

Analisis Genesa Batuan Beku Berstruktur Kekar Tiang Menggunakan Data Lapangan dan Petrografi pada Daerah Lemahabang, Doro, Pekalongan, Jawa Tengah

Bayu Aji Setiyawan¹, Novaldi Yahya Arif Guntara¹, Windi Ayu Septya Ningrum¹, Oky Sugarbo¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Korespondensi : bayusetiyawan58@gmail.com

ABSTRAK

Fenomena objek geologi yang terbentuk berupa struktur kekar tiang di daerah Lemahabang, Kecamatan Doro, Kabupaten Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu bentukan dari hasil aktivitas vulkanisme yang terjadi pada masa lampau. Masyarakat setempat berasumsi bahwa fenomena tersebut merupakan peninggalan purbakala berupa situs megalitikum, namun hal tersebut dapat dijelaskan secara ilmiah melalui analisis karakteristik kekar tiang menggunakan data lapangan dan petrografi. Observasi dengan metode kuantitatif dan kualitatif terhadap sampel batuan di daerah penelitian, menunjukkan bahwa batuan tersebut adalah andesit bertekstur afanitik-porfiritik dengan jenis *colonnade* serta bentukan segi 4-7 dengan diameter berkisar 30-87 centimeter. Kekar tiang di daerah penelitian memiliki dimensi tinggi 5-7 meter dengan arah orientasi vertikal (80-90°) dan arah orientasi horizontal (0-30°). Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran bagaimana struktur kekar tiang yang berada di daerah Lemahabang terbentuk, sehingga masyarakat tidak beranggapan bahwa fenomena geologi tersebut adalah sebuah candi.

Kata kunci: *Colonnade*, Kekar Tiang, Pekalongan, Petrografi.

ABSTRACT

*The phenomenon of a geological object that is formed in the form of a columnar joint structure in the Lemahabang, Doro, Pekalongan, Central Java area is one of the formations of volcanic activity that happened in the past. Local community assumes that this phenomenon is an ancient relic in the form of megalithic site, but it can be explained scientifically through an analysis of the columnar joint characteristic by using field and petrography data. The observation by using quantitative and qualitative methods on rock samples in the research area showed that these rocks are andesite were afanitic-porphyrific textured with the type of *colonnade* and 4-7 facet formation with a diameter ranging from 30-87 centimeters. Columnar joint in the research area has dimension of 5 to 7 meters of height with a vertical orientation direction (80-90°) and horizontal orientation direction (0-30°). The purpose of this research is to provide an overview how columnar joint structure in Lemahabang can form so the local community doesn't assume that the geological phenomenon is a temple.*

Keyword: Colonnade, Columnar Joint, Pekalongan, Petrography.

1. PENDAHULUAN

Lemahabang merupakan salah satu desa di Kecamatan Doro, Kabupaten Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah. Daerah penelitian berada di kawasan Kabupaten Pekalongan bagian selatan yang banyak tersusun oleh batuan-batuan hasil produk aktivitas vulkanisme gunungapi sehingga banyak ditemukan struktur-struktur geologi salah satunya yaitu kenampakan struktur kekar tiang atau *columnar joint* yang berada di Desa Lemahabang. Kekar tiang merupakan suatu bentukan morfologi produk aktivitas vulkanisme ataupun intrusi, dimana dalam hal ini berkaitan dengan tubuh lava koheren baik itu melalui sistem produk batuan beku vulkanik ataupun intrusi dangkal (*shallow intrusion*) dengan beberapa syarat dan kondisi tertentu seperti memiliki volume tubuh yang relatif tebal dimana proses pembekuan terjadi secara bertahap serta tingkat homogenitas dari komposisi batuan beku yang ada (Hetényi, Taisne, & Garel, 2012) [3]. Stratigrafi daerah penelitian menurut Codon et al (1996) tersusun oleh Formasi Batuan Gunungapi Jembangan (Qj) berumur Pleistosen dengan litologi berupa lava andesit dan batuan klastika gunungapi [1].

