

BAB 5

ALTERASI DAN MINERALISASI PADA DAERAH PENELITIAN

5.1 Zona Alterasi Daerah Penelitian

Daerah penelitian merupakan daerah yang telah mengalami proses alterasi dan mineralisasi. Proses tersebut mengakibatkan adanya perubahan fisik maupun kimia pada batuan yang ada pada daerah penelitian. Alterasi dan mineralisasi yang terjadi pada daerah penelitian dapat diamati secara megaskopis pada batuan ataupun secara mikroskopis dengan analisis petrografi, analisis XRF, dan analisis ASD.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di daerah penelitian, dapat dijumpai indikasi adanya alterasi yang berkaitan dengan intrusi granit berupa perubahan warna, komposisi batuan, dan pengisian urat. Pengelompokan mineral ubahan mengacu pada temperatur mineral ubahan menurut Lawless, 1995. Zona ubahan yang terbentuk pada daerah penelitian terbagi menjadi tiga zona ubahan yaitu :

5.1.1. Zona Kuarsa \pm Biotit \pm Serisit \pm Klorit

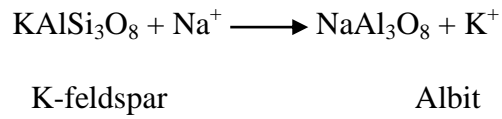
Zona alterasi ini meliputi 35% dari luas penelitian. Batuan yang telah mengalami ubahan ini berada dibagian barat dan timur daerah penelitian. Batuan yang ada pada zona alterasi ini secara megaskopis memiliki warna abu-abu sampai abu-abu kecoklatan dan ditemukan *vein* kuarsa yang mengisi rekahan pada batuan (Gambar 5.1). Deformasi terlihat dengan adanya kekar-kekar yang intensif pada batuan.



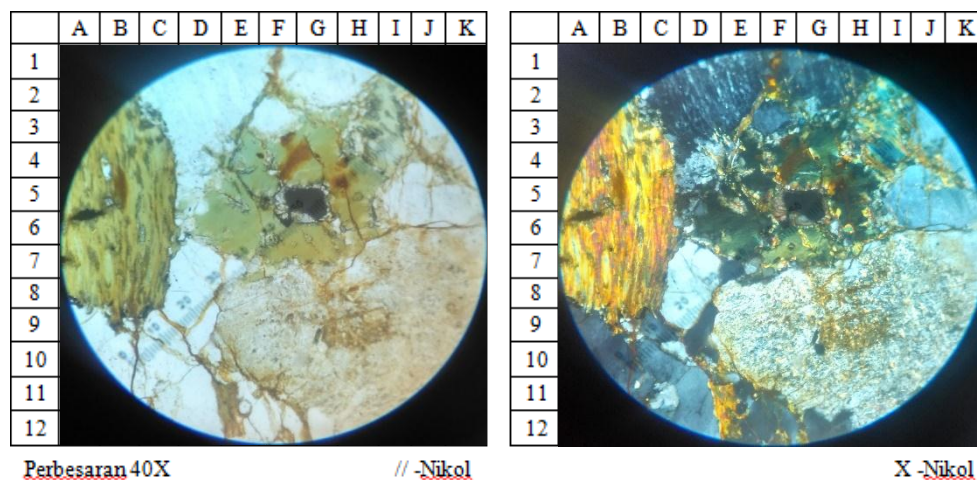
Gambar 5.1. (a) Singkapan granit pada stopsite WM 18.4 (b) Singkapan granit pada stopsite WM 18.4 yang terdapat *vein* kuarsa.

Secara mikroskopis pada granit di *stopsite* WM 18.4 telah mengalami proses ubahan dengan ditandainya adanya tekstur *perthite*, dan terdapat mineral serisit dan klorit serta kuarsa. Mineral serisit biasanya bersamaan dengan mineral K-feldspar dengan tekstur penggantian berupa tekstur *perthite* pada bagian batas mineral. Pada sayatan lain juga ditemukan tekstur *perthite* yaitu pada sayatan WM 20.12 (Gambar 5.2.).

Tekstur *perthite* pada sayatan WM 18.4 dan WM 20.12 merupakan hasil dari proses Na-metasomatisme. Proses ini terjadi pada fase magmatik akhir dimana larutan sisa hasil pembekuan magma yang kaya akan unsur volatil mengikat Na^+ , kemudian larutan sisa pembekuan magma yang kaya akan unsur volatil dan Na^+ bereaksi dengan granit yang telah terbentuk dan kemudian mengubah mineral K-feldspar pada granit. Proses pengubahan mineral K-feldspar oleh larutan sisa magma yang kaya akan Na^+ terjadi dengan cara mensubstitusi kation Na^+ dengan kation K^+ .



Proses penggantian kation Na^+ dengan kation K^+ secara petrografis dapat terlihat dengan adanya inklusi mineral albit pada mineral K-feldspar. Proses ini menyebabkan terbentuknya tekstur yang nampak seperti papan catur yang berwarna hitam dan putih atau sering disebut sebagai *chessboard texture*. Na-metasomatisme biasanya disertai dengan proses H-metasomatisme awal yang dicirikan dengan kehadiran mineral serisit yang hadir pada sayatan ini. Proses ini menunjukkan bahwa Na-metasomatisme biasanya dilanjutkan dengan proses H-metasomatisme.



Gambar 5.2. Sayatan petrografi pada sayatan WM 20.12 yang memperlihatkan adanya tekstur *perthite* (D2).

Mineral-mineral ubahan yang terdapat pada zonasi ini diplot pada tabel temperatur pembentukan mineral klasifikasi Lawless, 1995. Seperti terlihat pada tabel 5.1. dibawah ini.

