

BAB V

MINERALISASI TIMAH

5.1 Alterasi Hidrotermal

Pada daerah penelitian ditemukan adanya alterasi hidrotermal. Alterasi hidrotermal terjadi pada Satuan Batupasir Tanjunggenting. Alterasi hidrotermal pada daerah penelitian didapatkan dari hasil analisis XRD (*X-ray Diffraction Analysis*) pada titik pengamatan 10.1.1 yang terdiri dari kelompok Kaolin + Muskovit (zona argilik) dengan pola penyebaran pada satu tempat. Berdasarkan kondisi singkapan lapangan kelompok mineral tersebut dijumpai pada Satuan Batupasir Tanjunggenting yang mana telah mengalami perubahan warna karena adanya proses alterasi hidrotermal (**Gambar 27**).

Mengacu pada klasifikasi Guilbert & Park (1986) kelompok alterasi zona argilik dicirikan oleh kehadiran mineral Kaolin + Muskovit. Jenis batuan yang mengalami ubahan ini adalah batupasir dengan intensitas ubahan kuat yang mana intensitas ubahan ini dapat dilihat dari tubuh batuan yang mengalami ubahan total mineral utama menjadi mineral alterasi. Perubahan warna yang jelas pada mineral menunjukkan tingkat alterasi tinggi. Mineral Feldspar yang berwarna merah muda berubah menjadi mineral Kaolin yang berwarna putih keabuan. Warna perubahan ini dapat sangat mencolok dan merata di seluruh tubuh batuan atau urat.

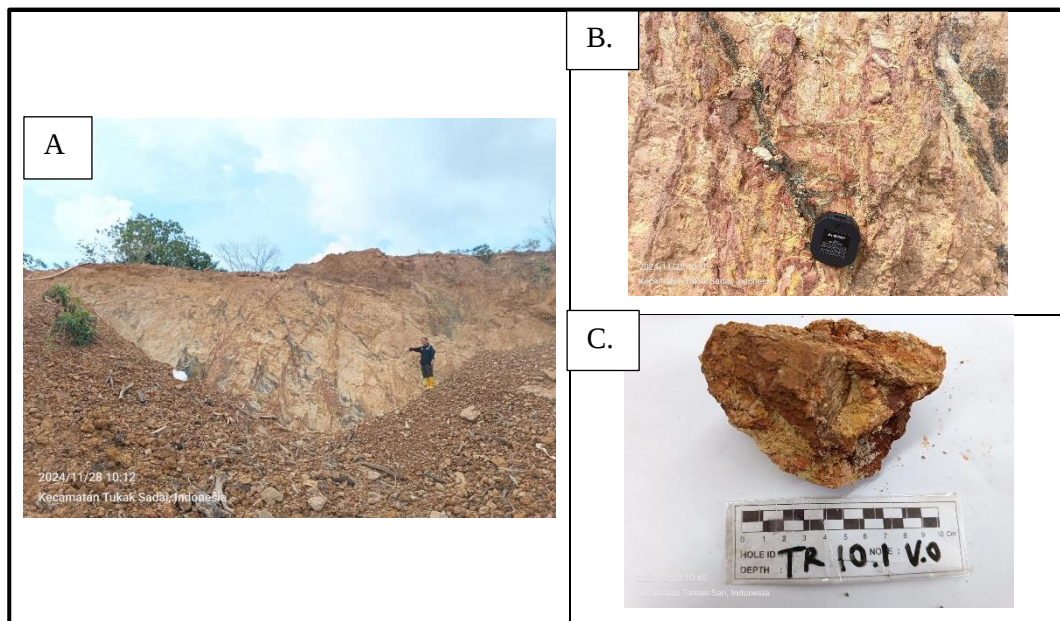
Batuan yang awalnya keras atau padat menjadi lebih rapuh atau mudah hancur akibat alterasi dan hal ini menandakan adanya intensitas ubahan kuat. Berdasarkan kisaran temperatur 150°–200° C, zona ini diperkirakan terbentuk dari fluida dengan pH mendekati asam sampai netral dengan kisaran pH 3-6 (**Tabel 5**).

