

BAB II

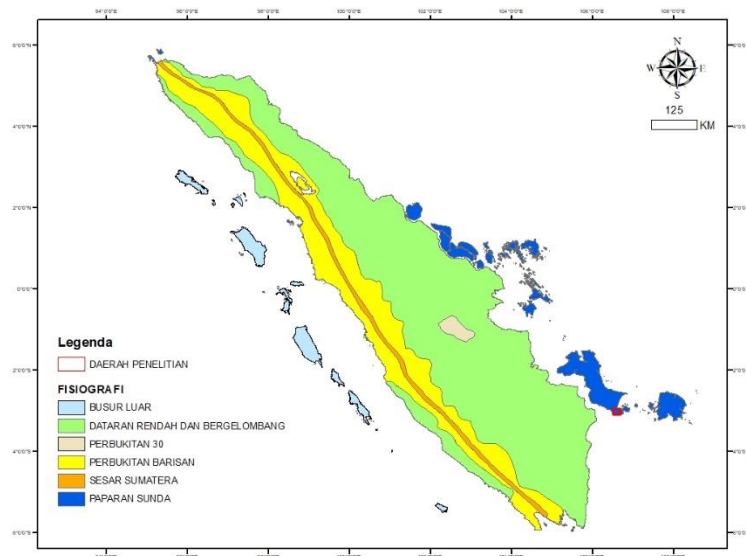
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

2.1.1 Fisiografi

Secara fisiografi Pulau Bangka merupakan pulau terbesar pada Paparan Sunda (Van Bemmelen, 1970) daratan umumnya berupa dataran denudasional dengan setempat-setempat dijumpai bukit-bukit sisa erosi. Batuan beku granit umumnya sebagai batuan pembentuk bukit-bukit tersebut sebagai bagian dari tubuh pluton batuan beku. Secara fisiografi daerah merupakan bagian dari jalur timah Asia Tenggara (*tin belt*) membentang dari selatan Cina, Myanmar, Thailand, Malaysia, terus ke selatan dan berakhir di Indonesia yaitu Pulau Kundur, Pulau Singkep, Pulau Bangka Belitung, hingga Kalimantan Barat.

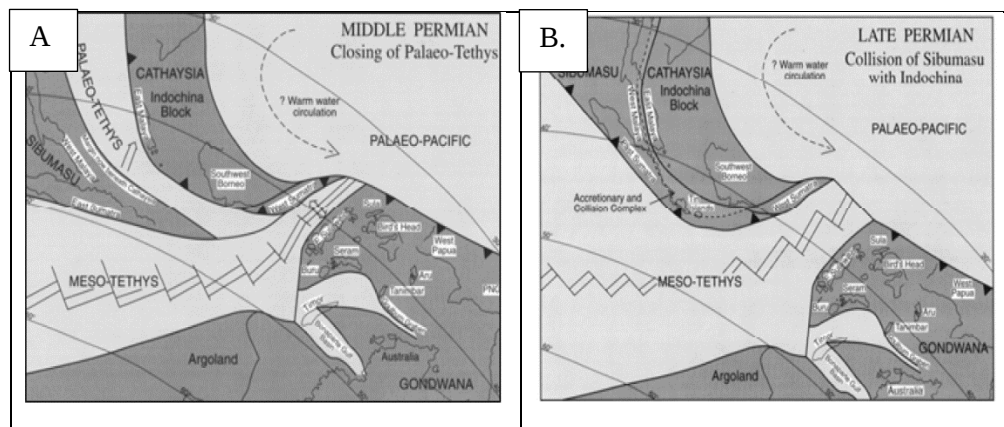
Van Bemmelen (1949) Pulau Bangka, Pulau Belitung, Pulau Bawian, Kepulauan Natuna, Kepulauan Anambas, Kepulauan Riau-Linga, Kepulauan Karimunjawa, Kepulauan Behara, Kepulauan Temberan dan Kari Bersama-sama, Kepulauan Mata termasuk dalam gugusan pulau-pulau di Kepulauan Sunda yang dulunya merupakan bagian Sunda daratan Indonesia (**Gambar 2**). Akibat proses peneplainasi berkepanjangan, banyak dataran tinggi mengalami pelapukan dan erosi. Proses naik turunnya permukaan laut pada zaman kuartar mengakibatkan gugusan pulau ini terpisah oleh perairan dangkal.