Kekar tiang yang terdapat di Desa Lemahabang memanjang dari arah utara hingga ke arah selatan. Menurut Agustijanto (2018) batas kekar tiang pada bagian utara telah diketahui sedangkan batas kekar tiang pada bagian selatan belum dapat ditemukan [4]. Berdasarkan asumsi dari masyarakat sekitar, kenampakan struktur kekar tiang atau *columnar joint* merupakan situs megalitikum berupa candi yang terbentuk pada zaman dahulu kala yang kemudian hilang tertimbun tanah sejak zaman batu, hal ini dibuktikan dengan adanya batuan-batuan yang tersusun rapi berbentuk balok. Keunikan struktur kekar tiang tersebut menarik untuk diteliti lebih lanjut sehingga membuat peneliti melakukan kajian terhadap kenampakan struktur kekar tiang terkait dengan genesa terbentuknya meliputi

karakteristik dari batuan penyusunnya baik secara megaskopis dan mikroskopis serta pembuatan model konseptual 2D untuk memberikan kenampakan visual bagaimana struktur kekar tiang atau *columnar joint* yang berada di Desa Lemahabang, Kecamatan Doro, Kabupaten Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah dapat terbentuk.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa pemetaan geologi permukaan yang kemudian didukung oleh metode kualitatif berupa pemerian batuan secara megaskopis dan metode kuantitatif berupa *point counting* sebagai pemerian batuan secara mikroskopis. Data dari hasil pengamatan dan pengukuran saat penelitian ini kemudian akan diolah dan dianalisis sehingga nantinya akan diketahui karakteristik dan genesa terbentuknya kekar tiang di daerah Lemahabang melalui pemodelan 2D.

Metode pemetaan geologi permukaan ini meliputi pengamatan, pemerian dan pengukuran langsung di lapangan pada kenampakan geologi yang ada seperti morfologi, singkapan batuan, struktur geologi dan potensi geologi lingkungan dengan menggunakan alat-alat berupa palu geologi, kompas geologi, *GPS* dan lup. Sedangkan analisis pada metode *point counting* menggunakan alat berupa Mikroskop Polarisasi bertipe Olympus CX-31P.

3. HASIL DAN ANALISIS

Lokasi Penelitian berada di Desa Lemahabang, Kecamatan Doro, Kabupaten Pekalongan, Provinsi Jawa Tengah dengan koordinat $109^{\circ} 40' 57,48''$ - $109^{\circ} 42' 18,69''$ BT dan $7^{\circ} 3' 13,13''$ - $7^{\circ} 4' 38,78''$ LS. Berdasarkan hasil dari kegiatan observasi lapangan, kemudian dilakukan pengambilan sampel pada 4 lokasi pengamatan. Pengambilan sampel tersebut diharapkan dapat menjadi data yang mewakili kondisi geologi daerah penelitian, sehingga peneliti dapat memberikan dasar interpretasi terkait genesa terbentuknya kekar tiang di daerah penelitian tersebut. Pengambilan sampel tersebut, meliputi :

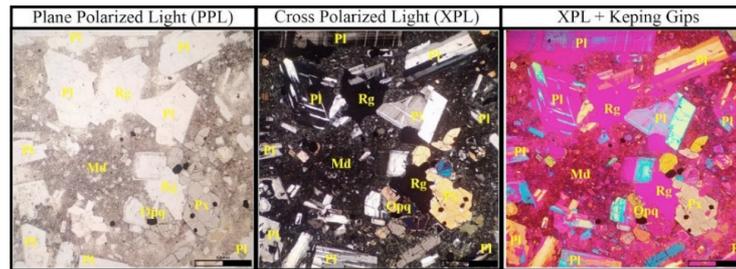
1). Lokasi Pengamatan 1

Lokasi pengamatan 1 berada pada bagian utara singkapan kekar tiang dengan koordinat $7^{\circ} 4' 31''$ LS - $109^{\circ} 41' 50''$ BT. Kekar tiang pada LP 1 memiliki posisi horizontal dengan dimensi panjang 15 meter dan lebar 5 meter. Pada lokasi tersebut karakteristik kekar tiang memiliki geometri kolom yang berdiameter 30 hingga 87 centimeter dengan bentuk segi 4,5,6 ataupun 7 dan memiliki arah orientasi horizontal ($0-30^{\circ}$) atau rebah (Gambar 1). Pada pengamatan secara megaskopis mineral penyusun batuan ini cukup sulit untuk teramati karena banyak tersusun oleh material-material yang memiliki ukuran halus, namun beberapa mineral dapat diidentifikasi seperti plagioklas feldspar dan piroksen sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan beku ini adalah Andesit (O'Dunn dan Sill, 1986).



