

BAB V

ALTERASI HIDROTERMAL

5.1. Alterasi Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan hasil analisis laboratorium yaitu analisis petrografi dan *X-Ray Diffraction* (XRD), pada daerah penelitian pada umumnya didapatkan alterasi yang terjadi pada batuan asal granodiorit. Berdasarkan pengamatan secara keseluruhan daerah penelitian mengalami alterasi dengan intensitas sedang-total. Hal tersebut ditunjukkan dari besarnya perubahan pada mineral primer menjadi mineral sekunder yang dibandingkan terhadap volume total batuan. Data-data yang telah di dapatkan di lapangan dan hasil analisis dikomparasi guna mengetahui himpunan-himpunan mineral yang didapatkan sehingga dapat mengetahui jenis dan zonasi alterasi yang terdapat pada daerah penelitian. Berdasarkan himpunan mineral yang didapatkan maka daerah penelitian dapat dibagi menjadi tiga jenis alterasi yaitu alterasi Kuarsa-Kaolinit-Illite tergolong tipe alterasi argilik, kemudian alterasi Klorit-Kalsit-Smektit-Montmorilonit yang tergolong dalam tipe alterasi propilitik, alterasi Serisit, Albit, Kuarsa, mineral Opaq yang tergolong ke dalam alterasi serisitik, serta alterasi alunit, kuarsan, pirit yang termasuk ke dalam alterasi argilik lanjut.

5.2 Tipe Alterasi Hidrotermal

Alterasi Kuarsa-Kaolinit-Illit (Alterasi Argilik). Alterasi ini merupakan alterasi yang paling dominan keterdapatannya pada daerah penelitian. Alterasi ini terdapat sepanjang perbukitan intrusi granodiorit dan menyebar hingga pada bagian Barat Laut daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan secara megaskopis di lapangan, alterasi ini memiliki warna segar putih cerah yang menunjukkan alterasi lempung, dengan warna lapuk coklat kekuningan. Alterasi ini dicirikan dengan sifat fisik khususnya berupa batuan yang lunak. Alterasi ini terjadi pada satuan intrusi granodiorit, hal yang menyebabkan alterasi ini yaitu berupa kontrol Sesar Siulak dan kontrol Sesar Sungai Renah. Alterasi ini terdapat pada rezim tektonik kompresional dan ekstensional berdasarkan peta rezim tektonik daerah penelitian. Pembentukan alterasi ini diakibatkan adanya tahapan metasomatisme yang merupakan penggantian dan perombakan, sehingga mineral-mineral primer

teralterasi menjadi mineral sekunder seperti kaolinit dan ilit. Alterasi ini terdapat pada LP 12, LP 15, LP 30, LP 31 dan LP 36 dari daerah penelitian.



Gambar 38. (a). Bentang alam singkapan alterasi argilik, (b). Foto dekat sampel alterasi argilik.

Berdasarkan data yang didapatkan, mengacu kepada klasifikasi temperature oleh (Hedenquist 1996 dalam Pirajno 2009) alterasi pada daerah penelitian merupakan alterasi argilik yang memiliki kisaran suhu pembentukan 200-240° C, dengan pH asam-netral. Perkiraan suhu pembentukan mempertimbangkan kehadiran mineral alterasi lempung. Adapun kekurangan dalam hal ini adalah terkait data pendukung untuk mengetahui suhu pembentukan alterasi daerah penelitian.

Tabel 6. Kisaran suhu pembentukan alterasi argilik (Pirajno, 2009)

