



Identifikasi Zona Mineralisasi Dan Struktur Pengontrol Skarn Cu Daerah Sulit Air, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat

Identification of Mineralization Zone and Control Structure of Skarn Cu Water Hard Area, Solok Regency, West Sumatra Province

Afrilita^{1*}, Arifudin Idrus², Dian Rahma Yoni¹, Setia Pambudi¹ dan Septyo Uji Pratomo¹

¹Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Jl. SWK (104) Lingkar Utara, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55283

²Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika no. 2, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281

*Corresponding Author: afrilita@upnyk.ac.id

Kata kunci: Struktur Geologi, Skarn, Alterasi, Mineralisasi, DEM

Abstrak: Endapan skarn merupakan salah satu dari beberapa endapan hidrotermal yang menghasilkan endapan bijih yang bernilai ekonomis. Mineralisasi skarn Cu pada daerah Sulit Air sudah diketahui sejak lama, namun belum banyak penelitian rinci yang membahas tentang kontrol struktur geologi terhadap penyebaran alterasi dan mineralisasi di daerah ini. Penelitian ini membahas tentang identifikasi zona mineralisasi dan kontrol struktur geologi terhadap pola penyebaran alterasi dan mineralisasi skarn Cu. Metodologi yang digunakan yaitu analisis citra DEM dan pemetaan geologi permukaan. Zona alterasi skarn Cu terbagi kedalam empat zonasi yaitu zona piroksen-K-feldspar-klorit-epidot, zona garnet-piroksen, zona piroksen-kuarsa, dan zona garnet-wollastonit-piroksen. Mineralisasi dominan hadir pada zona alterasi garnet-wollastonit-piroksen dan zona garnet-piroksen. Mineral utama pembawa Cu berupa bornit, kalkosit, malakit, azurit dan kalkopirit. Penyebaran alterasi mengikuti pola intrusi dan sesar-sesar mendatar lokal. Zona alterasi ini mengikuti sesar mendatar kiri yang berarah utara-selatan (N-S) sedangkan zona mineralisasi mengisi rekahan-rekahan pada zona sesar mendatar kiri yang berarah utara-selatan (N-S) dan barat laut-tenggara (NW-SE). Kekar pada zona sesar terisi oleh mineral-mineral kalsit, kuarsa dan azurit yang dominan berarah berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya.

Keywords: Geological Structure, Skarn, Alteration, Mineralization

Abstract: Skarn deposit is one of several hydrothermal deposits producing ore deposits with economic value. Cu skarn mineralization in Sulit Air areas has been known for a long time, but not many detailed studies have discussed the control of geological structures on the distribution of alteration and mineralization in this area. This study discusses the identification of mineralized zones and the control of geological structures on the distribution patterns of alteration and Cu skarn mineralization. The methodology used is DEM image analysis and surface geological mapping. The Cu skarn alteration zone is divided into four zones: the pyroxene-K-feldspar-chlorite-epidote zone, the garnet-pyroxene zone, the pyroxene-quartz zone, and the garnet-wollastonite-pyroxene zone. The dominant mineralization occurs in the garnet-wollastonite-pyroxene alteration zone and the garnet-pyroxene zone. The main Cu minerals are bornite, chalcocite, malachite, azurite, and chalcopyrite. The distribution of alteration follows the pattern of local intrusion and horizontal faults. This alteration zone follows the north-south (N-S) left-hand fault zone, while the mineralized zone fills fractures in the north-south (N-S) and northwest-southeast (NW-SE) direction of the left-hand fault zone. The fault zone is filled with calcite, quartz, and azurite minerals which are dominantly trending northwest-southeast and northeast-southwest.

