

Faktor Pembentukan dan Karakteristik Kekar Tiang di Desa Sembowo, Kecamatan Klepu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur, Indonesia

Fadilla Andar Septiany¹⁾ dan M. Rafli Hakim¹⁾

¹⁾ Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Corresponding Author: Fadilla Andar Septiany (Email: fadilla.andar.septiany@ugm.ac.id)

Abstract

The columnar joints structure in Sembowo Village, Pacitan District, East Java is composed of andesite lithology with a mineralogical composition dominated by pyroxene and plagioclase phenocrysts with a cryptocrystalline and glass matrix, but olivine is not found. On the other hand, there are altered minerals in the form of chlorite in lithological samples which show alterations in the lithology. The presence of a very fine matrix (<1mm) indicates the rapid freezing of magma. The percentage of phenocryst presence in the lithology sample is about <40% and the pilotaxitic texture also indicates that the columnar joint is composed of extrusive lava flows. In terms of outcrops, the columnar joints in this research area have characteristics such as a relatively small diameter of about 10-25 cm, dominantly having an irregular fracture shape, and the height of columnar joints reaches ±45 meters. The thickness of the lava, which is quite thick and consists of only one unit of colonnade, is classified as having a lava flow of the single unit flow (SUF) type. Therefore, the formation of columnar joints at the research site is caused by two main factors: the geometry of the magma body in the form of a lava flow and the chemical composition of the constituent lithology, which is intermediate magma.

Keywords: Andesite, Columnar Joints, Single Lava Flow

1. Pendahuluan

Secara administratif lokasi penelitian (Gambar 1) berada di Desa Sembowo, Kecamatan Klepu, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Menurut Van Bemmelen.,1949, lokasi penelitian ini berada pada Zona Fisiografi Pegunungan Selatan Jawa Timur. Zona ini merupakan busur vulkanik berumur Eosen – Miosen yang terdiri atas endapan silisiklastik, vulkanik klastik, batuan karbonat, dan batuan vulkanik yang memiliki kemiringan lapisan cenderung ke selatan (Smyth dkk., 2005). Berdasarkan Peta Geologi Regional lembar

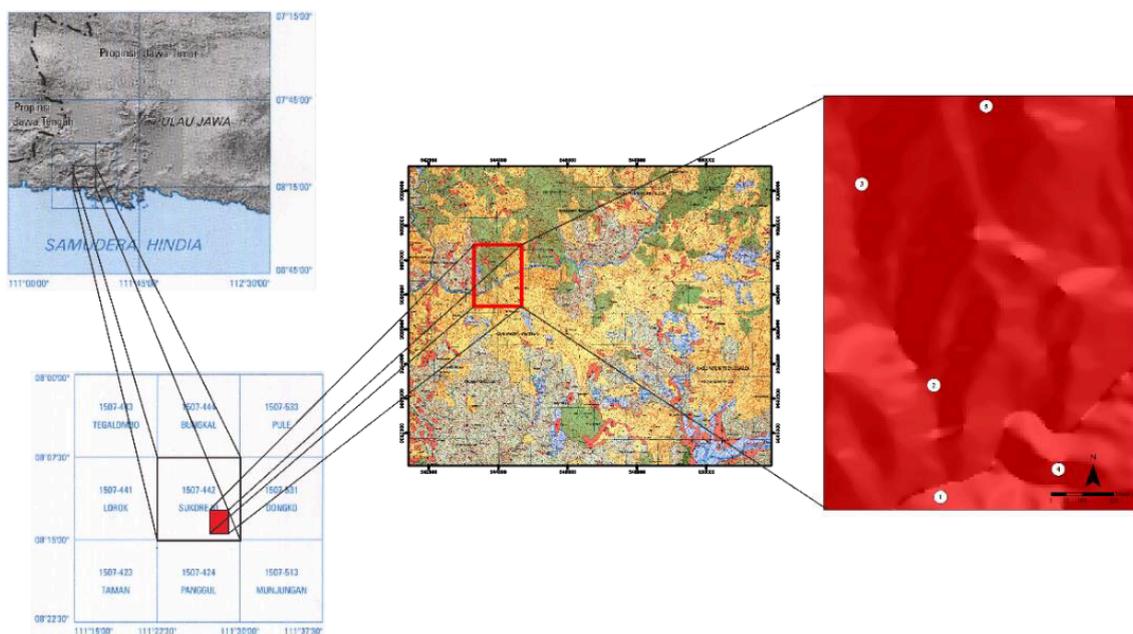
Pacitan skala 1 : 100.000 (Sudjatmiko., 1972), lokasi penelitian ini berada pada Formasi Mandalika yang disusun oleh litologi andesit, tuf, dan breksi vulkanik. Jika dikaji lebih spesifik, ditemukan struktur geologi non tektonik berupa kekar tiang pada litologi andesit. Menurut Hamilton., (1979), sebagai busur vulkanik sunda bagian timur dicirikan dengan tektonisme yang aktif, mengakibatkan banyak litologi yang telah teralterasi secara intensif sehingga menjadi tantangan untuk mendeskripsikan litologi asal nya.

