

MODEL DEFORMASI GETAS DI ZONA SESAR  
KALIGARANG (KGFZ) SEMARANG: STUDI AWAL  
PENGAMATAN MIKROSTRUKTUR MENGGUNAKAN METODE PETROGRAFI

Fahrudin, Tri Winarno \*)

*Abstrack*

*Brittle deformation at Kaligarang fault zone result strain changes. That strain is microstructure. Microstructures can see closely petrography. That observation include grain form, microcrack can form at contact point like Hertzian and diagonal intragranular microcracks. Grain forms over angular, straight, and concoidal. Grain of crystal or lithic fragments floating at matrik or cements. Microcrack growth does not only depend on stress, but also on temperature and chemical environment, especially of the fluid in the crack.*  
*Key words: Kaligarang fault zone, microcrack, stress, microcrack growth.*

### Pendahuluan

Penelitian mengenai aktivitas tektonik di Semarang dilakukan oleh Thanden dkk. (1996), Pramumijoyo (2000) dan Simandjuntak (2003). Sedang penelitian tentang sesar Kaligarang dilakukan oleh Helmy (2008), Poedjoprajitno dkk. (2008) dan Fahrudin dkk. (2011).

Deformasi tektonik zona sesar Kaligarang dilakukan secara mikroskopik dengan pengamatan sayatan tipis secara petrografi. Pengamatan secara mikro dibatasi dengan pengambilan contoh yang tidak terorientasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bentukan kristal dan rekahan yang terjadi akibat proses pensesaran yang terjadi di zona sesar Kaligarang secara mikrostruktur.

### Dasar Teori

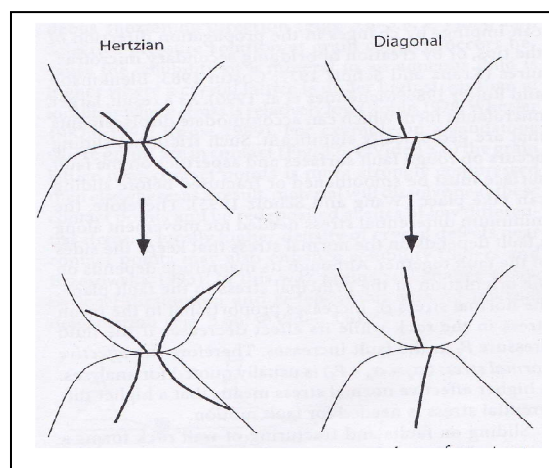
Mekanisme deformasi getas akan menghasilkan dua hal yaitu pembentukan rekahan (*cracking*) dan *frictional sliding*. Secara mikroskopis rekahan dapat terlihat. Rekahan-rekahan ini akan terisi oleh mineral atau material halus. Deformasi bisa menyebabkan tidak atau ada ubahan mineral.

Batas antara dinding batuan yang tidak terdeformasi dan zona sesar dapat diobservasi di lapangan. Menurut Mary K.N dan Sharon M. dalam Arthur W.S et. all., 1998 menyatakan bahwa deformasi getas pada granit, secara mikroskopis deformasi dicirikan oleh :

- Di zona sesar dijumpai fragmen yang berbentuk angular dan ada kristal tunggal (individual crystals) yang mengambang di dalam matrik.
- Fragmen dari kristal tunggal mengalami rekahan yang dikelilingi oleh matrik halus.
- Fragmen dari kristal tunggal seperti kuarsa pecah dan kemudian terisi oleh material breksi sesar yang berukuran halus.

Rekahan yang terdapat didalam batuan atau kristal mineral pada suhu dan tekanan tertentu ketika saat terjadi deformasi akan terisi oleh mineral atau material halus. Material pengisi ini sangat penting sebagai indikasi kejadian tektonik.

Propagasi rekahan di batuan yang porous, rekahan mikro dapat terbentuk di kontak titik suatu butiran atau kristal. Rekahan mikro ini akan membentuk dua tipe (Gambar 1) yaitu pola hertzian dan pola diagonal (Dunn et al. 1973; Gallagher et al. 1974; McEwen 1981; Zhang et al. 1990; Menendez et al. 1996 dalam Passchier et al. 2005).



Gambar 1.  
Pola rekahan mikro pada batuan porous, pola Hertzian dan Diagonal.