1. Pendahuluan

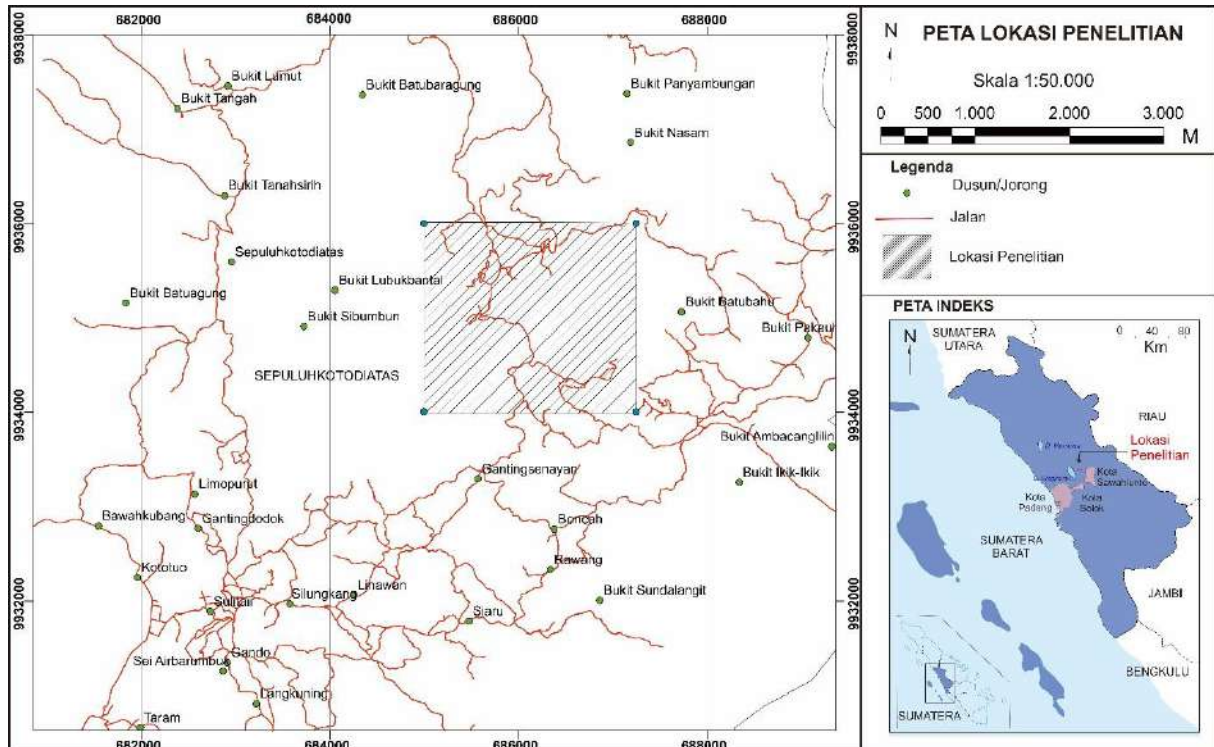
Berada di zona ring of fire, Indonesia kaya akan busur magmatik yang menghasilkan mineralisasi logam berharga (Au, Ag) dan logam dasar (Cu, Pb, Zn). Mineralisasi logam ini pada umumnya terkait dengan aktivitas magmatik yang menghasilkan fluida hidrotermal dan berperan dalam membawa serta mengendapkan mineral bijih. Endapan skarn merupakan salah satu dari beberapa endapan hidrotermal yang menghasilkan endapan bijih yang bernilai ekonomis.

Di Indonesia terdapat beberapa endapan bijih skarn emas tembaga yang signifikan dan berasosiasi dengan sistem porfiri diantaranya Gunung Bidjih, Ertzberg (Mertig dkk., 1994), dan Batu Hijau (Idrus dkk., 2009). Beberapa endapan skarn di Sumatera berasosiasi dengan intrusi berumur Jura Tengah hingga Kapur Awal yang menghasilkan mineralisasi skarn logam mulia dan logam dasar seperti pada wilayah Muarasipongi (Stephens dkk., 1987) dan Singkarak pada tambang terbuka Tambulun, Sulit Air (van Bemmelen, 1949 dalam Crow dkk., 2005).

Potensi mineralisasi skarn pada daerah Sulit Air telah diketahui sejak lama (van Bemmelen, 1949), namun penelitian detil tentang mineralisasi dan alterasi masih sangat sedikit. Penentuan pola mineralisasi berdasarkan kontrol struktur belum dilakukan secara detil. Pemetaan geologi, alterasi dan mineralisasi dan analisis kontrol struktur geologi sangat penting dilakukan untuk mengetahui penyebaran alterasi dan mineralisasi. Dengan menganalisis struktur geologi pada endapan skarn Cu pada daerah Sulit Air diharapkan dapat menentukan pola sebaran alterasi dan mineralisasi yang berguna dalam kegiatan eksplorasi.