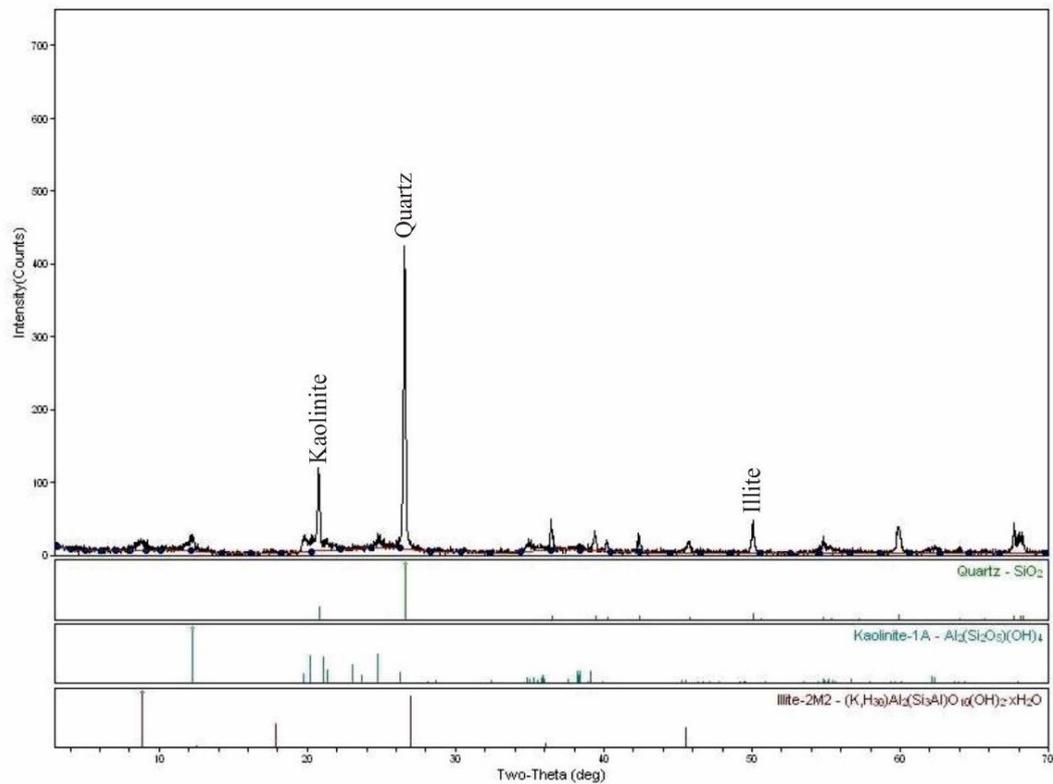
Mineral	Temperatur (C)		
	100	200	300
Kuarsa	[Bar chart showing formation range from ~100°C to ~300°C]		
Kaolinit	[Bar chart showing formation range from ~100°C to ~200°C]		
Ilit	[Bar chart showing formation range from ~200°C to ~300°C]		

Berdasarkan hasil analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) yang merupakan analisis yang berfokus pada alterasi mineral lempung, pada daerah penelitian di dapatkannya mineral-mineral alterasi lempung, dengan kehadiran mineral alterasi yang didominasi oleh kehadiran kuarsa sekunder dengan persentase kehadiran sebesar 90%, kemudian mineral lempung berupa kaolinit dengan persentase 6% dan ilit dengan persentase 4%. Besaran persentase tersebut juga ditunjukkan pada tabel mineral alterasi serta pada grafik mineral alterasi yang berdasarkan pada analisis *X-*

Ray Diffraction (XRD) yang menunjukkan intensitas dari suatu mineral alterasi yang hadir pada daerah penelitian.

Tabel 7. Persentase kehadiran mineral alterasi lempung

Minerals Identified	Chemical Formula	Minerals Composition (%)
Quartz	SiO_2	90
Clay Minerals		
Kaolinite	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	6
Illite	$(K,H_{30})Al_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2 \cdot xH_2O$	4
Total		100



Gambar 39. Grafik Intensitas Kehadiran Mineral Alterasi

Alterasi Klorit-Kalsit-Smektit-Montmorilonit (Alterasi Propilitik).

Alterasi ini merupakan alterasi yang keterdapatannya hanya pada titik-titik tertentu daerah penelitian. Alterasi ini terdapat pada perbukitan intrusi granodiorit tepatnya pada bagian Barat-Barat Laut daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan secara megaskopis di lapangan, alterasi ini memiliki warna segar merah muda kecoklatan yang menunjukkan perubahan pada mineral feldspar, dengan warna lapuk coklat gelap. Alterasi ini tidak menunjukkan sifat fisik batuan yang lunak akan tetapi telah

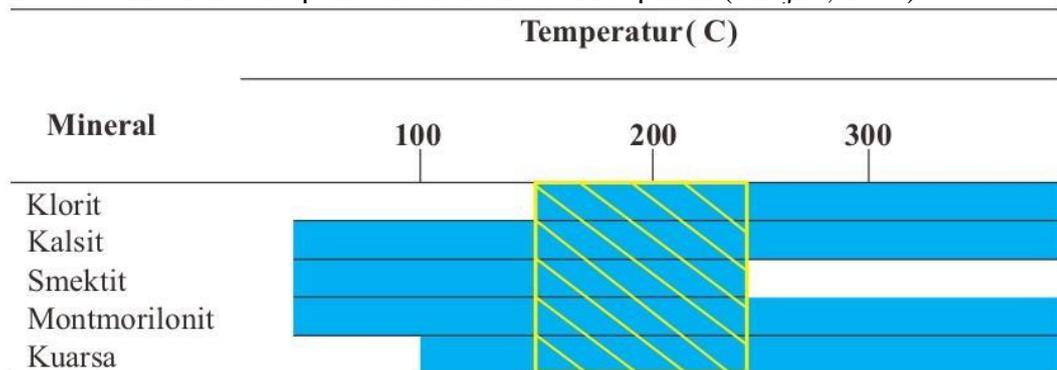
terjadi perubahan pada mineral-mineral primer yang tidak menunjukkan relief dari pada mineral primer atau dengan bentukan mineral yang mulai memipih. Alterasi ini terjadi pada satuan intrusi granodiorit, hal yang menyebabkan alterasi ini yaitu salah satunya berupa kontrol Sesar Sungai Renah dan keterdapatannya pada zona perpotongan sesar yang memicu meningkatnya aktivitas fluida hidrotermal. Pembentukan alterasi ini terdapat pada LP 44 pada daerah penelitian dengan kehadiran mineral penciri berupa klorit, smektit, dan montmorilonit. Berdasarkan kehadiran mineral pencirinya alterasi ini merupakan alterasi propilitik.