Secara geomorfologi, lokasi pemetaan tergolong pada bentang alam pegunungan

gunung api, dengan tipe bentuk lahan perbukitan sisa gunung api berdasarkan klasifikasi Brahmantyo., (2006). Apabila melihat klasifikasi relief oleh Zuidam-Cancelado., 1976, lokasi ini memiliki topografi berbukit-tersekat curam dan memiliki kelerengan curam sekitar $\sim 35^\circ$ dengan titik tertinggi mencapai ± 480 meter dan titik terendah ± 400 meter. Meskipun demikian, kehadiran kekar tiang umum dijumpai di dekat sungai dengan kondisi tebing menggantung dengan resistensi tinggi. Disamping itu, akibat tingginya pelapukan baik karena kondisi relief maupun tingginya vegetasi lokasi penelitian, menyebabkan banyak singkapan kekar tiang yang sulit untuk diidentifikasi karakteristiknya. Disisi lain, berdasarkan klasifikasi Bandat., (1962), pola penyaluran yang berkembang di lokasi penelitian memiliki tipe angular yang dapat

diketahui dari pembelokan sungai utama yang semula ber arah barat-barat daya menjadi ke tenggara. Tipe sungai ini dapat menjadi indikasi kehadiran struktur geologi seperti sesar yang juga didukung dengan adanya *offsite* sungai di dekat lokasi penelitian sehingga ikut meningkatkan tingkat pelapukan di lokasi ini.

Kehadiran kekar tiang pada litologi lava yang memiliki viskositas tinggi, mengakibatkan distribusi pergerakan lava terbatas yaitu hanya sekitar 1 – 2 km di dekat sumber erupsi (Diniega dkk., 2013; Li, Yonggquan., 2023). Dengan demikian, diperlukan studi karakteristik pada kekar tiang melalui kegiatan pemetaan permukaan bumi untuk mengetahui kondisi singkapan dan melakukan pengambilan sampel sehingga didapatkan data kualitatif untuk mengetahui penyebab utama terbentuknya kekar tiang pada lokasi penelitian.



Gambar 1. Peta Index Lokasi Penelitian

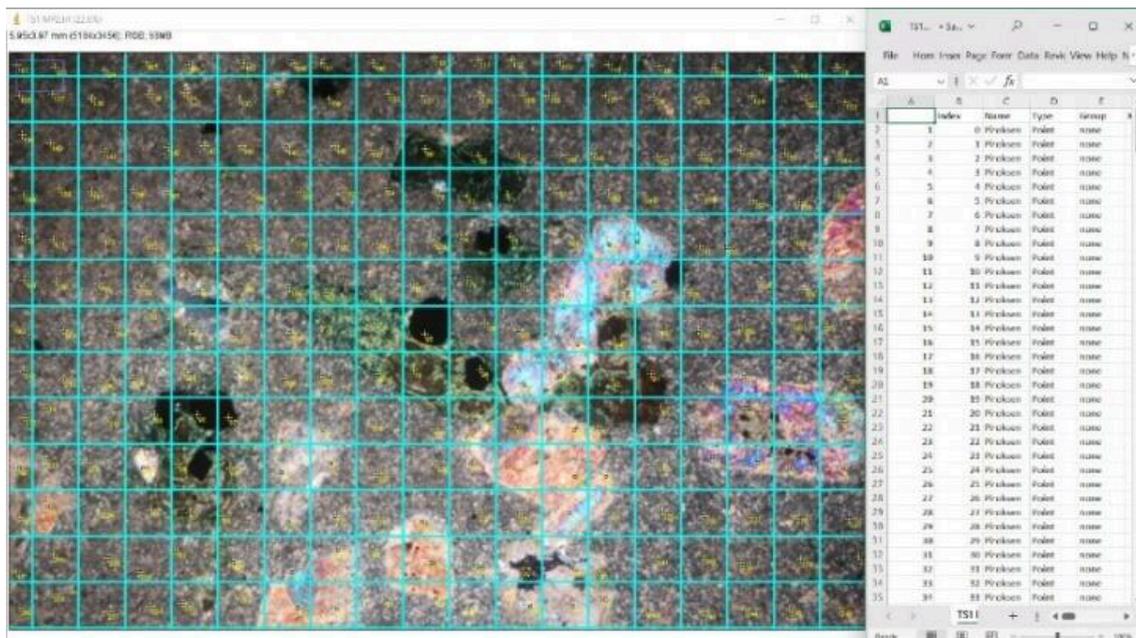
2. Data dan Metodologi

Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa pengambilan data pemetaan geologi dan pengamatan petrografi sebagai data primer. Data sekunder yang digunakan berupa DEM yang digunakan untuk menentukan Stasiun Titik Amat pada satuan batuan maupun studi literatur guna