Gambar 2. Fisiografi Pulau Sumatera dan Pulau Bangka Belitung Modifikasi dari Van Bemmelen (1949)

2.1.2 Tektonik

Mula-mula sebelum terjadinya tumbukan, posisi Lempeng Sibumasu dan Lempeng Indochina dipisahkan oleh Paleo-Tethys (lempeng samudera). Pada Permian tengah hingga Akhir, Lempeng Sibumasu bergerak mendekati Lempeng Indochina (**Gambar 3 bagian A**), seiring pergerakan lempeng tersebut terjadi subduksi Paleo-Tethys terhadap Lempeng Indochina. Proses subduksi ini terus berlangsung hingga Permian Akhir, akibatnya luasan Paleo-Tethys semakin berkurang dan Lempeng Sibumasu bergerak makin mendekati Lempeng Indochina. Proses subduksi berubah menjadi kolisi Lempeng Sibumasu terhadap Lempeng Indochina (**Gambar 3 bagian B**).



Gambar 3. A. Tumbukan antara Lempeng Sibumasu dan Lempeng Indochina, B. Lempeng Sibumasu dipisahkan oleh paleo Thetys (Barber dkk., 2005)

Setijadji dkk. (2014) mengemukakan bahwa pada saat proses tumbukan, pulau-pulau penghasil timah di Indonesia berada pada sepanjang Zona Suture Bentong-Raub. Zona Suture Bentong-Raub adalah sisa-sisa deformasi yang dikenal dari kompleks akresi yang membentang di sepanjang Semenanjung Melayu melalui pulau timah Indonesia, terkait subduksi dan penutupan Paleo-Tethys, diikuti oleh tabrakan benua selama Trias Jura Awal.

Pulau Bangka pada mula Paleozoik berhubungan erat dengan tektonik yang membentuk Semenanjung Malaya dan umumnya terrane Asia Tenggara (Sundaland) yang berasal dari Gondwana. Blok-blok benua yang membentuk Paparan Sunda meliputi Blok Malaya Timur, Indochina, Sibumasu, West Burma dan SW Borneo dari batas timur Gondwana seiring dengan terbukanya Paleo-Tethys selama Paleozoikum hingga Kenozoikum yang menghasilkan

tumbukan antara Sibumasu dan Malaya Timur-Indochina (Metcalf, 2000). Di Semenanjung Melayu, yang disebut Main (utama) Province Sabuk Granitoid Asia Tenggara yang terdiri dari granitoid *S-type* berumur Trias Akhir Juras Awal (Gasparon & Varne, 1995). Sementara itu, di sisi timur dari Suture Raub Bentong, granitoid didominasi oleh *I-type* yang usianya bervariasi dari Perm-Trias dan Kapur Atas, batuan ini secara kolektif diklasifikasikan sebagai sabuk Granitoid Province bagian Timur Asia Tenggara (Gasparon & Varne, 1995).

Barber dkk. (2005) menyatakan aktivitas tektonik Pulau Bangka dibagi, pertama waktu Perm dengan pembentukan Malihan Pemali, kedua Periode Trias Awal terjadi penurunan dan pengendapan Formasi Tanjunggending, ketiga Trias Akhir-Jura Akhir terjadi pengangkatan dan intrusi granit Klabat, selanjutnya setelah pengendapan Formasi Ranggam pada Miosen Akhir-Pleistosen Awal terjadi pengangkatan dan pendataran Kala Holosen.