Tabel 5. Kisaran Temperatur Mineral Alterasi Pada Kelompok Mineral Kaolin + Muskovit

Nama Mineral	Suhu Kestabilan (°C)			
	0	100	200	300
Muskovit				
Kaolin	←			

Secara megaskopis muskovit memiliki warna putih sampai tidak berwarna dengan kekerasan 2,5 skala mohs, memiliki kilap kaca, dengan gores putih yang

terbentuk dengan asosiasi mineral piroksen. Secara megaskopis kaolin memiliki warna putih susu dengan kekerasan 2-2,5 skala mohs, memiliki kilap lilin, dengan gores putih yang terbentuk dari aluminium silikat dari feldspar. Proses alterasi menyebabkan Satuan Batupasir sifatnya berubah menjadi lebih kompak atau keras. Secara megaskopis goetit memiliki warna hitam sampai keabuan dengan kekerasan 5-5,5 skala mohs, dengan gores hitam yang merupakan pelapukan dari berbagai mineral yang mengandung besi.



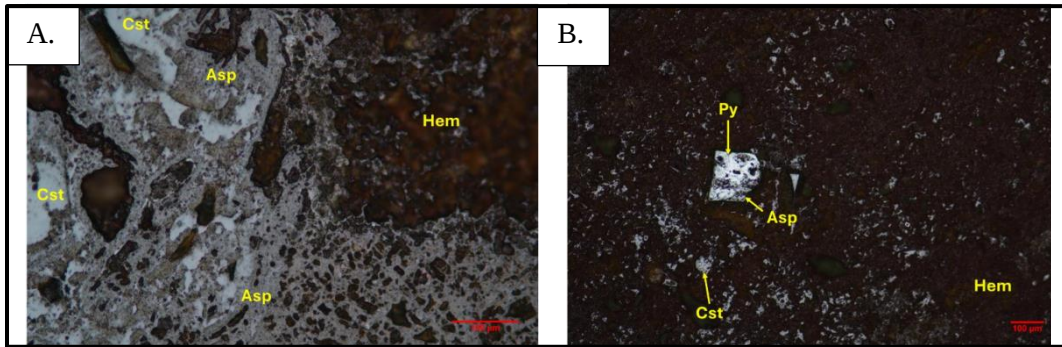
Gambar 27. Kenampakan Alterasi Hidrotermal Pada Daerah Penelitian TR 10.1

5.2 Mineralisasi

Mineralisasi pada daerah penelitian umumnya berasosiasi dengan kehadiran urat-urat. Secara pengamatan megaskopis, mineralisasi yang dapat ditentukan adanya mineralisasi kasiterit, hematit dan goetit (oksida besi) yang mana mineralisasi ini dibawa oleh urat-urat dari hasil alterasi hidrotermal. Secara megaskopis mineral kasiterit hadir dengan warna bervariasi mulai dari cokelat, abu-abu dan hitam hingga merah muda. Dapat dilihat dari kilapnya yang menunjukkan kilap intan yang mana membuat permukaan mineral kasiteritnya tampak mengkilap menyerupai batu perhiasan.

Berdasarkan analisis minegrafi ditemukannya mineralisasi kasiterit pada titik pengamatan TR 2.1. Kasiterit dengan warna abu-abu terang yang tergantikan oleh arsenopirit. Kasiterit hadir dalam bentuk *euhedral*. Tahap oksidasi menghasilkan hematit disampel batuan. Pirit berbentuk kubik yang masih tersisa dan sebagian

tergantikan oleh arsenopirit. Pirit hadir dalam bentuk *subhedral* dikarenakan sebagian tubuhnya sudah tergantikan oleh mineral arsenopirit. Arsenopirit hadir dalam bentuk *subhedral* dikarenakan hadir menutupi atau menggantikan mineral pirit yang ada (**Gambar 28**).



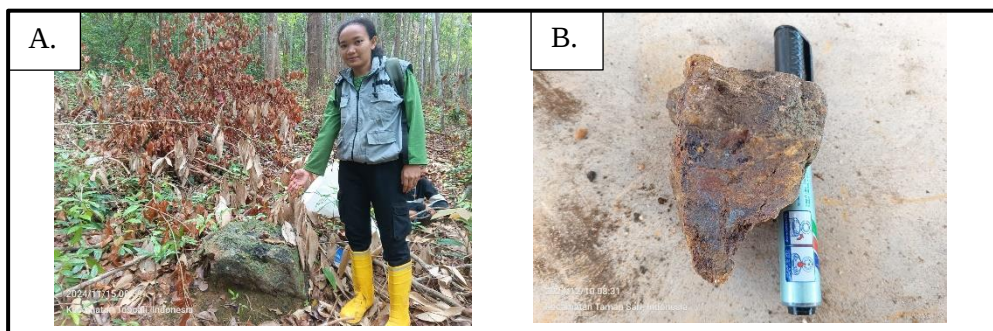
Gambar 28. Kenampakan Hasil Analisis Minegrafi Pada Daerah Penelitian TR 2.1

Pada daerah penelitian ditemukannya urat goetit dan adanya *banded* goetit.