menunjang penelitian. Penentuan titik pemetaan didasarkan pada data sekunder yang kemudian mendapatkan 5 titik pengamatan yang pada masing-masing titik tersebut dilakukan pengambilan sampel dan dokumentasi lapangan menggunakan pembandingan, baik untuk mengetahui dimensi singkapan hingga diameter kekar tiang. Dilakukan pula pendeskripsian litologi secara

makroskopis dilapangan menggunakan bantuan lup, komparator butir, dan HCl pada keseluruhan titik pengamatan. Selanjutnya, untuk memastikan ketelitian deskripsi litologi, dilakukan analisis laboratorium menggunakan mikroskop polarisasi pada dua

sayatan tipis sampel litologi yaitu pada STA 1 dan STA 3. Analisis dilakukan dengan metode *point counting* (Gambar 2) melalui *software* Image J untuk mendapatkan persentase mineral secara lebih objektif dan teliti pada 5 medan pandang pada setiap sampel sayatan batuan.



Gambar 2. Metode Petrografi Menggunakan *Point Counting*

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis dilakukan pada tiap stasiun titik amat secara makroskopis memberikan hasil litologi Andesit (Fenton, 1940). Kemudian dilakukan analisis mendetail pada 2 sampel litologi dari STA 1 dan STA 3 secara mikroskopis (Tabel 1) juga mendapatkan hasil yang sama yaitu litologi Andesit (IUGS, 2007) (Gambar 3) sehingga secara mineralogi diketahui jika komposisi kimia lava penyusun litologi ini bersifat intermediate yang dicirikan dengan kehadiran mineral plagioklas, piroksen, dan \pm hornblend/biotit.

Selain itu, jika memperhatikan kondisi singkapan kekar tiang pada lokasi penelitian, diketahui jika struktur kekar tiang ini memiliki rata-rata dimensi yang cukup tinggi

sehingga mengindikasikan proses pembekuan cepat pada lava yang memiliki volume besar. Pola pergerakan lava intermediate dengan viskositas tinggi akan mengakibatkan lava sulit terendapkan pada lokasi yang jauh dari pusat erupsi sehingga dapat diinterpretasi sumber erupsi terletak dekat dengan lokasi pengendapan lava tersebut. Pusat erupsi tersebut dicurigai berasal dari Gunung Pucak yang terletak di bagian tenggara daerah penelitian karena kemiripan komposisi magmanya yaitu andesitik berdasarkan Samodra., (1992). Meskipun demikian, asal sumber magma tersebut belum dapat diselidiki lebih lanjut karena keterbatasan data dan cakupan lokasi penelitian.

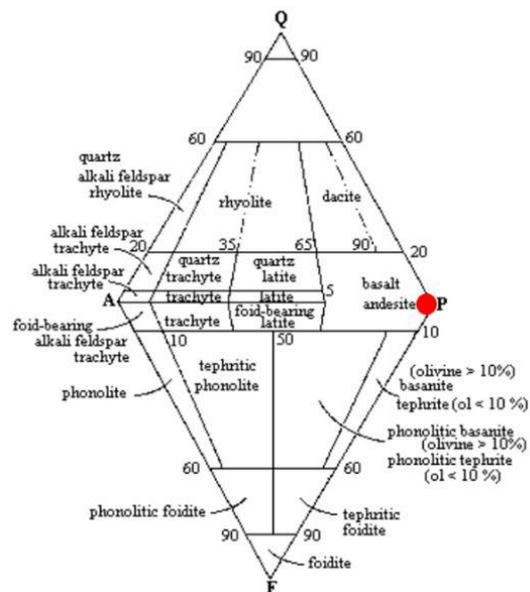
Berikut adalah hasil analisis optik pada kedua sampel sayatan tipis pada lokasi penelitian:

Tabel 1. Kelimpahan Mineral Pada Sampel Litologi

Titik Sampel	Medan Pandang	Mineral Primer		Mineral Sekunder		Massa Dasar Crp + Gls
		Pl	Px	Opq	Chl	
STA 1	1	26,92	20,38	8,46	9,23	35,00
	2	13,85	11,54	2,69	2,69	61,54
	3	29,50	9,20	16,86	3,45	41,00
	Rata-rata	23,42	13,71	9,34	5,12	45,84
STA 3	1	16,15	5,38	1,92	0,00	76,54
	2	23,66	5,34	4,58	0,00	66,41
	3	24,62	4,23	1,54	0,00	69,62
	Rata-rata	21,48	4,99	2,68	0,00	70,86