### Bahan dan Metode Penelitian

#### Lokasi

Lokasi penelitian berada di sepanjang Sungai Kaligarang yang berada di Kota Semarang, Jawa Tengah.



Gambar 2. Daerah penelitian di sekitar Kaligarang.

\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Pengambilan conto batuan untuk sayatan tipis sebanyak 26 conto. Conto ini tersebar di tiga lokasi yaitu di Sumurrejo, Pakintelan, dan Tinjomoyo. Pengamatan menggunakan mikroskop polarisator dengan perbesaran 100X.

Pengamatan bentuk mineral (angular – sub rounded), rekahan yang terbentuk yang memotong kristal tunggal atau memotong batuan. Mineral yang mengisi rekahan, serta ubahan mineral.

### Hasil dan Pembahasan

Conto batuan diambil di tiga lokasi yaitu kode TJ = Tinjomoyo, kode PK = Pakintelan, dan kode SR = Sumurrejo. Lokasi TJ merupakan daerah kontak antara Formasi Kalibeng dan Formasi Kerek. Kedua formasi berumur Tersier. Lokasi PK merupakan daerah kontak antara Formasi Kaligetas dan Formasi Kerek. Sedangkan SR merupakan daerah zona sesar yang terdapat pada Formasi Kaligetas berumur Kuartar.

Deskripsi petrografi nama batuan dan mikrostruktur dapat dirangkum dalam Tabel 1.

Deformasi tektonik dalam pengamatan secara mikroskopis dapat diamati melalui bentuk butiran / kristal, fragmen/kristal yang mengambang di dalam matrik, pola rekahan mikro dalam butiran/kristal dan terbentuknya rekahan mikro. Rekahan mikro bisa terisi oleh fluida/mineral dan tidak terisi.