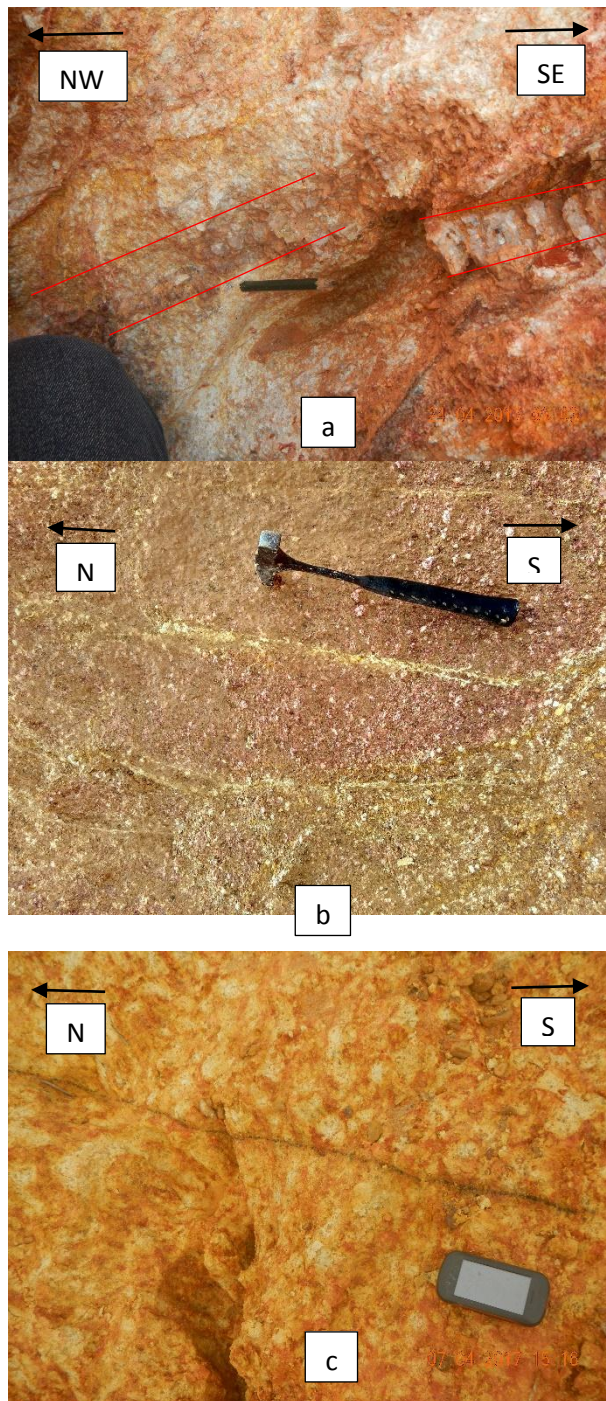
Tabel 5.1. Kisaran temperatur mineral alterasi pada Zona Kuarsa ± Serisit ± Biotit ± Klorit

Mineral	Temperatur						
	50	100	150	200	250	300	350
Kuarsa	—	—	—	—	—	—	—
Biotit							—
Serisit					—	—	—
Klorit			—	—	—	—	—

Maka berdasarkan kisaran temperatur mineral alterasi diatas dapat diketahui bahwa pembentukan mineral alterasi pada zona ini terjadi pada kisaran temperatur 300°C – 360°C. Zona alterasi ini disetarakan dengan zona alterasi albitisasi (Kinnaird,1985 dalam Pirajno, 2009).

5.1.2 Zona Kuarsa ± Hematit ± Kaolinit ± Geotit ± Turmalin ±Muscovit

Zona alterasi ini meliputi 25% dari luas penelitian. Batuan yang telah mengalami ubahan ini berada dibagian utara daerah penelitian. Batuan yang ada pada zona alterasi ini secara megaskopis memiliki warna putih kekuningan sampai putih kemerahan dan ditemukan urat kuarsa, urat K-feldspard dan urat turmalin yang mengisi rekahan pada batuan (Gambar 5.3). Secara megaskopis urat kuarsa yang dijumpai memiliki ketebalan antara 1-3 cm dan urat K-feldspar dengan tebal berkisar antara 0,5-1 cm serta urat turmalin dengan tebal berkisar 0,5-1 cm.



Gambar 5.3. (a). Singkapan *coarse grained granit* di lokasi WM 12.4 dengan urat kuarsa yang terpotong; (b). Singkapan dengan urat K-feldspard di lokasi WM 6.6; (c). Singkapan dengan urat turmalin di lokasi WM 12.8.

Pada analisis ASD dari zona ini terlihat hadirnya beberapa mineral yaitu mineral kuarsa, hematit, turmalin, kaolinit, geotit dan muscovit (Tabel 5.2). Melimpahnya mineral kuarsa pada zona ini merupakan hasil proses silisifikasi yang terjadi pada batuan sampling dalam sistem greisen. Proses silisifikasi terjadi pada saat adanya larutan yang kaya akan silika yang berasal dari larutan sisa pembekuan magma yang bereaksi dengan batuan sampling. Silisifikasi dapat terjadi selama dan setelah proses greisenisasi dan ditunjukkan dengan mineral penyusun yang tergantikan oleh mineral kuarsa secara intensif.

