

## Proses Pembentukan Batumulia Pada Rangkaian Pegunungan Selatan Jawa Di Pacitan

Chusni Ansori\*, Defry Hastria\*, Edi Hidayat \*

\*) Balai Informasi dan Konservasi Kebumihan Karangasambung – LIPI

**Abstrak :** Rangkaian pegunungan selatan merupakan daerah yang didominasi oleh batuan vulkanik tersier dengan mineralisasi intensif. Di Kabupaten Pacitan, terutama pada Kec. Punung dan Tulakan merupakan daerah mineralisasi penghasil batumulia. Di Kecamatan Punung ditemukan sebaran fosil kayu dalam jumlah banyak, sedangkan di Tulakan banyak ditemukan jasper, agate dan kristal kuarsa. Penelitian yang dilakukan meliputi penelitian lapangan dan laboratorium. Penelitian lapangan dilakukan pada lintasan-lintasan terpilih yang selama ini dijumpai indikasi keterdapatan batu mulia. Penelitian laboratorium meliputi analisa petrografi, difraksi sinar X serta kimia batuan. Berdasarkan hasil penelitian lapangan dan laboratorium maka pembentukan batumulia di daerah Pacitan berasosiasi dengan proses hidrotermal, pengkayaan supergen serta pembentukan endapan sungai purba. Kristal kuarsa dan jasper Tulakan dapat dimanfaatkan sebagai batu poles, *gasper* dan momento dengan memperhatikan tekstur dan sifat fisiknya. Fosil kayu dari Punung silifikasinya belum sempurna, namun masih dapat dimanfaatkan sebagai batu poles dan ornamen.

### PENDAHULUAN

Batumulia merupakan salah satu komoditi yang akhir-akhir ini banyak dicari orang. Sebagai salah satu bahan galian industri dimana untuk menentukan daerah prospeksi diperlukan panduan geologis karena proses pembentukannya dikontrol oleh proses-proses geologi.

Batumulia umumnya tersebar pada daerah vulkanik Tersier, topografi terjal, struktur geologi yang intensif serta daerah alterasi, khususnya pada rangkaian pegunungan Jawa Selatan. Aktivitas magmatik yang terjadi sepanjang busur gunungapi dan sejajar dengan zone penunjaman tersier di pulau Jawa merupakan kawasan yang potensial untuk terbentuknya cebakan-cebakan mineral logam maupun non logam. Proses pembentukan batumulia pada zone ini kemungkinan besar dikontrol oleh aktivitas magmatik tersier. Tektonik yang terjadi akibat tumbukan lempeng samudera dengan busur

kepulauan Jawa pada Oligo Miosen adalah penyebab terjadinya kegiatan magmatisme dan gunungapi pada jalur ini dengan lingkungan darat – laut. Menjelang akhir Miosen Awal terjadi kegiatan magmatisme yang berbeda yang menghasilkan terobosan dan piroklastika bersifat andesitis hingga dasitis. Pada Miosen Tengah tumbukan yang terjadi sejak Oligosen di selatan Jawa menghasilkan magmatisme berupa intrusi intermediate hingga asam yang menerobos Formasi Mandalika hingga Jaten. Aktivitas magmatisme dan vulkanisme beberapa periode inilah yang diduga kuat sebagai penyebab terjadinya alterasi dan mineralisasi hidrotermal yang menyebabkan pembentukan berbagai jenis mineral logam dan batumulia.

Tujuan penelitian adalah memperoleh kejelasan mengenai proses pembentukan batu mulia pada rangkaian pegunungan Selatan Jawa di Pacitan, sehingga dapat dipakai sebagai acuan dalam pencarian batumulia.

## GEOLOGI REGIONAL

Menurut pembagian fisiografi P. Jawa oleh Bemmelen (1949), maka daerah penelitian termasuk zone Pegunungan Selatan bagian utara dan sebagian zone depresi. Zone pegunungan selatan dibagi menjadi dua bagian (sub-zone), yaitu sub - zone bagian selatan dan sub-zone bagian utara, diantara kedua sub-zone tersebut dipisahkan oleh cekungan antar gunung Wonosari dan Baturetno. Sub-zone bagian selatan merupakan dataran tinggi yang tersusun dari batugamping koral dan membentuk topografi karst, sub zone ini disebut sebagai Pegunungan Seribu. Sedangkan sub-zone bagian utara merupakan rangkaian pegunungan dan perbukitan yang membentang dari Batur Agung *Range*, Panggung Massif, Plopop *Range* (merupakan daerah transisi zone Solo dan zone Pegunungan Selatan) sampai Kambengan range (daerah transisi bagian timur) yang merupakan sisi bagian selatan dari geantiklin Jawa yang hancur pada puncaknya dan tersesarkan sehingga sisi bagian utara meluncur ke utara, kemudian tertutup endapan kwarter dan alluvial.