Gambar 1. Kenampakan singkapan kekar tiang pada LP 1 dengan arah foto pembanding manusia ($N340^{\circ}$ E), arah foto pembanding palu geologi ($N29^{\circ}$ E) dan foto *handspecimen* dengan pembanding koin.

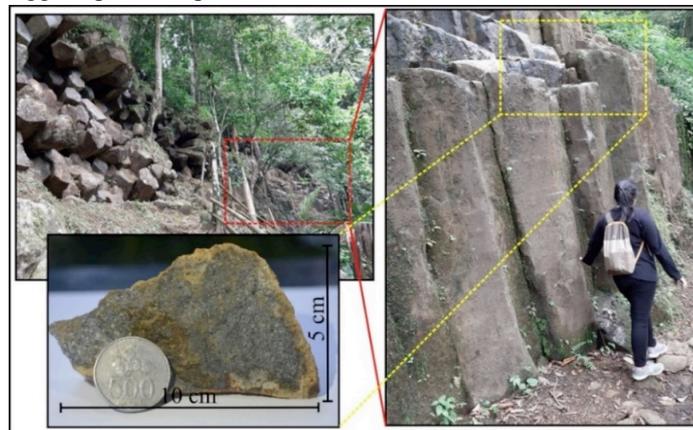
Hasil dari pengamatan petrografi menjelaskan bahwa komposisi mineral penyusun dari sampel batuan pada LP 1 terdiri dari massa dasar (40%), rongga (8%), mineral plagioklas feldspar (35%) dan mineral piroksen (17%). Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *point counting*, dihasilkan penamaan batuan pada LP 1 adalah Andesit Piroksen (Streckeisen, 1976).



Gambar 2. Sayatan tipis pada LP 1 yang tersusun atas massa dasar (Md), rongga (Rg), plagioklas feldspar (Pl) dan piroksen (Px).

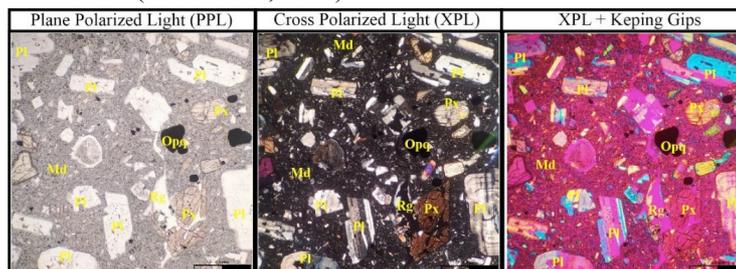
2). Lokasi Pengamatan 2

Lokasi pengamatan 2 berada pada bagian tengah singkapan kekar tiang dengan koordinat $7^{\circ} 4' 32''$ LS - $109^{\circ} 41' 51''$ BT. Kekar tiang pada LP 2 memiliki posisi vertikal dengan dimensi panjang 20 meter dan lebar 4 meter. Pada lokasi tersebut karakteristik kekar tiang memiliki geometri kolom yang berdiameter 30 hingga 70 centimeter dengan bentuk segi 4,5,6 ataupun 7 dan memiliki arah orientasi vertikal ($80-90^{\circ}$) (Gambar 3). Pada pengamatan secara megaskopis mineral penyusun batuan ini cukup sulit untuk teramati karena banyak tersusun oleh material-material yang memiliki ukuran halus, namun beberapa mineral dapat diidentifikasi seperti plagioklas feldspar dan piroksen sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan beku ini adalah Andesit (O'Dunn dan Sill, 1986).



Gambar 3. Kenampakan singkapan kekar tiang pada LP 2 dengan arah foto pembandingan manusia ($N90^{\circ}$ E) dan foto *handspecimen* dengan pembandingan koin.

Hasil dari pengamatan petrografi menjelaskan bahwa komposisi mineral penyusun dari sampel batuan pada LP 2 terdiri dari massa dasar (48%), rongga (2%), mineral plagioklas feldspar (32%), mineral opaque (3%) dan mineral piroksen (15%). Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *point counting*, dihasilkan penamaan batuan pada LP 2 adalah Andesit Piroksen (Streckeisen, 1976).