(Pl: plagioklas, Px: piroksen, Opq: mineral opak, Chl: klorit, Crp+Gls: kriptokristalin+gelasan)

Secara struktural, *columnar joints* menunjukkan dua fasies yang saling bersambungan dalam sistem yang ideal, unit pendingin dicirikan oleh *lower colonnade* dengan kolom linier dan paralel dan *entablature* di atasnya dengan kolom yang melengkung dan tidak beraturan, yang dapat ditumpangkan atau ditimpa oleh *upper colonnade*. Umumnya *colonnades* menunjukkan pola patahan kuasi-heksagonal yang dibatasi oleh striae. Geometri rekahan kuasi-heksagonal diinterpretasi berasal dari kontraksi termal yang disebabkan oleh pendinginan konduktif yang mana dalam hal ini juga ditingkatkan oleh infiltrasi air pada jaringan rekahan. Selanjutnya, terdapat pembentukan beberapa hubungan rekahan permeabel yang kemudian dapat meningkatkan potensi infiltrasi dan transportasi fluida dalam *cooling body* yang mana dapat berkontribusi pada pengembangan *entablature*. Namun, melalui analisis kondisi singkapan dan morfologi pada stasiun pengamatan di lokasi penelitian, diketahui jika keseluruhan STA hanya memiliki satu *colonnade* yang menjadi tipe khas kekar tiang dengan tipe *single unite flow* (SUF). Menurut Hetényi, György. dkk, (2010), tipe SUF sangat umum ditemui pada lava berkomposisi *intermediate*. Kekar tiang hasil pendinginan yang cepat akan memiliki ukuran yang jauh lebih kecil dan sebanding dengan volume lava. Apabila volume lava semakin besar, maka pendinginan akan sedikit melambat sehingga memberikan ukuran kekar tiang yang lebih besar.



Gambar 3. Plotting Kelimpahan Mineral Pada IUGS (2007)

Melalui analisis ini juga diketahui karakteristik kekar tiang pada lokasi penelitian, yaitu bentuk tiang yang cukup ramping, orientasi kekar tiang dominan vertikal dengan bentuk *fracture* yang tidak beraturan, dan berdiameter 15 – 23 cm. Namun, terdapat pengecualian pada STA 3 yang memiliki kondisi kekar tiang berorientasi horizontal, bentuk *fracture* yang cenderung segi empat, serta memiliki ukuran mineral lebih besar dari STA-STA lain. Bentuk *fracture* yang dominan tidak beraturan pada sebagian besar STA menandakan pelepasan energi termal yang lebih besar digunakan untuk menciptakan tiang yang panjang dibanding membuat

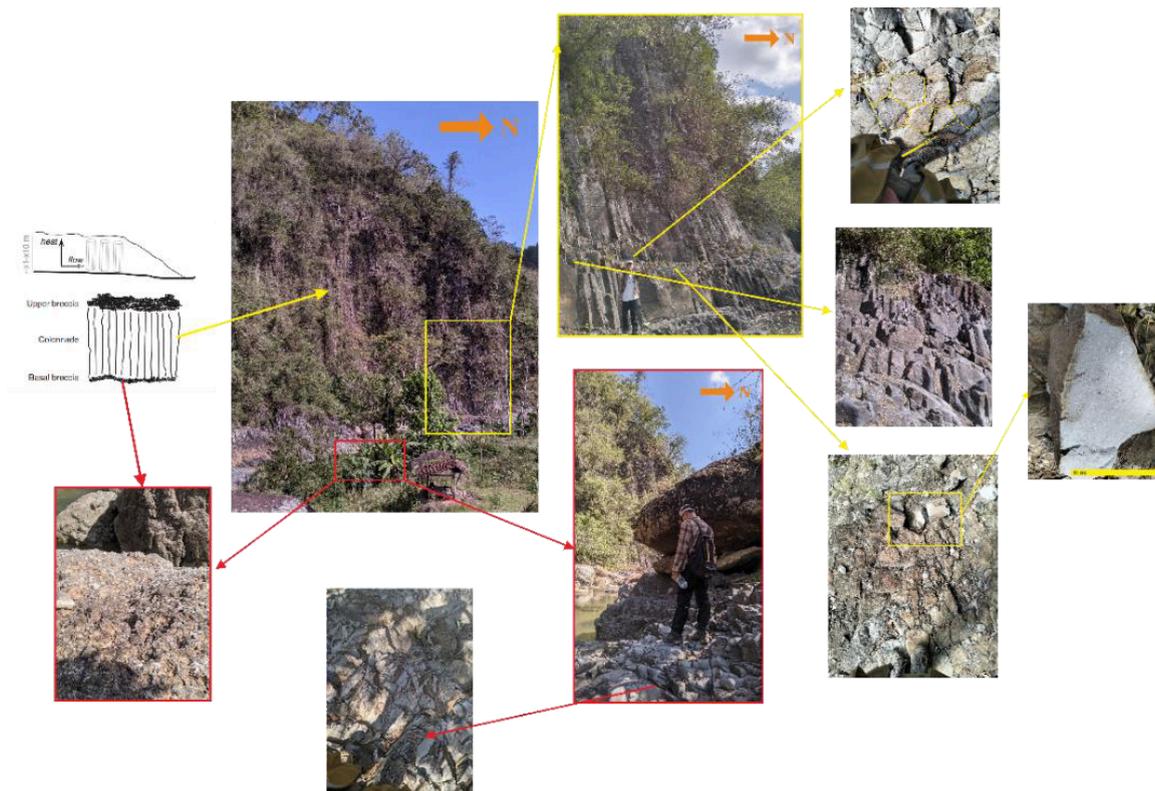
fracture yang lebih terstruktur seperti berbentuk heksagonal, pentagonal, dll.