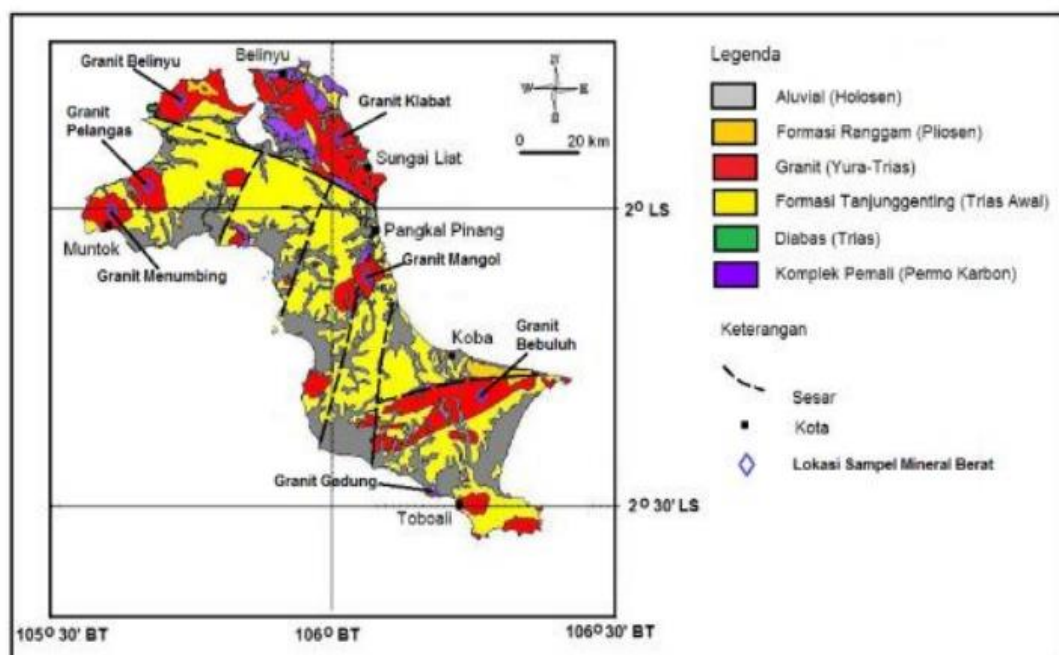
2.1.3 Stratigrafi

Margono dkk. (1995) secara stratigrafi regional, Pulau Bangka tersusun oleh beberapa formasi dari muda ke tua sebagai berikut (**Gambar 4**):

- a. **Alluvium (Qa)** berupa bongkah, kerakal, kerikil, pasir lempung dan gambut.
- b. **Formasi Ranggam (TQr)** merupakan perselingan batu pasir, batu lempung dan batu lempung tufan dengan sisipan tipis batu lanau dan bahan organik. Kandungan fosil yang dijumpai antara lain *moluska Amonia sp*, yang menunjukkan umur relatif tidak lebih tua dari Miosen akhir.
- c. **Granit Klabat (TrJkg)** berupa granit, granodiorit, adamelit, diorit dan diorit kuarsa, secara setempat dijumpai retas aplit dan pegmatid. Granit Klabat terkekarkan dan tersesarkan, serta menerobos diabas penyabung (PTrd). Formasi batuan menunjukkan umur 217 juta tahun (Trias akhir).
- d. **Formasi Tanjunggending (Trt)** terdiri dari perselingan batupasir malihan, batu pasir, batu pasir lempungan dan batu lempung dengan lensa batu gamping. Formasi Tanjunggending tersusun oleh batuan yang memiliki lapisan berlapis baik, terlipat kuat, terkekarkan dan tersesarkan. Di dalam batu gamping dijumpai fosil *Entrocos sp*, dan *Encrinus sp*, fosil ini menunjukkan umur Trias, dengan lingkungan pengendapan diperkirakan

laut dangkal. Lokasi tipe dapat dikorelasikan dengan Formasi Bintan.

- e. **Diabas Penyabung (PTRd)** berupa diabas, terkekarkan dan tersesarkan, diterobos oleh granit klabat (TrJkg) dan menerobos Komplek Malihan Pemali (CPp). Umur formasi ini diperkirakan Permian.
- f. **Komplek Pemali (CPp)** tersusun oleh filit dan sekis dengan sisipan kuarsit dan lensa batu gamping. Kondisi Komplek Pemali terkekarkan, terlipat, tersesarkan dan diterobos oleh granit Klabat. Umur diduga Permian dengan lokasi tipe di daerah Pemali (Ngadenin dkk., 2014).



Gambar 4. Geologi Regional Pulau Bangka (Margono dkk., 1995)

Khoirunisa dkk. (2022) mengemukakan bahwa batuan penyusun Bangka Selatan dari tua ke muda terdiri dari Kompleks Malihan Pemali (Karbon-Permian), Formasi Tanjunggending (Trias Awal-Trias Akhir), Granit Klabat (Trias Akhir-Jura Awal), Formasi Ranggam (Miosen Akhir-Plistosen Awal), Endapan Aluvium (Kuartar). Secara regional stratigrafi daerah Bangka Selatan tersusun oleh batuan sedimen yang termalihkan sebagai batuan yang termasuk Kompleks Pemali yang tersusun atas filit, sekis, kuarsit berumur Karbon-Perm. Secara tidak selaras Komplek Pemali diendapkan Formasi Tanjunggending yang terdiri dari perselingan batupasir malihan. Intrusi granit menerobos Kompleks Pemali dan Formasi Tanjunggending sebagai Granit Klabat.