1. Urat Goetit

Urat goetit merupakan bukaan memanjang yang menerus dan terisi oleh larutan hidrotermal. Pada lokasi penelitian terlihat urat goetit yang membentuk seperti garis hitam yang memiliki kemenerusan. Urat goetit sering kali berwarna coklat kekuningan hingga hitam dan warna ini terlihat jelas di lapangan. Urat goetit muncul sebagai lapisan yang mengisi retakan dalam batuan atau bisa juga sebagai urat yang lebih lebar.

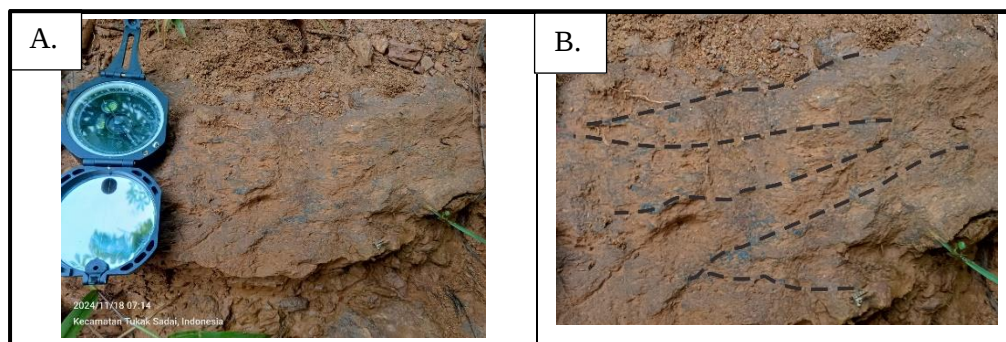
Pada titik pengamatan TR 2.1 urat yang terdapat pada daerah penelitian merupakan urat goetit dengan kedudukan N 230° E / 70°. Urat ini berasosiasi dengan batupasir yang telah mengalami proses alterasi dan mineralisasi. Berdasarkan hasil analisis XRF *Portable* urat goetit memiliki kandungan Sn berkisar 2183 ppm (**Gambar 29**).



Gambar 29. Kenampakan Urat Goetit Pada Daerah Penelitian TR 2.1

2. *Banded Goetit*

Banded goetit merupakan bukaan memanjang yang menerus dan terisi oleh larutan hidrotermal, bukaan tersebut berbentuk tekstur urat yang berlapis. *Banded goetit* berwarna coklat kekuningan bahkan hitam yang bergantian antara warna terang dan gelap. *Banded goetit* memiliki lapisan-lapisan yang terkelompokkan dengan rapi. Pada titik pengamatan TR 4.1 dengan kedudukan N 290° E / 45°. *Banded goetit* tersebut berasosiasi dengan batupasir yang telah mengalami proses alterasi dan mineralisasi. Berdasarkan analisis XRF *Portable banded goetit* memiliki kandungan Sn berkisar 57 ppm (**Gambar 30**).