Ruang lingkup

Daerah penelitian secara administratif berada pada Nagari Sulit Air, Kecamatan X Koto Diatas, Kabupaten Solok, Sumatera Barat yang ditunjukkan pada Gambar 1. Luas daerah penelitian yaitu 5 km² (2 km x 2,5km) dengan skala peta 1 : 5000. Penelitian difokuskan pada pengaruh struktur geologi terhadap pola penyebaran alterasi dan mineralisasi di lokasi penelitian berdasarkan data pemetaan geologi permukaan dan didukung oleh analisis interpretasi DEM digital.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian Kecamatan X Koto Diatas, Kabupaten Solok, Sumatera Barat (Sumber <http://Tanahair.indonesia.go.id>)

Manfaat Penelitian

Dengan menganalisis struktur geologi pada endapan skarn Cu pada daerah Sulit Air diharapkan dapat menentukan pola sebaran alterasi dan mineralisasi yang berguna dalam kegiatan eksplorasi.

2. Bahan dan Metode

Metode penelitian berupa studi pustaka dan pemetaan geologi permukaan pada daerah penelitian. Studi pustaka berupa analisis data sekunder seperti peta geologi regional, peta topografi, analisis citra DEM. Pemetaan geologi permukaan dengan mengambil data litologi, struktur geologi, alterasi, mineralisasi di lapangan. Pengambilan data litologi dengan mengidentifikasi jenis litologi dan penamaannya secara megaskopis, minerali alterasi dan mineral bijih, mengamati struktur dan tekstur batuan, melakukan pengukuran kedudukan lapisan batuan, dan mengamati kontak antar litologi. Pengambilan data struktur geologi dengan melakukan pengukuran struktur geologi yang meliputi kekar-kekar, bidang sesar, kelurusan morfologi, dan kedudukan urat.

Tatanan Geologi Stratigrafi

Daerah Sulit Air tersusun oleh litologi berumur Pra-Tersier dan Tersier bagaian dari Cekungan Ombilin. Secara stratigrafi menurut Silitonga dan Kastowo (1995), Cekungan Ombilin memiliki batuan berumur Pra-Tersier (Perm dan Trias) hingga Kuartar pada Gambar 2.4. Batuan berumur Pra-Tersier menurut Koesoemadinata dan Matasak (1981), terdiri dari Formasi Silungkang, Formasi Tuhur dan Formasi Kuantan, sedangkan batuan Tersier dari tua ke muda terdiri dari Formasi Brani, Formasi Sangkarewang, Formasi Sawah Tambang, Formasi Ombilin, dan Formasi Ranau.

Pembentukan mineralisasi skarn pada daerah Sulit Air hadir pada Anggota batugamping Formasi Tuhur berumur Trias yang diterobos oleh granitoid Sulit Air berumur 192 ± 0.4 dan 193 juta tahun lalu (Imtihanah, 2000 dalam Crow dkk., 2005). Berdasarkan Peta Geologi Lembar Solok oleh Silitonga dan Kastowo (1995), daerah Sulit Air tersusun oleh Anggota Batugamping Formasi Tuhur, batuan intrusi, Formasi Brani, Anggota Bawah Formasi Ombilin, dan bahan vulkanik yang tak dipisah (Gambar 2).