Tabel 5.2. Hasil analisis ASD pada zona kuarsa \pm hematit \pm kaolinit \pm geotit \pm turmalin \pm muscovit

No	Kode Sample	<i>Assamblage mineral</i>
1	WM 1.3	Hematit, Kaolinit, Geotit, Muscovit
2	WM 1.4	Hematit
3	WM 12.2	Hematit, Kaolinit
4	WM 12.4	Hematit, Kaolinit
5	WM 12.7	Hematit, Kaolinit, Geotit, Turmalin
6	WM 6.3	Hematit, Kaolinit
7	WM 10.9	Kaolinit, Muscovit

Mineral-mineral ubahan yang terdapat pada zonasi ini diplot pada tabel temperatur pembentukan mineral klasifikasi Lawless, 1995. Seperti terlihat pada tabel 5.3. dibawah ini.

Tabel 5.3. Kisaran temperatur mineral alterasi pada Zona kuarsa ± hematit ± kaolinit ± geotit ± turmalin ± muscovit

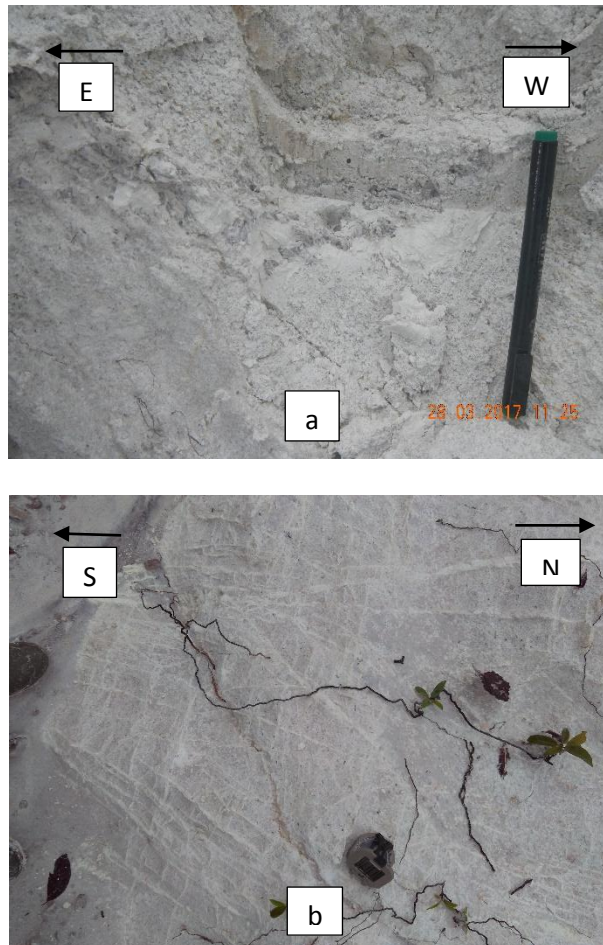
Mineral	Temperatur									
	50		100		150		200		250	
Kuarsa										
Hematit										
Kaolinit										
Geotit										
Muscovit										

Maka berdasarkan kisaran temperatur mineral alterasi diatas dapat diketahui bahwa pembentukan mineral alterasi pada zona ini terjadi pada kisaran temperatur 200°C – 250°C. Zona alterasi ini disetarakan dengan zona alterasi silisifikasi (Kinnaird,1985 dalam Pirajno, 2009).

5.1.3 Zona Kuarsa ± Halloysite ± Kaolinit ± Illite

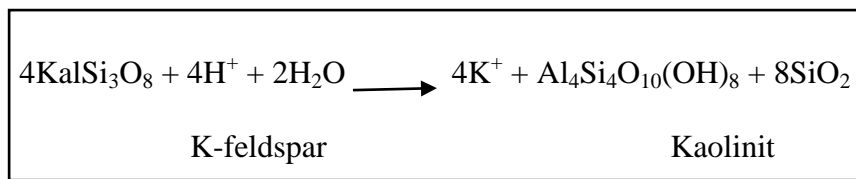
Zona alterasi ini meliputi 35% dari luas penelitian. Batuan yang telah mengalami ubahan ini berada dibagian selatan daerah penelitian. Batuan yang ada pada zona alterasi ini secara megaskopis memiliki warna putih keabuan dan ditemukan urat kuarsa, serta urat K-feldspard yang mengisi rekahan pada batuan (Gambar 5.4). Secara megaskopis urat kuarsa yang dijumpai memiliki ketebalan antara 0,5-1 cm dan vein K-feldspar dengan tebal berkisar antara 0,5-1,5 cm.

Mineral lempung pada zona ini berupa kaolinit yang terlihat berwarna putih cerah serta butiran-butiran kuarsa juga dijumpai disekitar lokasi pengamatan. Hal ini disebabkan adanya pengaruh proses pelapukan yang cukup intensif.



Gambar 5.4. (a). Singkapan *coarse grained granit* di lokasi WM 7.3 yang berubah menjadi kaolinit dan terdapat *vein* kuarsa; (b). Singkapan di lokasi WM 10.7 yang berubah menjadi kaolinit dan terdapat *vein* K-feldspar.

Mineral kaolinit yang ditemukan merupakan hasil proses mikroklinisasi yang terjadi pada batuan sampling dalam sistem greisen. Dimana proses ini mineral K-feldspard telah mengalami proses kaolinisasi sehingga berubah menjadi mineral kaolinit. Proses ini dapat digunakan sebagai indikasi adanya pengaruh air meteorik yang semakin dominan.



Zona Kuarsa ± Halloysite ± Kaolinit ± Illite ini disetarakan dengan zona alterasi kaolinisasi atau dalam skema disetarakan dengan zona mikroklinisasi yang dicirikan oleh kehadiran mineral lempung kaolinit yang dapat dihasilkan dari ubahan mineral K-feldspard. Dimana zona ini terbentuk pada fase *post-magmatic*. Pada analisis ASD dari zona ini terlihat hadirnya beberapa mineral yaitu mineral kuarsa, halloysite, kaolinit, dan illit (Tabel 5.4).