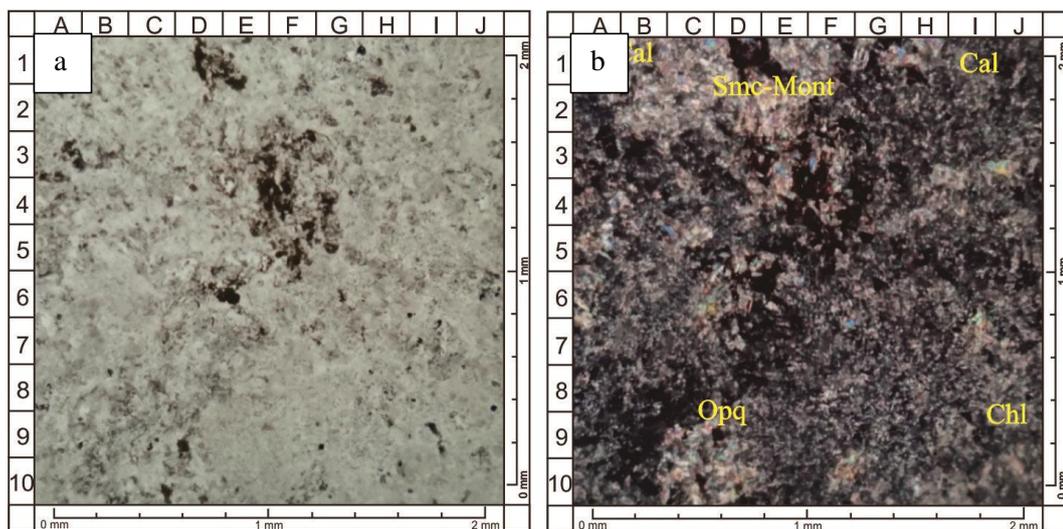
Gambar 40. (a). Bentang alam singkapan alterasi propilitik, (b). Foto dekat sampel alterasi propilitik.

Berdasarkan data yang didapatkan, mengacu kepada klasifikasi temperatur oleh (Hedenquist 1996 dalam Pirajno 2009) alterasi pada daerah penelitian merupakan alterasi propilitik yang memiliki kisaran suhu pembentukan 150-240° C, dengan pH mendekati netral. Perkiraan suhu pembentukan juga mempertimbangkan kehadiran mineral alterasi lempung. Adapun kekurangan dalam hal ini adalah terkait data pendukung untuk mengetahui suhu pembentukan alterasi daerah penelitian.

Tabel 8. Kisaran suhu pembentukan Alterasi Propilitik (Pirajno, 2009)



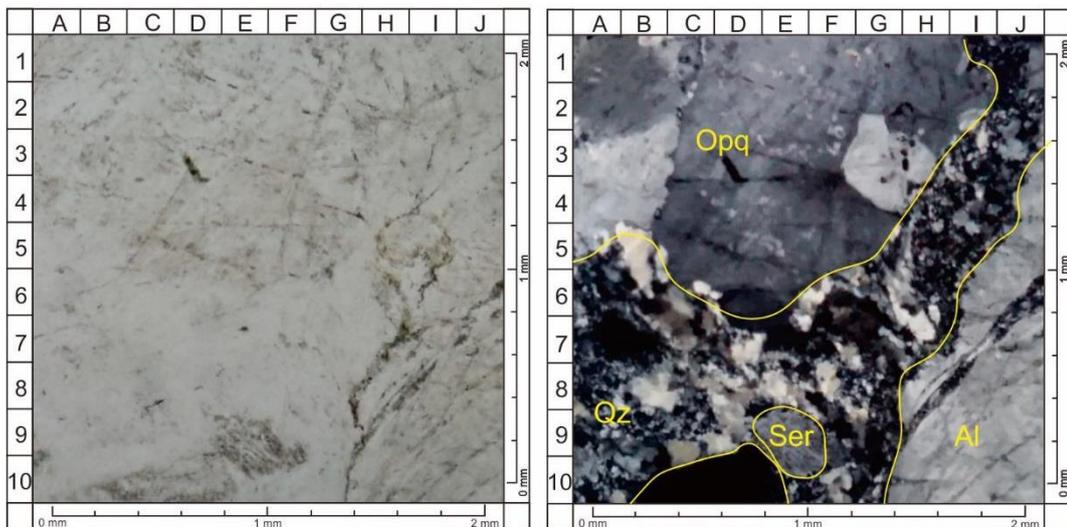
Berdasarkan analisis petrografi, kehadiran mineral alterasi ditunjukkan dengan komposisi mineral terdiri dari Klorit-Kalsit-Smektit-Montmorilonit, dan mineral Opaq. Berdasarkan pengamatan PPL warna putih keabuan, XPL berwarna abu-abu gelap, relief rendah tanpa belahan, pleokroisme rendah, bentuk kristal anhedral, hadir menyebar dalam sayatan. Kelimpahan 30% Smektit-Montmorilonit, dalam pengamatan PPL warna putih keabuan sampai dengan abu-abu gelap, XPL merah muda-abu abu, anhedral, tidak adanya kembaran, pleokroisme sedang, tidak adanya belahan, hadir menyebar dalam sayatan. Kelimpahan 30% Kalsit, dalam pengamatan PPL warna putih keabuan sampai dengan abu-abu gelap, XPL merah muda-abu abu gelap, anhedral, tidak adanya kembaran, pleokroisme sedang-rendah, tidak adanya belahan, hadir menyebar dalam sayatan. Kelimpahan 20%. Klorit, dalam pengamatan PPL warna Putih keabuan, XPL kehijauan, belahan tidak ada, relief sedang, pleokroisme sedang-lemah, hadir menyebar dalam sayatan. Kelimpahan 20%. Mineral opa, dalam pengamatan PPL dan XPL terlihat gelap, hadir menyebar dalam sayatan. Batuan asal cukup sulit diidentifikasi dikarenakan kehadiran mineral sekunder yang dominan akibat dari proses alterasi yang cukup kuat.



