

## POLA STRUKTUR DAN MINERAL ALTERASI PADA FORMASI GRANIT PRA-TERSIER, DAERAH KOTA BATU, LAMPUNG

L.M. Liska<sup>1\*</sup> dan E.Sutriyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang  
Corresponding author: lmeiliskaharahap@gmail.com

**ABSTRAK:** Daerah penelitian terletak di wilayah Kota Batu. Secara keseluruhan Kota Batu didominasi atas batuan granit berumur Kapur Akhir yang diobservasi telah mengalami deformasi tektonik yang kompleks. Penelitian ini menerapkan pemetaan geologi secara konvensional dan difokuskan pada pengukuran elemen-elemen struktur serta identifikasi terhadap mineral alterasi untuk mengevaluasi hubungan genetik dari keduanya dalam pola persebaran zona alterasi di daerah telitian. Observasi lapangan dilakukan dengan pengukuran komponen struktural, sementara dalam tahap laboratorium menggunakan analisis petrografi pada sayatan tipis batuan, sampel mineral alterasi dikumpulkan dari singkapan batuan yang tidak mengalami proses pelapukan. Interpretasi dari kenampakan DEM (Digital Elevation Model) pada tahap pra-lapangan dijadikan dasar untuk mengetahui pola utama yang menjadi kontrol struktur serta membedakan batuan granit dari unit batuan lain pada daerah telitian. Hasil dari identifikasi lapangan menunjukkan kenampakan batuan granit yang mengalami rekahan dengan sejumlah singkapan yang telah terisi oleh urat kuarsa (ukuran diameter 0,5-20 cm) sebagai hasil dari gash fracture. Analisis dari rekahan menunjukkan pola arah Barat-Timur (N268°E) dimana pola tersebut searah dengan pola umum penambahan intensitas zona alterasi (N260 °E). Perubahan dari batuan granit tersebut dipengaruhi oleh larutan hidrotermal yang melewati jalur rekahan pada daerah telitian dengan kehadiran mineral penciri alterasi seperti klorit, serisit, kuarsa, epidote dan mika putih.

**Kata Kunci :** Granit, Fracture, petrografi, alterasi hidrotermal.

*ABSTRACT: The present study is located in the Kota Batu region, in which the Cretaceous granitic exposures show complex tectonic deformation . This work employed a conventional geological mapping that has been focused on the measurement of structural elements and the identification of mineral alteration in order to evaluate their genetic relations to patterns of alteration zone. The field investigation and measurement of structural components used some basic geological equipment, whilst petrographic analysis of mineral alteration utilized thin-sections of several samples collected from relatively fresh outcrops. Interpretations of Digital Elevation Model (DEM) were undertaken in the pre-field work to recognize major alignments that may represent structural controls and to discriminate granitic blocks from other rock units in the entire region. Results of ground surveys reveal that granites are fractured and a number of outcrops are apparently filled in by quartz veins (approximately 0.5-20 cm in diameter), suggesting the occurrence of gash fractures. Analysis of fractures results in the NW-SE pattern (N268°E), which is coincident with the common trend of mineral alteration zone (N260°E). The alteration of granites due principally to the passage of hydrothermal fluids through fractures in the study area is characterized by the presence of minerals such as chlorite, sericite, quartz, epidote, and white mica.*

*Keywords : Granite, Fracture, Petrography, Hydrothermal alteration.*

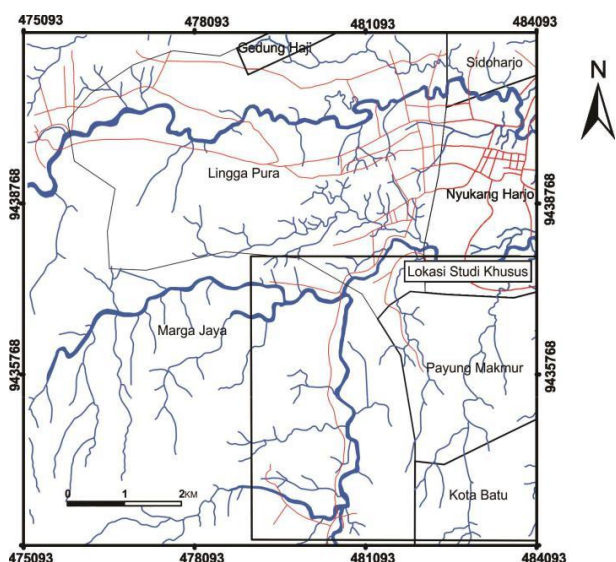
### PENDAHULUAN

Petunjuk adanya kehadiran produk alterasi hidrotermal diinterpretasi berada di Desa Kotabatu yang

merupakan bagian dari wilayah pemetaan geologi (Gambar 1). Observasi dilakukan pada batuan granit Formasi Kapur Granit (Kgr) Desa Kotabatu. Kotabatu

secara administratif berada di Kecamatan Pubian, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

Hasil observasi lapangan mengindikasikan bahwa batuan granit telah mengalami deformasi yang kuat. Hal tersebut ditunjukkan dari intensitas fracture pada tubuh batuan granit. Pada daerah telitian perkembangan extensional fracture yang telah terisi mineral kuarsa memiliki diameter sebesar 0,1 – 22 cm dengan orientasi yang tidak homogen.



Gambar 1. Lokasi daerah telitian terletak pada bagian Tenggara studi pemetaan geologi

Sausse (2001) menjelaskan bahwa fracture menjadi salah satu jalur dalam pengisian mineral sekunder serta perubahan mineralogi batuan atau alterasi. Berdasarkan kondisi geologi tersebut, penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi dan menginterpretasi keterkaitan pola penambahan intensitas zona alterasi terhadap orientasi fracture dan struktur yang ada pada Formasi Kapur Granit.