Tabel 5.4. Hasil analisis ASD pada zona kuarsa ± kaolinit ± halloysite ± illite

No	Kode Sample	<i>Assamblage</i> mineral
1	WM 9.4	Kaolinit, Halloysite
2	WM 12.5	Halloysite
3	WM 12.6	Halloysite
4	WM 20.9	Halloysite
5	WM 8.1	Halloysite
6	WM 11.1	Halloysite
7	WM 13.3	Kaolinit, Halloysite
8	WM 16.2	Kaolinit, Halloysite
9	WM 12.7	Kaolinit, Illite

Mineral-mineral ubahan yang terdapat pada zonasi ini diplot pada tabel temperatur pembentukan mineral klasifikasi Lawless, 1995. Seperti terlihat pada tabel 5.5. dibawah ini.

Tabel 5.5. Kisaran temperatur mineral alterasi pada Zona kuarsa \pm halloysite \pm kaolinit \pm illite

Mineral	Temperatur					
	50	100	150	200	250	300
Kuarsa	—	—		—	—	—
Halloysite		—				
Kaolinit	—	—		—		
Illite				—	—	

Maka berdasarkan kisaran temperatur mineral alterasi diatas dapat diketahui bahwa pembentukan mineral alterasi pada zona ini terjadi pada kisaran temperatur 150°C – 200°C. Zona alterasi ini disetarakan dengan zona alterasi mikroklinisasi (Kinnaird,1985 dalam Pirajno, 2009).

5.2. Mineralisasi Daerah Penelitian

Pulau Bangka termasuk kedalam lanjutan zona mineralisasi timah dari Malaysia dan Thailand. Pada daerah penelitian mineralisasi utamanya adalah timah primer yang berasosiasi dengan tubuh intrusi granit. Umumnya keterdapatan bijih timah primer dapat berupa urat disamping itu juga ada dalam bentuk bijih yang tersebar (*disseminated*), greisen dan urat yang tidak beraturan, sedangkan pada daerah penelitian mineralisasi ditemukan dalam urat (*vein*). Mineralisasi yang terdapat pada daerah penelitian adalah mineral bijih timah yang dibawa oleh mineral kasiterit (SnO_2).

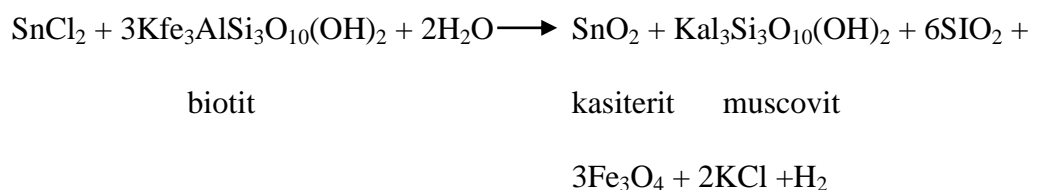
Mineralisasi timah pada daerah penelitian ditemukan dalam bentuk urat, yaitu urat kuarsa yang berasosiasi dengan urat turmalin dan mineral kasiterit yang

merupakan mineral logam yang tersusun atas senyawa kimia oksida SnO_2 . Mineral pembawa timah ini ditemukan pada satuan *coarse grained granit*. Mineral kasiterit secara megaskopis (Gambar 5.5.) memiliki kenampakan berwarna hitam dengan kilap logam berasosiasi dengan mineral kuarsa dan turmalin yang mengisi rekahan. Sedangkan berdasarkan hasil analisis XRF mineral pembawa timah ini ditemukan pada beberapa lokasi pengamatan (Tabel 5.6).



Gambar 5.5. Kenampakan mineral kasiterit yang telah didulang oleh para penambang

Mineral kasiterit ini diperoleh dari reaksi antara mineral biotit dengan SnCl_2 dan air yang merubah ikatan SnCl_2 membentuk mineral kasiterit dan muskovit seperti reaksi kimia dibawah ini. Sehingga mineral kasiterit ini akan berasosiasi dengan mineral muskovit dan kuarsa.



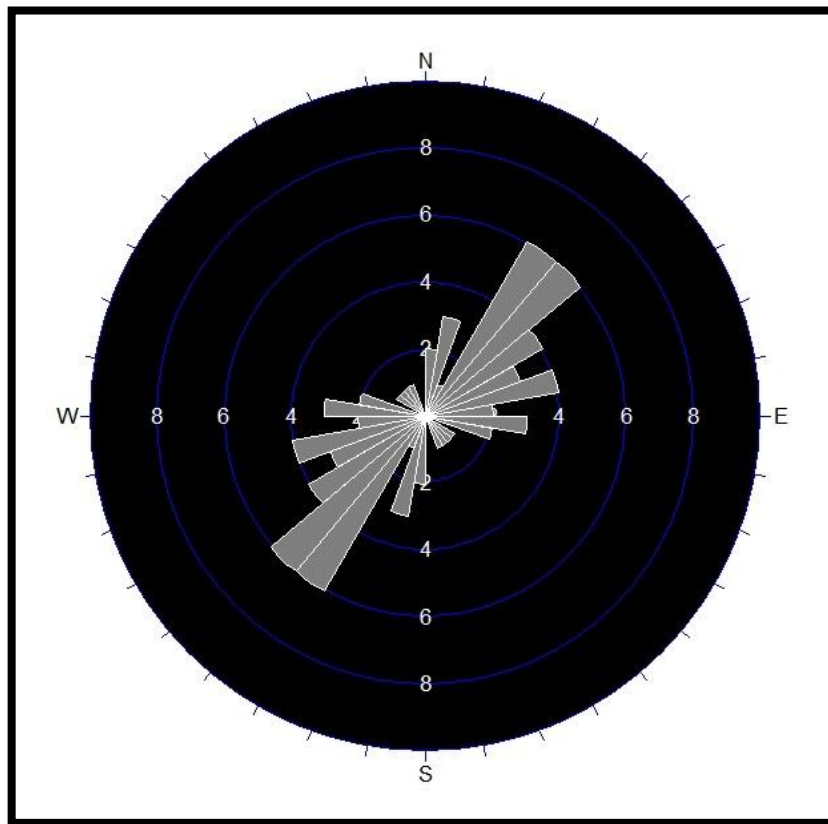
Tabel 5.6. Hasil analisis XRF pada lokasi penelitian