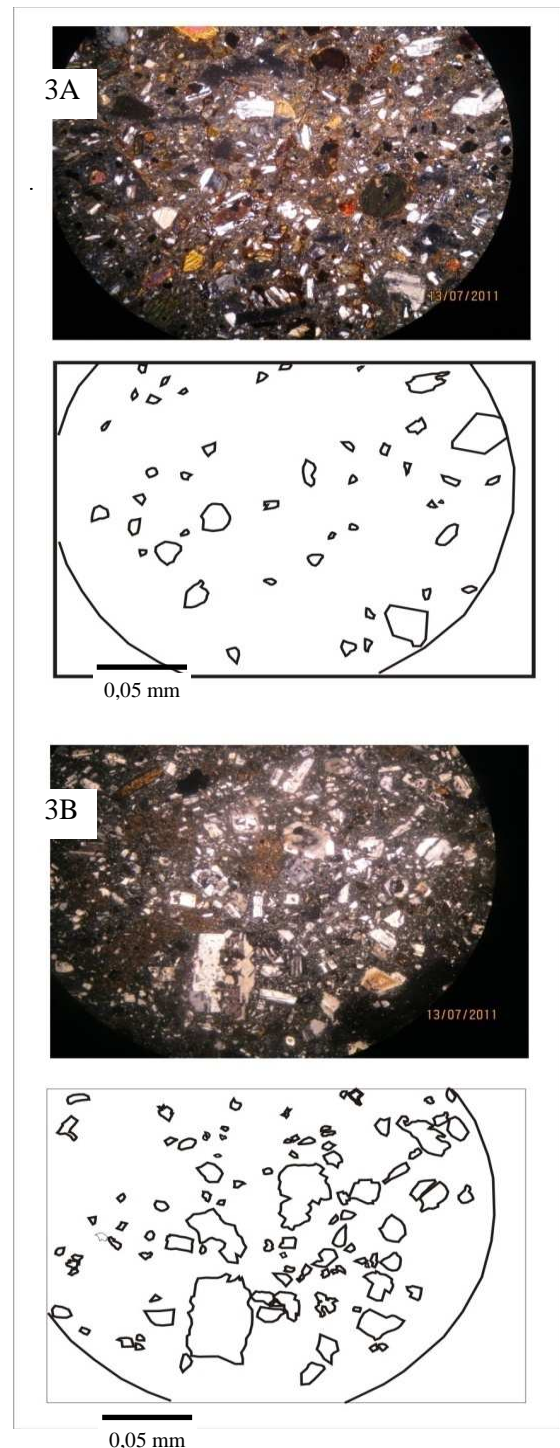
### Bentuk butiran/Kristal

Bentuk butiran kristal umumnya angular (runcing), lurus dan beberapa konkoidal seperti kuarsa, deformasi juga menyebabkan serpihan dari kuarsa atau kristal mineral lain. Butiran kristal dan serpihan mempunyai ukuran 0,1 – 0,05 mm (Gambar 3). Pada gambar 3B terlihat adanya mineral plagioklas yang mempunyai bentuk prismatic tetapi mineral ini pecah di tengah dan batas mineralnya sudah terserpihkan.

Distribusi ukuran mineral/partikel batuan KG-SR2 dan KG-SR5 mempunyai distribusi tidak teratur atau fractal (Gambar 3).

### Fragmen/Kristal yang mengambang di dalam matrik

Fragmen batuan mengambang di dalam gelas vulkanik seperti pada KG-SR7A dan KG-SR7B.



Gambar 3.  
Bentuk Kristal pada A. KG-SR2, dan B. KG-SR5.

Mineral mengambang juga terdapat pada KG-SR1 berupa plagioklas dan horblenda mengambang dalam massa dasar afanitik. Kuarsa mengambang dalam massa dasar gelas pada KG-SR3. Plagioklas dan kuarsa mengambang dalam massa dasar gelas pada KG-SR5. Fragmen dan mineral mengambang ini diinterpretasikan sebagai pecahan batuan atau mineral akibat deformasi tektonik karena batuan yang disayat adalah conto *gouge* dan breksi sesar (Gambar 4).

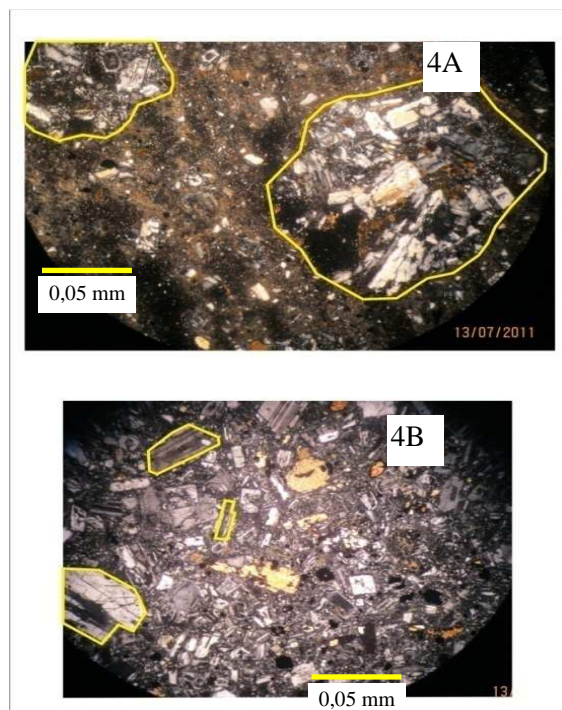
#### Pola rekahan mikro

Rekahan mikro bisa terbentuk pada individual kristal dan fragmen batuan/sayatan. Rekahan mikro yang memotong kristal mempunyai 2 pola yaitu rekahan mikro Hertzian dan diagonal. Rekahan Hertzian umumnya memotong plagioklas sedangkan rekahan diagonal memotong kuarsa (Gambar 5). Fabrik (plagioklas dan kuarsa) yang terpotong relatif sedikit sekitar 5 %.

Rekahan yang terjadi umumnya terjadi pada individual kristal. Individual kristal dikelilingi oleh semen batuan sedimen. Rekahan bisa terbentuk oleh pecahan di dalam kontak antara butiran dan semen. Rekahan selain terjadi pada individual kristal di batuan, juga terjadi pada individual kristal dan fragmen batuan, seperti pada gambar 6.