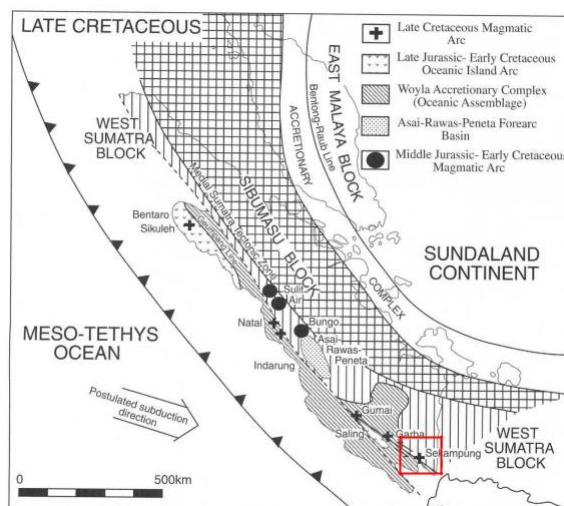
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode penelitian korelasional. Metode tersebut dibagi menjadi tiga tahapan yakni (a) tahap pra-lapangan dilakukan dengan studi literatur serta interpretasi data sekunder berupa kenampakan DEM (Digital Elevation Model) untuk melihat pola lineament pada daerah telitian. Selanjutnya, (b) tahap observasi lapangan seperti identifikasi dan pengukuran elemen struktur berupa extensional fracture dengan menerapkan metode linear scanline sampling (Watkins et al,2015) . Pengambilan pemercontoh batuan granit pada zona fracture dan patahan untuk mengetahui hubungan genetis dari keduanya. Pengamatan secara megaskopis serta

dokumentasi foto dari setiap singkapan batuan granit. Kemudian, tahap analisa studio untuk membangun model struktur. Analisa laboratorium berupa analisis petrografi pada 17 sampel batuan untuk mengidentifikasi dan mendeterminasi komposisi mineralogi batuan granit yang mengalami alterasi berdasarkan klasifikasi (Corbett dan Leach, 1997) dan Guilbert dan Park (1985).

GEOLOGI REGIONAL

Secara regional, daerah penelitian berada pada batas marginal Cekungan Sumatera Selatan (Amin et al, 1994). Berdasarkan Barber (2005) Formasi ini menjadi bagian dari Late Cretaceous Magmatic Arc yang membentuk West Sumatra Block (Gambar 2).



Gambar 2. Peta jalur magmatic arc (Barber,2005), batuan granit daerah telitian ditandai dengan kotak merah.

Pulau Sumatera mengalami tiga fase tektonik utama berdasarkan Pulunggono et al. (1992) yakni fase kompresional tahap pertama pada Jurasiik Akhir hingga Kapur Awal. Selanjutnya, tahap ekstensional pada Kapur Akhir hingga Tersier Awal yang menjadi awal permulaan pembentukan dan pengisian cekungan back arc dan fore arc di Pulau Sumatera (Barber,2005). Kemudian, pada kompresional t ahap akhir saat Miosen Tengah hingga Resen yang s elanjutnya diikuti dengan pengangkatan Bukit Bari san pada Plio-Pleistosen.

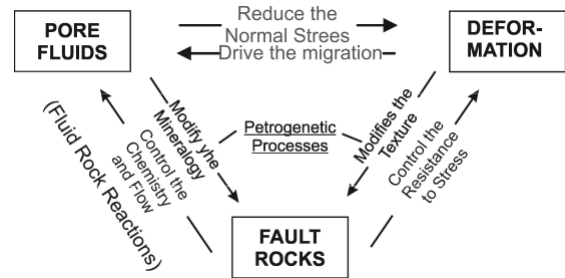
Amin et al. (1994) dan Kusnama dan Panggabean (2009) menjelaskan pola urutan startigrafis dari tua ke muda yakni pembentukan basement daerah penelitian pada Kapur Akhir, Formasi Kapur Granit (Kgr). Selanjutnya, secara tidak sel aras terendapkan Formasi Kikim (Tpok) , Formasi Tala ng Akar (Tomt), Formasi Baturaja (Tmb), Formasi Gumai (Tmg) dan Formasi Kuarter Gunung Api (Qhv).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontrol Pola Struktur pada Daerah Telitian

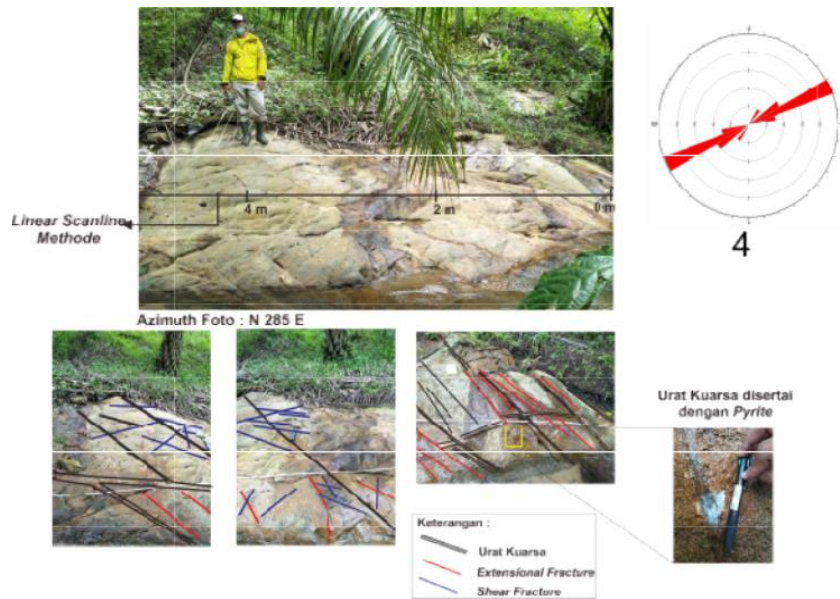
Hasil observasi lapangan dida patkan struktur berupa sesar dan extensional fracture. Fracture filling pada batuan dapat terjadi pada regime gaya ekstensional (Corbett dan Leach, 1997). Bagian Utara daerah telitian berkembang sesar naik dan dua sesar mendatar menganan serta sesar mendatar mengiri di bagian Baratlaut lokasi telitian. Sesar Naik Seputih diidentifikasi pada LP 11 Desa Nyukang Harjo. Sesar ini memiliki arah relatif Barat-Timur (N085°E/69°). Selanjutnya, Sesar Mendatar Padas pada LP 17 (N164° E/80 °), dan Sesar Kesih (N160 ° E/70°) memiliki pola paralel antar keduanya. Kedua sesar tersebut memiliki arah re latif Tenggara-Baratlaut. Identifikasi struktur tersebut sejalan dengan pendapat Pirajno (1992) yang menjela skan bahwa permeabilitas pada batuan sebagai jalur fluida hidrotermal terbagi menjadi tiga, yakni faults, fracture dan thrust fault. Jensen (2019)