2.1.4 Struktur Geologi

Mangga & Djamal (1994), struktur geologi Pulau Bangka dibedakan antara Bangka bagian Utara dan Bangka bagian Selatan. Struktur geologi di Pulau Bangka bagian Utara umumnya berupa sesar naik, sesar geser, sesar normal, lipatan dan kekar. Lipatan terdapat pada batuan Perm dan Trias yang terpotong oleh sesar-sesar. Sedangkan di bagian Selatan umumnya berupa kelurusan, lipatan, dan sesar. Kelurusan terutama pada granit dengan arah beragam. Lipatan terdapat pada batuan batupasir dan batulempung, arah sumbu lipatan diduga dari Timur Laut-Barat Daya. Terdapat dua jenis sesar yang ada yaitu sesar mendatar dan sesar normal. Sesar mendatar pada Timur Laut Barat Daya dan sesar normal pada arah Barat Laut-Tenggara.

2.2 Timah

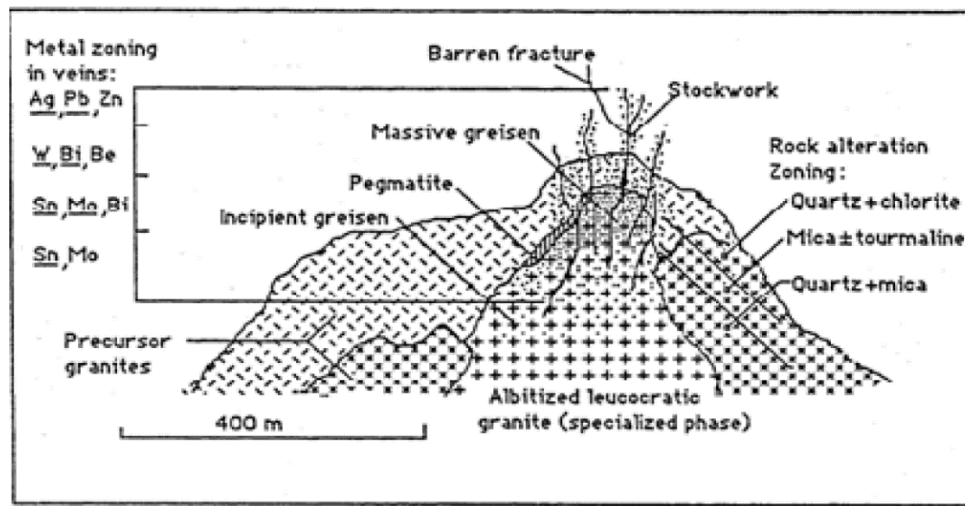
Timah merupakan salah satu mineral yang sangat penting dan potensial di dunia, hal ini dikarenakan kemajuan teknologi dan penemuan penemuan baru dalam berbagai industri banyak membutuhkan bahan baku timah, misalnya untuk membuat pelat timah, solder, pelindung logam, tekstil dan lainnya. Berbagai usaha eksplorasi dilakukan dengan intensif, dikarenakan mineral merupakan sumberdaya mineral yang tidak dapat diperbaharui (*renewable resources*).

Franto (2020) secara geologi keberadaan timah sangat erat kaitannya dengan granit tipe S yang berasal dari Sabuk Timah *South East Asia*. Sabuk Timah *South East Asia* juga mengalami pengayaan sekunder akibat proses erosi yang berlangsung selama jutaan tahun, sehingga menghasilkan endapan endapan aluvial yang terkaya akan timah. Sehingga aktivitas penambangan dilakukan pada endapan timah placer dan timah primer yang dimana keduanya berpotensi adanya timah.

Timah dalam bentuk endapan dijumpai dalam dua tipe, yaitu endapan bijih timah primer dan sekunder. Endapan timah primer merupakan endapan bijih timah yang masih berada pada batuan pembawa timah, sedangkan endapan timah sekunder adalah jenis endapan timah yang sudah bergeser dari batuan sumbernya dan terendapkan di tempat baru akibat pelapukan, transportasi dan pengendapan.