No	Daerah	Kode	Ti	Fe	Cu	As	Y	Zr	Pb	Sn	U	Th	Ce	Zn	Tanggal Analisa
			(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	
1	Air Nyato, Belinyu	WM 9.3	0.0452	0.4585	-	-	21	186	39	0.016	14	85	-	35	17 Mei 2017
2		WM 1.4	0.0742	1.763	123	45	-	193	-	0.0145	-	121	-	407	
3		WM 1.3	0.1365	3.7787	-	113	-	323	15	0.0314	15	159	-	42	
4		WM 12.1	0.0723	0.8809	-	317	15	120	102	0.0183	-	66	-	55	
5		WM 6.6	0.2004	3.0772	145	384	54	157	2151	0.0201	-	128	-	66	
6		WM 3.14	0.0296	0.4472	-	-	15	174	-	0.0147	-	48	-	-	
7		WM 11.1	0.0924	0.4308	108	-	12	316	28	0.0136	-	52	-	-	
8		WM 2.7	0.0856	1.3021	-	-	51	247	149	0.0158	-	77	-	59	
9		WM 2.5	0.0489	0.4178	-	-	28	215	-	0.0172	-	54	-	-	
10		WM 13.11	0.1387	0.4556	83	20	44	746	31	0.016	21	77	-	51	
11		WM 16.1	0.0693	0.7604	101	-	-	317	82	0.0149	-	96	-	78	
12		WM 17.2	0.0776	0.4974	-	-	23	311	33	0.0164	-	91	-	46	
13		WM 3.9	0.1059	1.8038	-	-	26	207	65	0.0141	18	63	-	55	18 mei 2017
14		WM 18.1	0.0782	0.5970	-	-	47	104	40	0.0174	-	27	-	-	
15		WM 18.5	0.0867	1.6848	171	-	83	73	139	0.0143	24	28	-	131	
16		WM 6.5	0.1044	0.3794	-	95	28	111	66	0.0149	26	46	-	-	
17		WM 13.5	0.1276	2.6005	-	-	25	318	41	0.0154	29	127	288	103	
18		WM 1.3a	0.904	1.3547	567	-	23	187	102	0.0140	35	47	-	336	
19		WM 21.2a	0.0745	0.2161	-	33	36	111	48	0.0133	27	20	-	-	
20		WM 21.2b	0.0532	0.8050	-	-	37	69	57	0.0124	22	35	-	-	

5.3. Karakteristik Arah Urat

Urat-urat yang ditemukan pada daerah penelitian memiliki ketebalan yang berkisar antara 0,5-5cm dengan pengisian oleh kuarsa, K-feldspard dan turmalin.

Pengolahan data arah urat berdasarkan diagram roset (Gambar 5.6).