Gambar 30. Kenampakan *Banded Goetit* Pada Daerah Penelitian TR 4.1

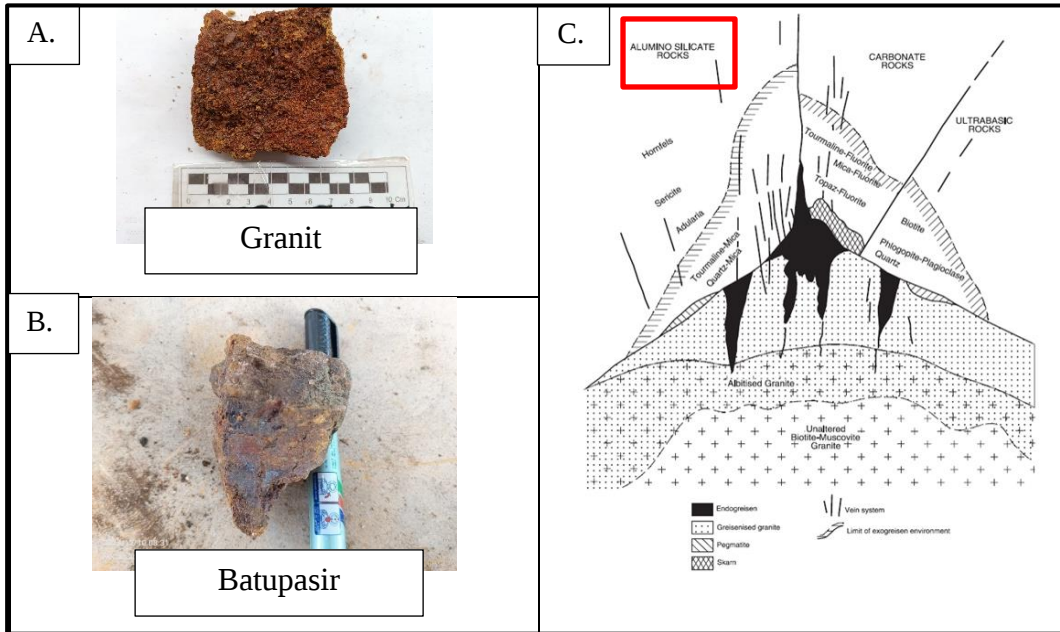
Mengacu pada Corbet & Leach (1998) hasil data lapangan dan analisis yang dilakukan, mineralisasi pada daerah penelitian umumnya berasosiasi dengan kehadiran urat-urat yang sebanding dengan mineralisasi.

5.3 Tipe Endapan Timah Primer

Pada daerah penelitian mineralisasi bijih di lokasi penelitian berkaitan dengan proses alterasi hidrotermal. Alterasi hidrotermal yang terjadi merupakan post-magmatik dengan suhu tinggi oleh larutan yang kaya akan volatil dalam asosiasinya dengan pendinginan intrusi granitik atau sebagai greisenisasi. Pada daerah penelitian litologi granit serta batupasir kaya akan silika.

Dari hasil data-data lapangan yang didapatkan, mineralisasi pada daerah penelitian berasosiasi dengan urat-urat yang mana sistem greisenisasi dikelompokkan pada tipe batuan dinding kaya akan alumino-silikat. Alumino-silikat terdiri dari batuan yang memiliki sifat asam atau tingkat aluminium dan silika yang tinggi. Batuan sampling yang teridentifikasi adalah batupasir dengan *source rock* berupa granit, mineral bijihnya terdiri dari kasiterit, hematit, goetit yang berasosiasi dengan mineral ubahannya terdiri dari muskovit dan kaolin.

Pada daerah penelitian penulis menemukan adanya lapukan granit dan batupasir. Untuk mengetahui tipe batuan sampling maka dilihat mineral yang terdapat pada sampel yang ada di daerah penelitian. Didapatkan sampel daerah penelitian berupa kuarsa dan muskovit yang mana ini menandakan tipe batuan sampling yakni *alumno silicate rocks* (**Gambar 31**).



Gambar 31. Tipe Endapan Timah Primer Pada Sistem Greisenisasi Dalam Berbagai Tipe Batuan Dinding (Shcherba, 1970)

Jenis batuan dinding terhadap mineralisasi dibedakan menjadi sumber pembawa mineralisasi (*source rock*) dan batuan pengandung mineralisasi (*host rock*). Pada daerah penelitian batuan granit merupakan batuan sumber panas terhadap sistem alterasi dan mineralisasi sebagai *source rock* dan batupasir berperan sebagai *host rock*.