Pembentukan endapan timah primer itu sendiri terbentuk pada saat-saat akhir pembentukan batuan, yaitu pada suhu sekitar 800° s.d 400° celcius, pada suhu tersebut kondisi magma banyak mengandung gas sebagai larutan sisa, yang

diantarannya adalah senyawa SnF_4 . Senyawa tersebut kemudian bereaksi dengan air (H_2O) yang lalu membentuk senyawa SnO_2 (*Casiterite*). Mineral kasiterit inilah sebagai mineral pembawa endapan timah primer di Indonesia. Mineral yang terkandung di dalam bijih timah pada umumnya terdiri dari mineral utama, yaitu kasiterit (SnO_2) dan mineral-mineral ikutan lainnya seperti pirit, kuarsa, zirkon, ilmenit, kalkopirit, xenotit, monazit, turmalin, topas, galena, bismut, stibnit dan oksida besi (**Gambar 5**).



Gambar 5. Intrusi Batuan Granit (Reed, 1986)

Dengan demikian keterdapatan endapan timah primer berada di bagian atas tubuh batuan granit, di celah-celah retakan dan rongga batuan di atasnya. Batuan-batuan granit ini kemudian mengalami proses tektonik berupa pengangkatan, bahkan beberapa mengalami pematahan dan peretakan. Akibat dari proses tektonik tersebut, batu granit yang tadinya berasal jauh di bawah permukaan bumi akhirnya muncul ke permukaan bumi. Selama proses pengangkatan granit dari bawah bumi, tubuh granit mengalami retak-retak atau deformasi. Ketika tubuh granit yang retak-retak ini muncul di permukaan bumi, proses pelapukan dan erosi atau abrasi mengikis endapan timah primer yang telah ada. Proses seperti pelapukan, erosi, transportasi dan sedimentasi yang terjadi terhadap cebakan bijih timah pimer tersebut menghasilkan endapan timah sekunder.

2.3 Mineralisasi

Ayunda & Friska (2016) kelimpahan unsur tanah jarang di dalam mineralisasi timah primer, studi kasus di Bangka Tengah, yang mana alterasi hidrotermal yang

terjadi pada lokasi penelitian dibagi ke dalam tiga zona, yaitu zona silisifikasi, zona serisitisasi, dan zona argilik, batuan granitik tipe-S menjadi sumber utama unsur tanah jarang. Unsur tanah jarang mengalami penurunan kelimpahan selama proses alterasi atau mineralisasi timah primer pada lokasi penelitian.

Ali dkk. (2017) karakteristik mineralisasi timah primer tipe endapan greisen blok Lembah Jambu, Tempilang, Bangka Barat, Kepulauan Bangka dan Belitung, yang mana kontrol struktur geologi menjadi faktor yang paling penting dalam proses alterasi dan mineralisasi. Struktur yang berkembang dalam mengontrol mineralisasi timah primer adalah kekar dan sesar mendatar kiri dengan arah barat laut-tenggara, dimana pada zona sesar ini terdapat mineralisasi Sn dengan kadar tinggi. Berdasarkan parameter karakteristik tipe endapan di lapangan dan kemudian dilakukan analisa laboratorium, tipe endapan pada lokasi penelitian adalah tipe endapan greisen dalam fase pengendapan urat.

Pratama dkk. (2017) zona prospek endapan timah primer daerah Rimbakulit, Bangka selatan, Kepulauan Bangka Belitung. Zona prospek endapan timah primer berhubungan dengan keberadaan urat turmalin. Proses mineralisasi yang terjadi merupakan mineralisasi yang berkaitan dengan adanya intrusi batuan beku granit sebagai batuan sumber pembentuk larutan hidrotermal yang kemudian menjadi pembawa mineral timah beserta mineral asosiasinya menuju permukaan melalui rekahan. Sistem endapan terbentuk berupa sistem endapan greisen.