Gambar 4. Sayatan tipis pada LP 2 yang tersusun atas massa dasar (Md), rongga (Rg), plagioklas feldspar (Pl), piroksen (Px) dan opaque (Opq).

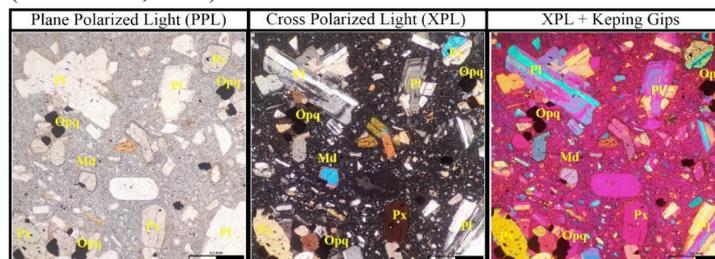
3). Lokasi Pengamatan 3

Lokasi pengamatan 3 berada pada bagian selatan singkapan kekar tiang dengan koordinat $7^{\circ} 4' 32,27''$ LS - $109^{\circ} 41' 51,49''$ BT. Kekar tiang pada LP 3 memiliki posisi vertikal dengan dimensi panjang 10 meter dan lebar 8 meter. Pada lokasi tersebut karakteristik kekar tiang memiliki geometri kolom yang berdiameter 40 hingga 80 centimeter dengan bentuk segi 4,5,6 ataupun 7 dan memiliki arah orientasi vertikal ($80-90^{\circ}$) (Gambar 5). Pada pengamatan secara megaskopis mineral penyusun batuan ini cukup sulit untuk teramati karena banyak tersusun oleh material-material yang memiliki ukuran halus, namun beberapa mineral dapat diidentifikasi seperti plagioklas feldspar dan piroksen sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan beku ini adalah Andesit (O'Dunn dan Sill, 1986).



Gambar 5. Kenampakan singkapan kekar tiang pada LP 3 dengan arah foto pembanding manusia (N109° E) dan foto *handspecimen* dengan pembanding koin.

Hasil dari pengamatan petrografi menjelaskan bahwa komposisi mineral penyusun dari sampel batuan pada LP 3 terdiri dari massa dasar (46%), mineral plagioklas feldspar (31%), mineral opaque (4%) dan mineral piroksen (19%). Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *point counting*, dihasilkan penamaan batuan pada LP 3 adalah Andesit Piroksen (Streckeisen, 1976).



Gambar 6. Sayatan tipis pada LP 3 yang tersusun atas massa dasar (Md), rongga (Rg), plagioklas feldspar (Pl), piroksen (Px) dan opaque (Opq).

4). Lokasi Pengamatan 4

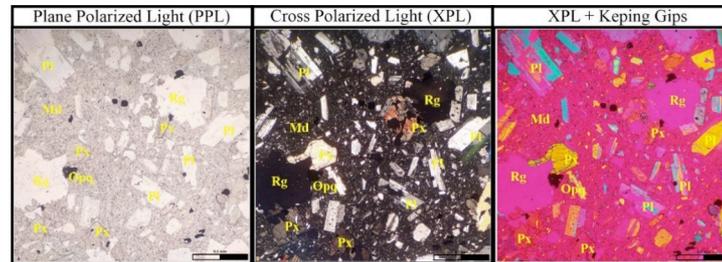
Lokasi pengamatan 4 berada pada bagian selatan singkapan kekar tiang dimana singkapan ini merupakan kontak antara dua batuan yang berbeda dengan koordinat lokasi 7° 4' 32,36" LS -109° 41' 51,80" BT. Pada LP 4 ditemukan kenampakan singkapan (*outcrop*) berupa breksi dengan dimensi panjang 8 meter dan lebar 5 meter. Berdasarkan hasil pengamatan dilapangan, fragmen dari breksi ini adalah Andesit (O'Dunn dan Sill, 1986), sedangkan matriks dari breksi memiliki kenampakan sangat lapuk, namun terindikasi bahwa matriks dari breksi ini merupakan batuan beku. Berdasarkan kenampakan fragmen dan matriksnya batuan ini diinterpretasikan sebagai Breksi Andesit (Wentworth, 1922).