Pada saat awal pengangkatan geantiklin Jawa, pola umum pengaliran ke arah selatan. Pengangkatan ini mengakibatkan terbentuknya perlipatan batuan dan sesar-sesar, sehingga pada akhir perlipatan pola pengaliran sudah berubah ke arah utara. Hal ini dapat dibuktikan dengan ditemukannya sungai kering antara Baturetno dan Samudera Indonesia yang merupakan anak sungai Bengawan Solo.

Sub zone Pegunungan Selatan bagian utara tersusun oleh batupasir, tufa, konglomerat, breksi dan aglomerat. Sedangkan cekungan antar pegunungan Wonosari dan Baturetno terdiri dari batugamping berlapis, selang seling dengan napal dan batupasir tufaan. Pada Batur Agung *Range* bagian utara terjadi patahan-patahan blok membentuk pegunungan patahan dengan gawir yang memanjang arah timur - barat.

Menurut H. Samodra, S. Gafoer, S.Tjokrosoetro (1992) dalam peta geologi lembar Pacitan (lampiran), maka stratigrafi daerah penelitian meliputi :

### *Aluvium (Qa)*

Tersusun oleh lempung, lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal, dan berangkal. Satuan ini merupakan endapan sungai, tersebar di dataran rendah sepanjang sungai. Sebarannya di bagian barat Lembar Pacitan. Ketebalan berkisar dari beberapa cm sampai beberapa meter.

### Formasi Wonosari (Tmwl)

Tersusun oleh batugamping terumbu, batugamping berlapis, batugamping mengeping, batugamping pasiran dan napal. Batugamping terumbu membentuk bukit menjulang antara 10 - 25 m, tebalnya beragam antara 10 hingga lebih dari 25 m. Batugamping berlapis menempati lereng inti terumbu, banyak mengandung komponen breksi talus hasil rombakan batugamping terumbu, tebal rata-rata lapisannya sekitar 10 m. Batugamping mengeping berbutir sangat kasar, dan banyak mengandung fosil yang terhablur ulang. Batugamping pasiran berwarna kelabu berlapis baik, berbutir kasar hingga sangat kasar, banyak mengandung kepingan batuan seperti batupasir, batulempung, tuf dan batuan beku. Napal berwarna kehijauan, banyak mengandung foraminifera kecil; berupa sisipan dalam batugamping berlapis dan batugamping pasiran.

Satuan ini diendapkan secara genaglaut di atas Formasi Nampol, bagian bawahnya setempat mempunyai kecenderungan menjemari dengan Formasi Oyo.

### *Formasi Nampol (Tmn)*

Tersusun oleh konglomerat, batupasir konglomeratan, aglomerat, batulanau, batulempung dan tuf. Aglomerat dan konglomerat umumnya tidak berlapis baik. Di bagian atas formasi dijumpai lignit dan kayu terkarsikkan. Fosil tidak dijumpai pada satuan ini. Umurnya diduga Miosen Tengah.

Ketebalan Formasi diduga sekitar 60 m dan menebal ke arah timur. Formasi ini menindih selaras Formasi Wuni dan menjemari dengan Formasi Wonosari (Sartono, 1964). Formasi Nampol terendapkan dalam lingkungan sungai sampai tepi pantai (Sartono, 1964).

### *Formasi Wuni (Tmw)*

Formasi ini tersusun oleh breksi gunungapi, tuf, batupasir tufan, batupasir sela, dan batulanau; setempat bersisipan lignit, berlensa batugamping dan mengandung kayu terkersikkan.

Breksi gunungapi berkomponen andesit, basal dan dasit, terpilah buruk, tebal lapisan lebih 20 m. Tuf berwarna kemerahan, disusun oleh feldspar, kuarsa, komponen batuan dan sedikit batupung, berukuran halus hingga sedang. Batupasir tufan berbutir kasar disusun oleh feldspar, kuarsa, biotit, hornblenda dan komponen batuan beku. Batupasir sela berwarna kelabu, sebagian berlapis, disusun oleh komponen andesit, basal, dasit dan tuf, berukuran kasar hingga sangat kasar. Batulanau berwarna kecoklatan, kompak dan keras, berlapis baik dan umumnya tufan. Lignit berwarna kehitaman merupakan sisipan dalam batupasir tufan, ketebalan lapisan kurang dari 20 cm. Batugamping berwarna kelabu kecoklatan, kompak dan berfosil. Batuan ini dijumpai sebagai lensa dalam batupasir tufan dan tuf.