2.4 Alterasi Hidrotermal

Alterasi adalah suatu proses yang di dalamnya terjadi perubahan kimia, mineral dan tekstur karena berinteraksi dengan fluida cair panas (hidrotermal) yang dikontrol oleh kondisi kimia dan fisika yang ada. Alterasi dapat terjadi karena suatu proses *supercritical fluids*, karakteristik air pada keadaan tertentu. Menurut (Corbett & Leach, 1998) faktor yang mempengaruhi proses alterasi hidrotermal adalah sebagai berikut:

- 1 Temperatur dan tekanan, peningkatan suhu membentuk mineral yang terhidrasi lebih stabil, suhu berpengaruh terhadap tingkat kristalinitas mineral, kondisi suhu dengan tekanan dideterminasi berdasarkan tipe alterasi yang terbentuk.
- 2 Permeabilitas, kondisi batuan terekahkan maka permeabilitas lebih besar serta batuan yang permeabilitas tinggi mempermudah pergerakan fluida selanjutnya.

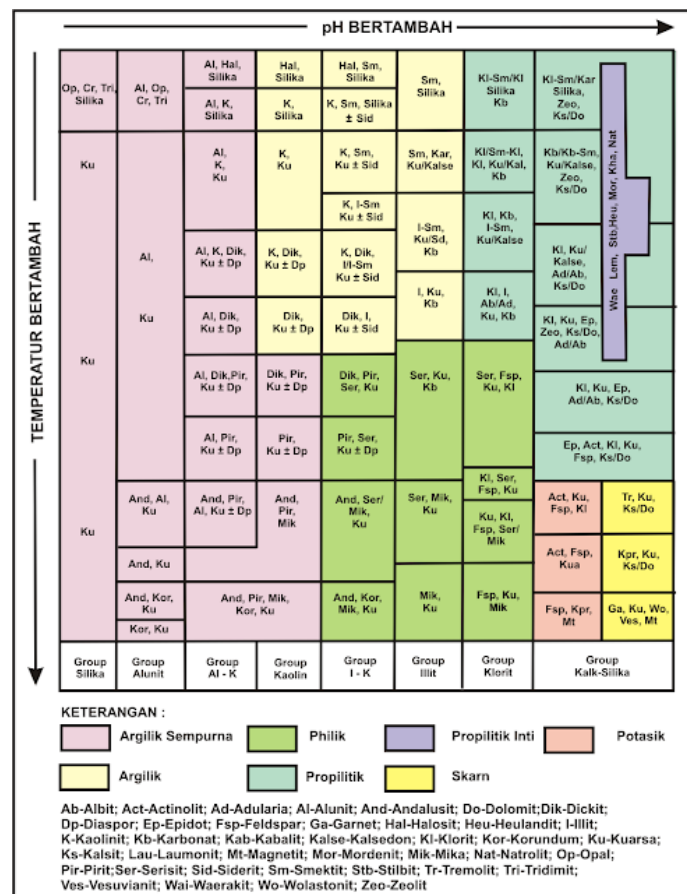
3 Komposisi kimia dan konsentrasi larutan hidrotermal, jika keduanya bergerak, bereaksi memiliki pH yang berbeda-beda.

4 Komposisi batuan sampling, hal ini sangat berpengaruh terhadap penerimaan bahan larutan hidrotermal sehingga memungkinkan terjadinya alterasi.

Berdasarkan temperatur dari prosesnya, sistem hidrotermal ini terbagi menjadi 4 proses, yaitu:

- 1 Teletermal, dengan temperatur < 100°C.
- 2 Epitermal, dengan temperatur antara 100-300°C.
- 3 Mesotermal, dengan temperatur antara 300-500°C.
- 4 Hipotermal, dengan temperatur berkisar antara 500 - + 600°C.

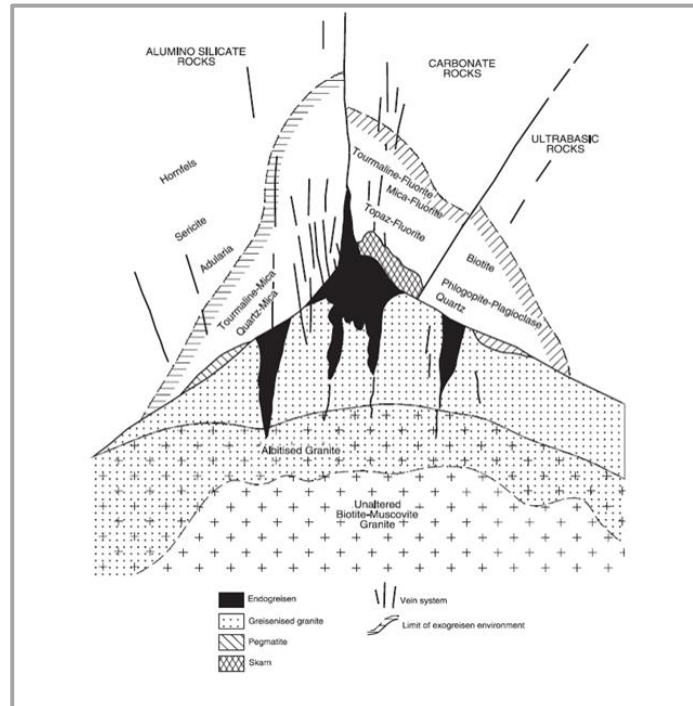
Berdasarkan Corbett & Leach (1998) proses ubahan hidrotermal merupakan perubahan mineral pada batuan yang disebabkan oleh adanya perubahan suhu dan fluida. Fluida melalui pori-pori batuan akan mengubah batuan sampling secara kimiawi, mineralogi dan tekstur. Walaupun faktor saling terkait, suhu dan kimia fluida merupakan faktor berpengaruh diproses ubahan hidrotermal (**Gambar 6**).