menganalisis keterkaitan deformasi batuan, produk struktur serta jalur aliran fluida yang mengubah susunan mineralogi pada wall rock (Gambar 3). Dalam hal ini, daerah telitian memiliki wall rock berupa batuan granit.



Gambar 3. Relasi jalur fluida terhadap perubahan mineralogi batuan (Jensen,2 019)

Pengukuran 15 lintasan fracture menghasilkan orientasi arah yang tidak ho mogen. Pada LP 4 linear scanline method diterapka n untuk menggambarkan orientasi dari fracture (Gamb ar 4).



Gambar 4. Linear scanline method yang digunakan untuk mengukur elemen-elemen fracture pada singkapan granit di Sungai Way Pemendingan (LP 4)

Pada lokasi ini sebagian besar extensional fracture mengalami pengisian oleh mineral kuarsa hal ini menjadi data pendukung bahwa fracture berperan sebagai jalur sirkulasi dan pergerakan fluida pada batuan (Koike, 2015). Ledesert et al. (2009) menganalisis bahwa vein alteratiion terbentuk sepanjang aliran fluida yang bermigrasi pada interconnected fracture. Berikut hasil pengukuran pada seluruh lintasan pengamatan (Tabel 1).

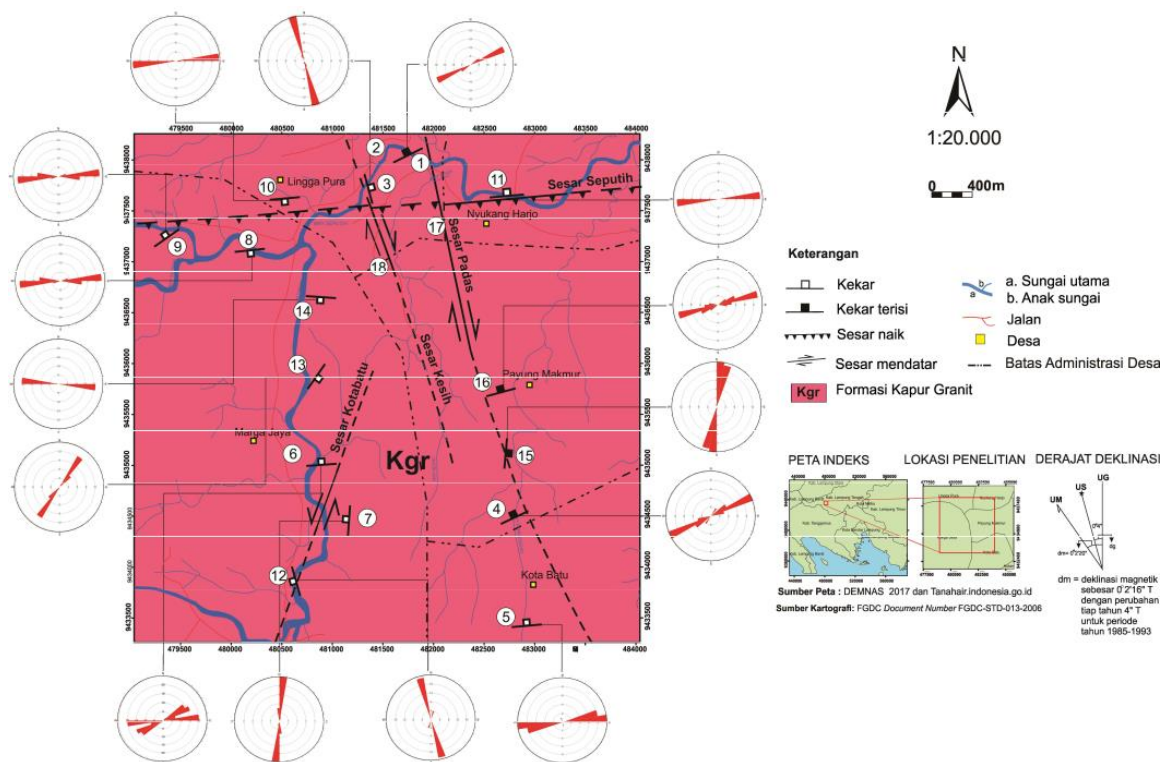
Tabel 1. Hasil Pengukuran extensional fracture

Lp	Apparent strike (N...°E)	Lp	Apparent strike (N...°E)
1	244	10	85
2	Granit masif	11	265
3	345	12	164
4	245	13	35
5	265	14	94

6	266	15	5
7	184	16	255
8	264	17	-
9	235		

Berdasarkan (Tabel 1) diatas, orientasi fracture pada daerah telitian dibagi menjadi tiga yakni Timurlaut-Baratdaya, Barat-Timut, dan Tenggara-Barat Laut. Intensitas kehadiran vein meningkat pada fracture dengan orientasi Barat-Timur yang diukur pada LP 4, LP

5, LP 6, LP 8, dan LP 16, orientasi Timurlaut-Baratdaya pada LP 15, serta pola Tenggara-Baratlaut pada LP 3. Corbett dan Leach (1997) menyatakan bahwa orientasi extensional fracture menunjukkan regime tensional merupakan faktor penting dalam veins alteration. Berdasarkan observasi lapangan, maka dibangun peta struktur lokasi penelitian sebagai berikut (Gambar 5).

