



Karakteristik Jasper Merah di Pulau Jawa Bagian Selatan Berdasarkan Analisis SEM dan XRF

Characteristic of Southern Java Red Jasper Based on Scanning Electron Microscope and X-Ray Fluorescence Analysis

Kemala Wijayanti*, Mega Fatimah Rosana*, Euis Tintin Yuningsih*, dan Raden Isnu Hajar Sulistyawan**

*Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor

**Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57 Bandung

email : kemalawijayanti@yahoo.com

Naskah diterima : 20 Juni 2016, Revisi terakhir : 20 Januari 2017, Disetujui : 5 Februari 2017

Abstrak - Jasper merupakan salah satu jenis mineral silika kristal mikro yang tergolong kedalam batu mulia. Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki potensi jasper yang tinggi, karena di Indonesia keberadaan jasper sangat beragam dan berlimpah. Beberapa jenis jasper yang umum ditemukan adalah jasper berwarna merah, kuning, dan hijau. Diantara ketiganya, jasper merah keterdapatannya sangat banyak, terutama di Pulau Jawa bagian Selatan.

Penelitian ini difokuskan untuk melihat perbedaan sifat jasper merah di beberapa tempat di Pulau Jawa. Lokasi pengambilan data jasper merah ini terbagi menjadi 3 (tiga) lokasi, yaitu daerah Bungbulang – Garut, Samigaluh – Yogyakarta, dan Donorojo – Pacitan. Perbedaan ketiga jenis jasper merah ini dilihat melalui analisis SEM untuk membandingkan teksturnya, dan analisis XRF untuk membandingkan komposisi kimianya yang mempengaruhi warna.

Dari penelitian ini didapat bahwa jasper merah di ketiga lokasi penelitian memiliki tekstur yang sama, yaitu tekstur permukaan berbutir yang berasal dari kuarsa, dengan karakter semakin ke arah timur ukuran butirannya semakin besar. Sedangkan pada komposisi kimianya tampak bahwa jasper merah kuat dipengaruhi oleh unsur Fe, Cr, dan V yang memberikan rona merah. Terdapat pengkayaan unsur Ti ke arah timur karena pada jasper merah Pacitan muncul unsur Ti dengan nilai yang cukup tinggi dan diperkirakan memunculkan gabungan warna keunguan.

Kata kunci - jasper merah, batu mulia, komposisi, unsur, Selatan Jawa

Abstract - Jasper is one type of microcrystalline silica which include to gemstone variety. Indonesia has a high potential of jasper because its variety and a huge number of jasper that widely spread in Indonesia. There are 3 (three) types of jaspers that usually found in Indonesia, red jasper, yellow jasper, and green jasper. Among three of them, red jasper is much more abundant especially in Southern Java.

Therefore, this research was held to observe the differences of red jasper's characteristic in three places in Java, i.e., Bungbulang – Garut, Samigaluh – Yogyakarta, and Donorojo – Pacitan areas. To attain the purpose of this research, SEM analysis is used to compare their textures and XRF for the chemical compositions.

The research concludes that the red jaspers from those three places have the same texture, the granulated texture which derived from quartz texture. The grain size seems to increased from west to east. From the chemical composition it can be seen that the red color of jasper is strongly affected by Fe, Cr, and V. The Ti elements of red jasper also increased from west to east because there is a high Ti content in Pacitan's red jasper and perhaps by the combination of those elements resulting the purple color in red jasper.

Keywords - red jasper, gemstone, composition, element, Southern Java

PENDAHULUAN

Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng yaitu Lempeng Eurasia, Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia. Adanya proses tektonik dan vulkanik yang terus menerus pun membuat Indonesia memiliki beragam sumber daya mineral yang salah satunya adalah batu mulia. Potensi batu mulia di Indonesia sangat berlimpah, akan tetapi pengetahuan dan pengolahan batu mulia di Indonesia masih sangat terbatas.

Mineral adalah suatu zat padat dari unsur atau senyawa kimia yang dibentuk oleh proses-proses anorganik, dan mempunyai susunan kimiawi tertentu dan suatu penempatan atom-atom secara beraturan di dalamnya, atau dikenal sebagai struktur kristal (Graha, 1987).

Menurut O'Donoghue (1988), batu mulia adalah mineral yang memiliki kelebihan dari mineral lainnya dari segi keindahan, ketahanan, dan kelangkaan komparatif. Untuk pembentukan kristal *gem* dibutuhkan pendinginan yang lambat, karena pendinginan yang cepat akan menghasilkan produk yang berkomposisi gelas atau kristal yang berukuran sangat kecil.

Tabel 1. Golongan mineral pada batu mulia.