Kayu terkersikkan banyak dijumpai dalam lapisan batupasir sela. Formasi ini terbentuk di lingkungan laut dangkal yang berhubungan dengan terumbu, pada pertengahan Miosen Tengah, dan terbentuk di lingkungan peralihan hingga laut dangkal.

Formasi Wuni menindih selaras Formasi Jaten dan tertindih selaras Formasi Nampol. Setempat Formasi ini menjemari dengan Formasi Wonosari. Ketebalannya lebih kurang 150 m.

### *Formasi Jaten (Tmj)*

Konglomerat, batupasir konglomeratan, batupasir kuarsa, batupasir tufan, batulumpur, batulanau, lignit dan tuf, setempat mengandung belerang.

Konglomerat berwarna coklat kemerahan, terdiri dari komponen batuan beku, batulanau, batupasir, batulempung, tuf terkersikkan, rijang; tebal lapisan antara 1 dan 3 m. Batupasir konglomeratan berkomponen batupasir, batulempung, batuan terubah, andesit, dasit dan sedikit basalt. Batupasir kuarsa disusun oleh kuarsa berbentuk bipiramid, feldspar, sedikit amfibol dan mineral bijih. Diduga hablur kuarsa barasal dari rombakan tuf hablur Formasi Mandalika.

Batupasir tufan disusun oleh kuarsa, feldspar, sedikit komponen batuan beku dan sedimen serta mineral bijih. Batulanau berwarna kelabu coklat, terdiri dari kuarsa, feldspar, mineral lempung sedikit kalsit dan magnetit. Batulempung mempunyai permukaan yang licin seperti sabun (bentonitan). Batuan ini berupa sisipan setebal rata-rata 10 cm.

Lignit berwarna hitam, sebagian besar berupa serpih berbitumen yang berwarna hitam kecoklatan. Sebagai sisipan tebalnya berkisar antara 0,5-5 m.

Tuf umumnya lapuk dan sedikit berbatu apung. Sebagian bersifat pasir, berbutir halus-sedang.

Formasi ini menindih takselaras Formasi Arjosari, tertindih selaras Formasi Wuni diduga satuan ini berumur awal Miosen Tengah.

Bagian bawahnya terendapkan dalam lingkungan fluvial - paralik, bagian tengahnya di lingkungan paralik - epineritik, dan bagian atasnya di lingkungan epineritik (Sartono, 1964).

### *Formasi Arjosari (Toma)*

Konglomerat aneka bahan, batupasir, batulanau, dan batulempung; setempat batugamping, napal pasir dan batupasir kerikilan berbatu apung; sisipan breksi gunungapi, lava dan tuf.

Konglomerat aneka bahan terdiri dari batugamping, batupasir, batulempung, tuf terkersikkan, andesit, dasit, dan basal. Sebagian breksinya terkersikkan, silika dan oksida besi sebagai penyemen. Batupasir sebagian tufan, berukuran sedang-kekasar dan berlapis baik.

Batuan gunungapi berupa breksi, tuf dan lava pada satuan ini bersusunan serupa dengan Formasi Mandalika. Banyak dijumpai urat kuarsa warna kecoklatan atau putih kotor setebal 1-5cm.

Disekitar terobosan satuan ini umumnya terkersikkan dan banyak mengandung pirit berukuran halus. Batulempung yang bersentuhan dengan terobosan sering berubah menjadi batu tanduk.

Formasi Arjosari diduga berumur Oligosen Akhir - Miosen Awal, dan terendapkan pada cekungan yang berbatasan dengan lereng bawah laut yang curam; bersamaan dengan kegiatan gunungapi (bawah laut).

### *Formasi Mandalika (Tommm)*

Perselingan lava, breksi gunungapi dan tuf, bersisipan batupasir tufan, batulanau dan batulempung.

Lava berwarna kelabu tua, sangat keras, bersusunan andesit hingga basal, dan berkekar melembar. Sebagian batuanya terubah hingga berwarna kehijauan dan banyak mengandung pirit. Lava yang tersingkap di hulu S. Grendulu berstruktur bantal. Sebagian singkapan sangat terkekarkan dan banyak mengandung urat kuarsa.

Breksi gunungapi disusun oleh komponen andesit, dasit dan basal, setempat tuf terkonsolidasi. Di beberapa tempat breksi ini komponennya menampakkan pengarahannya dan berselingan dengan lava. Tebalnya berkisar antara 5 dan 10 m.