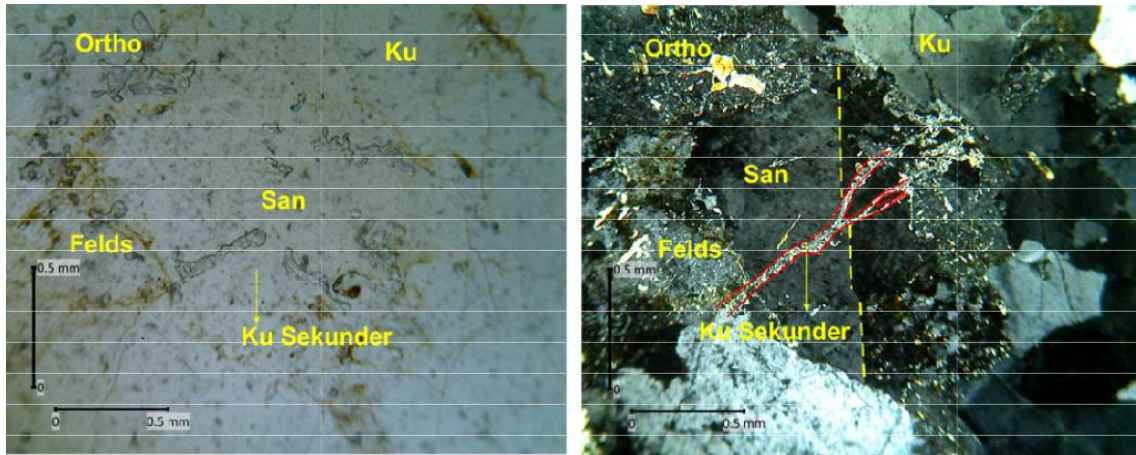


Gambar 5. Peta Struktur daerah telitian, pada gambar tersebut diperlihatkan juga pola extensional fracture yang digambarkan dengan diagram rose

### Alterasi Hidrotermal

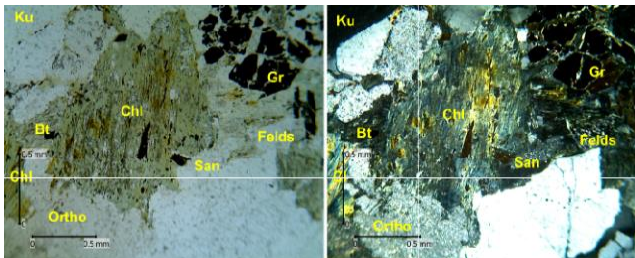
Perubahan sebagian atau keseluruhan komposisi mineralogi dalam batuan akibat adanya interaksi batuan terhadap fluida hidrotermal dikenal dengan istilah alterasi hidrotermal. Dalam mengidentifikasi mineral alterasi Guilbert dan Park (1985) membagi tipe alterasi berdasarkan perubahan komposisi kimia dari batuan atau melalui asosiasi mineral pada batuan. Corbett dan Leach (1997) juga mendeterminasi alterasi hidrotermal berdasarkan himpunan mineral tertentu.

Proses alterasi yang terjadi pada daerah telitian diakibatkan adanya proses infiltrasi fluida pada dinding batuan melalui jalur fracture. Hal tersebut dibuktikan pada sayatan petrografi LP 4 yang menunjukkan alur fluida berupa mineral kuarsa sekunder yang menginklusi melalui fracture. Deformasi secara mikrostruktur juga tergambar pada mineral sanidin yang mengalami pensesaran dengan displacement kurang dari 0,03 mm dalam skala sayatan tipis perbesaran 0,4x (Gambar 6).



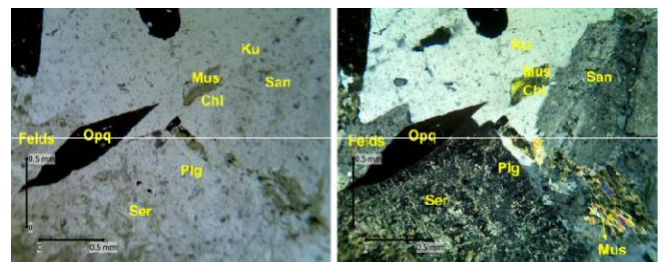
Gambar 6. Sayatan tipis petrografi dari singkapan granit LP 4 di Sungai Way Pemendingan, menunjukkan mikrostruktur sesar pada mineral sanidin. Zona merah merupakan bukti proses inklusi fluida hidrotermal

Hasil analisis sampel batuan granit pada 17 lokasi pengamatan didapatkan bahwa tingkat alterasi di daerah telitian dibagi menjadi tiga yakni pervasive, selective pervasive dan non pervasive (Gulibert dan Park, 1985). Pervasive merupakan pergantian sebagian besar mineralogi batuan akibat adanya proses alterasi hidrotermal ditemukan pada LP 6. Hasil analisa petrografi menunjukkan perubahan tekstur asli pada batuan. Hal ini menunjukkan bahwa proses alterasi berlangsung secara signifikan. Kehadiran mineral ubahan seperti garnet dan klorit yang tersebar merata dalam sayatan (Gambar 7).