Group name	Species name	Variety name or description
	Beryl	Emerald, aquamarine, morganite (pink), heliodor (yellow), goshenite (colourless)
	Chrysoberyl	Chrysoberyl (yellow, greenish-yellow), alexandrite (red in tungsten light, green in daylight), cymophane (greenish-yellow cat's-eye)
	Corundum	Ruby, sapphire (blue, violet, green, yellow, pink, orange, colourless)
Feldspar	Orthoclase	Adularia (colourless), moonstone (yellow, colourless with iridescence), orthoclase (yellow)
	Microcline	Amazonite (green)
	Sandine	(Colourless to brownish-rare)
	Plagioclase	Labradorite (multi-colour sheen and yellow), oligoclase (yellow), sunstone or aventurine feldspar (bronze or green spangled), albite moonstone (white, green, fawn or brownish pink with blue iridescence)
Garnet	Almandine	(Purplish red)
	Pyrope	(Blood red)
	Grossular	Hessonite (orange-brown, green, pink), massive grossular or hydrogrossular (jade green), tsavorite (green)
	Andradite	Demantoid (green), yellow andradite, melanite (black)
	Spessartite	Orange, yellow, flame red
	Uvarovite	Emerald green
	Opal	White opal and black opal (both with iridescence), water opal (colourless or brownish yellow with iridescence), Mexican fire opal (orange, sometimes with iridescence), patch or common opal (whitish without iridescence)
	Quartz	Amethyst, citrine (yellow), rose quartz, rock crystal (colourless), aventurine quartz (green, blue or brown with mica spangles), tiger's-eye (yellow-brown), hawk's-eye (blue-green), jasper (red, brown), quartz cat's-eye (light green or brown)
Tourmaline	Chalcedony (cryptocrystalline) (quartz)	Chalcedony (blue, grey unbanded), agate (curved concentric bands), comelian (red), chrysoprase (green), onyx/sardonyx (brown and white with straight banding)
	Achroite	Colourless
	Schorl	Black
	Indicolite	Blue
	Other varieties	Red, pink, green, yellow and brown

Sumber : Read., 2005.

Menurut Read (2005), mineral *gem* dapat dibagi lagi menjadi spesies, yang memiliki komposisi kimia masing-masing, karakteristik, dan jenis spesies yang berbeda satu sama lain hanya dari warna atau tampilan umumnya. Sangat mudah untuk menjadi bingung dengan nama-nama alternatif batu mulia berdasarkan kelompok, spesies, dan keragamannya. Untuk membantu meluruskan beberapa pemikiran tentang batu mulia yang memiliki beberapa nama yang sah di bawah dua atau lebih dari kategori ini tercantum dalam Tabel 1.

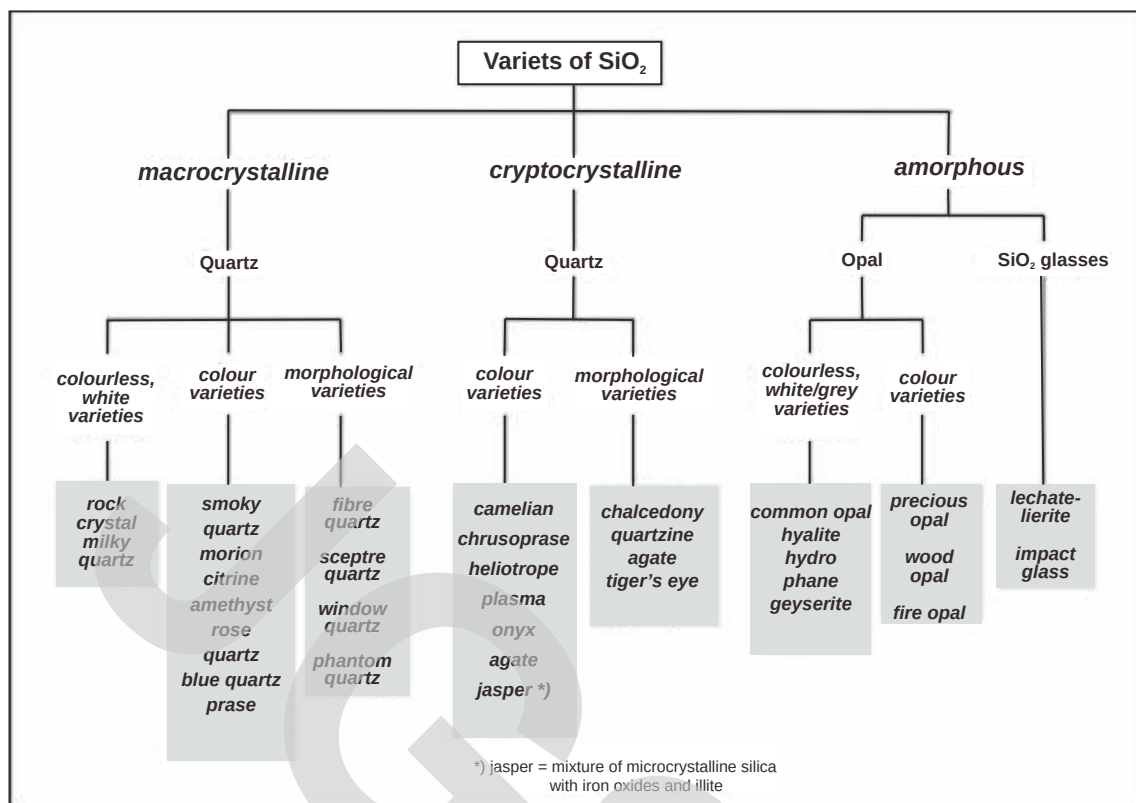
Terdapat beragam warna pada jasper, tetapi warna sebenarnya bergantung pada gelombang warna mana yang terserap oleh objek. Hal ini mengacu pada warna induk dan bukan sebagai permainan warna, interferensi atau dispersi, semua yang memberikan bidang spektrum warna. Beberapa mekanisme optik dapat memberikan warna pada batu mulia, termasuk dispersi, interferensi, dan difraksi (O'Donoghue, 1988).