Tuf berwarna putih kotor, lapuk kemerahan, terutama mengandung kuarsa dan feldspar yang berbentuk euhedral sebagian terubah menjadi kaolin. Satuan ini diduga merupakan sumber batupasir kuarsa bipiramid Formasi Jaten.

Satuan ini menjemari dengan Formasi Arjosari, sehingga umurnya diduga Oligosen Akhir hingga Miosen Awal. Terbentuk bersamaan kegiatan magmatisme yang menghasilkan terobosan andesit, dasit dan basal sehingga terjadi permineralisasi pirit dan kalkopirit.

### *Formasi Watupatok (Tomw)*

Tersusun oleh lava, bersisipan batupasir, batulempung dan rijang. Lava berwarna kehitaman, bersusunan basal, afanitik, vesikuler dan terkekarkan. Lava ini berstruktur bantal dan diterobos oleh retas-retas basal berjurus utara-selatan dengan lebar retas antara 40 dan 60 cm. Batupasir terdiri dari kepingan batuan beku, kuarsa, dan feldspar dengan semen silika dan oksida besi. Rijang berwarna coklat kemerahan, terkekarkan, dan retaknya terisi oleh kuarsa dan karbonat; sebagai sisipan pada lava. Tebalnya beragam antara 10 dan 15 cm.

Formasi Watupatok menjemari dengan bagian atas Formasi Mandalika, dan berdasarkan kedudukan stratigrafinya, diduga berumur Oligo-Miosen. Struktur bantal mencirikan bahwa lingkungan pengendapannya adalah laut.

### *Batuan Terobosan*

Dasit dan Andesit, batuan yang dipengaruhi oleh terobosan umumnya berumur Oligo-Miosen hingga Miosen Awal terutama Formasi Mandalika, sedang Miosen Tengah tidak sama sekali. Terobosan diduga berlangsung pada akhir Miosen Awal, yaitu sebelum pengendapan batugamping Formasi Wonosari. Terobosan andesit dan dasit umumnya berbentuk stok. Batuan terobosan Oligo-Miosen ini dapat dibandingkan dengan Formasi Besole yang diusulkan oleh Sartono (1964).

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pendekatan lapangan dan pendekatan laboratorium/studio. Pendekatan lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi geologi lapangan (lokasi, litologi, stratigrafi, struktur, tekstur batuan), kemudian dilakukan analisa petrografi di UPT. BIKK-Karangsambung, analisa X-RD di Lab. Kimia Analitik MIPA - UGM, dan kimia batuan di Act Lab-Canada.

### HASIL PENELITIAN

#### *Lapangan*

#### *Jasper S. Tulakan*

Pada dasar sungai Tulakan, Kec. Tulakan dengan posisi  $08^{\circ} 11,279'$  LS dan  $111^{\circ} 16,348'$  BT dijumpai bongkah-bongkah jasper dan batugamping dalam ukuran 1.5 – 0.5 m yang tersebar sepanjang aliran sungai. Dasar sungai berupa batupasir tufaan. Jasper berwarna merah – kecoklatan, pola *banded*, bentuk membulat hingga berbentuk lempengan. Bongkah batugamping berwarna keputihan, berupa talus *breccia rudstone* yang tersusun oleh fragmen batugamping terumbu (*frame stone*), ukuran fragmen sekitar 10 – 25 cm, bentuk fragmen meruncing tanggung, kemas tertutup dan sortasi baik. Sungai Tulakan dapat dikatakan sebagai sungai Jasper, karena dari lokasi-1 hingga ke arah hilir sekitar 2 km sangat banyak dijumpai bongkah jasper merah – coklat.



Foto 1. Bongkah jasper merah – coklat , yang tersebar di dasar sungai Tulakan

Sekitar 100 m ke arah hulu S. Tulakan dengan posisi  $08^{\circ} 11,287' \text{LS}$  dan  $111^{\circ} 16,353' \text{BT}$ , dijumpai singkapan jasper diatas batugamping tufaan, warna coklat – merah hati, bentuk membulat sempurna – membulat tanggung, diameter bervariasi antara 50 – 150 cm, beberapa bagian terlihat struktur imbrikasi, ketebalan sekitar 1 m. Diatasnya berupa tufa gampingan, warna krem hingga coklat muda, mudah hancur, lapisan tidak teratur, ketebalan sekitar 3 m