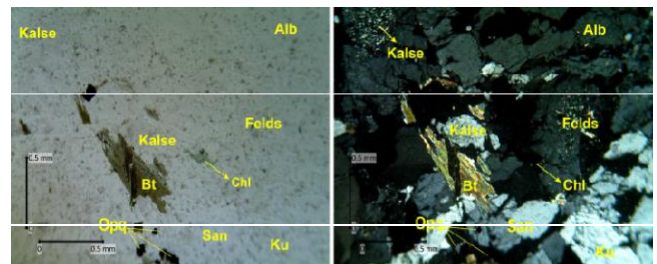
Gambar 7. Kenampakan Petrografi LP 6 pada aliran Sungai Way Seputih. Posisi nikol sejajar (gambar kiri), nikol silang (gambar kanan) dengan kehadiran mineral berupa klorit, garnet, feldspar, kuarsa, biotit, dan sanidin. (ku=kuarsa; ep=epidot; felds=feldspar; chl=klorit; bt=biotit; Gr=garnet; san= sanidin).

Selanjutnya, selective pervasive menunjukkan pergantian sebagian kecil atau secara spesifik mineral tertentu tanpa mengubah tekstur pada batuan tersebut (Genter, 1992). Hal tersebut dapat diamati pada sayatan tipis petrografi LP 5. Sebagian tubuh mineral plagioklas mengalami serisifikasi dimana mineral plagioklas berubah menjadi mineral serisit. Mineral biotit menjadi klorit. (Gambar 8).



Gambar 8. Sayatan tipis petrografi LP 5 pada aliran Sungai Way Pemendingan. Posisi nikol sejajar (gambar kiri), nikol silang (gambar kanan) dengan kehadiran mineral berupa epidot, plagioklas, kuarsa, klorit, serisit, dan biotit. (ku=kuarsa; ep=epidot; plg=plagioklas; chl=klorit; bt=biotit; ser=serisit)

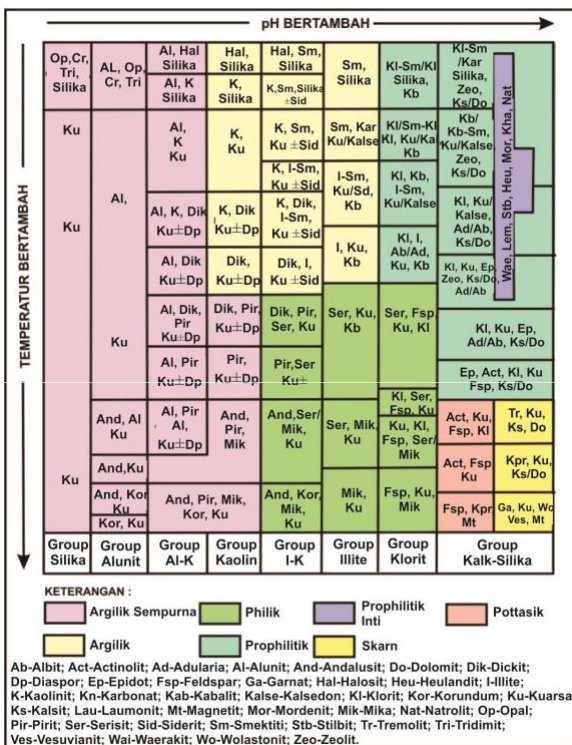
Non pervasive memperlihatkan derajat alterasi yang lemah, tekstur batuan yang tidak berubah serta kehadiran himpunan mineral sekunder yang relatif sedikit (Gulibert dan Park, 1985). Non pervasive ditunjukkan pada batuan LP 2 dan LP 9 pada daerah telitian, berikut kenampakan sayatan tipis LP 2 (Gambar 9).



Gambar 9. Sayatan tipis petrografi LP 2 pada aliran Sungai Way Seputih. Posisi nikol sejajar (gambar kiri), nikol silang (gambar kanan) dengan kehadiran mineral berupa kalsedon, feldspar, kuarsa, klorit, albit, biotit, dan sanidin. (ku=kuarsa; kalse=kalsedon; alb=albit; felds=feldspar; bt=biotit; san= sanidin).

Tipe Alterasi Hidrotermal

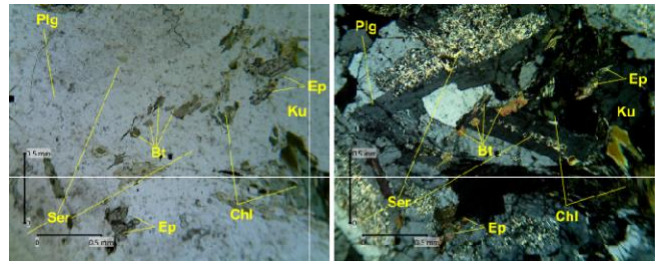
Alterasi hidrotermal dibagi menjadi tujuh jenis berdasarkan Corbett and Leach (1997). Asosiasi mineral indeks tersebut membentuk tipe alterasi berupa argilik, argilik sempurna, philik, prophilitik, prophilitik inti, skarn, dan potasik (Gambar 10). Alterasi prophilitik dan potasik secara genetis berada dalam magmatic hydrothermal system. Sementara, tipe alterasi philik dan argilik berada pada dominantly meteoric convective hydrothermal system. (Pirajno,1992). Pada daerah telitian, tipe alterasi dikelompokkan menjadi empat tipe yakni philik, prophilitik, argilik, dan skarn.