Gambar 41. a). PPL. b) XPL. Menunjukkan kenampakan mineral Klorit, Kalsit, Smektit, dan Montmorilonit.

Alterasi Serisit-Albit-Kuarsa-Pirit (Alterasi Serisitik). Alterasi ini merupakan alterasi yang keterdapatannya hanya pada titik-titik tertentu daerah penelitian. Alterasi ini terdapat sepanjang pada perbukitan intrusi granodiorit tepatnya pada Tenggara daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan secara

Berdasarkan hasil analisa petrografi menunjukkan komposisi mineral terdiri dari Albit dengan kelimpahan 45%, Dalam pengamatan PPL warna abu kekuningan, XPL putih hingga abu-abu, relief rendah dengan belahan 1 arah, pleokroisme sedang, kembaran albit, bentuk kristal subhedral, hadir menyebar dalam sayatan. Kelimpahan 40% Kuarsa, dalam pengamatan PPL warna putih keabuan, XPL keabuan, anhedral, tidak adanya kembaran, pleokroisme rendah, tidak adanya belahan, hadir membentuk pola memanjang dalam sayatan menunjukkan urat. Kelimpahan 10% Serisit, dalam pengamatan PPL warna abu kecoklatan, XPL kehijauan, tidak adanya belahan, relief sedang, pleokroisme sedang-lemah, hadir menyebar dalam sayatan. Kelimpahan 5%. Mineral opa, dalam pengamatan PPL dan XPL terlihat hitam, hadir menyebar dalam sayatan.

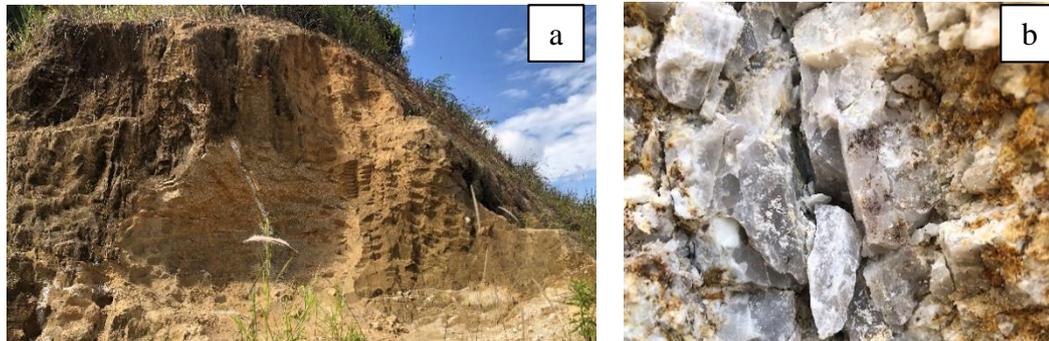


Gambar 43. PPL (*Plane Polarized Light*). B: XPL (*Cross Polarized Light*). Menunjukkan kenampakan mineral Serisit, Albit, Kuarsa, mineral Opa.

Alterasi Alunit-Kuarsa-Pirit (Alterasi Argilik Lanjut). Alterasi ini merupakan alterasi yang keterdapatannya hanya pada titik-titik tertentu daerah penelitian. Alterasi ini terdapat sepanjang pada perbukitan intrusi granodiorit tepatnya pada Timur daerah penelitian. Berdasarkan pengamatan secara megaskopis di lapangan, alterasi ini memiliki warna segar putih keabuan yang menunjukkan perubahan mineral dengan kehadiran pirit, dengan warna lapuk coklat kekuningan. Alterasi ditunjukkan dengan perubahan yang terjadi pada mineral-mineral primer dengan tidak menunjukkan relief dari pada mineral primer itu sendiri. Alterasi ini terjadi pada satuan intrusi granodiorit, hal yang menyebabkan alterasi ini yaitu salah satunya berupa kontrol Sesar Siulak dan sesar

Sungai Renah 2 yang saling berpotongan. Alterasi ini terdapat pada LP 24 dari daerah penelitian.