#### Pengisi rekahan mikro

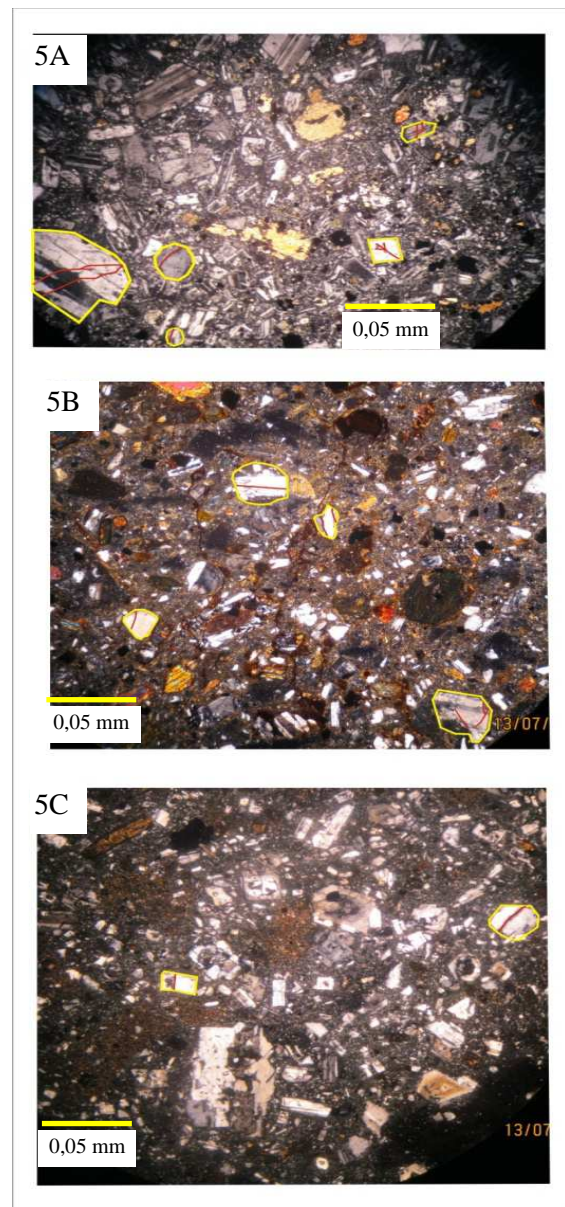
Hasil pengamatan petrografi berupa indikasi rekahan mikro yang terdapat pada conto nomor KG-PK2, KG-PK5, KG-TJ2, KG-TJ3, KG-TJ6,



Gambar 4A.

Fragmen batuan mengambang di dalam matrik (Conto KG-SR7A). 4B. Kristal plagioklas mengambang dalam massa dasar afanitik (Conto KG-SR1).

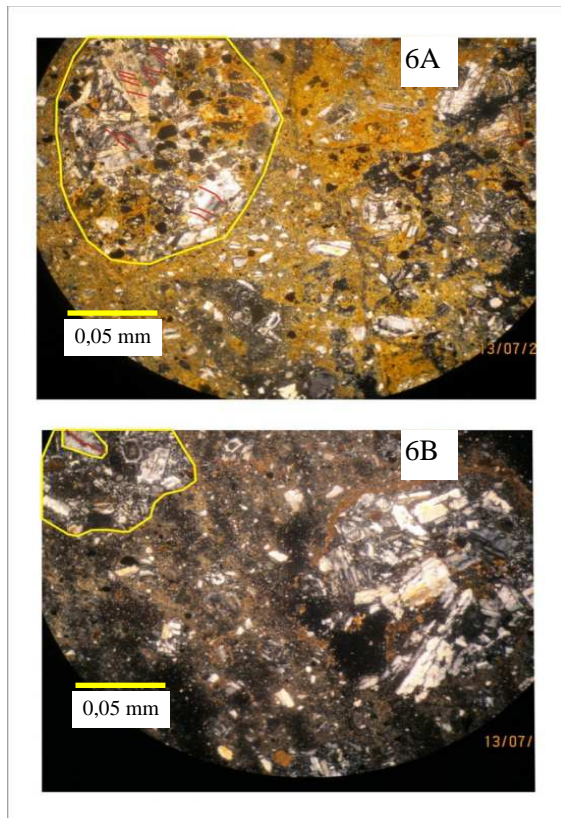
KG-TJ7, KG-SR3, KG-SR4, KG-SR5, KG-SR6, KG-SR 7A, KG-SR 7B, dan KG-SR 11 (Tabel 1). Rekahan dominan berupa Rekahan mikro, hampir 90%. Rekahan mikro ada tiga jenis (Gambar 7) yaitu rekahan yang sudah terisi mineral (KG-TJ3), rekahan yang mulai terisi mineral tetapi masih ada ruang kosong (KG-PK2), rekahan yang kosong (KG-SR7A, KG-TJ-2, KG-TJ-3, KG-TJ-6).