Gambar 10. Tabel tipe alterasi hidrotermal (Corbett dan Leach, 1997)

*Alterasi Philik*

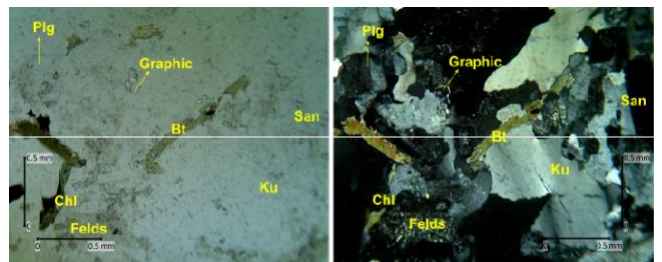
Kehadiran mineral ubahan pada alterasi philik diindikasikan pada keterdapatannya mineral ubahan berupa plagioklas, kuarsa, epidote, serisit, klorit, dan biotit. Mineral biotit pada sampel LP 1 mengalami perubahan berkelanjutan. Dimana pada fase pertama mineral ini mengalami proses kloritisasi menjadi mineral klorit (Thompson et al. 1996) selanjutnya, mineral klorit terubahkan kembali menjadi mineral epidote. Proses serisifikasi juga terjadi pada sebagian besar fenokris mineral plagioklas yang mengubah mineral tersebut menjadi mineral serisit (Gambar 11).



Gambar 11. Kenampakan petrografi LP 2 pada aliran Sungai Way Seputih. Posisi nikol sejajar (gambar kiri), nikol silang (gambar kanan) dengan kehadiran mineral berupa epidot, plagioklas, kuarsa, klorit, serisit, dan biotit. (ku=kuarsa; ep=epidot; plg=plagioklas; chl=klorit; bt=biotit; ser=serisit).

*Alterasi prophilitik*

Alterasi pada tipe ini hadir dengan asosiasi mineral berupa plagioklas, sanidin, kuarsa sekunder, feldspar, klorit dan biotit (Gambar 12). Karakteristik khusus alterasi prophilitik yakni hadirnya asosiasi mineral berupa klorit dan kalsit (Yasomi et al. 2018). Pada kenampakan sayatan mineral feldspar mengalami alterasi tumbuh pada masa dasar mineral kuarsa yang dikenal dengan tekstur graphic (Vernon,2004). Selain itu kuarsa sekunder tumbuh bersama dengan mineral klorit dalam bentuk kuarsa polikristalin. Intensitas mineral ubahan pada tipe alterasi prophilitik dikategorikan pada alterasi lemah, sebab proses infiltrasi berlangsung pada tahap akhir kristalisasi (Leddesert et al. 2009). Berdasarkan Corbett dan Leach (1997) alterasi ini berada pada lingkungan magmatic yang netral. Suhu pembentukan mineral pada 200-300°C (Hedenquist et al. 2000).

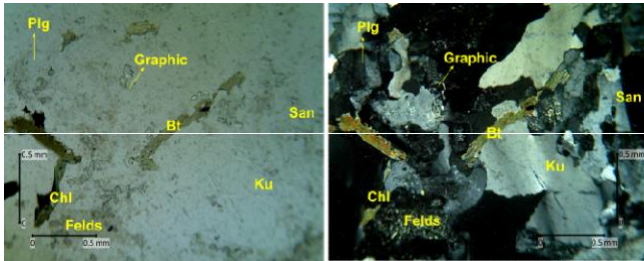


Gambar 12. Sayatan tipis petrografi LP 10 di Desa Lingga Pura. Posisi nikol sejajar (gambar kiri), nikol silang (gambar kanan) dengan kehadiran mineral berupa plagioklas, feldspar, kuarsa, klorit, biotit, dan sanidin. (ku=kuarsa; chl=klorit; felds=feldspar; bt=biotit; san=sanidin).

*Alterasi Argilik*

Tipe alterasi ini ditandai dengan adanya perubahan secara utuh atau sebagian mineral feldspar menjadi clay mineral (Pirajno,1992). Pada identifikasi sayatan tipis terlihat adanya asosiasi mineral kuarsa, feldspar, smektit (mineral lempung), serisit serta orthoklas. Kenampakan

sayatan menunjukkan bahwa kehadiran mineral smektit tersebar cukup merata dalam sayatan (Gambar 13). Fluida inklusi pada alterasi ini berasal dari H<sup>+</sup> metasomatisme atau sering dikenal dengan acid leaching. Mineral orthoklas juga mengalami proses serisifikasi sehingga terbentuk mineral serisit.

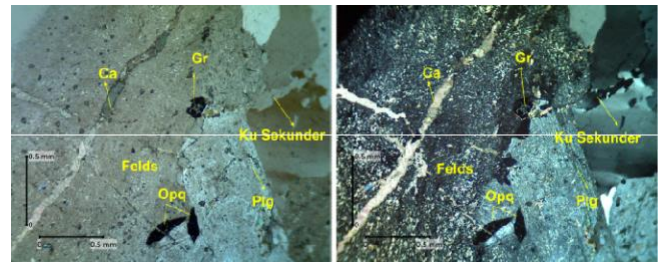


Gambar 13. Sayatan tipis petrografi LP 5 pada aliran Sungai Way Pemendingan. posisi nikol sejajar (gambar kiri), nikol silang (gambar kanan) dengan kehadiran mineral berupa smektit, feldspar, kuarsa, orthoklas, dan serisit. (ku=kuarsa; smc=smektit felds=feldspar; ser=serisit; ortho=orthoklas).

*Alterasi Skarn*

Skarn merupakan alterasi hidrotermal yang ditandai dengan kehadiran mineral karbonat serta garnet. Pada LP 7 asosiasi mineral terdiri atas kalsit, garnet, opa, kuarsa sekunder, feldspar, dan plagioklas. Kalsit merupakan hasil dari replacement mineral pembawa unsur Ca seperti pada Ca-plagioklas maupun epidot (Thompson et al. 1996). Pada sayatan ini (Gambar 14)