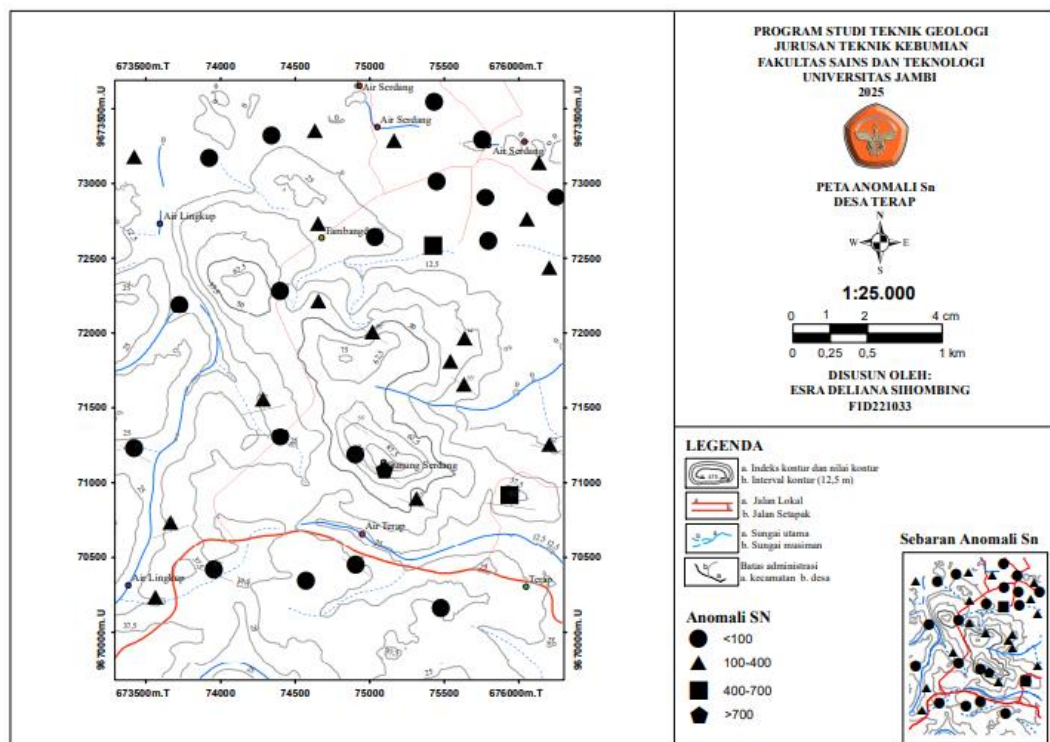
5.4 Sebaran Anomali Timah (Sn)

Penyebaran anomali timah di daerah penelitian hampir merata. Kadar unsur logam timah (Sn) didapatkan menggunakan metode analisis XRF *Portable* ke seluruh singkapan di daerah penelitian. Anomali Sn yang didapatkan berasosiasi dengan urat dan batuan pembawa timah yaitu berupa granit dan batupasir sebagai pengandung timah. Dari hasil analisis XRF *Portable* yang dibuat di peta anomali Sn kadar tertinggi berada di Gunung Serdang pada daerah penelitian (**Gambar 32**).

Pada peta anomali Sn yang memiliki kadar Sn dalam bentuk ppm untuk yang

paling rendah dilambangkan dengan bentuk bulat berukuran <100ppm. Sedangkan yang paling tinggi kadarnya dilambangkan dengan bentuk hexagonal berukuran >700ppm.

Kadar anomali Sn tertinggi didapatkan pada titik pengamatan TR 2.1 dengan kadar 2183 ppm. Kadar anomali Sn tertinggi ini berasosiasi dengan urat yang mana terisi oleh mineral kasiterit. Penyebaran anomali Sn dipengaruhi oleh adanya struktur geologi yang mana menyebabkan adanya rekahan sebagai tempat lewatnya fluida hidrotermal melalui batuan dinding batupasir dan granit yang membawa mineral bijih dalam bentuk pengisian rekahan yang akan membentuk urat-urat.



Gambar 32. Sebaran Anomali Timah (Sn) Pada Daerah Penelitian

5.5 Kontrol Geologi Terhadap Mineralisasi

Pada daerah penelitian kontrol struktur geologi sangat berpengaruh terhadap mineralisasi. Struktur geologi mempengaruhi pembentukan rekahan-rekahan sebagai celah lewatnya fluida hidrotermal yang membentuk urat. Urat pada daerah penelitian memiliki arah Barat Laut-Tenggara. Urat dengan pola kelurusan Barat Laut-Tenggara merupakan urat yang terbentuk pertama kali dengan komposisi mineral kasiterit, hematit dan kaolin.