Gambar 7. Kenampakan singkapan breksi pada LP 4 dengan arah foto (N16° E).

a. Fragmen Breksi

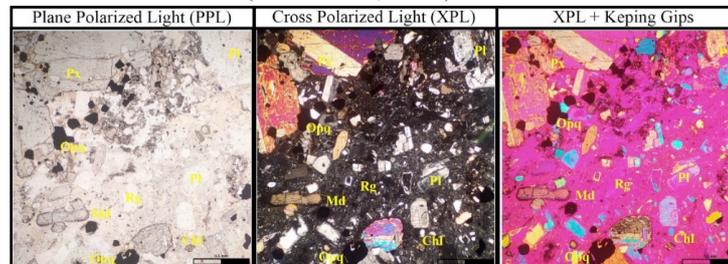
Hasil dari pengamatan petrografi menjelaskan bahwa komposisi mineral penyusun dari sampel batuan pada LP 4 terdiri dari massa dasar (41%), rongga (12%), mineral plagioklas feldspar (31%), mineral piroksen (15%) dan mineral opaque (1%). Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *point counting*, dihasilkan penamaan fragmen breksi pada LP 4 adalah Andesit Piroksen (Streckeisen, 1976).



Gambar 8. Sayatan tipis fragmen breksi pada LP 4 tersusun atas massa dasar (Md), rongga (Rg), plagioklas feldspar (Pl), piroksen (Px) dan opaque (Opg).

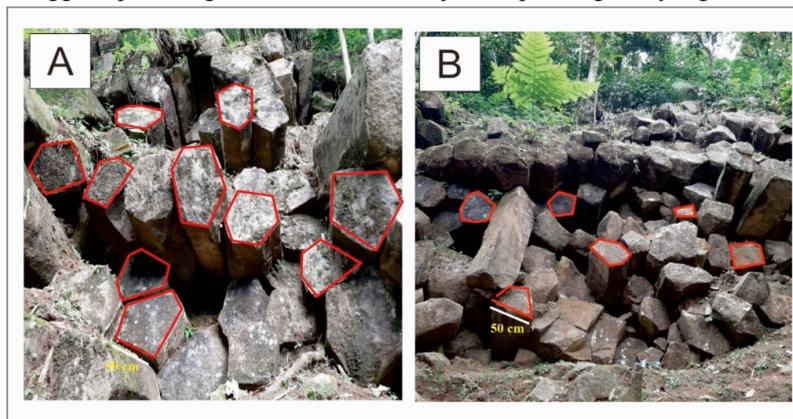
b. Matriks Breksi

Hasil dari pengamatan petrografi menjelaskan bahwa komposisi mineral penyusun dari sampel batuan pada LP 4 terdiri dari massa dasar (45%), mineral plagioklas feldspar (17%), mineral piroksen (34%) dan mineral opaque (4%). Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *point counting*, dihasilkan penamaan matriks breksi pada lokasi pengamatan 4 adalah Andesit Piroksen (Streckeisen, 1976).



Gambar 9. Sayatan tipis matriks breksi pada LP 4 yang tersusun atas massa dasar (Md), rongga (Rg), plagioklas feldspar (Pl), piroksen (Px) dan opaque (Opg).

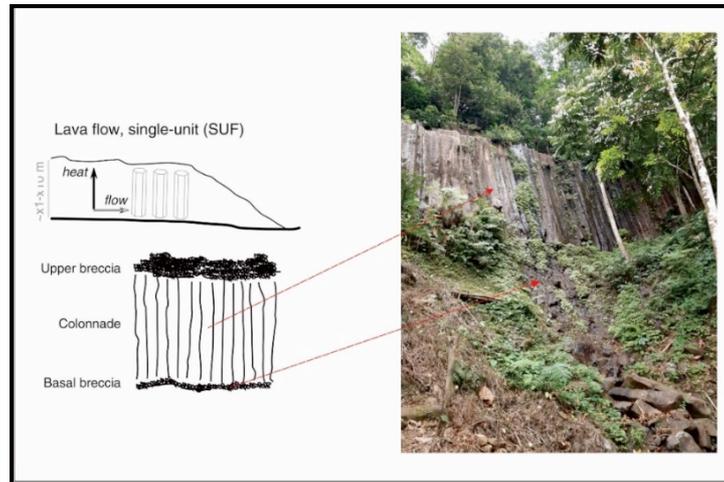
Berdasarkan karakteristik kekar tiang yang terbentuk di daerah Lemahabang, didapatkan geometri kolom kekar tiang yang ada berdiameter berkisar antara 30 sampai 87 centimeter dengan bentuk segi 4,5,6 ataupun 7 dengan dominasi jumlah sisi 5 yang mendominasi dengan presentase 40% (Gambar 10). Mendominasinya bentuk kolom yang bersisi 5 ini menunjukkan bahwa proses pembentukan kekar tiang tersebut secara umum didominasi oleh sistem bertipe *Y junction* dari pada sistem yang bertipe *T junction* yang umumnya berkembang dibagian terluar aliran lava tersebut sehingga dapat mengindikasikan bahwa laju dari pendinginan yang relatif cepat.