Pembentukan alterasi ini diakibatkan adanya proses penguapan sehingga mineral seperti kaolinit mengalami dehidrasi sehingga membentuk alunit sebagai penciri utama dari pembentuka alterasi argilik lanjut. Kehadiran mineral penciri pada alterasi ini berupa kuarsa, alunit, dan pirit.



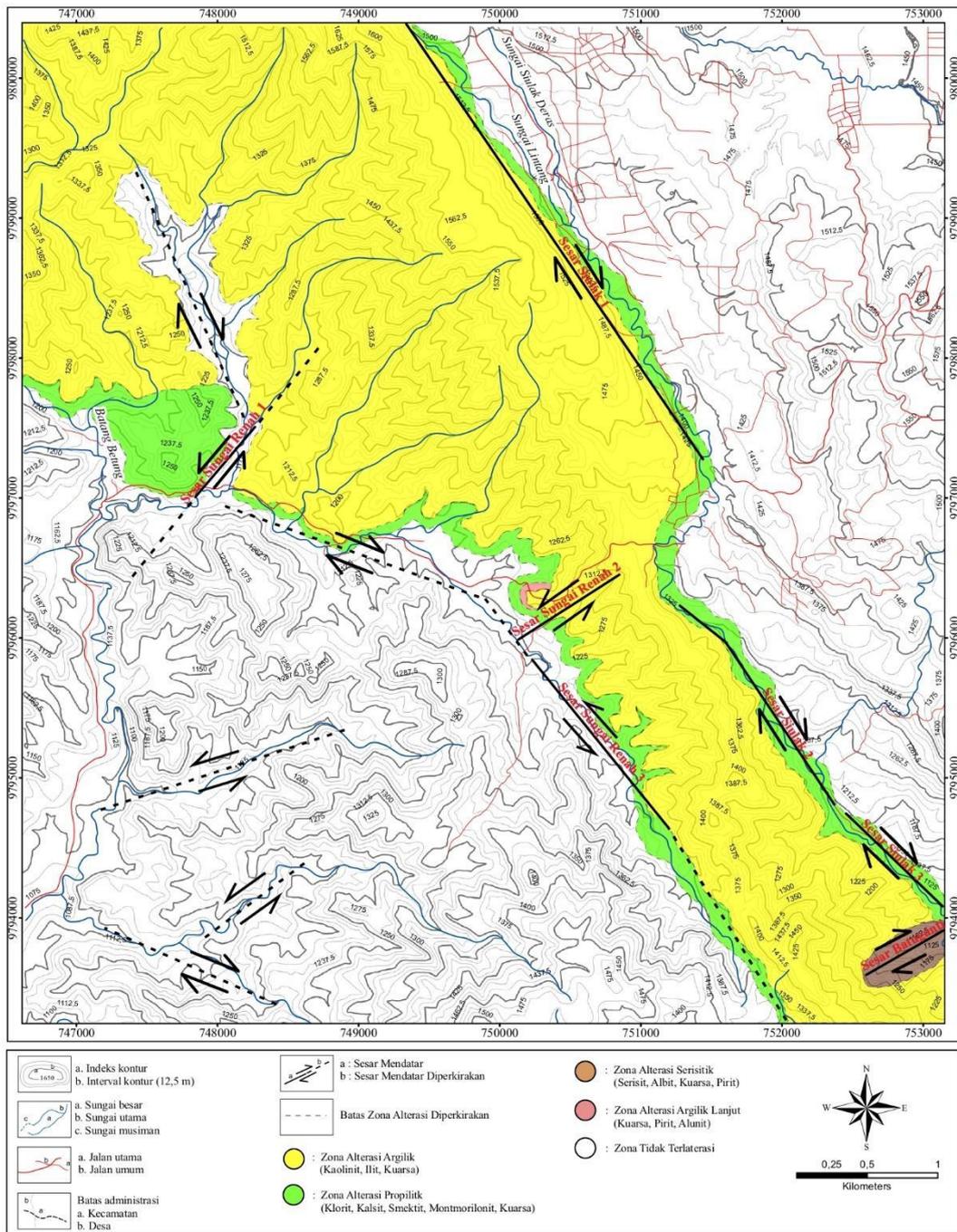
Gambar 44. (a). Bentang alam singkapan alterasi argilik lanjut, (b). Foto dekat singkapan alterasi argilik lanjut dengan kehadiran mineral alunit.