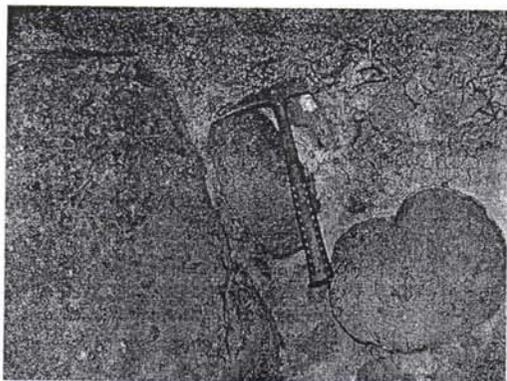


Foto 2.. Foto singkapan jasper yang menunjukkan struktur imbrikasi di atas batugamping tufaan

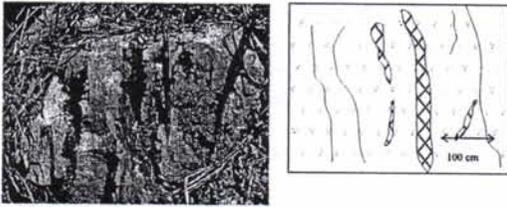
Batugamping tufaan berwarna abu-abu kecoklatan, masif dan pejal. Jasper pada singkapan ini diduga merupakan konglomerat alas Formasi Jatén bagian bawah, yang merupakan endapan sungai, tidak selaras di atas Formasi Arjosari serta merupakan sumber batu jasper yang tersebar sepanjang sungai Tulakan.

#### *Agate, Kuarsa*

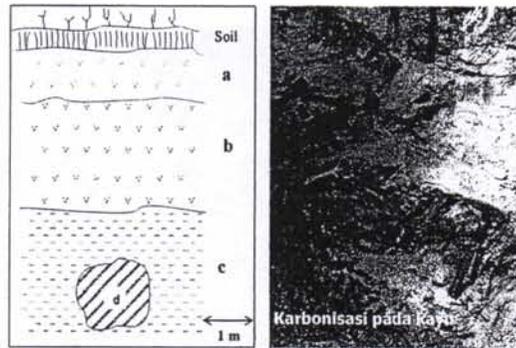
Di Desa Kasihan, Kec. Tegalombo, pada kedudukan  $08^{\circ} 06,759' \text{LS}$ ,  $111^{\circ} 16,216' \text{BT}$  dijumpai urat kuarsa yang menunjukkan pertumbuhan kristal halus serta struktur *saccaroidal* di permukaannya. Ketebalan urat kuarsa utama sekitar 0.5 m dengan posisi  $N355^{\circ} \text{E}$ , juga dijumpai urat lainnya dengan arah yang sama dan ketebalan antara 10 – 15 cm. Urat kuarsa berwarna abu-abu kehitaman, dengan pertumbuhan kristal searah urat berbentuk seperti jarum halus, terkadang dijumpai galena. Batuan sekitarnya berupa tufa, kekuningan, ringan dan mudah hancur juga dijumpai breksi vulkanik yang merupakan anggota Formasi Arjosari. Sekitar 15 m dari urat utama, pada tufa abu-abu cerah dijumpai lapisan mangan setebal 1.5 m yang berasosiasi dengan jasper.

#### *Fosil Kayu*

Dijumpai di Dukuh Jatisari, Desa Ploso, Kec. Punung, pada posisi  $08^{\circ} 05,396' \text{LS}$  dan  $111^{\circ} 01,666' \text{BT}$ , morfologi bergelombang lemah. Fosil kayu berbagai ukuran yang tertanam pada breksi batu apung Formasi Jatén. Breksi batu apung berwarna putih ke abu-abuan, fragmen berupa batu apung (dominan) serta batu lempung, ukuran 3 – 5 mm, kemas terbuka, sortasi jelek. Fosil kayu berwarna abu-abu kekuningan, belum mengalami silisifikasi hingga silisifikasi lemah, diameter sekitar 5 – 50 cm, posisi fosil kayu tertanam pada batu pasir tufaan dengan posisi  $N 254^{\circ} \text{E}$ .



Gambar 1. Foto dan sketsa urat kuarsa pada tufa di Desa Kasihan



Gambar 2. Kayu terkarbonisasi dalam lempung tufaan dan sketsa singkapannya  
a) batupasir kerikilan dg fragmen pumis, b) batupasir tufaan, c) batulempung tufaan d) kayu mengalami karbonasi