Mineral dan batuan silika terbentuk oleh magma primer dan sekunder, proses hidrotermal dan sedimentasi atau selama diagenesis dan metamorfosis (Heaney dr., 1994). Bahan mentah silika yang alami menunjukkan besarnya industri batuan dan mineral dengan karakteristik fisika dan kimia yang menarik. (Blankenburg dr., 1994). Menurut Rykart (1995), banyak sifat fisika dan kimia yang beragam dari kuarsa dan mineral silika lainnya. Keberagaman sifat ini mengakibatkan adanya beberapa variasi seperti fase mineral dengan komposisi kimia yang sama dan struktur kristal yang sama, namun berbeda bentuk, warna, dan sifat fisiknya (Gambar 1).

Kuarsa terbentuk secara hidrotermal, termasuk semua jenis kristal kuarsa seperti amethyst dan jasper. Terdapat beberapa jenis kuarsa, salah satunya adalah jenis kuarsa kriptokristalin. Kuarsa jenis ini merupakan kumpulan dari kuarsa berukuran mikrokristalin. Kuarsa kriptokristalin biasanya memiliki warna yang berasal dari zat pengotor seperti oksida besi dan dari mangan, nikel, titanium atau kromium (O'Donoghue, 1988).

Menurut Read (1991), mineral kriptokristalin (dari bahasa Yunani *kryptos* yang berarti tersembunyi) merupakan tipe mineral yang tumbuh bukan sebagai kristal besar yang tunggal, tetapi sebagai agregat kecil atau kristal mikroskopik secara acak berorientasi terhadap badan batu mulia. Oleh karena itu, biasanya mineral kriptokristalin selalu padat, dan menghasilkan batu mulia terutama yang bersifat semi-transparan atau opak. Karena strukturnya yang mikrokristalin, permukaan dari batu mulia kriptokristalin sedikit berpori, dan dapat memiliki beragam warna.

Jasper merupakan gumpalan atau kumpulan dari kristal silika yang sangat kecil dan memiliki warna dari berbagai zat pengotor. Jasper yang paling umum dijumpai adalah yang berwarna cokelat, kuning, merah, dan hijau (O'Donoghue, 1988).



Sumber : Rykart., 1955.

Gambar 1. Variasi kuarsa dan fase silika lainnya.

Konsep tersebut mendukung bahwa terdapat kaitan antara sifat optik, zat-zat yang terkandung atau komposisi kimia batuan, terhadap perbedaan warna yang muncul walaupun terhadap jenis objek yang sama yaitu jasper.

Dalam batu mulia, warna merupakan salah satu aspek yang cukup penting untuk menghasilkan penilaian yang baik. Warna yang muncul pada batu mulia berhubungan dengan *hue* yaitu warna utama yang ada pada batuan itu sendiri atau *bodycolor*. Termasuk kedalamnya adalah *Intensity* atau *Saturation* yaitu intensitas kekuatan warna, *Tone* yaitu berapa banyak warna yang agak gelap kehitaman atau sisi gelap dan terangnya batu permata, dan *Distribution* yaitu tingkat penyebaran warna yang menentukan kualitas batu permata (Paramita, 2013).