Gambar 10. Kenampakan geometri kekar tiang di daerah Lemahabang, Doro, Pekalongan dimana (A) Kekar tiang dengan bentuk segi >5, (B) Kekar tiang dengan bentuk segi <5.

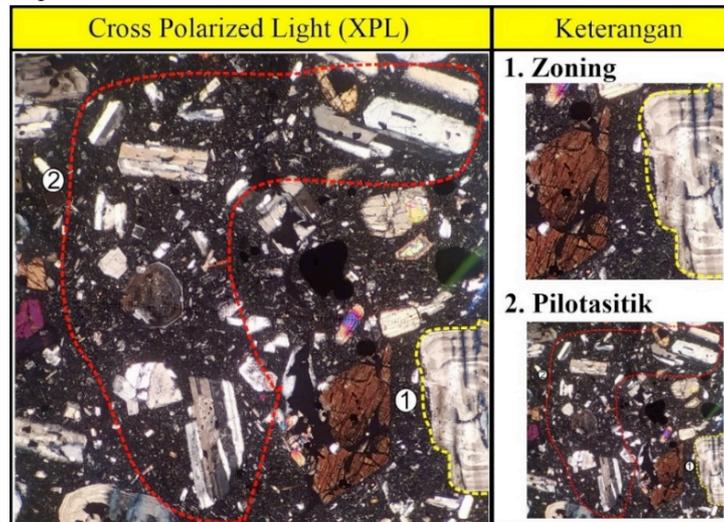
Selain itu, kekar tiang di daerah penelitian memiliki dimensi kolom 5 sampai 7 meter dengan arah orientasi vertikal ($80-90^\circ$). Namun, pada bagian atas kekar tiang tersebut dijumpai adanya kekar tiang yang memiliki arah orientasi horizontal ($0-30^\circ$) yang diinterpretasikan sebagai hasil longsor kekar tiang yang ada pada bagian timur daerah penelitian. Sehingga, berdasarkan karakteristik tersebut kekar tiang di daerah penelitian terbentuk melalui

sistem aliran lava koheren yang bersifat tunggal atau *single unit flow (SUF)* dan diinterpretasikan merupakan tipe *colonnade* karena memiliki kenampakan kekar tiang yang lebih sederhana akibat pengaruh dari volume lava yang mengalir cukup tebal (Gambar 11).



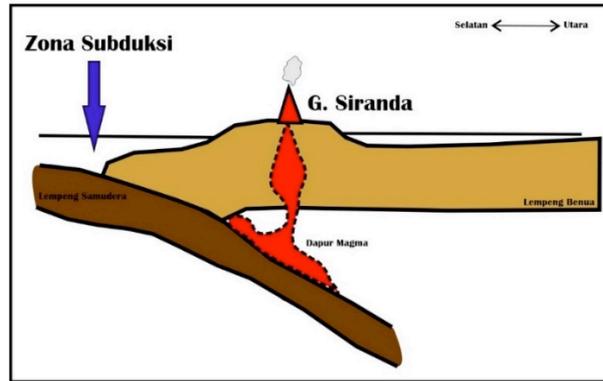
Gambar 11. Ilustrasi sistem pembentuk kekar tiang di daerah Lemahabang, Doro, Pekalongan. (mengacu pada pemodelan Hetényi et al., 2012).