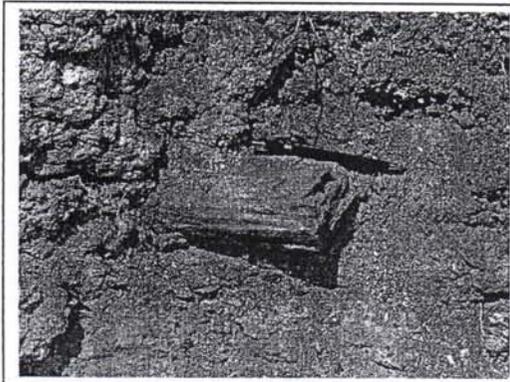


Foto 3.. Fosil kayu yang tertanam pada batupasir tufaan, lokasi 7

Fosil kayu juga ditemukan di Desa Bungur, Kec. Punung pada posisi  $08^{\circ} 06,579' \text{ LS}$ ,  $111^{\circ} 05,075' \text{ BT}$ . Belum mengalami silifikasi namun telah mengalami karbonisasi berwarna hitam, lunak dan ringan, diameter mencapai 100 cm tertanam di dalam batulempung tufaan dengan posisi kayu  $N 270^{\circ} E$ . Batu lempung tufaan berwarna abu-abu kehitaman, ringan dan mudah pecah dengan kedudukan  $N70^{\circ} E/5^{\circ}$ ; di atasnya dijumpai batu pasir tufaan, berwarna kuning – coklat muda, ringan. Proses karbonisasi sangat mungkin terjadi karena kayu yang ada mati dan tertanam pada batu lempung tufaan, pada kondisi yang reduktif sehingga tidak mengalami pembusukan.

#### Petrografi

Analisa petrografi pada Jasper Tulakan, tersusun oleh mikrokristalin kuarsa,  $\Phi 0.005 - 0.01 \text{ mm}$ , membentuk banded diantara mineral opak yang terlihat dominan. Pola banded pada jasper ini ditunjukkan oleh perbedaan intensitas kandungan mineral opaknya.

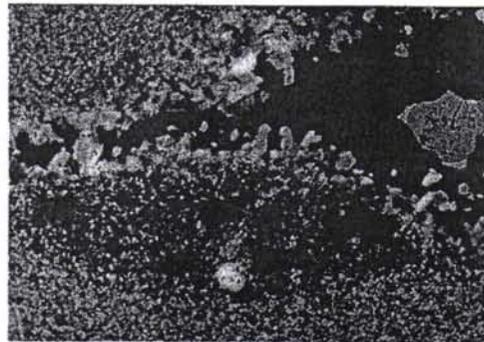


Foto 4. Banded mikrokristalin kuarsa diantara mineral opak pada jasper

Pada urat kuarsa di batu pasir tufaan, dijumpai mikrokristalin kuarsa berdiameter  $0.001 - 0.005 \text{ mm}$ , serta penjajaran kristal kuarsa besar berdiameter  $1.0 - 0.2 \text{ mm}$  yang tumbuh tegak lurus vein. Sedangkan pada fosil kayu masih yang belum mengalami silifikasi terlihat nyata adanya struktur *cellulair*

memanjang diantara mineral opak. Sedangkan yang telah mengalami silisifikasi struktur *cellulair* tidak nampak lagi, namun sudah terisi mikrokrystalin kuarsa.



Foto 5 .Urut kuarsa memanjang diantara mikrokrystal kuarsa

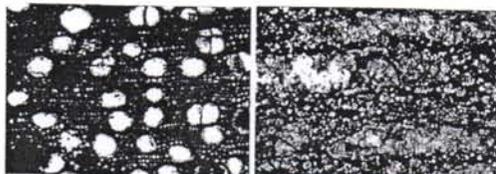
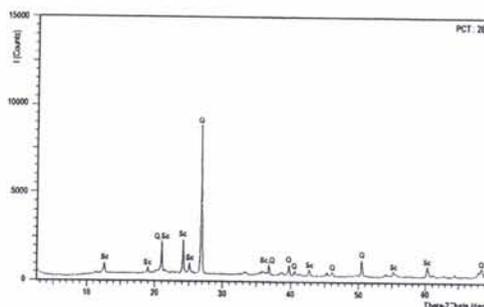


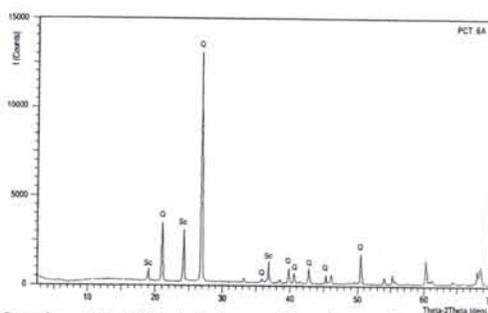
Foto 6 . Struktur *cellulair* pada fosil kayu yang belum mengalami silisifikasi serta kristal kuarsa pada fosil kayu yang telah mengalami silisifikasi