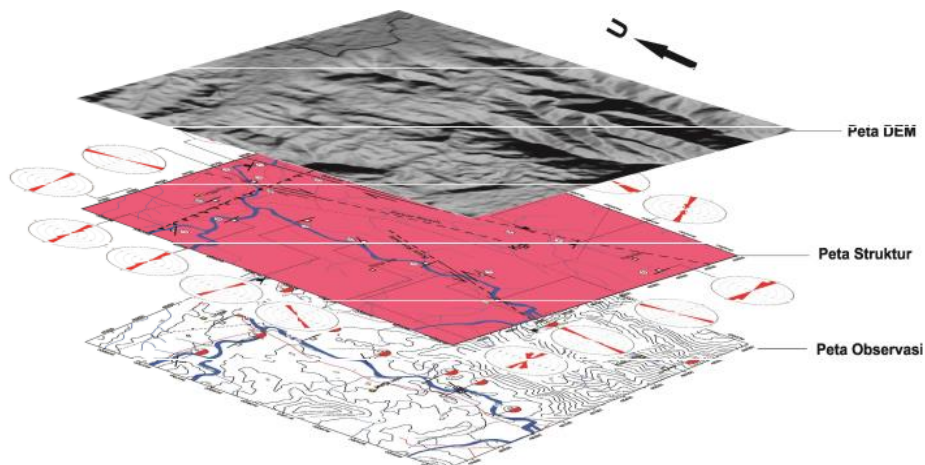
mineral kalsit mengisi sepanjang microcrack pada batuan sebagai permeabilitas fluida (Nishimoto et al. 2009).



Gambar 14. Sayatan tipis petrografi LP 7 pada aliran Sungai Way Seputih. Posisi nikol sejajar (gambar kiri), nikol silang (gambar kanan) dengan kehadiran mineral berupa kalsit, garnet, opa, kuarsa sekunder, feldspar, dan plagioklas. (ku=kuarsa; ca=kalsit; felds=feldspar; gr=garnet; opa=opa; Plg=plagioklas).

Kontrol Struktur Terhadap Intensitas Proses Alterasi

Jalur fluida hidrotermal yang melewati wall rock berperan penting dalam perubahan struktur dan mineralogi batuan (Ladesert et al.2009). Pada daerah penelitian proses alterasi sebagian besar dicirikan dengan kehadiran veins alteration. Veins menjadi bukti bahwa proses pengisian serta mobilitas fluida berada pada jalur – jalur struktur seperti extensional fracture, sesar dan microcrack (Dezayes et al.2005). Untuk mengetahui keterkaitan antara alterasi serta pola struktur, dilakukan overlapping antara peta DEM (Digital Elevation Model), peta struktur dan peta observasi alterasi (Gambar 15).



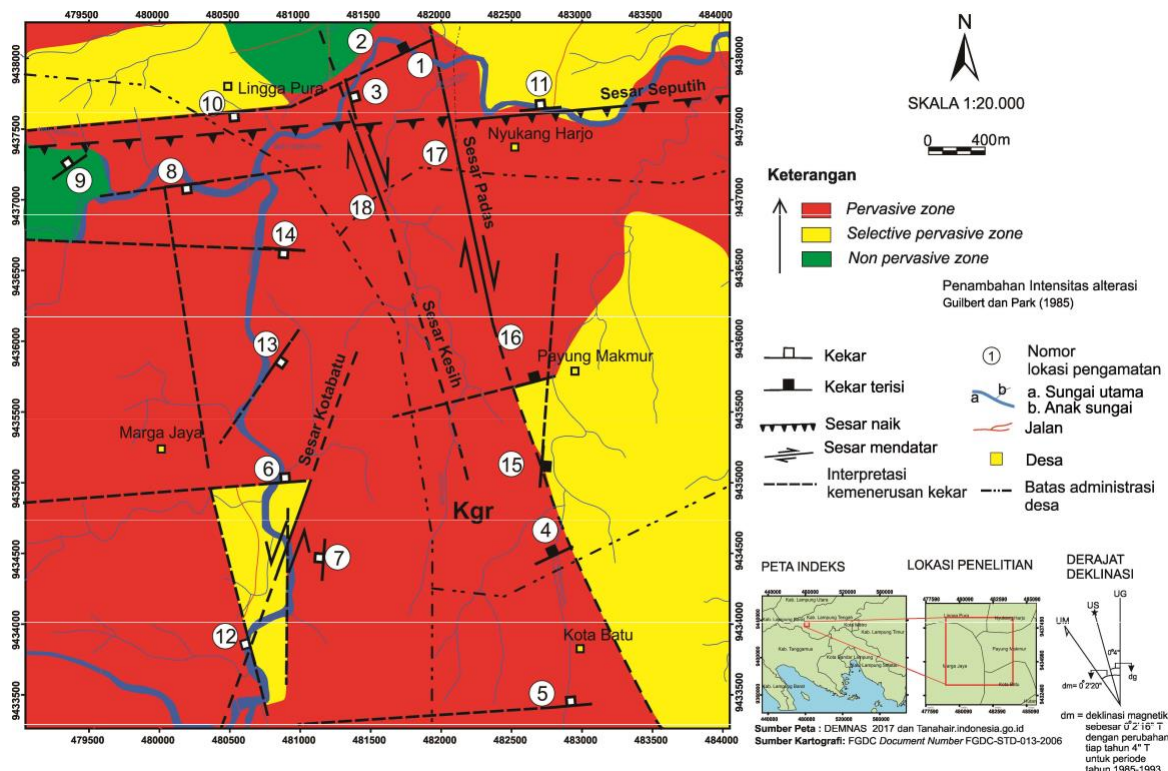
Gambar 15. Proses overlapping peta mulai dari peta observasi (bawah), peta struktur (tengah), dan peta lineament (atas)

Orientasi fracture serta Sesar Naik Seputih relatif Barat-Timur merupakan jalur fluida hidrotermal yang ditandai dengan zona merah. Zona tersebut menunjukkan alterasi hidrotermal yang terjadi secara pervasive.