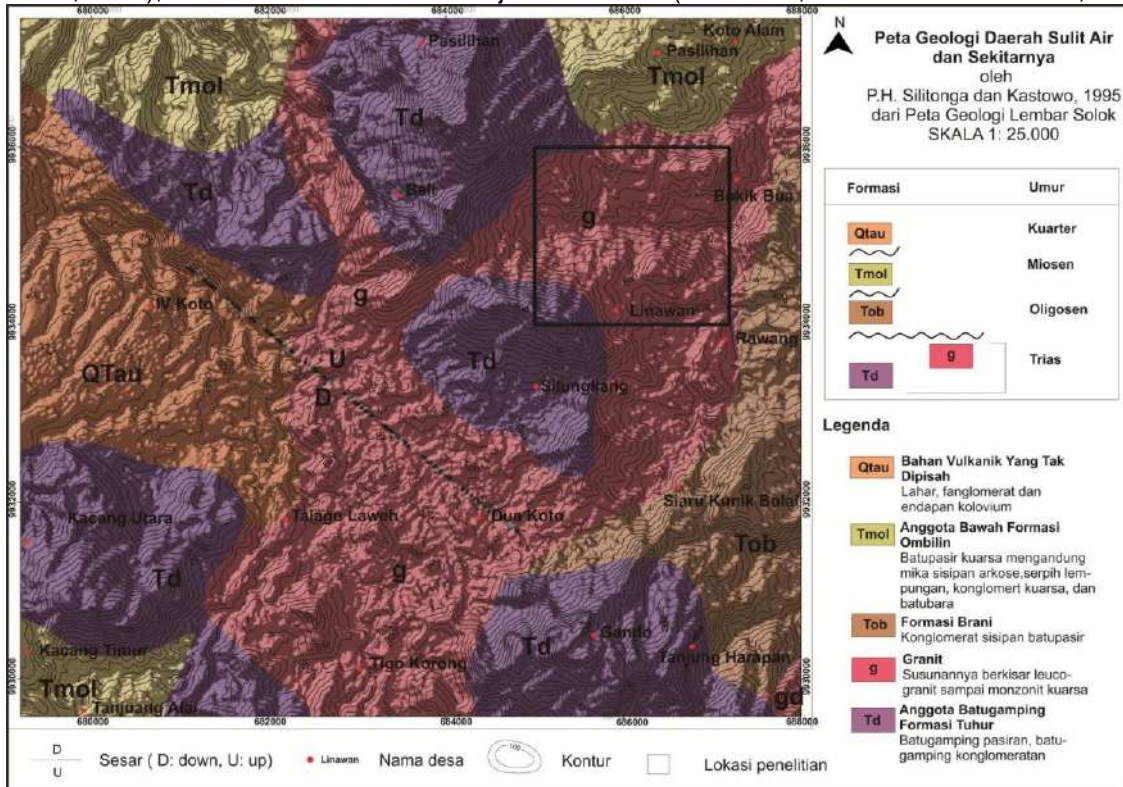
Anggota Batugamping Formasi Tuhur

Menurut Silitonga dan Kastowo (1995), Formasi Tuhur membentuk singkapan yang luas ke arah tenggara Danau Singkarak. Formasi ini terdiri dari Anggota Serpih dan Anggota Batugamping (Silitonga dan Kastowo, 1995). Anggota serpih terdiri dari batusabak berwarna abu-abu, serpih hitam, dan rijang dengan batupasir tipis berwarna abu-abu, sedangkan Anggota Batugamping terdiri dari batugamping pasiran berlapis buruk dan batugamping konglomerat, dengan perselingan serpih dan batusabak. Fragmen batugamping dalam konglomerat mengandung fusulinida foraminifera berumur Permian. Formasi Tuhur dianggap berkorelasi dengan Formasi Kuala. Seluruh batuan ini kemudian diintrusi oleh Granit Lassi, yang berumur 200 juta tahun yang lalu (Katili, 1962 dalam Koesoemadinata dan Matasak, 1981). Formasi ini diinterpretasikan sebagai hasil endapan laut dalam yang terbentuk pada Trias selama fase ekstension (Pulunggono dan Cameron, 1984).

Batuan Intrusi

Pada bagian tengah Sumatera berkembang intrusi berumur Jura Tengah hingga Kapur Awal yang menghasilkan mineralisasi seperti mineralisasi skarn logam mulia dan logam dasar di wilayah Muarasipongi (Stephens dkk., 1987) dan di wilayah Singkarak pada tambang terbuka Timbulan berasosiasi dengan granitoid dari pluton Sulit Air (Crow dkk., 2005). Intrusi pada daerah Sulit Air berasosiasi dengan diorit porfiri (Peng dkk., 2014) terdiri dari plagioklas, kuarsa, biotit dan hornblendae. Kloritisasi, epidotisasi, dan rare potassium feldspathization dapat dijumpai didalam fenokris biotit. Masa dasar tersusun oleh Na-feldspar, kuarsa, epidot dan K-feldspar. Memiliki kandungan SiO_2 rendah (42.68%), tinggi Fe_2O_3 (17.41%), FeO dan K_2O . Menurut Peng dkk., (2014) kandungan SiO_2 pada Diorit Sulit Air hampir mirip dengan Diorit Indosinian Rao-Rao namun berbeda dengan Diorit Muarasipongi. Diorit Muarasipongi dan Rao-Rao terbentuk pada busur vulkanik dari batas kolisi kerak kontinen, sedangkan Diorit Sulit Air berdasarkan analisis litogeokimia memiliki karakteristik continental flood magma pada rift dari kontinen, kemungkinan terkait dengan proses ekstension setelah tumbukan. Berdasarkan perbandingan komposisi SiO_2 terhadap $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, klasifikasi granitoid Sulit Air adalah diorit hingga granodiorit, bertipe metalumina – peralumina lemah, sedangkan berdasarkan diagram Na_2O terhadap K_2O , granitoid Sulit Air merupakan granitoid bertipe I (Irzon dkk., 2019). Batuan teralterasi pada granitoid Sulit Air telah mengalami pengayaan K_2O , Rb, Sr, dan Ba disebabkan oleh proses K-metasomatisme. Sebaliknya, Na_2O , MgO, CaO, dan Fe_2O_3 relatif