Berdasarkan data yang didapatkan, mengacu kepada klasifikasi temperatur oleh (Hedenquist 1996 dalam Pirajno 2009) alterasi pada daerah penelitian merupakan alterasi Argilik Lanjut yang memiliki kisaran suhu pembentukan 100-300° C dengan pH asam. Adapun kekurangan dalam hal ini adalah terkait data pendukung untuk mengetahui suhu pembentukan alterasi daerah penelitian.

Tabel 10. Kisaran suhu pembentukan Alterasi Argilik Lanjut (Pirajno, 2009)

Mineral	Temperatur (C)		
	100	200	300
Kuarsa		/	
Pirit	/	/	
Alunit	/	/	

Berdasarkan tipe-tipe alterasi yang telah dijelaskan dengan memperhatikan himpunan mineral penciri yang di dapatkan di lapangan dan komparasi terhadap data laboraotorium maka dapat disajikan peta alterasi daerah penelitian yang dapat di lihat pada (Gambar 45).



Gambar 45. Zona Alterasi Daerah Penelitian

5.3 Fase Alterasi

Berdasarkan himpunan mineral alterasi yang telah didapatkan setidaknya ada beberapa hal yang mengontrol terjadinya alterasi di daerah penelitian. Faktor pengontrol yang paling utama ialah terkait dengan adanya zona permeabilitas yang diikuti dengan perubahan kondisi suhu dari fluida hidrotermal yang memiliki komposisi fluida dan tingkat pH yang beragam sehingga mengubah batuan-batuan yang dilewati fluida hidrotermal melalui media zona permeabilitas berupa sesar. Alterasi yang terjadi juga dipengaruhi oleh komposisi batuan sampling yang dilalui oleh fluida hidrotermal.

Secara fase tektonik pembentukan alterasi pada daerah penelitian dapat terjadi melalui dua fase, yaitu fase pertama ialah fase pengangkatan dari pada pulau Sumatra pada umur oligosen miosen, dan fase kedua fase pensesaran yang terjadi setelah dari adanya proses pengangkatan. Terdistribusinya gaya tektonik regional yang bekerja menghasilkan berbagai efek rekahan sepanjang daerah penelitian, hal tersebut mengakibatkan cukup tingginya terjadinya alterasi. Rekahan tersebut dapat berbentuk rekahan-rekahan hasil dari gaya kompresional dan ekstensional yang sangat mengontrol dari keberadaan alterasi daerah penelitian. Rezim kompresional akan dicirikan dengan hadirnya pengkekanan yang kompleks dan ditunjukkan dengan kehadiran lebih dari satu jenis intrusi pada daerah penelitian sedangkan pada rezim ekstensional cenderung mendapatkan satu jenis intrusi berupa intrusi granodiorit.

Berdasarkan fase alterasinya secara genetik pada daerah penelitian dengan mempertimbangkan himpunan mineralnya dan pengaruh dari pada suhu dan pH maka daerah penelitian setidaknya mengalami empat fase alterasi. Fase pertama yaitu pembentukan alterasi serisitik yang merupakan tipe alterasi yang terbentuk dengan kedalaman yang paling dalam. Tipe alterasi serisitik merupakan tipe alterasi yang terjadi pada sistem urat dengan dengan mineral penciri berupa mineral serisit, albit, kuarsa, mineral opaq terbentuk pada suhu 250-360°C. Fase alterasi berikutnya yang terbentuk ialah alterasi argilik ditandai dengan kehadiran mineral lempung yang terbentuk pada suhu 100-300°C, mineral yang hadir berupa kaolinit-ilit-kuarsa. Kemudian fase berikutnya alterasi argilik lanjut yang disebabkan oleh adanya sistem penguapan sehingga terjadinya dehidrasi

dari kaolinit membentuk alunit. Fase terakhir ialah pembentukan tipe alterasi propilitik yang merupakan jenis alterasi terluar dalam sistem (Buchanan, 1981) dengan suhu pembentukan berkisar 200-300°C dengan mineral penciri berupa klorit-kalsit-smektit-montmorilonit dan mineral opa. q.

Tabel 11. Fase Alterasi Daerah Penelitian

Mineral	Temperatur(C)			
	400			100
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Serisit	-----			
Kuarsa	-----	-----	-----	-----
Pirit	-----	-----	-----	-----
Kaolinit		-----	-----	-----
Illit		-----	-----	-----
Klorit	-----	-----	-----	-----
Kalsit		-----	-----	-----
Smektit		-----	-----	-----
Montmorilonit		-----	-----	-----
Albit		-----	-----	-----
Alunit		-----	-----	-----

Keterangan :

———— : Suhu Pembentukan - - - : Suhu Pembentukan Diperkirakan

5.4 Intensitas Alterasi

Mineral alterasi merupakan mineral-mineral sekunder yang hadir pada suatu batuan, mineral sekunder memiliki arti mineral yang hadir selain yang terdapat pada reaksi Bowen. Kehadiran mineral alterasi dapat diketahui secara megaskopis, akan tetapi untuk mendapatkan hasil yang lebih detail dan dapat mencerminkan batuan asalnya maka dilakukannya analisis petrografi. Selain itu, analisis yang juga dapat dilakukan ialah analisis *X-Ray Diffraction (XRD)* untuk mengetahui mineral alterasi lempung.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, batuan yang mengalami alterasi adalah batuan granodiorit. Kehadiran mineral alterasi yang ditemukan berupa Kuarsa sekunder-Kaolinite-Illite-Smectite-Montmorilonit-Klorit-Serisit dan mineral Opaq serta kehadiran urat kuarsa yang cukup banyak pada beberapa lokasi pengamatan.