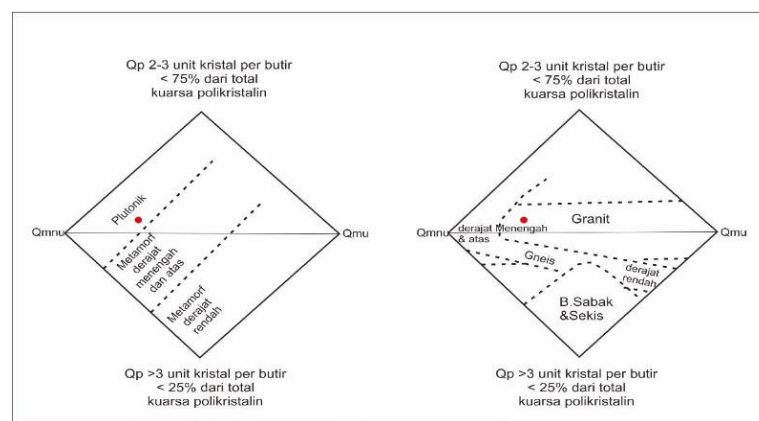
Urat dengan kelurusan Barat Laut-Tenggara terbentuk karena adanya pengisian

fluida hidrotermal yang terisi pada zona lemah yang mana terbentuk bersamaan dengan fase awal pembentukan granit Klabat. Proses ini membentuk bukaan struktur yang digolongkan sebagai fase *syn-mineralisation*. Fase *syn-mineralisation* adalah proses ketika terjadinya pembentukan mineral. Pada daerah penelitian kontrol struktur geologi mempengaruhi pembentukan zona alterasi sebagai tempat jalan keluarnya fluida hidrotermal melalui rekahan dalam bentuk urat.

5.6 Identifikasi Kuarsa Pada Batupasir

Pada daerah penelitian ditemukannya batupasir Tanjunggending. Berdasarkan variasi mineral kuarsa yang didapat dengan menggunakan analisis petrografi dan kemudian hasil analisis dinormalisasi menjadi 100%. Berdasarkan klasifikasi diagram (Basu, 2003) dan (Tortosa dkk., 1991), kuarsa monokristalin dibagi menjadi monokristalin bergelombang (Qmu) dan tidak bergelombang (Qmnu). Pada kuarsa polikristalin dibagi menjadi kuarsa polikristalin 2-3 kristal (Qp 2-3) dan kuarsa polikristalin >3 kristal (Qp>3).

Berdasarkan hasil pada daerah penelitian sendiri yang mana memiliki kuarsa (Qmnu 70%), (Qmu 20%), (Qp 2-3 10%). Dari hasil plotingan dijumpai batuan asal dari batupasir Tanjunggending berupa batu plutonik yakni granit yang mana sesuai dengan keadaan di lapangan. Pada hasil plotingan ditandai dengan bulatan kecil berwarna merah (**Gambar 33**).



Gambar 33. Hasil Plotingan Identifikasi Batuan Asal

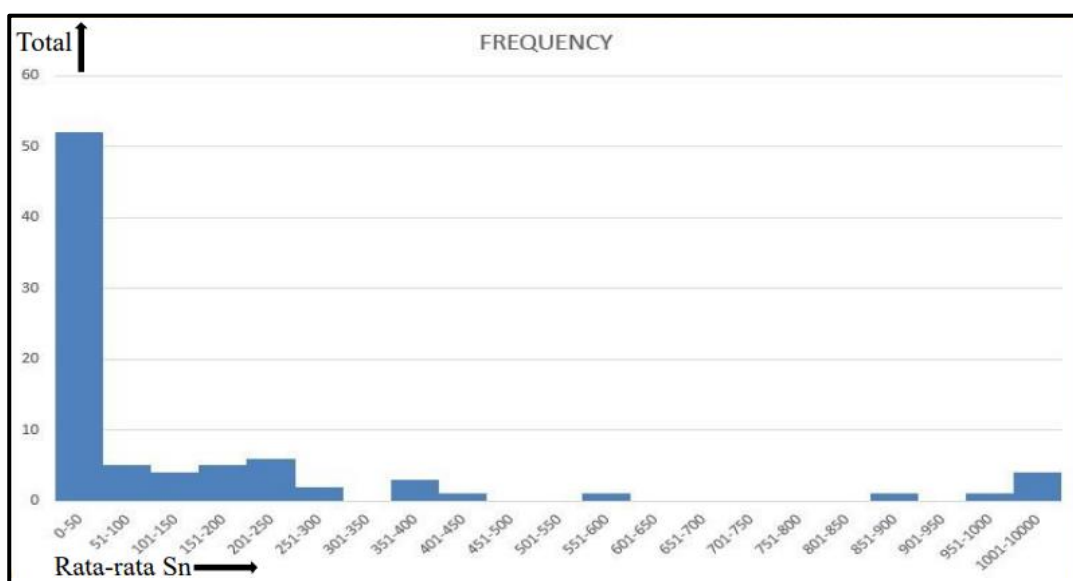
5.7 Potensi Eksplorasi Lanjutan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data di daerah penelitian, teridentifikasi adanya pengkayaan timah (Sn) dengan kadar relatif tinggi. Analisis statistik menunjukkan anomali kadar dengan konsentrasi yang layak untuk dipertimbangkan sebagai target eksplorasi rinci dalam aktifitas pertambangan.