berkurang akibat mineralisasi Cu (Irzon dkk., 2019). Mineralisasi skarn Cu pada daerah Sulit Air hadir pada Anggota Batugamping Formasi Tuhur berumur Trias dan diterobos oleh granitoid dari pluton Suite Sulit Air (Crow dkk., 2005), berumur 192 ± 0.4 dan 193 juta tahun lalu (Imtihanah, 2000 dalam Crow dkk., 2005).



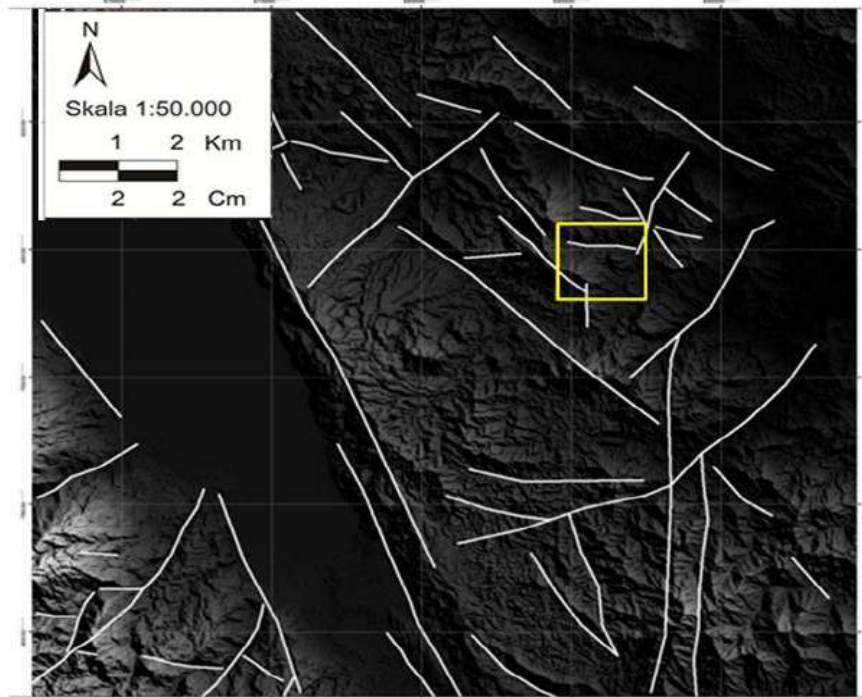
Gambar 2. Peta geologi daerah Sulit Air, berdasarkan peta geologi lembar Solok (Silitonga dan Kastowo, 1995).

Struktur Geologi

Selama Trias Tengah dan Akhir, Pulau Sumatera dan Malay Peninsula mengalami ekstension berarah timur laut (NE) - barat daya (SW) yang membentuk struktur graben berarah utara-selatan dan barat laut (NW) - tenggara (SE) menghasilkan cekungan Kualu dan Tuhur di Sumatera dan Cekungan Semantan dan Semanggol di Malaya, yang dipisahkan oleh blok horst (Crow dkk., 2005). Menurut Pulonggono dkk., (1992), peristiwa tektonik yang menyebabkan pembentukan Pulau Sumatera terdiri dari beberapa fase yaitu : 1) fase kompresi yang berlangsung dari Jurasik Awal sampai Kapur menghasilkan sesar geser dekstral barat laut (WNW) – timur tenggara (ESE), 2) fase tensional pada Kapur Akhir sampai Tersier Awal, menghasilkan sesar normal dan sesar tumbuh berarah utara (N) – selatan (S) dan barat laut (WNW) – timur tenggara (ESE), 3) Fase adanya aktivitas tektonik Miosen atau Intra Miosen menyebabkan pengangkatan tepi-tepi cekungan dan diikuti pengendapan bahan-bahan klastika, 4) fase berupa gerak kompresional pada Plio-Plistosen menyebabkan terjadi pengangkatan dan pelipatan berarah barat laut di seluruh daerah cekungan. Berdasarkan peta geologi lembar Solok (Silitonga dan Kastowo, 1995), terdapat sesar yang melewati daerah Sulit Air berarah barat laut (NW) - tenggara (SW) pada Gambar 2.

