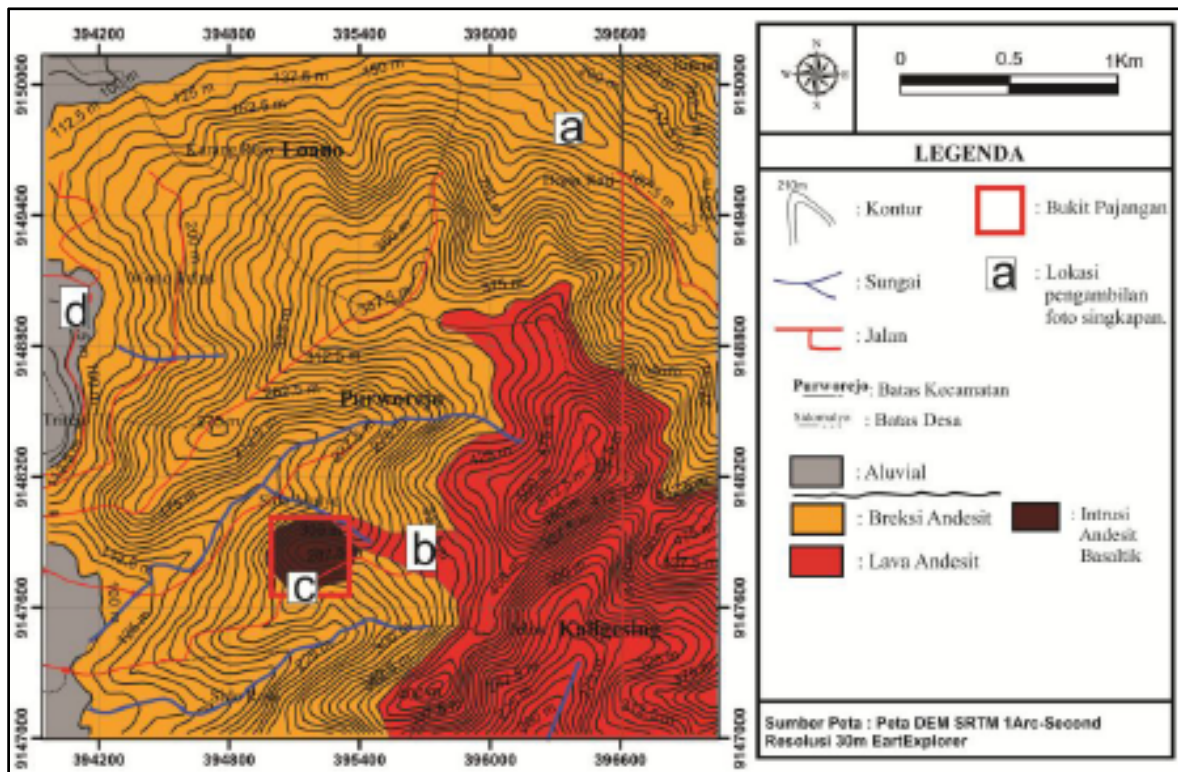
Analisis ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kekar yang mencakup:

- a. Geometri: diameter rata-rata kekar tiang, persentase jumlah kekar tiang dengan sudut berbeda, dan jenis subdivisi kekar tiang.
- b. Orientasi: arah dan kemiringan diproyeksikan pada stereonet dan menentukan arah dominan dari *trend* dan *plunge* kekar tiang dengan software Dips V.5.1.
- c. Arah pendinginan magma dapat diketahui dengan pengukuran arah kemiringan (*dip direction*) dan derajat kemiringan (*dip*) kekar tiang dan diolah dengan diagram roset.