Berikut adalah hasil analisis dan pembahasan pada lokasi penelitian yang terbagi menjadi 5 stasiun titik amat:

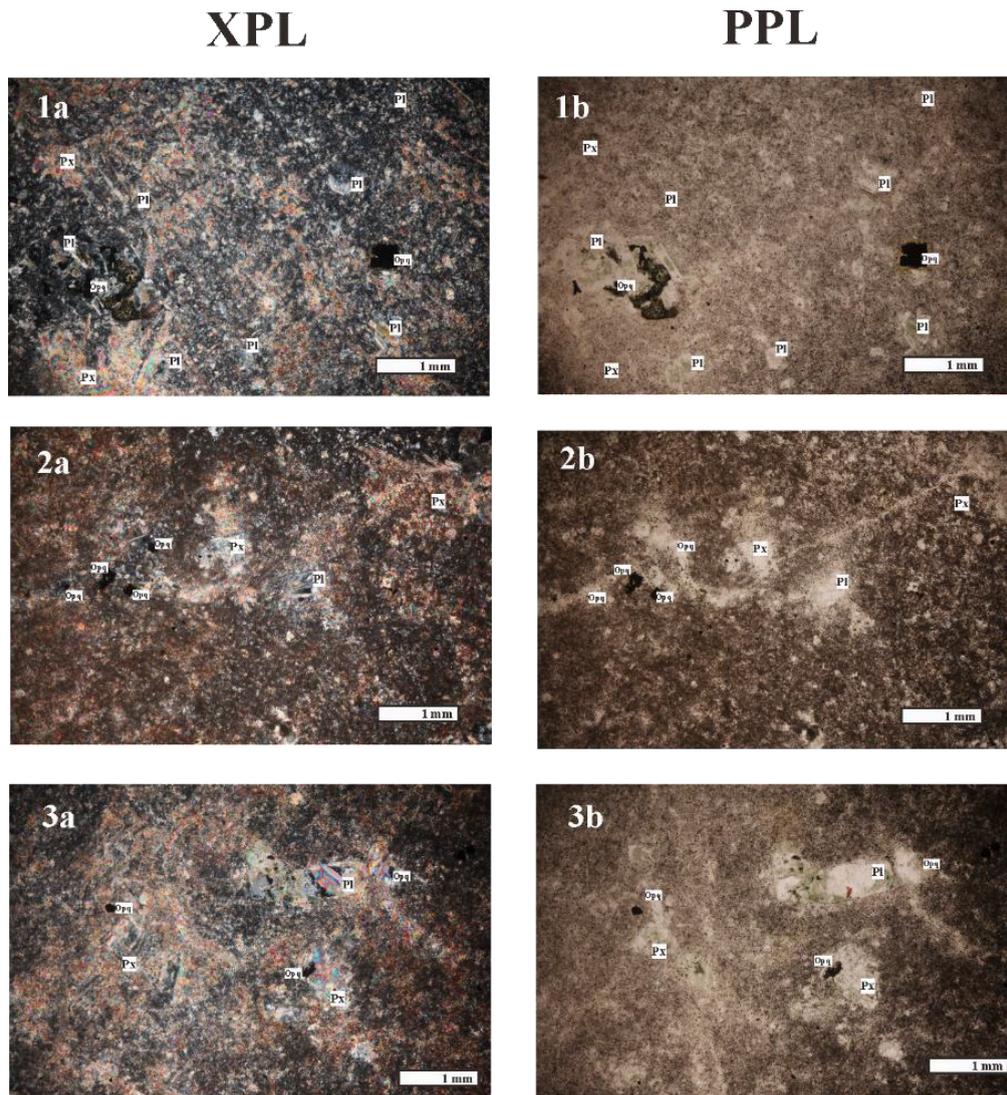
a. STA 1

Stasiun titik amat (Gambar 4) ini berada pada koordinat 49 S 543705 E 90960041 N dengan singkapan menghadap utara dan melampar dari timur ke barat. Singkapan ini memiliki batas morfologi berupa sungai pada timur, barat, dan utara dengan dimensi tinggi singkapan hingga 30 meter. Kehadiran kekar tiang pada stasiun ini merepresentasikan *colonnade* yang berorientasi vertikal dengan bentuk tiang hexagonal maupun pentagonal berdiameter 15 – 23 cm. Singkapan ini