#### Difraksi sinar X

Analisa XRD menggunakan alat RINT2000 wide angle geniometer, difraksi sinar X di Lab. MIPA – Kimia, Universitas Gadjah Mada dengan bentangan scanning  $2.5^{\circ} - 70^{\circ}$ , voltase 40 kV dan arus 30 mA. Pola XRD pada jasper Tulakan serta urat kuarsa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Difraksi sinar – X pada Jasper S. Tilakan, Q : kuarsa, Sc :Sericite



Gambar 10. Difraksi sinar - X pada urat kuarsa lokasi 6, Q : kuarsa, Sc : Sericite

#### Kimia batuan

Analisa kimia batuan pada jasper Tulakan serta batuan di bagian atas dan bawahnya telah dilakukan berupa analisa unsur utama (major element) serta beberapa unsur penting dengan metode ICP (WRA) kode 4B di Activation Laboratories Ltd. Canada.

Tabel 1. Hasil analisa unsur utama pada Jasper tulakan (LK-2.b), batuan di atasnya (LK-2.a) dan batuan di bagian bawahnya (LK-2.c)

Lokasi	LK-2.a	LK-2.b	LK-2.c
Oksida			
Si O <sub>2</sub>	1.06	77.20	45.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.59	10.90	1.65
( % )			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19	5.62	0.55
(%)			
MnO	0.005	0.030	0.033
( % )			
Mg O	0.11	0.02	0.16

(%)			
CaO	55.10	0.21	28.36
(%)			
Na <sub>2</sub> O	0.07	0.07	0.08
(%)			
K <sub>2</sub> O	< 0.01	< 0.01	0.03
(%)			
Ti O <sub>2</sub>	0.013	0.438	0.086
(%)			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.02	0.04	0.02
LOI (%)	43.36	4.93	23.43
Total	100.5	99.46	99.84
Ba (ppm)	24	56	12
Sr (ppm)	523	63	453
Y (ppm)	3	4	2
Sc (ppm)	1	9	1
Zr (ppm)	3	57	5
Be (ppm)	< 1	< 1	< 1
V (ppm)	6	94	9

## DISKUSI

Jasper S. Tulakan yang dijumpai pada lokasi -2, berupa boulder dengan diameter rata-rata lebih dari 50 cm. Bentuk boulder rounded hingga sub rounded serta menunjukkan struktur imbrikasi. Singkapan batuan dibagian atas jasper merupakan tufa terubah yang tersusun oleh gelas vulkanik, karbonat dan lempung; analisa kimia batuan menunjukkan kandungan CaO (55.1 %), LOI (43.36 %), dan Sr (523 ppm) tinggi; analisa X-RD tersusun oleh karbonat dan kuarsa. Jasper tersusun oleh mikrokristalin kuarsa dan menunjukkan struktur banded; analisa kimia batuan tersusun oleh Si O<sub>2</sub> (77.20 %) dan Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> (10.90 %), Zr (57 ppm) dan V (94 ppm) tinggi dengan LOI (4.93 %) rendah; analisa X-RD tersusun oleh kuarsa dan sericite. Bagian bawah jasper merupakan batugamping mikrit; mengandung Si O<sub>2</sub> (45.45 %), Ca O (28.36 %), LOI (23.43 %) dan Sr (453 ppm) tinggi; analisa X-RD tersusun oleh kuarsa, sericite dan karbonat. Unsur-unsur yang mempunyai mobilitas tinggi (Sr dan Ba) dan mudah larut (Na, K, Ca) serta oksida *immobile* (Ti O<sub>2</sub>) tidak menunjukkan korelasi terjadinya pergerakan unsur *mobile* tersebut dari bagian atas ke bawah, hal ini menandakan bahwa proses-proses pengkayaan supergen tidak terjadi, sehingga jasper pada lokasi ini terbentuk sebagai endapan sungai purba pada bidang ketidakselarasan antara Formasi Jaten dengan Formasi Arjosari.

Urut kuarsa pada lokasi 6 yang menghasilkan agate, kalsedon dan kristal kuarsa sering menunjukkan tekstur *saccaroidal* serta pertumbuhan kristal kuarsa halus. Urat kuarsa tersusun oleh mikrokristal kuarsa yang tumbuh tegak lurus vein; data X-RD tersusun oleh kuarsa dan sericite. Tufa yang berada disekitarnya tersusun oleh gelas vulkanik yang sebagian terubah menjadi oksida besi dan lempung; data X-RD tersusun oleh kuarsa dan sericite. Berdasarkan data-data tersebut maka urat kuarsa pada lokasi ini merupakan endapan epitermal dimana menurut Buchanan (1981) terbentuk pada *chalsedonik superzone* dengan alterasi sericite disekitarnya.