Batuan granit pada LP 1, LP 5, LP 6, LP 8, LP 12, LP 13, LP 14, LP 15, LP 16, serta LP 17 memperlihatkan ubahan mineralogi dengan intensitas yang kuat dari lokasi pengamatan lain. Sementara itu, pola orientasi

struktur Tenggara-Baratlaut disimbolkan dengan zona kuning yang merupakan selective pervasive, zona ini menunjukkan perubahan secara parsial pada proses alterasi hidrotermal di LP 3, LP 4, LP 7, LP 10, dan LP 11. Zona hijau adalah zona non pervasive dimana pada

zona ini tidak dipengaruhi oleh pola struktur atau hampir tidak dijumpai vein alteration maupun microcrack pada LP 1 dan LP 9 (Gambar 16).



Gambar 16. Peta Struktur dan zona alterasi, warna hijau (non pervasive zone), warna kuning (selective pervasive zone), warna merah (pervasive zone). Semakin keatas menunjukkan tingkat perubahan alterasi yang meningkat.

KESIMPULAN

Zona alterasi hidrotermal pada daerah penelitian sangat dipengaruhi oleh pola struktur. Kehadiran extensional fracture, microcrack, dan fault sebagai jalur fluida hidrotermal untuk menginklusi batuan. Orientasi fracture yang memiliki pola interconnected terhadap fracture lain menunjukkan fungsi permeabilitas pada batuan. Daerah telitian dibagi menjadi tiga zona yakni pervasive, selective pervasive, dan non pervasive dengan tipe alterasi yang berbeda-beda.

Pada zona pervasive struktur berkembang aktif pada batuan, sedangkan di zona non pervasive, fracture tidak berkembang dengan baik. Selain itu, banyak sedikitnya perubahan tekstur batuan serta komposisi mineralogi menunjukkan proses alterasi hidrotermal terjadi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberi motivasi dan dukungan berupa materil.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, T.C, Sidarto, S.Santosa, dan W.Gunawan. (1994). Geologi Lembar Kota Agung, Sumatera. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.  
 Barber, A. C. (2005). Sumatra: Geology, Resources And Tectonic Evolution. London: Geological Society Memoir, 282 Pp.  
 Corbett, Greg J. dan Terry M. Leach. (1997). Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, And Mineralization. Special Publication: Short Course Manual.  
 Dezayes, C., Chevremont, P., Tourlie` re, B., Homeier, G., dan Genter, A., (2005). Geological Study of the GPK4 HFR Borehole and Correlation with theGPK3 Borehole. BRGM/RP-53697-FR, Soultz-sous-Fore`ts, France.



- Genter, A dan Traineu, H. (1992). Hydrothermally Altered And Fractured Granite As An Hdr Reservoir I N The Eps-1 Borehole, Alsace, France
- Guilbert, J.M dan Park, C. F. (1985). The Geology of Ore Deposits. W. H. Freeman and Company. New York.
- Hedenquist, J.W. (2000). Exploration for Epithermal Gold Deposits. Gold in 2000: Review in Economic Geology. Vol .13.
- Jensen, E., Gabriel G, Daniel R. Faulkner, José Cembrano, F., Thomas M., dan Mitchell G. (2019). Fault-Fluid Interaction In Porphyry Copper Hydrothermal Systems: Faulted Veins In Radomiro Tomic, Northern Chile. Departamento De Ciencias Geológicas, Universidad Católica Del Norte, Antofagasta, Chile.
- Kusnana dan Panggabean, Hermes. (2009). Karakteristik Batubara Dan Batuan Sedimen Pembawanya, Formasi Talangakar, Di Daerah Lampung Tengah. Jurnal Geologi Indonesia, Vol.4 No.2, H.133-144.
- Koike, K., Taiki, K., Chunxue, L., Alaa, M., Kenji, A., Arata, K., Toshiyuki, M., dan Bill, L. (2015). 3d Geostatistical Modeling Of Fracture System In A Granitic Massif To Characterize Hydraulic Properties and Fracture Distribution
- Ledesert, R Hebert , A Genter, Danie, le Bartier Norbert, dan Clauer Ce´ line Grall. (2009). Fractures, hydrothermal alterations and permeability in the Soultz Enhanced Geothermal System. C. R. Geoscience 342 (2010) 607–615.
- Nishimoto, S dan Yoshida, H. (2009). Hydrothermal Alteration Of Deep Fractured Granite: Effects Of Dissolution And Precipitation. Lithos : 115. p :153–162.
- Pirajno, F. (1992). Hydrothermal Mineral Deposites , Principles and Fundamental Concepts for the Exploitation Geologist. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris.
- Pulunggono, A., Haryo, A., dan Kosuma, C.G. (1992). Pre-Tertiary And Tertiary Fault Systems As A Framework Of The South Sumatra Basin : A Study Of Sar-Maps, Jakarta: Proceedings Indonesian Petroleum Association 21st Annual Convention.
- Sausse, J. (2001). Hydromechanical Properties And Alteration Of Natural Fracture Surfaces In The Soultz Granite (Bas-Rhin, France. Ge´ologie et Gestion des Ressources Mine´rales et Energie´tiques, Faculte´ des Sciences, Universite´ Henri-Poincare´ Nancy 1, France.
- Thompson, A. J. B. dan Thompson, J. F. H. (1996). Atlas Of Alteration, Geological Association Of Canada, Mineral Deposits Division, Canada.
- Vernon, Ron.H. (2004). A Partical Guide To Rock Microstructure. Department Of Earth And Planetary Sciences, Macquarie University, Sydney.
- Watkins. H., Clare E. B., Dave. H., Robert W.H., dan Butler. (2015). Appraisal Of Fracture Sampling Methods And A New Workflow To Characterise Heterogeneous Fracture Networks At Outcrop. Journal Of Structural Geology 72. P:67-82.
- Yasami. N dan Majid. G,. (2018). Distribution Of Alteration, Mineralization And Fluid Inclusion Features In Porphyry– High Sulfidation Epithermal Systems: The Chodarchay Example, Nw Iran. Ore Geologis Review. Department of Economic Geology. Tarbiat Modares University. Iran.