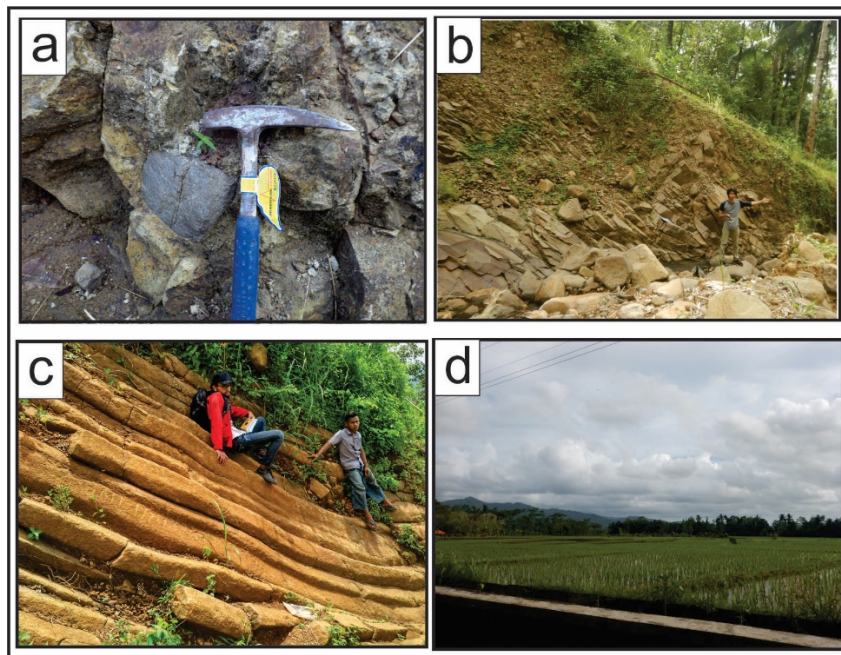
HASIL

Observasi lapangan dan analisis petrografi menghasilkan peta geologi Daerah Bukit Pajangan dan sekitarnya (Gambar 5). Singkapan batuan beku berstruktur kekar tiang ini memiliki warna abu-abu hingga kehitaman dengan kondisi litologi terhindar dari pelapukan (Gambar 6). Struktur batuan yang diamati secara megaskopis menunjukkan vesikular dan tekstur mineral inequigranular porfiritik - afanitik. Komposisi mineral penyusun batuan berdasarkan analisis petrografi dapat dilihat pada Tabel 1. Litologi penyusun daerah penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Lava Andesit. Batuan menunjukkan warna hitam kecoklatan, struktur *sheeting joints*, vesikular, masif, tingkat kristalisasi hipokristalin, inequigranular (porfiroafanitik). Komposisi terdiri atas plagioklas (65%), gelas (15%), hornblende (5%), mineral afanit (5%).
- 2) Breksi Andesit. Warna batuan secara umum berwarna abu-abu hingga kehitaman dengan struktur masif. Karakteristik fragmen tersusun atas andesit dengan matriks berupa tuff-lapili. Tingkat kristalisasi fragmen andesit ialah holokristalin, inequigranular, porfiroafanitik. Komposisi mineral dari fragmen ialah plagioklas (50%), kuarsa (20%), piroksen (8%), mineral afanit (15%), hornblende (7%).



Gambar 5. Peta Geologi daerah Bukit Pajangan dan sekitarnya.



Gambar 6. Litologi daerah penelitian; (a) breksi andesit, (b) lava andesit, (c) intrusi andesit basaltik, (d) endapan aluvial.

3) Intrusi Andesit Basaltik. Warna batuan secara umum berwarna abu-abu hingga coklat dengan struktur berupa vesikular, penyebaran vesikular hanya terdapat pada bagian sisi dalam kekar tiang, sedangkan dari permukaan terlihat masif. Tingkat kristalisasi holokristalin, inequigranular (porfiroafanitik). Mineral penyusun terdiri

atas plagioklas (52%), piroksen (11%), mineral afanit (17%). Secara petrografi, tekstur umum berupa holokristalin dan tekstur khusus *poikilitik*, *clots*, dan *zoning*. Komposisi mineral terdiri dari plagioklas (68%) berupa *andesine* dan *labradorite*, sanidin (10%), klinopiroksen (12%), orthopiroksen (3%), dan mineral opak

(5%). Intrusi ini menembus satuan Lava Andesit dan Breksi Andesit yang telah terbentuk sebelumnya. Satuan Intrusi Andesit Basaltik dijumpai sebagai penyusun batuan berkekar tiang.