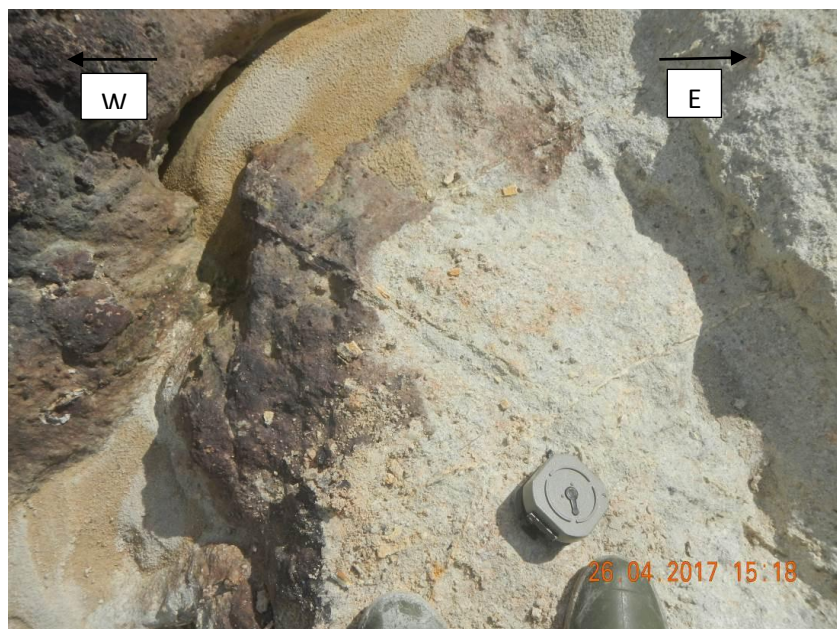


Gambar 5.6. Diagram roset arah urat dominan pada daerah penelitian

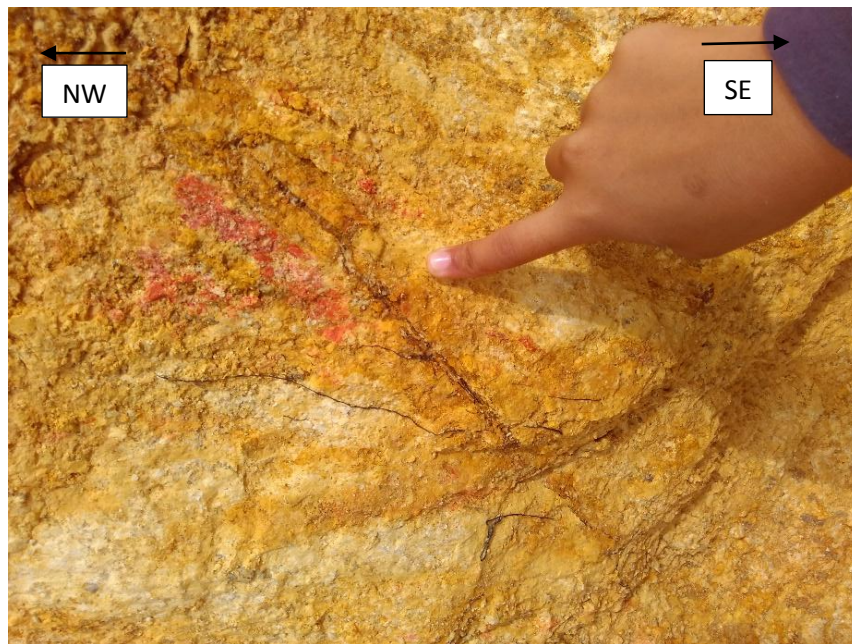
Urat-urat tersebut memiliki arah dominan Timur Laut – Barat Daya. Urat ini tersebar hampir merata pada setiap zona alterasi. Urat-urat tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut : urat kuarsa, tebal 1 cm – 5 cm, putih bening, kristalin, dibeberapa urat ada yang sudah teroksidasi Fe (Gambar 5.7). Urat K-feldspard tebal 0,5 cm – 2,5 cm, berwarna putih dan lapuk (Gambar 5.8). Urat turmalin tebal 0,5 cm – 1,5 cm, berwarna hitam dan lapuk (Gambar 5.9). Urat oksida tebal 0,5 cm – 3 cm, berwarna kuning kemerahan dan lapuk (Gambar 5.10).



Gambar 5.7. Singkapan dengan urat kuarsa yang berasosiasi dengan urat turmalin pada lokasi pengamatan WM 12.7



Gambar 5.8. Singkapan dengan urat K-feldspard pada lokasi pengamatan WM 1.5



Gambar 5.9. Singkapan dengan urat oksida pada lokasi pengamatan WM 1.3



Gambar 5.10. Singkapan dengan urat turmalin pada lokasi pengamatan WM 12.8

5.4. Paragenesa Mineral

Mineralisasi pada daerah penelitian antara lain adalah mineral kasiterit dan mineral oksida besi dengan beberapa mineral *gangue* seperti kuarsa, feldspard, muscovit dan klotit. Mineral-mineral ini dimasukkan kedalam tabel paragenesa mineral bijih dan *gangue* mineral (Tabel 5.7) untuk mengetahui hubungan mineral-mineral tersebut dengan tipe endapan mineral yang terkait.

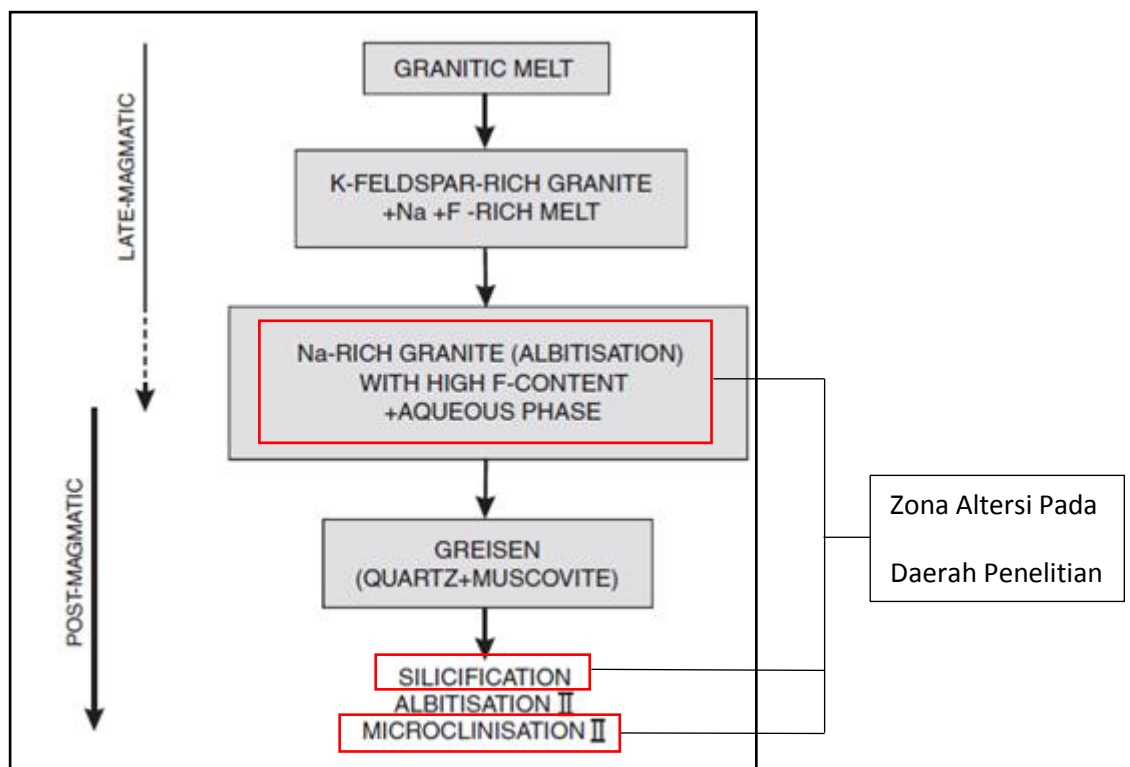
Tabel 5.7 Paragenesa mineral bijih dan *gangue* mineral (Stone dan Exley, 1985)