3. Hasil dan Pembahasan

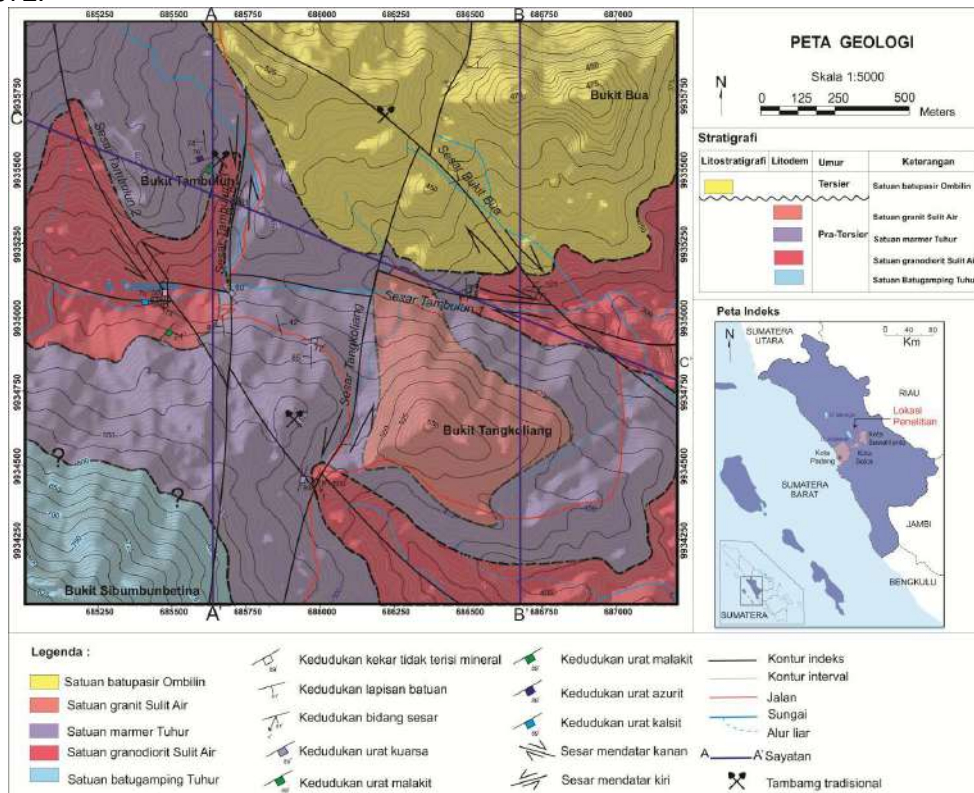
Berdasarkan hasil interpretasi DEM digital dengan *hillshade* dan didukung diagram rose diperoleh arah relatif kelurusan dari paling dominan di daerah Sulit Air yaitu berarah barat laut (NW) – tenggara (SE), barat (W) - timur (E), timur laut (NE) - barat daya (SW), utara (N) – selatan (S) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta interpretasi kelurusan menggunakan data DEM, dan lokasi penelitian pada kotak berwarna kuning (<http://tides.big.go.id>).

Struktur Geologi Daerah Penelitian

Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian dipengaruhi oleh tatanan tektonik Pulau Sumatera. Struktur geologi ini meliputi struktur kekar dan sesar (Gambar 4). Struktur kekar berupa kekar gerus dan kekar tarik, yang akan digunakan untuk menganalisis tegasan utama yang bekerja pada daerah penelitian. Sedangkan struktur sesar dianalisis menggunakan data kekar penyerta sesar (*shear fracture* dan *gash fracture*) dan cermin sesar yang diperoleh di lapangan, dan penamaan berdasarkan klasifikasi Rickard, 1972.