- 4) Endapan Aluvial. Tersusun dari kerakal, pasir, lanau, dan lempung.

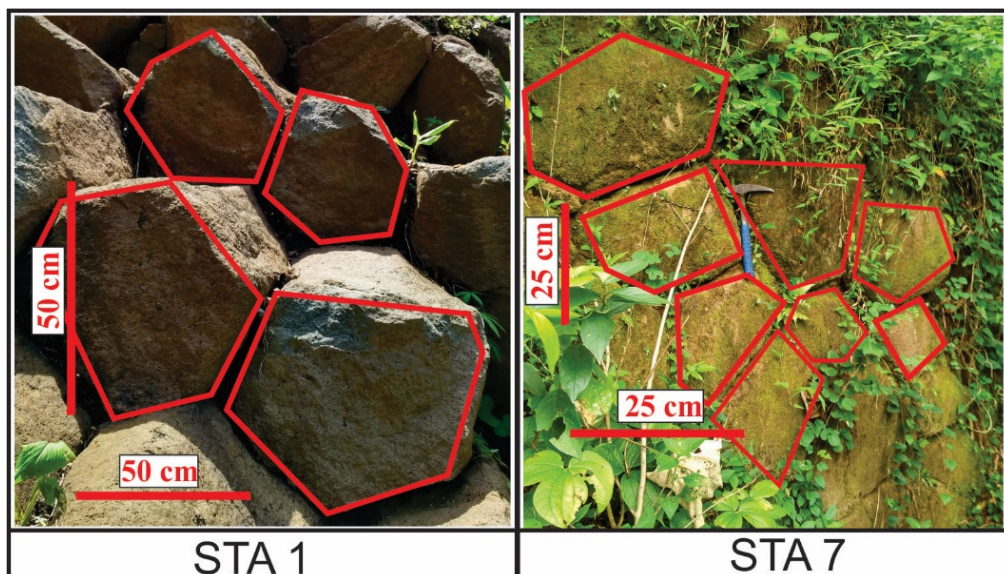
Observasi di lapangan juga menghasilkan informasi mengenai geometri kekar tiang (Gambar 7). Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa diameter rerata kekar tiang semakin kecil pada

elevasi yang relatif lebih tinggi, Daerah penelitian didominasi oleh kekar tiang yang membentuk segi lima (55% - 70%) pada semua level elevasi.

Berdasarkan statistika arah dan jurus kemiringan kekar di lapangan, diketahui bahwa kekar tiang di lapangan berarah N 328° E/ 20°, yang juga diproyeksikan menggunakan stereonet (Gambar 8a, 8b). Arah dominan intrusi magma adalah N 58° E (Gambar 8c) yang relatif tegak lurus dengan orientasi dominan kekar tiang.