Paragenetic Stages	GREISEN VEINS	HYPOTHERMAL				MESOTHERMAL		EPITHERMAL	
		1	2	3	4	5a	5b	6	7
T°C of fluids inclusions		500 - 250				350 - 150		150 >	
Salinity of fluids Equiv. Wt% NaCl		40 - 8				10 - 0.1		- 25	
Gangue Minerals	Feldspar Muscovite Tourmaline	Quartz Chlorite Haematite Fluorite				Chalcedony Barites, Dolomite, Calcite			
Ore Minerals		Arsenopyrite Wolframite Cassiterite Molybdenite Specularite Scheelite Stannite Chalcopyrite Pyrite Sphalerite				Pitchblende Niccolite Smaltite Cobaltite Bismuthinite Argentite Galena		Tetrahedrite Boumonite Siderite Haematite Marcasite Jamesonite Sicnite	
Economically important elements		As W Sn Cu				U Ni Co Bi		Zn Ag Pb Fe Sb	
Typical form of emplacement	Sheeted veins, Stockworks, Fault - related fractures	Main Lodes, Caunter Lodes Fault - related veins, breccias, Stockworks and Carbonas				Lodes, Caunter Lodes, Faults Cross - Courses		Mainly Cross-Courses and Faults	
Wall - rock alteration		Greisenization Tourmalinization Silicification Feldspathization Chloritization Haematization							

Maka berdasarkan hasil plotting mineral-mineral yang terdapat pada daerah penelitian terhadap tabel paragenesa mineral diketahui bahwa mineralisasi pada daerah penelitian termasuk kedalam sistem endapan greisen-hipotermal.

5.5. Hubungan Alterasi Mineralisasi Daerah Penelitian dengan Sistem Greisen

Proses pembentukan zona alterasi pada daerah penelitian mengacu pada skema pembentukan endapan greisen (Gambar 5.11). Dari skema tersebut diketahui bahwa zona alterasi pada daerah penelitian terjadi pada fase *late magmatic – post magmatic*.



Gambar 5.11. Skema proses pembentukan endapan greisen (after Pollard, 1983 dalam Pirajno 2009)

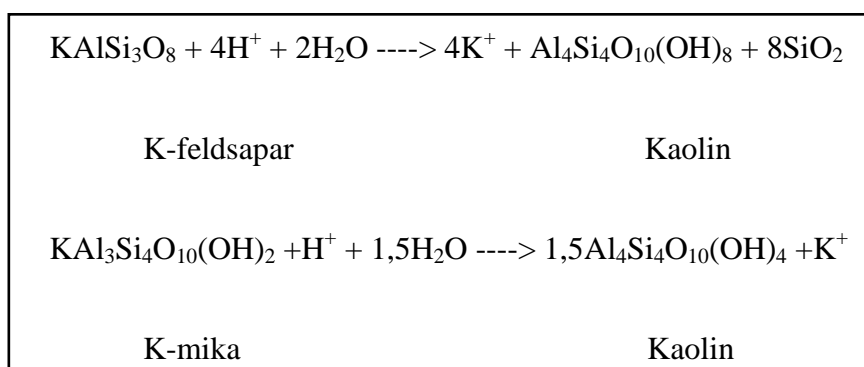
Mekanisme proses alterasi yang terjadi pada daerah penelitian diawali dengan proses magmatisme yang terjadi pada daerah penelitian yang menghasilkan intrusi granit. Ketika proses pembekuan magma berlangsung, larutan sisa pembekuan magma dari granit yang menerobos satuan *coarse grained granit* membentuk sistem greisen pada kupola dan juga membentuk sistem urat pada batuan samping. Pollard (1983) menjelaskan bahwa alterasi yang umumnya berkaitan dengan pembentukan sistem endapan greisen yaitu albitisasi dan atau mikroklinisasi I, greisen dan silisifikasi yang disertai dengan albitisasi dan mikroklinisasi tahap kedua.

Zona alterasi kuarsa \pm biotit \pm serisit \pm klorit disetarakan dengan zona albitisasi yang dicirikan oleh kenampakan tekstur *perthite* yang menandakan adanya pertumbuhan bersama kristal K-feldspard dan plagioklas yang terjadi karena proses penggantian ion K oleh ion Na. Proses ini disebut sebagai pengkayaan Na dan terjadi pada fase *late magmatic*.