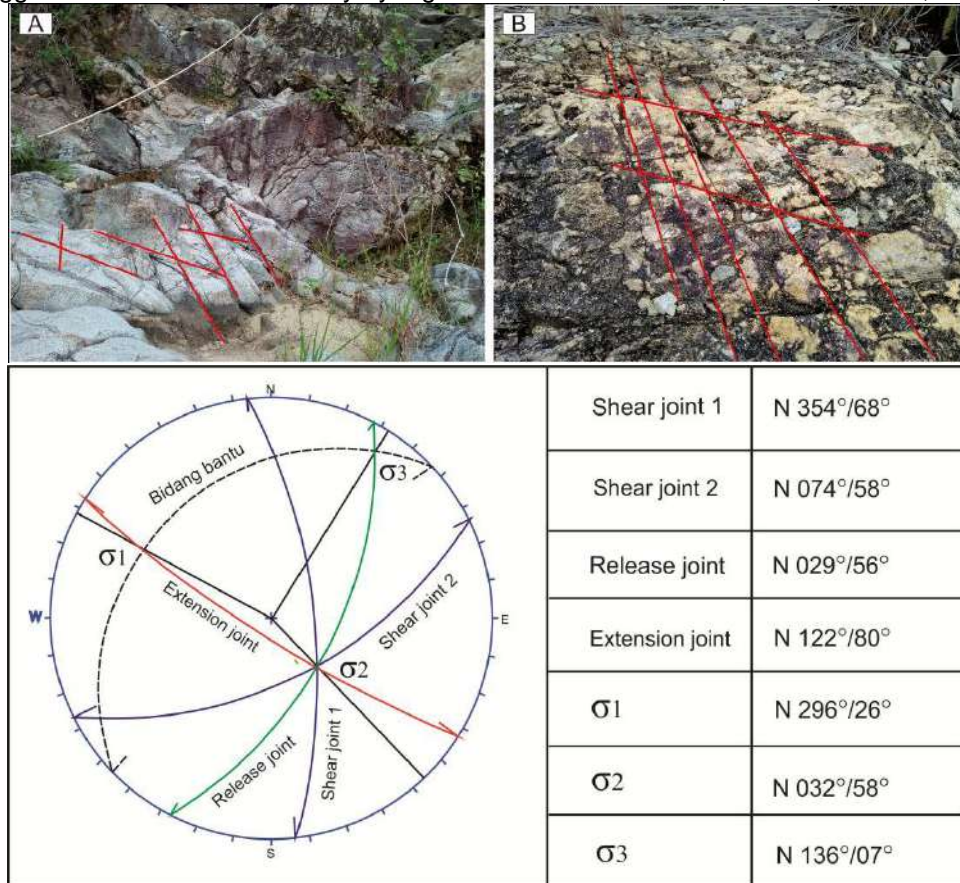


Gambar 4. Peta geologi daerah penelitian

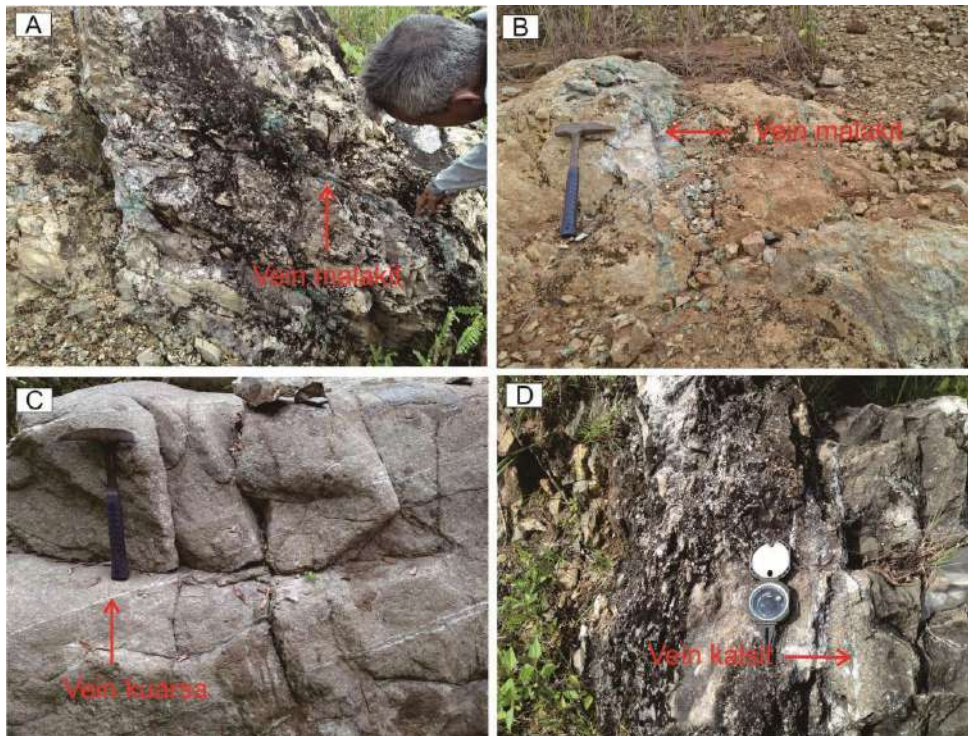
Kekar

Secara umum kekar yang berkembang terdiri dari kekar gerus (Gambar 5) dan kekar tarik (Gambar 6). Kekar gerus merupakan kekar-kekar berpasangan yang digunakan untuk menganalisis tegasan utama. Kekar berpasangan dikumpulkan dan dianalisis menggunakan diagram mawar untuk mendapatkan arah umum kemudian dianalisis menggunakan stereonet untuk menentukan gaya-gaya utama yang bekerja. Berdasarkan analisis kekar gerus, tegasan utama sigma 1 yang dominan bekerja di daerah penelitian yaitu berarah barat laut-tenggara. Gaya utama ini menghasilkan sesar-sesar geser yang berarah barat laut-tenggara, dan utara-selatan. Menurut Pulunggono, dkk., 1992, tegasan utama berarah barat laut-tenggara merupakan fase kompresi berumur Jura Awal-Kapur. Tegasan utama menghasilkan kekar tarik yang berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya yang terisi oleh mineral kalsit, kuarsa, malakit, dan azurit.