Tabel 1. Hasil analisis petrografi

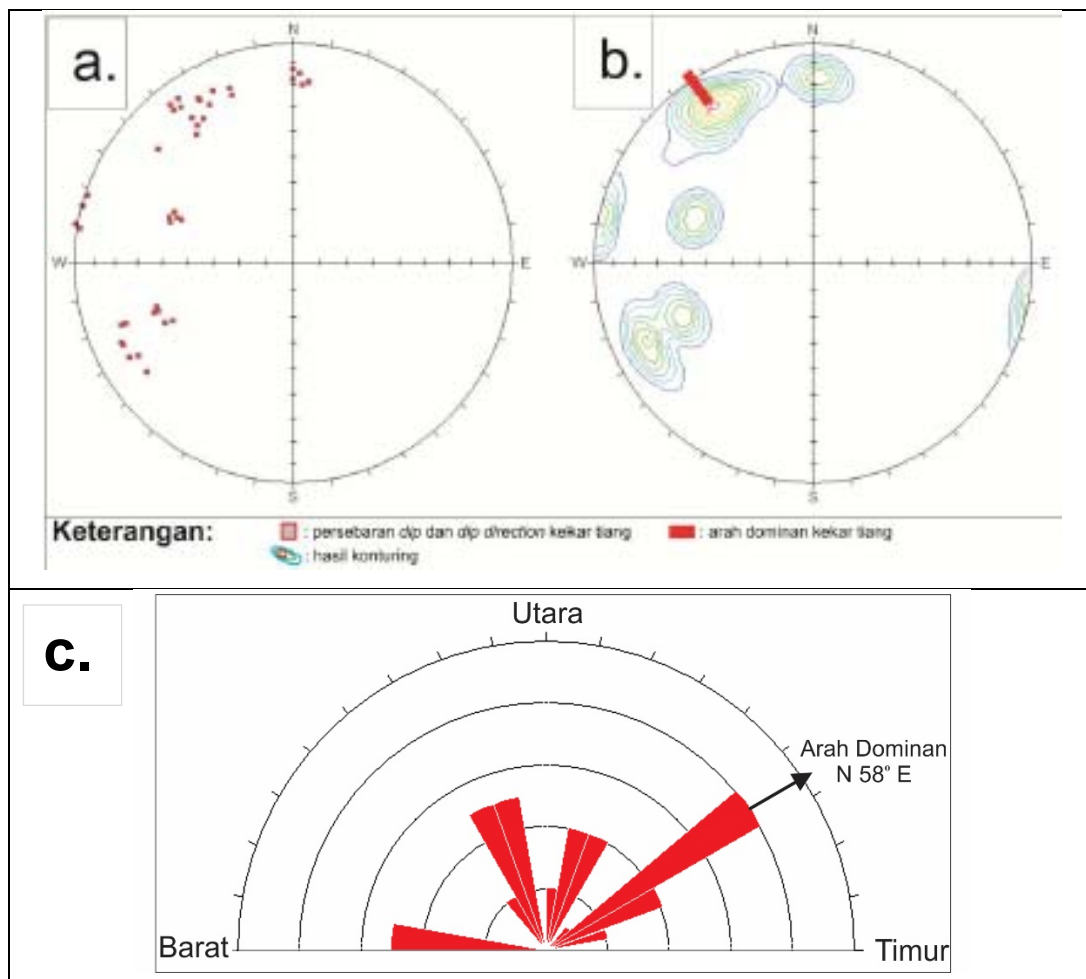
Sampel	UTM	Komposisi					Tekstur Khusus				Nama Batuan
		Pl	Cpx	Opx	Sa	Opq	Poikilitik	Zoning	Sieve	Clots	
1	395012 E 9147967 S	60	19	4	11	6	√	√	-	√	Andesit basaltik
2	395048 E 9148000 S	65	14	4	10	5	√	√	√	√	Andesit basaltik
3	395100 E 9147959 S	68	15	2	11	4	√	√	√	√	Andesit basaltik
4	395074 E 9147930 S	61	18	3	14	4	√	√	√	√	Andesit basaltik
5	395062 E 9147920 S	66	15	5	10	4	√	√	√	√	Andesit basaltik
6	395057 E 9147896 S	60	19	4	11	6	√	√	√	√	Andesit basaltik
7	395060 E 9147863 S	58	19	5	13	5	√	√	√	√	Andesit basaltik
8	395035 E 9147918 S	60	18	4	11	6	√	√	√	√	Andesit basaltik
9	395158 E 9147933 S	65	17	3	9	6	√	√	√	√	Andesit basaltik



Gambar 7. Pengamatan geometri kekar tiang pada lokasi 1 dan 7

Tabel 2. Geometri Kekar Tiang Bukit Pajangan

Lokasi	Elevasi (mdpl)	Diameter Rerata Kekar Tiang (cm)	Kekar Tiang Segi Enam (%)	Kekar Tiang Segi Lima (%)	Kekar Tiang Segi Empat (%)
1	220	50	30	55	15
2	224	45	30	55	15
3	257	35	30	60	10
4	265	35	30	55	15
5	269	28	25	65	10
6	272	35	25	65	10
7	278	25	25	65	10
8	289	25	20	70	10
9	299	22	25	70	5