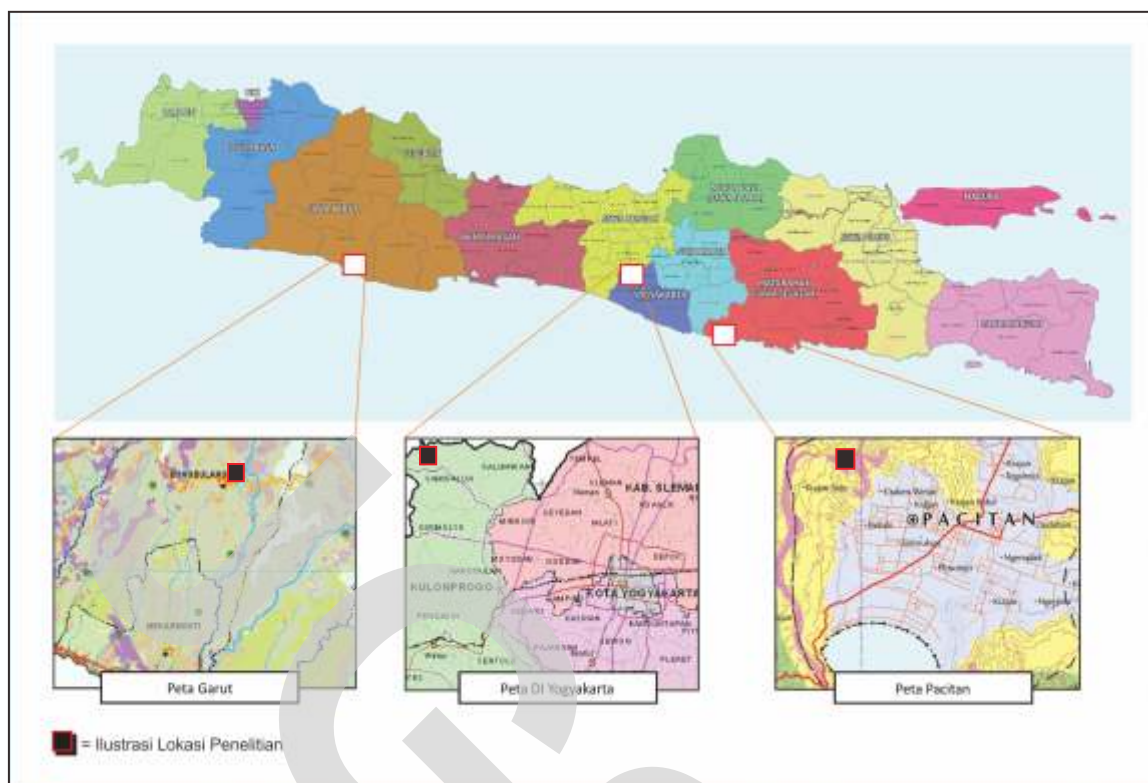
Metodologi

Jenis jasper yang umum ditemukan di Indonesia adalah jasper berwarna merah, kuning, dan hijau. Diantara ketiganya, jasper merah keterdapatannya sangat banyak, terutama di Pulau Jawa bagian Selatan. Dengan permasalahan tersebut, maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana perbedaan karakteristik jasper merah

dengan membandingkan jasper merah unsur pewarna dari beberapa lokasi.

Di pulau Jawa, jasper tersebar di sepanjang zona pegunungan selatan. Jasper merah ini diambil dari 3 (tiga) lokasi di Jawa bagian selatan yang berpotensi memiliki jasper yang khas. Ketiga lokasi tersebut adalah daerah Bungbulang di Kota Garut yang berada di Provinsi Jawa Barat, daerah Samigaluh yang berada di Provinsi Yogyakarta, dan daerah Donorojo di Kota Pacitan yang berada di Provinsi Jawa Timur (Gambar 2).

Untuk melihat perbedaan karakteristik, ketiga jasper merah diuji dalam analisis *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan *X-Rays Fluorescence (XRF)*. Beberapa sifat batu mulia memperlihatkan fenomena floresen sebagai respon panas atau cahaya lainnya dari panjang gelombang yang pasti. Pengujian XRF dilakukan untuk melihat komposisi unsurnya secara terperinci. Sementara analisis SEM dilakukan dengan cara menembakkan sinar elektron secara terfokus ke arah sampel. Sinar tersebut menyebabkan elektron sekunder dikeluarkan dari permukaan sampel. Pola yang dibentuk oleh posisi dan intensitas elektron tersebut akan ditampilkan, maka dari itu SEM dilakukan untuk mengetahui tekstur penyusunnya dalam skala nano.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

Hasil Penelitian

Ditinjau dari segi batuanannya dan mengacu pada Peta Geologi Regional Lembar Garut dan Pameumpeuk, jasper merah Bungbulang di daerah Garut berada pada Formasi Breksi Tufaan (Tpv) yang memiliki umur Plistosen (Gambar 3). Formasi ini terdiri atas satuan batuan gunung api yang disusun oleh breksi, tuf, dan batupasir. Satuan ini menindih tidak selaras Formasi Bentang dan tebal satuan sekitar 600-700 m (Alzwar drr., 1992).

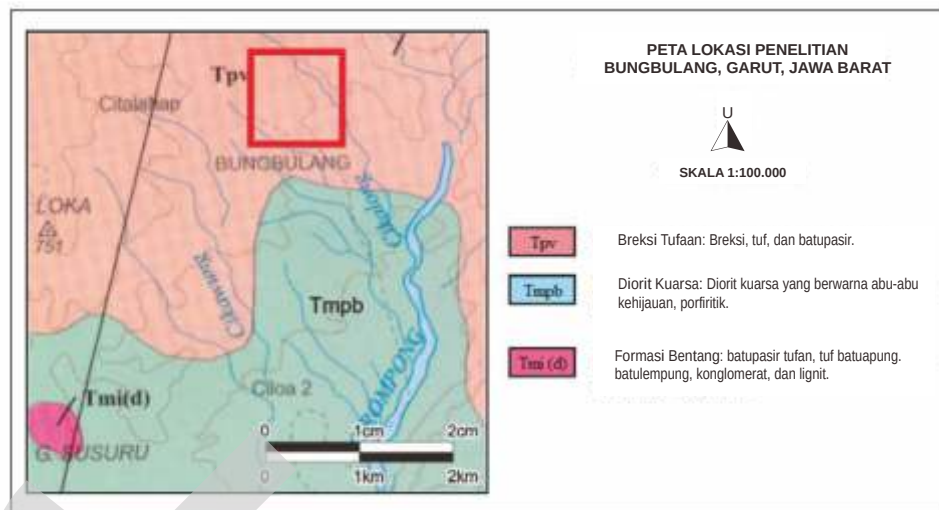
Mengacu pada Rahardjo (1995) dalam Peta Geologi Regional Lembar Yogyakarta, jasper yang berasal dari daerah Samigaluh berada pada Formasi Andesit (Tmoa) (Gambar 4). Formasi ini terdiri atas breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat, dan sisipan aliran lava andesit. Lavanya terutama terdiri atas andesit hipersten dan andesit augit-hornblenda. Kepingan tuf napalan, yang merupakan hasil rombakan dari lapisan yang lebih tua dijumpai di kaki Gunung Mujil di dekat bagian bawah formasi ini.