tergolong sangat resisten dengan kelerengan hampir 80°. Struktur kekar tiang tersebut disusun atas litologi Andesit (Travis, 1955) dengan batu berwarna abu-abu, ukuran kristal <1mm, memiliki tekstur berdasarkan granularitas *afanitik*, dan tersusun atas komposisi material berwarna keabuan berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 80% dengan sedikit material berwarna putih dan hitam yang berukuran halus (≤ 1 mm) sebesar 20% secara makroskopis. Oleh karena itu, dilakukan analisis secara mikroskopis (Gambar 5) menggunakan metode *point counting* sehingga diketahui litologi ini tersusun atas 70,86% masa dasar yang tersusun atas kriptokristalin + gelasan, fenokris dengan piroksen (21,48%); plagioklas (4,99%), dan mineral opak (2,68%).



Gambar 4. Lokasi Stasiun Titik Amat 1



Gambar 5. Hasil Analisis Petrografi Sayatan Stasiun Titik Amat 1. Medan Pandang 1 (1a/b), Medan Pandang 2 (2), Medan Pandang 3(3). Singkatan: Px (*Pyroxene*), Pl (*Plagioclase*), Opq (*Opaque*).

b. STA 2

Stasiun titik amat (Gambar 6) ini berada pada koordinat 49 S 543684 E 9096395 N dengan singkapan menghadap selatan dan melampar dari timur ke barat. Singkapan ini memiliki batas morfologi berupa lembah pada utara dengan dimensi tinggi singkapan mencapai 4 meter. Kehadiran kekar tiang pada stasiun ini merepresentasikan *colonnade* yang berorientasi vertikal dengan bentuk tiang tidak beraturan dan berdiameter 15 – 20

cm. Singkapan ini tergolong sangat lapuk sehingga tidak dilakukan pengambilan sampel pada STA ini. Namun, litologi penyusun kekar ini masih dapat dideskripsikan sebagai Andesit (Travis, 1955) dengan komposisi mineral berwarna keabuan berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 40%, mineral lempung berwarna coklat muda berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 50%, dan sedikit mineral oksida berwarna kecoklatan berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 10% secara makroskopis di lapangan.

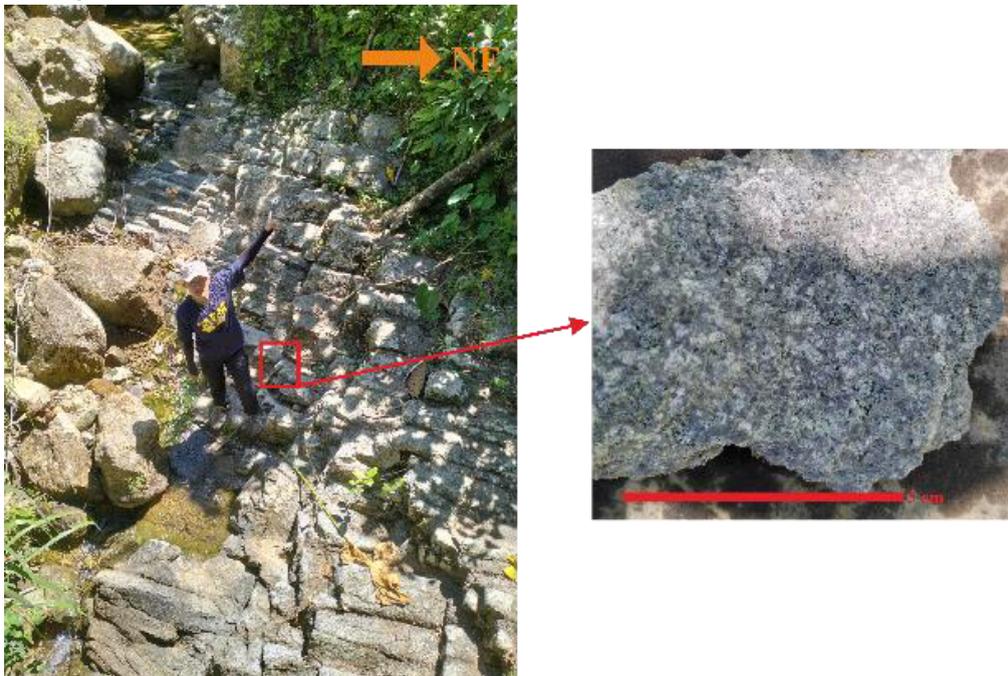


Gambar 6. Lokasi Stasiun Titik Amat 2

c. STA 3

Stasiun titik amat (Gambar 7) ini berada pada koordinat 49 S 543456 E 9097034 N dengan singkapan menghadap barat dan melampar dari selatan ke utara. Singkapan ini memiliki batas morfologi berupa sungai pada selatan dengan dimensi