Gambar 5.

Rekahan mikro Hertzian dan diagonal pada Conto KG-SR1 gambar 5A, KG-SR2 gambar 5B dan KG-SR5 gambar 5C.

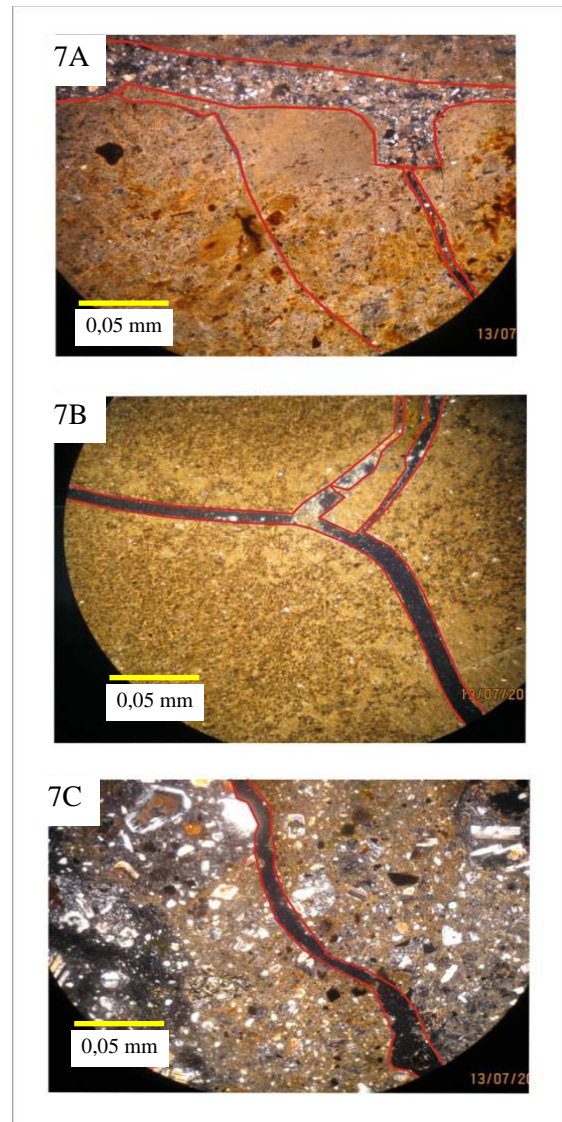
Jenis fluida yang mengisi pada rekahan tersebut menunjukkan fase deformasi yang berbeda. Rekahan pada KG-TJ2 terjadi pada batuan yang berumur Miosen, yaitu batulempung Formasi Kerek, hal ini diinterpretasikan rekahan tersebut hasil tektonik pada Miosen (Tersier).



Gambar 6.

Rekahan mikro pada individual kristal di fragmen batuan A. Contoh KG-SR3 dan B. Contoh KG-SR7B.

Sedangkan rekahan pada KG-SR7A dan KG-PK2 yang relatif berupa ruang kosong, hal ini diinterpretasikan sebagai rekahan hasil tektonik Kuartar. KG-SR7A adalah contoh breksi sesar berasosiasi dengan Formasi Kaligetas. KG-PK2 merupakan batulempung zona sesar yang berbatasan dengan Formasi Kaligetas.



Gambar 7.

Jenis pengisi rekahan mikro. A. Rekahan yang terisi mineral (KG-TJ3). B. Rekahan yang terisi mineral tapi ada ruang kosong (KG-PK2). C. Rekahan yang kosong (KG-SR7A).

KG-TJ3, rekahan lebar dan terisi fluida disamping rekahan tersebut berkembang 2 rekahan yang relatif sempit dan membentuk sudut lancip dengan rekahan utama sedangkan KG-PK2 rekahan membentuk percabangan dan di dekat percabangan terdapat rekahan. Pembentukan rekahan minor di samping rekahan mayor (KG-TJ3) dan percabangan rekahan (ujung rekahan) akibat adanya tegasan kritis differential.