Gambar 6. Mineralogi Dan Alterasi di Sistem Hidrotermal (Corbet & Leach, 1998)

2.5 Klasifikasi Sistem Greisenisasi

Pollard dkk. (1987) menyatakan sistem alterasi-mineralisasi timah yang berada di sekitar batuan granit dapat diklasifikasikan beberapa jenis atas dasar sejumlah parameter (**Gambar 7**). Sistem ini berdasarkan jenis batuan dinding yang diintrusi, asosiasi dengan sistem urat, dominasi volatil di dalam fluida hidrotermalnya.



Gambar 7. Sistem endapan greisen serta alterasi yang terjadi pada batuan sekitar (Shcherba,1970)

1. Jenis Batuan Dinding

Berdasarkan Pirajno (1992) komposisi batuan pada dindingnya sistem greisenisasi dibedakan menjadi 3 yaitu sistem pada batuan dinding alumino-silikat, sistem pada batuan dinding karbonat, dan sistem pada batuan dinding ultrabasa. Pada batuan dinding yang kaya akan alumino-silikat dicirikan oleh kehadiran mineral kuarsa, turmalin dan mika. Pada batuan dinding mafik, dicirikan oleh kehadiran klorit, kuarsa dan muskovit. Pada batuan dinding karbonat dicirikan oleh asosiasi mineral topas, fluorit, mika dan turmalin dengan pembentukan endapan skarn terjadi mendahului pembentukan greisen.

2. Asosiasi dengan Sistem Urat

Sistem greisenisasi seringkali berasosiasi dengan urat. Berdasarkan kehadiran urat, sistem tersebut dibedakan menjadi sistem terbuka dan tertutup.

Greisenisasi sistem terbuka terbentuk ketika fluida sisa pembekuan magma mengalir melalui rekahan di batuan sekitar intrusi, sehingga membentuk ekso-greisen. Greisenisasi sistem tertutup terbentuk ketika fluida sisa pembekuan magma tidak tersalurkan ke batuan sekitar, sehingga benar-benar terakumulasi di dalam tubuh intrusi saja dan membentuk endo-greisen.

3. Dominasi Volatil Tertentu di dalam Fluida Hidrotermal

Pollard dkk. (1987) dominasi volatil yang terkandung di dalam fluida hidrotermal menjadikan sistem greisenisasi diklasifikasikan menjadi 2 tipe yaitu sistem *boron (B)-rich* dan *fluorin (F)-rich* (**Tabel 2**). Kedua sistem ini hadir skala lokal, regional, maupun bercampur menjadi satu di suatu daerah.

Tabel 2. Perbedaan Antara Sistem Greisenisasi *Fluorin (F)-Rich* Dan *Boron (B)-Rich*

Karakteristik	Fluorin (F)	Boron (B)
Tipe Batuan Granitik	Peralkalin, Peralumina	Peralumina
Tipe Mineralisasi	Diseminasi (Greisen)	Urat diseminasi
Mineral Penciri Alterasi Hidrotermal	Feldspar, Muskovit, Topas, Silika	Turmalin, Silika, Muskovit, Feldspar,
Jenis Mineralisasi Logam	Sn, W, Nb, Ta	Sn, W
Mineralisasi Ikutan	Li, Be, Zr, Zn, As, Cu	Cu, As, Ta, Nb