Fosil kayu yang dijumpai pada lokasi - 7 telah mengalami proses silisifikasi (*silisified wood*) di dalam breksi batu apung Formasi Jaten; data petrografi tersusun oleh mikrokristalin kuarsa (60 %), serat kayu dengan struktur *cellulair* (30 %) dan oksida besi (10 %). Hal ini menandakan bahwa proses silisifikasi yang kemungkinan dihasilkan dari proses pengkayaan supergen hasil pelapukan breksi batu apung telah terjadi. Sedangkan fosil yang ditemukan di desa Bungur Kecamatan Punung tidak mengalami silisifikasi namun hanya mengalami karbonasi dimana hal ini terlihat jelas dengan kenampakan struktur *cellulair* yang belum terisi oleh silika serta warna kehitaman. Proses silisifikasi belum berjalan namun hanya proses karbonasi, hal ini kemungkinan terjadi karena kayu tersimpan pada batulempung tufaan yang bersifat *impermeabel* sehingga proses sirkulasi air yang membawa silika terlarut tidak terbentuk, berbeda dengan lokasi PCT-7 dimana kayu terdapat pada breksi batu apung sehingga terjadi proses sirkulasi air yang membawa silika terlarut sehingga terjadi proses silisifikasi pada kayu.

## KESIMPULAN

Proses pembentukan batumulia pada rangkaian pegunungan selatan jawa di Pacitan terjadi karena proses hidrotermal, pengkayaan supergen serta sebagai endapan sungai purba.

Proses hidrotermal menghasilkan endapan epitermal dan urat-urat kuarsa suhu rendah. Proses ini akan membentuk kristal kuarsa, *amethyst* dan kalsedon pada Formasi Arjosari. Kristal kuarsa yang dihasilkan sering membentuk struktur *comb* serta

*saccaroidal* dengan ukuran besar sehingga bernilai ekonomi.

Fosil kayu yang didapatkan di sekitar Kec. Punung dihasilkan dari proses pengkayaan supergen dari breksi batu apung pada Formasi Jatén yang belum maksimal sehingga silisifikasinya tidak sempurna.

Jasper yang banyak ditemukan di S. Tulakan, merupakan endapan sungai purba pada bidang ketidakselarasan antara Formasi Jatén dengan Formasi Arjosari.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ansori C., Siregar S., Sumantri T.A.F., 2003, "Preliminary Study Of Opal Genesis At Lebak Regency, Banten" Proceeding International Conference On Mineral and Energy Resources Management, UPN "Veteran" – Yogyakarta.
- Ansori C., Harijoko A., Warmada W, 2006, "Characteristics and genesis of precious Opal-CT from Banten, Java, Indonesia" Proceeding the 8 th Field Wise Seminar on Geological Engineering Field, the 3 rd Internasional Symposium & Exhibition on Earth Resources and Geological Engineering Education, Gadjah Mada University – Yogyakarta.
- Deer W.A., Howie R.A., and Zussman, J; 1967, "An Introduction to rock forming mineral" v.3, Longman, London.
- Evans A.M., 1993, "Ore Geology and Industrial Minerals, an Introduction" third edition, Blackwell Scientific Publications, London.
- Fisher, R.V. and Schmincke, H.U., 1984, "Pyroclastic Rocks", Springer-Verlag, New York – Tokyo
- Greenbaum WW. GG, 1988, "The Gemstone Identifier", Prentice Hall Press, New York.
- Hulbert, C.S., dan Switzer, G.S., 1979 "Gemologi", John Willey Publication, New York – Brisbane – Toronto.
- Kerr, Paul F, 1959, "Optical Mineralogy", Mc. Graw Hill Book Company, Inc, New York, Toronto, London
- Kingston Morrison Limited., 1997 "Important Hydrothermal Minerals and Their Significance", New Zealand
- Rollingson H., 1993 "Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation" Longman Publisher, Singapore.
- Samudera H, Gafoer S, Tjokrosapoetro, 1992 "Geologi Lembar Pacitan-Jawa" Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Sampurno, Samudera H, 1997 " Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa" Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Soeria Atmaja R., Maury R.C., Bellon H., Pringgoprawiro H., Polve M., and Priadi B., 1991, "The Tertiary Magmatic Belt in Java" Journal of South East Asian Earth Sciences, Vol 9, No ½, p 13 – 27
- Morrison G., Guoyi D., Jaireth S., 1990 "Textural Zoning In Epithermal Quartz Vein" Klondike Exploration Services, Quinsland
- William H., Turner F .J., Gilbert C.M., 1982 " Petrography, An Introduction to The Study of Rocks in Thin Section" Freeman and Company, New York.