Tegasan kritis differential dapat menjangkau ujung rekahan sehingga rekahan mengalami pertumbuhan secara lateral yang menyebabkan terbentuknya percabangan dan rekahan minor sehingga densitas rekahan di sepanjang rekahan bertambah dan perbedaan densitas. Tegasan di ujung rekahan dapat mengalami pertumbuhan dengan pelan-pelan yang disebut sebagai pertumbuhan rekahan mikro subkritis. Kecepatan

pertumbuhan rekahan mikro subkritis tidak hanya bergantung pada tegasan, tetapi juga suhu dan lingkungan kimia terutama pada fluida yang ada pada rekahan.

### Perubahan mineral

Deformasi pembentukan zona sesar kaligarang secara pengamatan petrografi menyebabkan adanya peruba-

han mineral. Perubahan material gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Ubahan ini menunjukkan ubahan batuan tingkat sedang seperti pada conto nomor KG-PK4 (Batuan piroklastik), KG-SR3 (Batuan

Tabel 1. Hasil pengamatan petrografi, nama batuan dan mikrostruktur

No	Conto	Batuan	Petrografi, mikrostruktur	No	Conto	Batuan	Petrografi, mikrostruktur
1	KGSR-1	<i>Gouge</i>	Andesit, <i>floating</i> plagioklas dan horblenda dalam massa dasar afanitik, Rekahan kristal Hertzian dan diagonal	14	KGPK-1	Batupasir	<i>Mudstone</i>
2	KGSR-2	<i>Gouge</i>	<i>Crystal vitric tuff</i> , gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Rekahan kristal diagonal	15	KGPK-2	Batulempung	<i>Mudstone, microcrack</i>
3	KGSR-3	<i>Gouge</i>	<i>Crystal vitric tuff, microcrack, floating</i> kuarsa dalam massa dasar gelas, terjadi ubahan tingkat sedang, gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Rekahan kristal dalam fragmen diagonal.	16	KGPK-3	Breksi (breksi sesar)	Andesit, Rekahan kristal diagonal
4	KGSR-4	<i>Gouge</i>	<i>Crystal vitric tuff, microcrack</i> , terjadi ubahan tingkat sedang, gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung.	17	KGPK-4	Breksi (breksi sesar)	<i>Crystal vitric tuff</i> , terjadi ubahan tingkat sedang, gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Rekahan kristal diagonal
5	KGSR-5	<i>Gouge</i>	<i>Crystal vitric tuff, microcrack, floating</i> plagioklas dan kuarsa dalam massa dasar gelas, terjadi ubahan tingkat sedang, gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Rekahan kristal diagonal	18	KGPK-5	Breksi (breksi sesar)	<i>Crystal vitric tuff, microcrack</i> , gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Rekahan kristal diagonal
6	KGSR-6	Fragmen breksi sesar	Tidak dikenali, <i>microcrack</i>	19	KGPK-6	Breksi (breksi sesar)	<i>Crystal vitric tuff</i> , gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung.
7	KGSR-7A	Fragmen breksi sesar	<i>Lithic tuff, microcrack, floating</i> fragmen batuan di dalam gelas vulkanik, gelas vulkanik	20	KGPK-7	Breksi (breksi sesar)	Andesit

			terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Rekahan kristal diagonal				
8	KGSR-7B	Fragmen breksi sesar	<i>Crystal vitric tuff, floating</i> fragmen batuan di dalam gelas vulkanik, gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung. Rekahan kristal dalam fragmen diagonal.	21	KG TJ-1	Batulempung biru	<i>Mudstone</i>
9	KGSR-8	Breksi sesar yang berlokasi tepat di bidang sesar	<i>Crystal vitric tuff</i> , gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung	22	KG TJ-2	Batulempung hitam	<i>Mudstone, microcrack</i>
10	KGSR-9	Breksi sesar yang berlokasi tepat di bidang sesar	<i>Crystal vitric tuff</i> , gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung	23	KG TJ-3	Batulempung hitam	<i>Mudstone, microcrack, crack</i> yang terisi mineral
11	KGSR-10	Fragmen breksi	Andesit	24	KG TJ-4	Batupasir kerikilan	<i>Grainstone</i>
12	KGSR-11	Matrik breksi	<i>Crystal vitric tuff, microcrack</i> , gelas vulkanik terdevitrifikasi menjadi mineral lempung.	25	KG TJ-5	Batupasir	<i>Mudstone</i>
13	KGSR-12	Batulempung	<i>Mudstone</i>	26	KG TJ-6	Batulempung hitam	<i>Mudstone, microcrack</i>