Di daerah Pacitan, mengacu pada Peta Geologi Regional Lembar Pacitan, lokasi penemuan jasper merah berada pada Formasi Oyo (Tmo) berumur Miosen Tengah (Gambar 5). Di dalam formasi ini terdapat batupasir gampingan, batupsair tufan, batulanau gampingan, batugamping tufan, napal pasiran, dan napal tufan (Samodra drr., 1992).

Jasper merah Garut memiliki warna merah yang cerah dengan kilap lilin. Hasil pengukuran XRF menunjukkan bahwa apabila diurutkan dari unsur terbanyak sampai yang paling sedikit, jasper merah yang berasal dari Garut memiliki komposisi unsur Si, Fe, Al, Mg, Cr, Ca, S, P, K, Ti, dan Mn (Tabel 2).

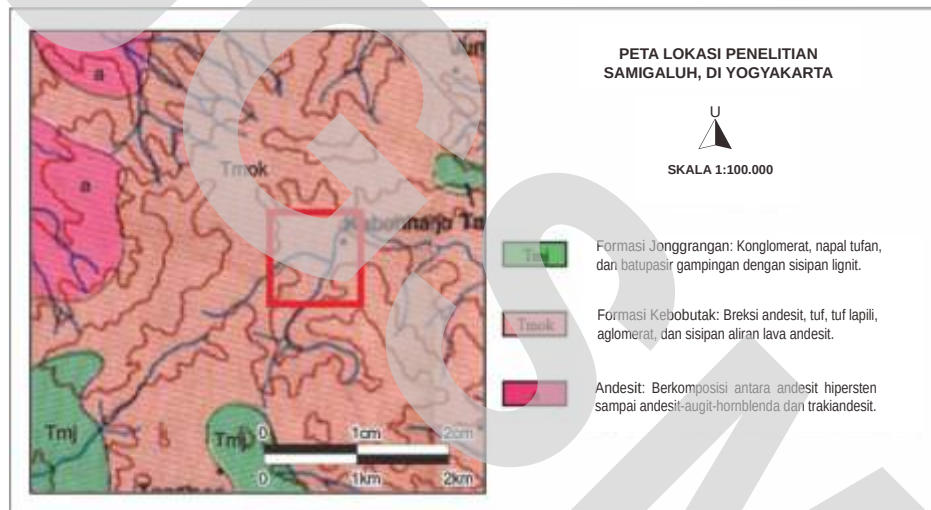
Sedangkan berdasarkan uji SEM, unsur yang terdapat pada sampel jasper merah didominasi oleh Si dengan jumlah 85.84% dan Fe 11.33%. Jasper ini memiliki tekstur permukaan yang terdiri atas tonjolan-tonjolan kecil yang tampak di Gambar 6. Dengan perbesaran 10.000x terlihat bahwa tonjolan tersebut tersusun atas blok-blok yang menyerupai bentuk heksagonal seperti yang terlihat di Gambar 6 dan Gambar 7. Berdasarkan hasil uji SEM, sampel jasper merah Garut memiliki tekstur kuarsa (SiO_2) yang merata di seluruh permukaannya, baik yang berbutir kecil (Gambar 7 kolom 1a – 0d) maupun yang ukuran butirnya besar (Gambar 7 kolom 1f – 0k).

Jasper merah yang berasal dari Yogyakarta memiliki warna merah agak kecokelatan dengan kilap lilin. Melalui uji XRF, jasper merah yang berasal dari Yogyakarta memiliki komposisi unsur Si, Fe, Al, Mg, Ca, K, S, Na, Cr, P, dan Mn (Tabel 3). Pada sampel jasper merah Yogyakarta, melalui uji SEM didapat bahwa komposisinya didominasi oleh Si sejumlah 95.41 %.



Sumber : modifikasi Alzwar drr., 1992.

Gambar 3. Peta geologi lokasi penelitian jasper di Garut.



Sumber : modifikasi Rahardjo drr., 1995.

Gambar 4. Peta geologi lokasi penelitian jasper di Yogyakarta.



Sumber : modifikasi Samodra drr., 1992.