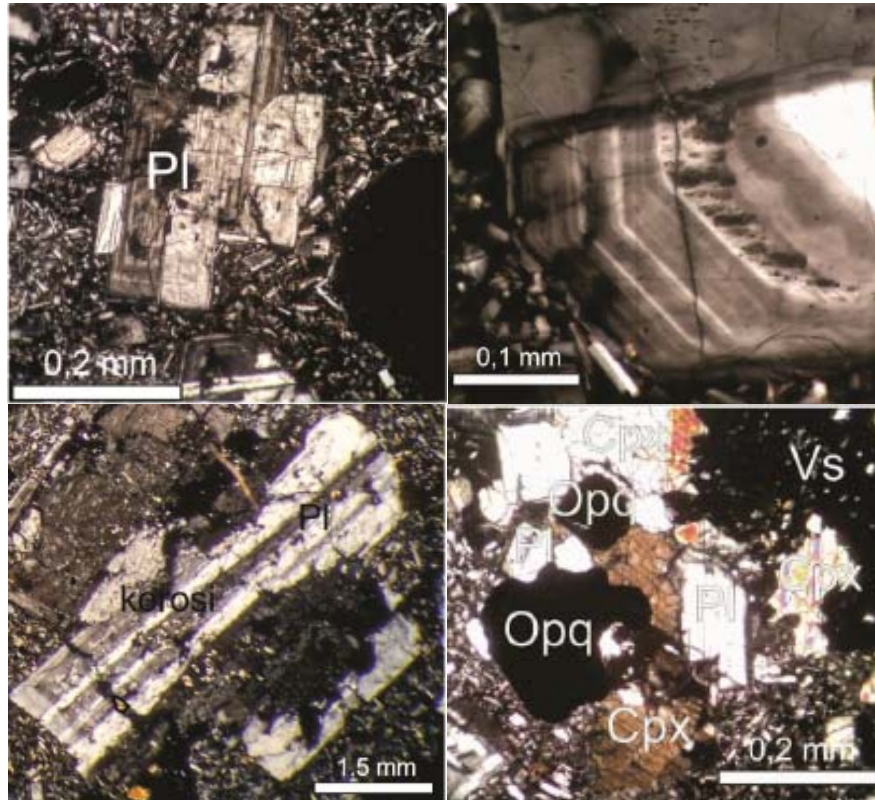


Gambar 8. a) Proyeksi jurus dan kemiringan kekar tiang di lokasi penelitian, b) batang merah menunjukkan orientasi dominan kekar tiang di lokasi penelitian, c) diagram roset setengah lingkaran, arah dominan intrusi magma ditunjukkan dengan skala batang berwarna merah yang paling panjang.

PEMBAHASAN

Bukit Pajangan yang tersusun dari andesit basaltik koheren dengan komposisi batuan penyusun Gunung Gajah mengacu kepada van Bemmelen (1949) yang menyatakan bahwa material letusan Gunung Gajah berupa andesit piroksen basaltik. Penentuan umur berdasarkan K-Ar yang dilakukan oleh Bellon (1989 dalam

Harjanto, 2011) menyebutkan bahwa pusat Gunung Gajah berumur 28 juta tahun yang lalu. Dengan demikian, dapat dikemukakan bahwa magma asal yang membentuk kekar tiang Bukit Pajangan merupakan hasil dari aktivitas vulkanik Gunung Gajah pada 28 juta tahun yang lalu.



Gambar 9. a) Tekstur *poikilitik* pada sayatan sampel 1 (nikol bersilang), b) Tekstur *zoning* plagioklas pada sayatan sampel 3 (nikol bersilang), c) tekstur *sieve* pada sayatan sampel 2 (nikol bersilang), d) teksrtur *clots* pada sayatam 7 (nikol bersilang).