piroklastik), KG-SR4 (Batuan piroklastik), KG-SR5 (Batuan piroklastik). Selain itu, ada indikasi mineral klorit yang menutupi lubang, kristal, dan massa dasar/matrik batuan, seperti pada contoh KG-SR7A dan KG-SR7B. Ubahan tersebut terjadi pada contoh yang diambil di zona sesar, Sumurrejo. Ubahan mineral/material bisa dipengaruhi proses tektonik atau stress atau pengaruh suhu.

#### Diskusi

Analisis rekahan mikro pada KG-TJ3 pada batulempung Formasi Kalibeng, di mana rekahan tersebut terisi fluida yang diinterpretasikan akibat tektonik Tersier. Rekahan mikro pada KG-PK2 diinterpretasikan akibat tektonik Plio-Plistosen. Dan rekahan mikro pada KG-SR7A diinterpretasikan akibat tektonik sekarang. Pengamatan mikrostruktur tidak bisa digunakan untuk penentuan kejadian deformasi tetapi menggunakan asumsi umur formasi sebagai kejadian proses tektonik. Diperlukan *dating* untuk menentukan kejadian tektonik.

#### Kesimpulan

Hasil pengamatan mikrostruktur secara petro-grafi meliputi:

- Bentuk butiran kristal umumnya angular (runcing), lurus dan beberapa konkoidal seperti kuarsa, deformasi juga menyebabkan serpihan dari kuarsa atau kristal mineral lain.
- Fragmen/kristal yang mengambang di dalam matrik.
- Rekahan mikro yang memotong kristal mempunyai 2 pola yaitu rekahan mikro Hertzian dan diagonal.
- Rekahan mikro yang terisi oleh fluida dan tidak terisi oleh fluida.

Kecepatan pertumbuhan rekahan mikro submikroskopis tidak hanya bergantung pada tegangan, tetapi juga suhu dan lingkungan kimia terutama pada fluida yang ada pada rekahan. Secara skala mikro telah terjadi deformasi tektonik dan indikasi ubahan mineral pada zona sesar Kaligarang.

**Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Adilla, Taufik, Prihatin, Syahrul. Juga kepada Dekan Fakultas Teknik atas dana DIPA tahun 2011.

#### **Daftar Pustaka**

1. Fahrudin, dkk. 2011. Studi Sesar Aktif, Kinematik, dan Dinamik Zona Sesar Kaliga-rang (KGFZ) Di Semarang. Proceeding JCM Makassar 2011, The 36<sup>th</sup> HAGI and 40<sup>th</sup> IAGI Annual Convention and Exhibition, Makassar.
2. Helmy, Murwanto. 2008. Kajian Geologi dan Neotektonik untuk Melaraskan Program Pembangunan Di Wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah. Laporan Penelitian Hibah Bersaing, UPN Veteran Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
3. Passchier, C. W dan Trouw, R. A. J. 2005. *Microtectonics*. 2<sup>nd</sup>, Revised and Enlarged Edition With 322 Images, Springer.
4. Poedjoprajitno, S., Wahyudiono, J., dan Cita, A. 2008. Reaktivasi Sesar Kali Garang, Semarang. *Jurnal Geologi Indonesia* Vol.3(3): 129-138.
5. Pramumijoyo, S. 2000. *Existing Active Faults at Semarang Central Java, Indonesia: Revealed by Remote Sensing and Field Observation. Proceeding of the HOKUDAN International Symposium and School on Active Faulting*. Hyogo, Japan. pp. 383-385.
6. Sapiie, B. dan Harsolumakso A.H. 2008. Prinsip Dasar Geologi Struktur. Lab. Geologi Dinamik. Program studi teknik geologi, FITB-ITB. Tidak dipublikasikan.
7. Simandjuntak, T.O. 2003. Atlas Geologi Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
8. Thanden R.E, dkk. 1996. Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa. Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
9. Vernon, R. H. 2004. *A Practical Guide to Rock Microstructure*. Cambridge