Berdasarkan Hasil petrografi menunjukkan bahwa pada daerah penelitian telah mengalami alterasi dengan intensitas yang cukup bervariasi dengan

intensitas teralterasi sedang hingga total. Intensitas sedang ditunjukkan dengan perubahan yang terjadi sebesar 25-75% dari volume batuan sedangkan batuan yang telah mengalami alterasi secara total memiliki arti terubahnya mineral primer secara keseluruhan sehingga pada sayatan petrografi sulit untuk diketahui batuan asalnya, seperti yang ditunjukkan pada tipe alterasi argilik dengan mineral alterasi berupa smectite-montmorillonite, dan illite.

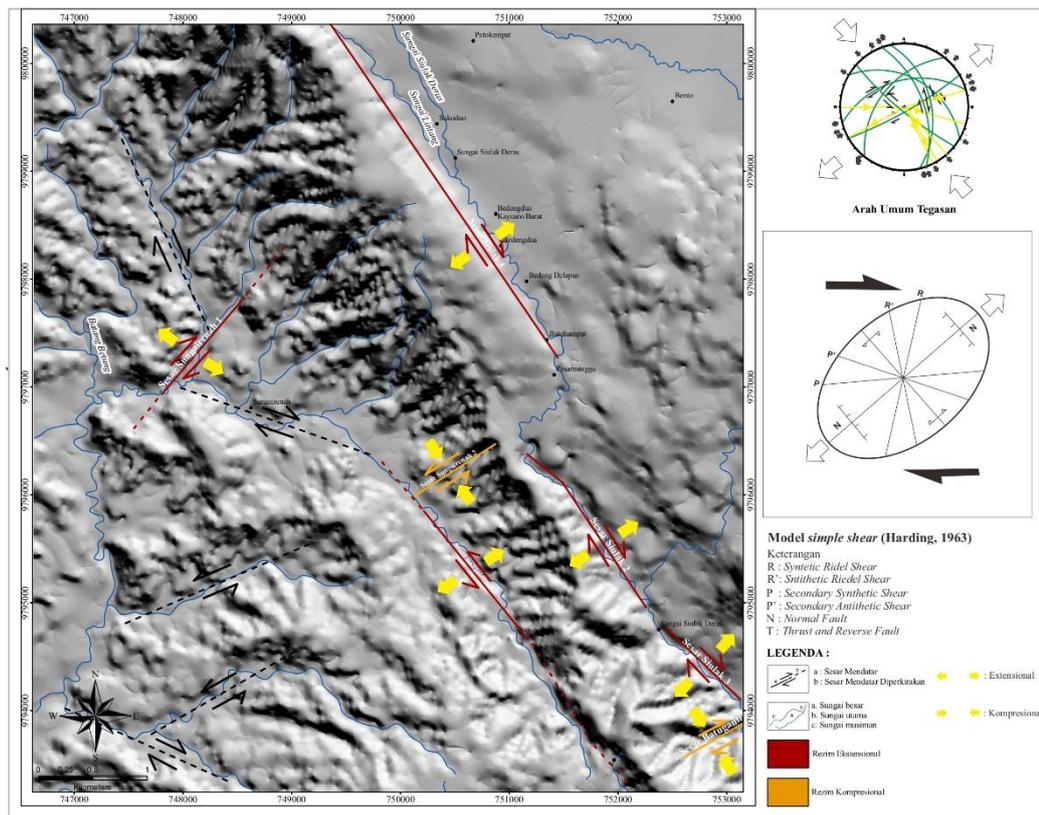
Mineral-mineral yang ditemukan umumnya ialah mineral kuarsa sekunder yang secara dominan hadir berdasarkan petrografi dan *X-ray Diffraction* (XRD). Selain itu, mineral klorit yang hadir sebagai hasil dari pergantian mineral mafik seperti hornblend dan biotit. Klorit merupakan mineral yang paling banyak ditemukan dalam alterasi. Mineral epidot juga terdapat pada beberapa lokasi penelitian yang hadir sebagai alterasi dari plagioklas. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa intensitas alterasi daerah penelitian pada umumnya sedang dan pada beberapa lokasi pengamatan mengalami alterasi yang total dikarenakan keberadaannya di kontrol oleh struktur dengan rezim kompresi sehingga batuan mengalami alterasi secara total.