tinggi singkapan hanya sekitar 2 meter. Kehadiran kekar tiang pada stasiun ini merepresentasikan *colonnade* yang berorientasi hampir horizontal dengan bentuk tiang tidak beraturan dan berdiameter 20 - 25 cm. Singkapan ini tergolong sangat resisten.



Gambar 7. Lokasi Stasiun Titik Amat 3

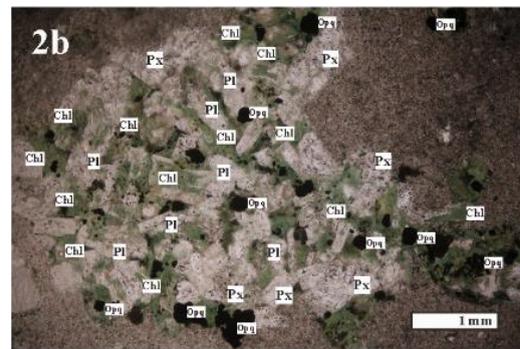
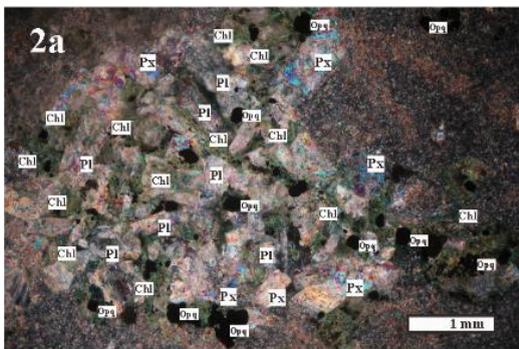
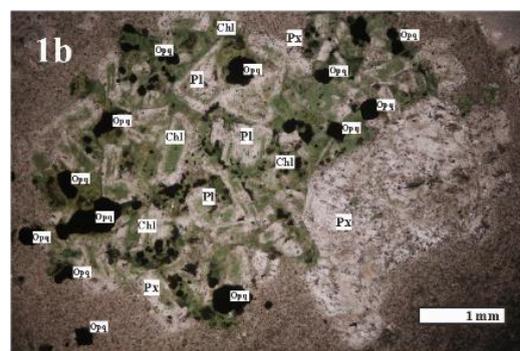
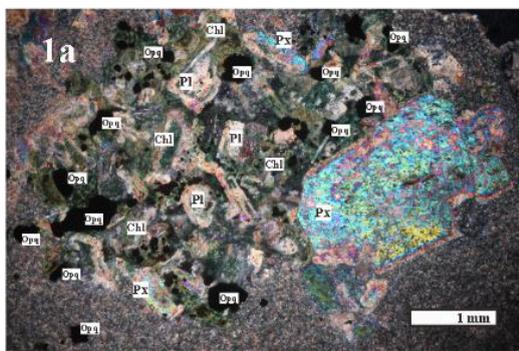
Struktur kekar tiang tersebut disusun atas litologi Andesit (Travis, 1955) dengan

batu berwarna abu-abu keputihan, ukuran kristal <1 – 5 mm, memiliki tekstur berdasarkan granularitas *porfiroafanitik*, dan tersusun atas komposisi mineral berwarna keabuan berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 30%; mineral berwarna putih berukuran sedang (1 – 5 mm) sebesar 45%; mineral berwarna kehijauan berukuran sedang (1 – 5 mm) sebesar 15%; dan mineral berwarna hitam gelap berukuran sedang (1 – 5 mm) sebesar 10% secara makroskopis.

Selain itu, dilakukan analisis secara mikroskopis (Gambar 8) menggunakan metode *point counting* sehingga diketahui litologi ini tersusun atas 45,84% massa dasar kriptokristalin + gelas, fenokris dengan piroksen (23,42%); plagioklas (13,71%); dan mineral opak (9,34%), serta mineral ubahan klorit (5,12%). Terdapat tekstur xenolith yang sangat mencirikan sisa dari batuan beku dan tekstur pilotasik pada medan pandang 3 yang menandakan adanya pola aliran lava.