Untuk mengkuantifikasi besarnya pengkayaan timah (Sn), terlebih dahulu diperlukan pemahaman mengenai kadar alami unsur tersebut dalam batuan granit sebagai source rock. Sementara itu, perkiraan rata-rata kadar timah dalam batuan granit yang belum teralterasi dapat bervariasi, tergantung pada kondisi geologi lokal dan tipe litologi di setiap wilayah.

Beberapa penelitian telah mengkaji kandungan alami timah (Sn) dalam batuan granit. Wedepohl (1995) melaporkan kandungan rata-rata timah pada granit sebesar 2,5 ppm (*parts per million*) dengan kisaran nilai 0,5-5,0 ppm berdasarkan analisis geokimia. Secara paralel, Taylor & McLennan (1985) menemukan kandungan rata-rata yang sedikit lebih tinggi, yaitu sekitar 3,5 ppm dengan rentang nilai 1-10 ppm. Variasi kandungan ini mencerminkan perbedaan karakteristik geologi dan komposisi batuan granit itu sendiri. Meskipun kadar alami timah dalam granit bervariasi secara dinamis, nilai rata-rata dari kedua studi memberikan gambaran dasar (*baseline*) kandungan Sn dalam granit sebelum mengalami alterasi dan pengkayaan.

Analisis di daerah penelitian mengungkapkan kandungan timah (Sn) yang signifikan pada Satuan Batupasir Tanjunggenting, dengan kadar mencapai 2183 ppm. Dalam konteks genesis mineralisasi, batupasir berperan sebagai batuan pengandung (*host rock*), sedangkan granit berfungsi sebagai batuan sumber (*source rock*). Secara keseluruhan, kadar Sn di lokasi penelitian menunjukkan variasi yang cukup lebar, berkisar antara 50 hingga 2183 ppm (**Gambar 34**).



Gambar 34. Histogram Kadar Timah Pada Daerah Penelitian

Berdasarkan analisis histogram tersebut, kadar timah (Sn) 50-100 ppm atau hanya 0,01% mendominasi sebaran di wilayah penelitian. Kadar ini secara karakteristik menunjukkan zona alterasi argilik. Walaupun nilai tersebut berada dibawah *cut-off grade* (kadar minimum suatu logam atau mineral di dalam bijih yang masih ekonomis untuk ditambang atau diproses). Ekonomis timah yang umumnya >0,1%, namun zona ini merepresentasikan jejak dispersi hidrotermal yang merujuk pada pola penyebaran unsur kimia atau mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal sehingga berperan sebagai penanda (pembimbing eksplorasi) untuk melacak zona mineralisasi ekonomis di sekitarnya.

Selain zona pertama berupa alterasi argilik. Hasil penelitian juga mengidentifikasi zona kedua berupa urat geotit yang mengandung timah berkadar tinggi hingga 2183 ppm (0,2% Sn) dimana melebihi batas kelayakan tambang (*cut-off grade*) untuk timah primer. Mineralisasi utama ini ditemukan di Bukit Terap dengan terkonsentrasi pada orientasi Barat Laut-Tenggara. Berdasarkan temuan ini, eksplorasi lanjutan sangat direkomendasikan dengan fokus pada: (1) pemetaan detail struktur untuk melacak kelanjutan urat geotit, (2) survei geofisika (IP/Resistivitas) sepanjang arah Barat Laut-Tenggara, serta (3) pemboran uji di Bukit Terap untuk mengevaluasi dimensi vertikal deposit. Tingginya kadar timah yang ditemukan (2183 ppm) menunjukkan potensi sumberdaya ekonomis yang signifikan, sehingga investigasi lebih mendalam diperlukan untuk mengkonfirmasi keberadaan deposit timah yang lebih besar di zona urat dan sekitarnya.