Secara umum, tidak dijumpai mineral dengan tekstur gelas sebagai penyusun dari andesit basaltik di Bukit Pajangan, sesuai dengan pernyataan Wood (1986 dalam Winter, 2001) yaitu pada magma yang mendingin secara perlahan dan membentuk rekahan tidak akan dijumpai komposisi gelas. Beberapa tekstur khusus batuan beku teramati melalui analisis petrografi, yaitu tekstur *poikilitik*, *zoning*, *sieve*, dan *clots*. Tekstur *poikilitik* dijumpai pada seluruh sayatan batuan, ditunjukkan dengan fenokris plagioklas dan dikelilingi mikrolit plagioklas yang mengkristal secara acak (Gambar 9a). Hal tersebut terjadi karena fenokris terbentuk terlebih dahulu yang dilanjutkan dengan mikrolit plagioklas, kondisi ini umumnya mencirikan daerah pembekuan hipabisal. Tekstur *zoning* juga dijumpai di

semua sampel berupa kenampakan mineral plagioklas yang menunjukkan pola lapisan radial mineral ke arah luar (Gambar 9b). Pola tersebut mengindikasikan pembentukan batuan beku di Bukit Pajangan terkena pengaruh aktivitas influks magma yang mengubah komposisi mineral pada bagian terluar tubuh mineral yang melingkupinya. Tekstur *sieve*, yaitu fenokris plagioklas yang mengalami lehan dan mengkristalkan mineral di bagian tersebut (Gambar 9c), dijumpai hampir di semua sampel kecuali sampel 1. Tekstur ini terbentuk karena proses pencampuran magma yang melelehkan plagioklas yang sebelumnya lebih dahulu terbentuk.

Kekar di Bukit Pajangan menunjukkan orientasi arah kemiringan yang paralel. Mengacu kepada Tomkieff (1940 dalam Gray,

1986), konfigurasi kekar yang paralel terbentuk pada *lower colonnade* suatu tubuh magma.

KESIMPULAN

Bukit Pajangan, secara geologi, terbentuk dari pendinginan magma yang bersifat menengah-basa menjadi andesit basaltik. Pendinginan magma berlangsung pada zona hipabisal dan termasuk bagian dari *lower colonnade* dari suatu konfigurasi kekar tiang. Bagian lain dari konfigurasi kekar tiang di Bukit Pajangan masih belum tersingkap. Model berdasarkan arah pendinginan magma dapat menunjukkan posisi dari bagian-bagian konfigurasi kekar tiang yang belum tersingkap di Bukit Pajangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pak Tri Winarno, S.T., M.Eng. yang menyumbangkan buah pikiran hingga penelitian ini dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellon, H., Soeria Atmadja, R., Maury, R. C., Suparka, E., Yuwono, R. S., 1988. Chronology and Petrology of Back Arc Volcanism in Java. *Proceeding of Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia*, hal. 245-257.
- Gray, N. H., 1986. *Symmetry in a Natural Fracture Pattern: The Origin of Columnar Joint Networks*. Pergamon Press, Ltd.: Britania Raya.
- Harjanto, A., 2011. Vulkanostratigrafi di Daerah Kulonprogo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah MTG*, Vol. 4.
- Le Bas, M. J. dan Streckeisen, A. L., 1991. The IUGS Systematics of Igneous Rocks. *Journal of the Geological Society*, Vol. 148, hal. 825-835.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H. M. D., 1995. *Peta Geologi Skala 1:100.000 Lembar Yogyakarta, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Robinson, C. S., 1956. Geology of Devil Tower National Monument, Wyoming. *Geological Survey Bulletin*, 1021-1.
- Wicander, R., Monroe, J. S., Hazlett, R., 2007. *Physical Geology: Exploring the Earth, sixth edition*. Thomson Publishers: Amerika Serikat.
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis*. Harper Collin Academy: London.
- Winter, J. D., 2001. *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall: New Jersey.
- van Bemmelen, R. W., 1949. *Geology of Indonesia. Vol. IA*. Government Printing Office: The Hague.