XPL

PPL



Gambar 8. Hasil Analisis Petrografi Sayatan Stasiun Titik Amat 3. Medan Pandang 1 (1), Medan Pandang 2 (2), Medan Pandang 3(3). Singkatan: Px (*Pyroxene*), Pl (*Plagioclase*), Opq (*Opaque*), Chl (*Chlorite*).

d. STA 4

Stasiun titik amat (Gambar 9) ini berada pada koordinat 49 S 544076 E 9096128 N dengan singkapan menghadap timur dan melampar dari utara ke selatan. Singkapan ini memiliki batas morfologi berupa lembah sungai pada timur dengan dimensi tinggi singkapan 5 meter. Kehadiran kekar tiang pada stasiun ini merepresentasikan *colonnade* yang berorientasi vertikal dengan bentuk

tiang tidak beraturan dan berdiameter 15 – 23 cm. Singkapan ini tergolong sangat cukup lapuk sehingga tidak dilakukan pengambilan sampel. Namun, litologi penyusun kekar ini masih dapat teramati sehingga dideskripsikan sebagai Andesit (Travis, 1955) dengan komposisi material berwarna keabuan berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 70% dengan sedikit mineral oksida berwarna kecoklatan berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 30% secara makroskopis di lapangan.



Gambar 9. Lokasi Stasiun Titik Amat 4

e. STA 5

Stasiun titik amat (Gambar 10) ini berada pada koordinat 49 S 554328 E 9096843 N dengan singkapan menghadap selatan dan melampar dari timur ke barat. Kehadiran kekar tiang pada stasiun ini merepresentasikan *colonnade* yang berorientasi horizontal dengan bentuk tiang tidak beraturan dan berdiameter 10 - 12 cm. Singkapan ini tergolong sangat resisten dengan kelerengan hampir 60 - 70°. Struktur kekar tiang tersebut disusun atas litologi Andesit (Travis, 1955) dengan komposisi material berwarna keabuan berukuran sangat halus (<1mm) sebesar 75% dengan sedikit material berwarna putih dan hitam yang berukuran halus (≤ 1 mm) sebesar 15% secara makroskopis.



Gambar 10. Lokasi Stasiun Titik Amat 5

4. Kesimpulan

Dapat disimpulkan bahwa terdapat dua faktor utama pengontrol pembentukan kekar tiang di lokasi penelitian yaitu komposisi kimia magma dan bentuk tubuh magma. Melalui analisis mineralogi pada litologi penyusun kekar tiang di lokasi penelitian, didapatkan jenis batuan beku Andesit (IUGS, 2007) dengan dominasi mineral primer plagioklas dan piroksen sehingga diketahui komposisi kimia magma penyusun kekar tiang bertipe magma *intermediate*. Tekstur pilotaksitik dan ukuran massa dasar yang sangat halus menjadi penciri bentuk tubuh magma berupa tipe aliran lava. Namun, pada penelitian ini belum dapat menentukan sumber suplai lava yang membentuk kekar tiang di lokasi penelitian karena keterbatasan data.

Daftar Pustaka

- Brahmantyo, B., & Salim, B. (2006). Klasifikasi bentuk muka bumi (landform) untuk pemetaan geomorfologi pada skala 1: 25.000 dan aplikasinya untuk penataan ruang. *Jurnal Geoaplika*, 1(2), 71-79.
- Hamilton, W. (1973). Tectonics of the Indonesian Region. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, pp.6, 3-10.
<https://doi.org/10.7186/bgsm06197301>.
- Hetényi, G., Taisne, B., Garel, F., Médard, É., Bosshard, S., & Mattsson, H. B. (2012). Scales of columnar jointing in igneous rocks: Field measurements and controlling factors. *Bulletin of Volcanology*, 74(2), pp.457-482.
<https://doi.org/10.1007/s00445-011-0534-4>.
- Kuhuela, N. S., Purnamawati, D. I., & Miftahussalam. (2021). Karakteristik Columnar Joint Pada Lava Andesit Berdasarkan Analisis Petrografi Desa Tumpuk, Kecamatan Pule Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknomineral*, 3(2), pp.90-97.
- Li, Y. (2023). Columnar joints in intermediate and felsic volcanic rocks. *Research Square*, pp. 1 - 24.
<https://orcid.org/0000-0002-4491-0618>.
- Sudjatmiko. (1972). Peta Geologi Lembar Pacitan Skala 1:100.000, Jawa Timur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Smyth, H.R., Hall, R., Hamilton, J., & Kinny, P. (2005). East Java: Cenozoic basins, volcanoes and ancient basement. *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 30th Annual Convention & Exhibition*, pp.251 - 266.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. In Government Printing Office, The Hague. 1-766pp.
- Van Zuindam, R.A., & Van Zuindam-Cancelado, F.I. (1979). *Terrain Analysis and Classification using aerial photographs. ITC Textbook of photo-interpretation. Vol. VIII. Chapter 6. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands. 310pp.*