Berdasarkan kenampakan data lapangan berupa karakteristik dari kekar tiang yang meliputi geometri, pola, arah, dan persebarannya serta data petrografi yang meliputi identifikasi komposisi mineral dan tekstur yang nampak pada sayatan tipis dalam hal ini adanya kenampakan tekstur *pilotasitik* dan *zoning* (Gambar 12). Sehingga dapat memberikan indikasi bahwa batuan beku berstruktur kekar tiang pada daerah Lemahabang merupakan hasil dari aliran lava yang membeku secara perlahan yang berasal dari Gunung Siranda, hal ini juga didukung dengan data-data sekunder pada daerah penelitian.

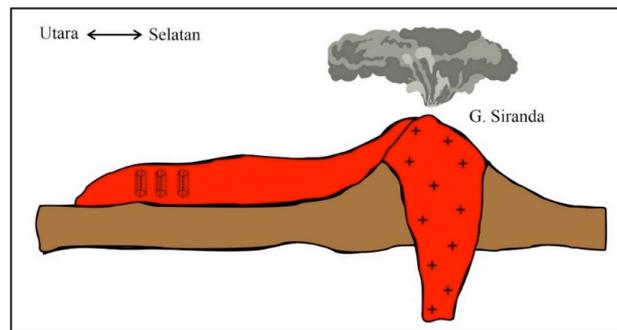


Gambar 12. Kenampakan tekstur khusus yang ada pada sayatan tipis pada keadaan *cross polarized light (XPL)*. Tekstur khusus yang berkembang adalah *zoning* dan *pilotasitik* (Mackenzie, 1982).

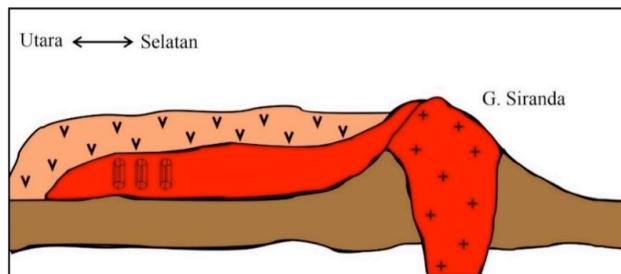
Gunung Siranda merupakan gunungapi monogenik yang terbentuk akibat dari proses subduksi di Pulau Jawa (Gambar 13), dimana gunung ini terbentuk dalam satu periode waktu yang sama ataupun dalam satu kali erupsi. Setelah mengalami erupsi lava dari Gunung Siranda keluar mengalir relatif ke arah utara dari sumbernya dan kemudian membeku membentuk struktur kekar tiang dengan berbagai sisi dan ukuran yang beragam (Gambar 14). Pada periode waktu selanjutnya batuan beku berstruktur kekar tiang yang tersingkap kemudian tertimbun oleh material piroklastik yang berasal dari aktivitas vulkanisme Gunung Rogojembangan yang lokasinya berada pada sisi selatan daerah penelitian (Gambar 15). Singkapan batuan beku berstruktur kekar tiang ini kemudian tersingkap kembali akibat adanya bencana alam berupa tanah longsor pada daerah penelitian sehingga material piroklastika yang menutupinya hilang terbawa air. Akibat dari tanah longsor tersebut, kekar tiang pada sisi timur mengalami perubahan orientasi dari vertikal menjadi horizontal (Gambar 16). Berikut ini gambaran skematik sumber material pembentuk struktur kekar tiang pada daerah penelitian :



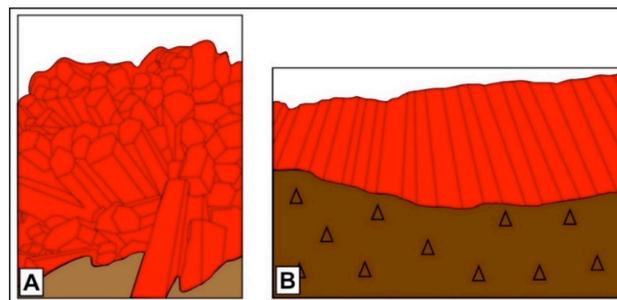
Gambar 13. Model 2D terbentuknya Gunung Siranda akibat dari proses subduksi yang terjadi di Pulau Jawa.



Gambar 14. Model 2D sumber dari batuan beku berstruktur kekar tiang di daerah Lemahabang, Doro, Pekalongan.