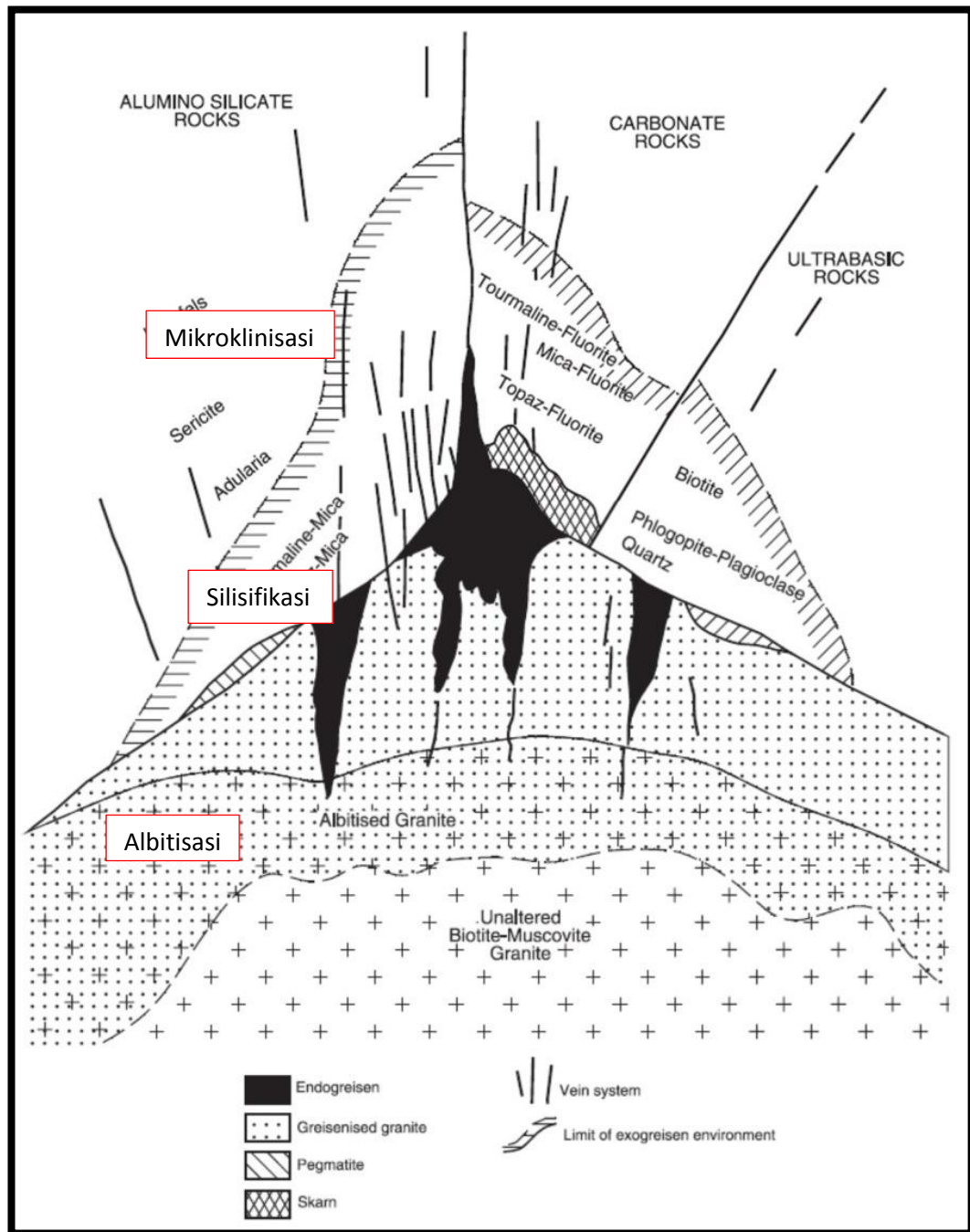
Zona alterasi kuarsa \pm hematit \pm kaolinit \pm geotit \pm turmalin \pm muscovit disetarakan dengan zona silisifikasi yang terbentuk karena adanya pengkayaan silika oleh fluida hidrotermal yang masuk melalui rekahan akibat adanya struktur. Proses alterasi ini terjadi pada fase *post magmatic*, berada pada sistem eksogreisen dimana larutan hidrotermal berperan sangat penting dalam sistem ini. Dimana proses penambahan ion H^+ yang mengakibatkan alterasi pada K-feldspard membentuk kuarsa, muskovit dan turmalin. Silisifikasi biasanya terjadi selama

dan setelah greisenisasi, dan dicirikan dengan penggantian kelimpahan dari mineral kuarsa secara intens.

Zona kuarsa ± halloysite ± kaolinit ± illite disetarakan dengan zona kaolinisasi atau pada skema disetarakan dengan zona mikroklinisasi yang dicirikan oleh kehadiran mineral lempung kaolinit yang dapat dihasilkan dari ubahan mineral feldspard. Zona ini terbentuk pada fase *post magmatic* dimana alterasi ini menghasilkan banyak mineral K-feldspard. Mineral ini dihasilkan dari larutan sisa yang kaya akan K^+ dan SiO_2 . Kation dan senyawa tersebut terakumulasi dari hasil sisa alterasi mineral di dalam proses greisenisasi yang terjadi sebelum fase ini, alterasi ini mengisi rekahan rekahan pada tubuh intrusi granit dan juga menyebar di dalam tubuh intrusi granit (*disseminated*). Karena proses pelapukan yang begitu intensif maka sekarang mineral hasil altersi tersebut dijumpai telah berubah menjadi kaolin. K-feldspar menjadi Kaolin secara kimia memiliki reaksi sebagai berikut :



Kemudian perkiraan posisi endapan alterasi dan mineralisasi daerah penelitian dibandingkan berdasarkan model tipe endapan greisen (Scherba, 1970 dalam Pirajno, 2009) (Gambar 5.12).



Gambar 5.12. Perkiraan posisi endapan alterasi dan mineralisasi daerah penelitian, mengikuti model tipe endapan greisen (Shcherba, 1970 dalam Pirajno, 2009)