5.5 Hubungan Struktur dan Alterasi

Berdasarkan pada data-data struktur yang didapatkan di lapangan maka struktur sesar yang saling berpotongan menjadi jalur keluarnya fluida hidrotermal. Kehadiran struktur geologi berupa kekar dan sesar pada daerah penelitian dikarenakan secara tektonik daerah penelitian berada zona konvergen dan kompresi dari samudra hindia terhadap bagian barat pulau Sumatra. Secara struktur geologi daerah penelitian dikontrol oleh sesar-sesar yang bergerak mendatar.

Berdasarkan fase struktur pada daerah penelitian, keberadaan alterasi di kontrol oleh sesar-sesar yang berarah Baratlaut-Tenggara, Baratdaya Timurlaut, dan Barat-Timur. Perpotongan struktur regional (segmen Siulak) yang berarah Baratlaut-Tenggara oleh sesar yang berarah Barat-Timur seperti yang ditunjukkan pada orientasi sesar Batuganti menghasilkan fluida hidrotermal dengan suhu tinggi dengan kehadiran mineral serisit sebagai penciri utama yang terbentuk pada suhu 270°-360°C dengan intensitas alterasi sedang dengan perubahan mineral primer 25-75% dari volume total batuan. Alterasi daerah

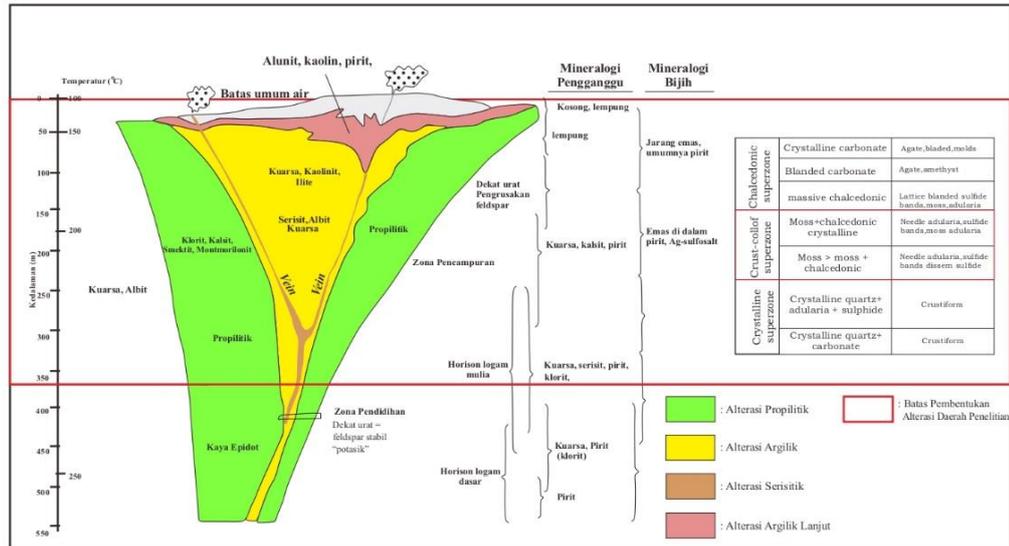
penelitian juga di kontrol oleh fase struktur beorientasi Timurlaut-Baratdaya yang hadir secara tegak lurus terhadap sesar regional. Berdasarkan rezim tektoniknya sesar berarah Timurlaut-Baratdaya pada Sesar Sungai Renah 1 merupakan sesar dengan rezim ekstensional yang merupakan fase rezim ekstensional berikutnya setelah pembentukan sesar regional. Sesar tersebut menghasilkan alterasi dengan fluida hidrotermal yang memiliki kisaran suhu $150^{\circ} - 240^{\circ}$ intensitas total dengan tidak terlihatnya tekstur pada mineral primer. Daerah perpotongan sesar menjadi zona lemah yang dikontrol oleh gaya kompresional sehingga menyebabkan alterasi terjadi cukup kuat dan asosiasi kehadiran mineral yang beragam.



Gambar 46. Rezim Tektonik Daerah Penelitian

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan dengan melihat himpunan mineral yang terdapat pada daerah penelitian yang kehadirannya dihubungkan terhadap sesar yang mengontrol keberadaan alterasi. Maka dapat dibuat pemodelan dari alterasi pada daerah penelitian yang mengacu kepada tipe alterasi sistem Buchanan (1981) yang dapat di lihat pada (Gambar 47).

Pemodelan tersebut menjelaskan hubungan kehadiran mineral alterasi terhadap suhu dan kedalamannya yang berasosiasi terhadap kehadiran mineral. Pada pemodelan dapat dilihat alterasi yang terbentuk paling awal pada daerah penelitian merupakan alterasi serisitik yang berada pada sistem urat, dengan penurunan suhu dan kedalaman maka terbentuk alterasi dengan suhu pembentukan yang lebih rendah dan semakin dekat dengan permukaan.



Gambar 47. Pemodelan Zona Alterasi Daerah Penelitian