Gambar 15. Model 2D kekar tiang yang tertibun oleh material piroklastik akibat dari aktivitas vulkanisme Gunung Rogojembangan.



Gambar 16. Model 2D kenampakan kekar tiang di daerah Lemahabang, Doro, Pekalongan pada masa sekarang dimana (A) Kekar tiang yang memiliki orientasi horizontal yang terdapat pada sisi utara singkapan, (B) Kekar tiang yang memiliki orientasi vertikal yang terdapat pada sisi selatan singkapan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data observasi lapangan, hasil olah laboratorium serta studio dan hasil interpretasi dapat disimpulkan bahwa :

1. Batuan yang menyusun kekar tiang di daerah penelitian merupakan andesit yang disusun oleh dominasi plagioklas dan piroksen. Dimensi kolom dari kekar tiang antara 30-87 centimeter yang mengindikasikan volume aliran lava yang cukup tebal, jumlah sisi yang bervariasi antara 4-7 dengan presentase jumlah sisi 5 yang mendominasi (40%) sehingga menunjukkan bahwa mendominasinya bentuk kolom yang bersisi 5 ini menunjukkan bahwa proses pembentukan kekar tiang tersebut secara umum didominasi oleh sistem bertipe Y

- junction* dengan orientasi yang secara umum vertikal sebagai akibat proses pendinginan yang tegak lurus terhadap aliran lava yang ada, dengan catatan bahwa terdapat kekar tiang dengan orientasi horizontal yang diinterpretasikan sebagai runtuh dari kekar tiang yang awalnya vertikal dibagian timur daerah penelitian. Hal tersebut didasari oleh lereng di daerah penelitian yang relatif memiliki kemiringan lereng 25-45° .
2. Karakteristik kekar tiang di daerah penelitian dapat diinterpretasikan bahwa kekar tiang tersebut terbentuk melalui suatu sistem aliran lava koheren yang bersifat tunggal atau *single unit flow (SUF)* dengan tipe *colonnade* hal ini dikarenakan kenampakan kekar tiang di daerah penelitian lebih sederhana dengan orientasi yang relatif vertikal. Kenampakan tersebut diakibatkan oleh lava yang mengalir dari sumbernya yaitu Gunung Siranda memiliki volume yang cukup tebal.
 3. Berdasarkan analisa data lapangan dan data petrografi serta data sekunder sebagai pendukung. Dapat diinterpretasikan bahwa sumber lava pembentuk batuan beku berstruktur kekar tiang berasal dari Gunung Siranda yang merupakan gunungapi monogenik. Selanjutnya, Gunung Siranda mengalami erupsi dan menghasilkan lelehan lava yang mengalir relatif ke arah utara dan membeku membentuk struktur kekar tiang dengan bentuk dan pola yang beragam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada bapak Oky Sugarbo, S.T., M.Eng, kampus ITNY (Institut Teknologi Nasional Yogyakarta) dan Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Ditjen Dikti Kemendikbud-ristek atas insentif Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) skema Artikel Ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Condon, W.H., Pardyanto, L., Ketner. K.B., Amin. T.C., Gafoer. S., Samodra H. Peta Geologi Skala 1:100.000 Lembar Banjarnegara dan Pekalongan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung. 1996.
- [2] Gray, N. H. Symmetry in a Natural Fracture Pattern: The Origin of Columnar Joint Networks. Pergamon Press Ltd. 1986.
- [3] Hetényi, G., Taisne, B., Garel, F., Médard, É., Bosshard, S. and Mattsson, H.B. Scales of columnar jointing in igneous rocks: field measurements and controlling factors. *Bulletin of Volcanology*, 74(2). 2012. 457-482.
- [4] Indradjaja, A. Jelajah Pusaka Alam dan Budaya, Lemahabang, Pekalongan. Pusat Penelitian Arkeologi Nasional. 2018.
- [5] Mackenzie, W.S., Donaldson, C.H., Guilford, C. Atlas of Igneous Rocks and their Texture. 1982.
- [6] O'Dunn, S., Sill, W.D. Exploring Geology. Introductory Laboratory Activities. 1986.
- [7] Van Bemmelen, R.W. The Geology of Indonesia, The Hague Martinus Nijhoff, Vol. 1A. 1949.
- [8] Wentworth, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5). 1922. 377-392.