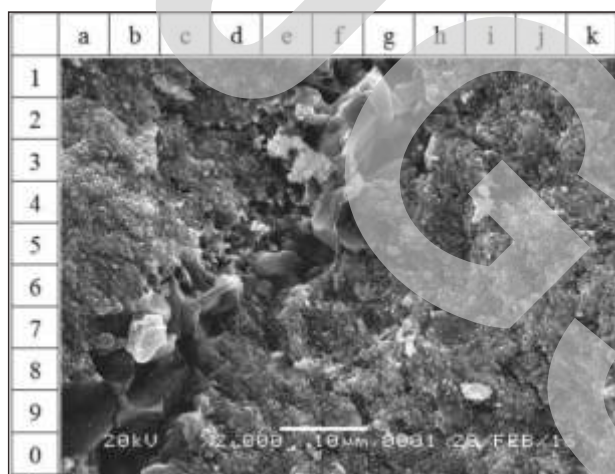
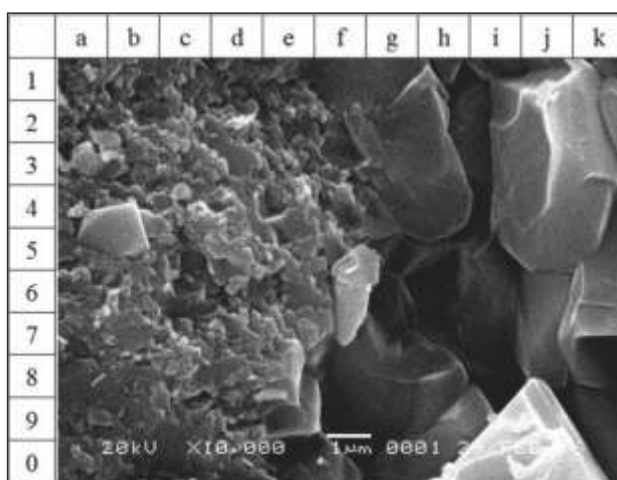
Gambar 5. Peta geologi lokasi penelitian jasper di Pacitan.

Tabel 2. Susunan unsur jasper merah Garut berdasarkan uji XRF.

Unsur	Si	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Rb	S	Ti	V	Zn
Jumlah (%)	92,758	1,582	0	0,045	0,071	0	5,38	0,015	0,086	0,009	0	0	0,018	0	0,02	0,009	0,006	0

Tabel 3. Susunan unsur jasper merah Yogyakarta berdasarkan uji XRF.

Unsur	Si	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Rb	S	Ti	V	Zn
Jumlah (%)	96,893	0,458	0	0,074	0,025	0	2,183	0,068	0,14	0,013	0,046	0	0,022	0	0,065	0,012	0	0

**Gambar 6.** Hasil uji SEM pada jasper merah Garut dengan perbesaran 2000x.**Gambar 7.** Hasil uji SEM pada jasper merah Garut dengan perbesaran 10.000x.

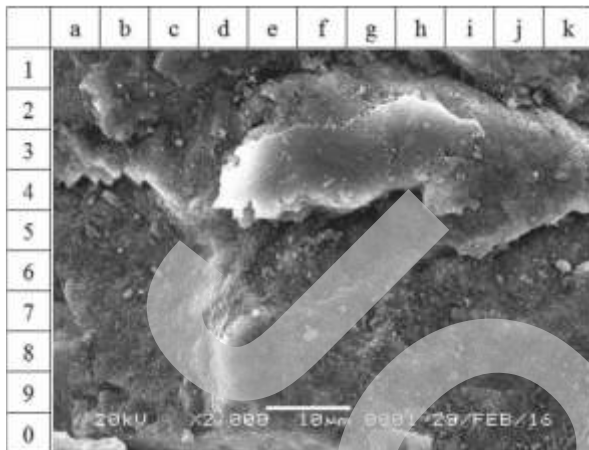
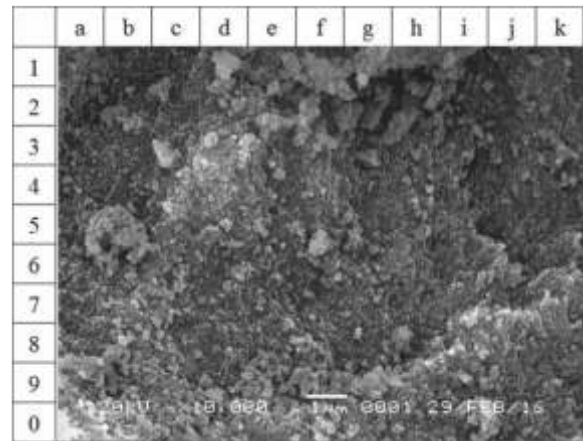
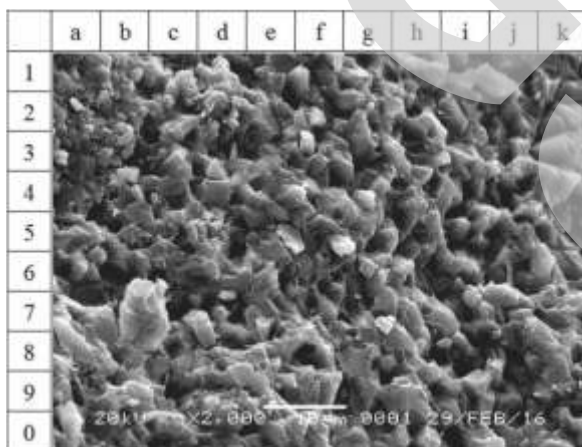
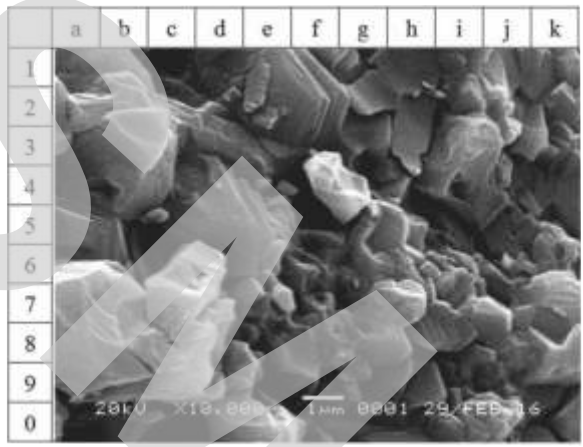
Unsur lain yang muncul adalah Al, K, Ca, Mn, Fe, namun dengan jumlah yang sangat sedikit. Pada perbesaran 2000x (Gambar 8) tampak permukaannya bergelombang dan hanya tampak granular yang sangat halus, namun saat diperbesar menjadi 10.000x (Gambar 9) tampak bahwa permukaannya tersusun dari granular-granular kecil dengan bentuk yang beragam. Hasil uji SEM pada sampel ini tampak bahwa jasper merah tersebut hanya memiliki tekstur kuarsa (SiO_2) baik dari perbesaran 2000x maupun 10.000x.

Jasper merah Pacitan memiliki warna merah tua pekat dengan semburat keunguan, dan memiliki kilap lilin. Pada jasper merah Pacitan, hasil uji XRF menunjukkan komposisi unsur Si, Al, Fe, Ba, Ti, S, Mg, Ca, K, Cr, dan P (Tabel 4). Dalam tabel tersebut dapat dilihat bahwa unsur yang dominan adalah Si, Al, dan Fe, sehingga unsur pengotor yang dapat mempengaruhi warna diperkirakan adalah Fe dan Al. Berdasarkan uji SEM, jasper ini memiliki komposisi Si sebesar 81.82 % dan Fe dengan jumlah 12.16 %. Unsur lain yang hadir adalah Mg dan Al yang tentunya memiliki nilai yang sangat kecil. Menggunakan analisis SEM dengan perbesaran 2000x, tekstur permukaannya tampak penuh dengan tonjolan kecil tidak beraturan dan seperti memiliki rongga (Gambar 10).

Namun pada perbesaran 10.000x (Gambar 11), terlihat jelas bahwa tonjolan atau butiran di permukaannya tersebut tersusun dari lembaran tipis yang menumpuk. Berdasarkan hasil SEM, tampak tekstur seperti blok-blok kuarsa (SiO_2) dan illite ($\text{K1-1.5Al4(Si7-6.5Al1-1.5O20)(OH)4}$) yang menghubungkan antar blok-blok kuarsa tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 10 dengan menggunakan perbesaran 2000x. Saat diperbesar sampai 10.000x (Gambar 11), tampak jelas blok kuarsa di kolom 3b dan tampak juga plat kristal illite pada kolom 3k.

Tabel 4. Susunan unsur jasper merah Pacitan berdasarkan uji XRF.

Unsur	Si	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Rb	S	Ti	V	Zn
Jumlah (%)	70,143	16,89	1,945	0,079	0,027	0	9,715	0,041	0,258	0,007	0	0,013	0,022	0	0,409	0,432	0,018	0

**Gambar 8.** Hasil uji SEM pada jasper merah Yogyakarta dengan perbesaran 2000x.**Gambar 9.** Hasil uji SEM pada jasper merah Yogyakarta dengan perbesaran 10.000x.**Gambar 10.** Hasil uji SEM pada jasper merah Pacitan dengan perbesaran 2000x.**Gambar 11.** Hasil uji SEM pada jasper merah Pacitan dengan perbesaran 10.000x.

Diskusi

Berdasarkan karakteristik fisiknya, jasper berwarna merah memiliki pola semakin ke arah timur warnanya semakin pekat dan gelap. Hampir semua jasper memiliki kilap lilin, hal ini dipengaruhi oleh tingginya kandungan silika pada jasper. Sementara jasper merah Pacitan memiliki kilap lilin karena masih tampak beberapa mineral silika yang berwarna putih sampai bening. Jasper ini merupakan jasper yang paling kompleks diantara jasper lainnya karena terdapat warna keunguan di beberapa bagian.

Menurut O'Donoghue (1988), terdapat beberapa unsur yang mempengaruhi munculnya warna pada batu mulia. Unsur-unsur tersebut adalah:

Titanium (Ti): menghasilkan warna biru pada safir, *zoisite*, dan *benitoite*.

Vanadium (V): menghasilkan warna hijau, juga memberikan warna hijau sampai merah pada variasi korundum.

Kromium (Cr): menghasilkan warna merah pada *ruby* dan *garnet*. Selain warna merah, unsur ini pun memberikan warna merah muda pada topaz dan hijau pada *emerald*, *jadeit*, dan *garnet*. Selain warna merah, merah muda, dan hijau, unsur ini pun memberikan warna jingga.

Mangan (Mn): menghasilkan warna merah muda, merah pada *beryl*, hijau dan kuning pada andalusit. Pada *rhodochrosite*, *rhodonite*, dan juga *spessartine garnet*, unsur ini memberikan warna jingga.

Besi (Fe): menghasilkan warna biru dan hijau pada *aquamarine*, *chrysoberyl*, dan kuarsa. Pada *jade*, unsur ini memberikan warna hijau, kuning, dan cokelat. Pada garnet, unsur ini memberi warna merah, sedangkan pada lazulit memberi warna biru.

Nikel (Ni): menghasilkan warna hijau pada beberapa opal dan krisopras.

Kobalt (Co): menghasilkan warna pink dan juga biru tua.

Tembaga (Cu): menghasilkan warna biru pada *turquoise*, azurit, dan krisokola. Memberi warna merah pada kuprit, dan juga hijau pada malasit.

Berdasarkan uji XRF, ketiga jasper merah ini menunjukkan keberagaman dominasi unsur. Namun terdapat 3 (tiga) unsur dominan yang sama di ketiga jasper merah, yaitu Si, Fe, dan Al. Apabila dilihat dari nilainya, tampak pengkayaan unsur dari barat ke arah timur. Unsur Ti yang bernilai cukup besar muncul di jasper merah Pacitan. Unsur pewarna ketiga jasper merah memiliki persamaan, yaitu unsur Fe, Cr, dan V. Sedangkan pada jasper merah Pacitan terdapat penambahan unsur Ti yang membuat warna jasper merah ini memiliki semburat keunguan.

Berdasarkan hasil analisis SEM yang mengacu pada Welton (2003), terlihat beberapa karakteristik tekstur nano yang muncul pada beragam jasper. Melihat perbandingan ketiga jasper merah dari daerah yang berbeda, pada perbesaran 2000x tampak perbedaan pada ukuran butiran di seluruh permukaannya dengan pola ukuran butir bertambah dari arah barat ke arah timur, namun teksturnya sama yaitu berbutir. Dengan

memakai perbesaran 10.000x, jelas terlihat bahwa ketiga jasper ini memiliki tekstur berbutir yang berasal dari mineral kuarsa.

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh rangkaian penelitian, dapat disimpulkan bahwa jasper merah memiliki persamaan unsur pewarna yaitu Fe, Cr, dan V. Namun dengan perbedaan jumlah unsur yang berpola semakin ke arah timur semakin terjadi pengkayaan unsur, hal ini dicirikan dengan munculnya unsur pewarna tambahan pada jasper merah Pacitan, yaitu unsur Ti.

Sedangkan dari teksturnya, ketiga jasper merah memiliki persamaan yaitu tekstur berbutir di permukaannya namun dengan perbedaan ukuran butir, walaupun berada pada litologi dan umur yang berbeda. Mengarah ke timur, ukuran butirannya secara umum akan semakin membesar yang dapat mengindikasikan perbedaan kecepatan pengkristalannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa syukur terpanjat kehadirat Allah SWT. yang melimpahkan berkah-Nya dalam keberlangsungan penelitian ini. Tidak lupa ucapan terima kasih disampaikan kepada orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan kelancaran penelitian ini, Dio Yudha Pratama yang membantu setiap kegiatan lapangan, dan juga segenap staf Laboratorium SEM dan XRF, Pusat Survei Geologi.

ACUAN

- Alzwar M, Akbar N, Bachri S., 1992. *Peta Geologi Lembar Garut dan Pameumpeuk, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Blankenburg H-J, Götze J, Schulz H., 1994. *Quarzhstoffe*. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig-Stuttgart: 296h.
- Graha, Dodi S. 1987. *Batuan dan Mineral*. NOVA, Bandung: 259h.
- Heany PJ, Prewitt CT, Gibbs GV., 1994. *Silica - Physical Behaviour, Geochemistry And Materials Application*. Mineralogical Society of America, Washington: 606h.
- O'Donoghue, Michael., 1988. *Gemstones*. Chapman and Hall Ltd., London: 372h.
- Paramita, S., 2013. *Panduan Lengkap A-Z Batu Permata*. PT. Standard Grafika, Jakarta: 158h.
- Rahardjo W, Sukandarrumidi, Rosidi H.M.D., 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Read, Peter G., 1991. *Gemmology*. Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford: 358h.
- Read, Peter G., 2005. *Gemmology: Third Edition*. Elsevier Ltd., Oxford: 324h.
- Rykart R., 1995. *Quarz-Monographie*. Aufl, Ott Verslag Thun: 462h.
- Samodra H, Gafoer S, Tjokrosapoetro S., 1992. *Peta Geologi Lembar Pacitan, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Welton, Joann E., 2003. *SEM Petrology Atlas*. The American Association of Petroleum Geologist, USA: 240h.