4.



Gambar 5. Struktur geologi kekar yang berkembang pada daerah penelitian: (A) kekar pada Satuan granodiorit Sulit Air, (B) kekar pada Satuan marmer Tuhur dan analisis stereografis kekar

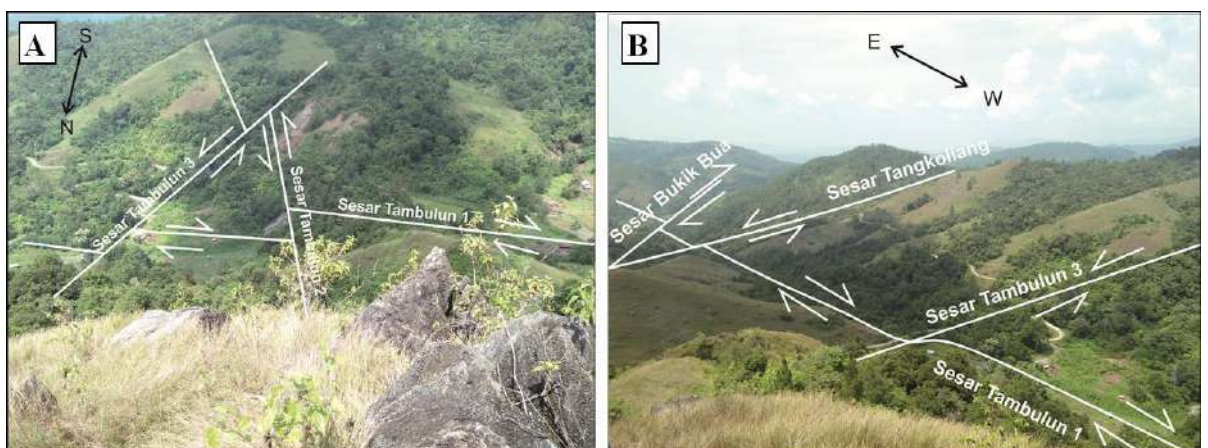


Gambar 6. Singkapan kekar tarik dilapangan pada Satuan marmar Tuhur terisi mineral malakit, azurit, kalsit dan kuarsa.

Sesar

Struktur sesar pada daerah penelitian berkembang secara sistematis dan memiliki pola-pola tertentu, mengikuti perkembangan tektonik Pulau Sumatera. Penentuan jenis sesar menggunakan data yang diperoleh di lapangan berupa bidang sesar disertai cermin sesar, gores garis dan hadirnya kelurusan atau zona hancuran yang disertai dengan kekar-kekar penyerta sesar. Secara umum struktur sesar dipengaruhi oleh dua tegasan utama yaitu berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. Sesar pada daerah penelitian dikelompokkan menjadi 5 berdasarkan arah dan jenis pergerakan sesar yaitu (Gambar 7) :

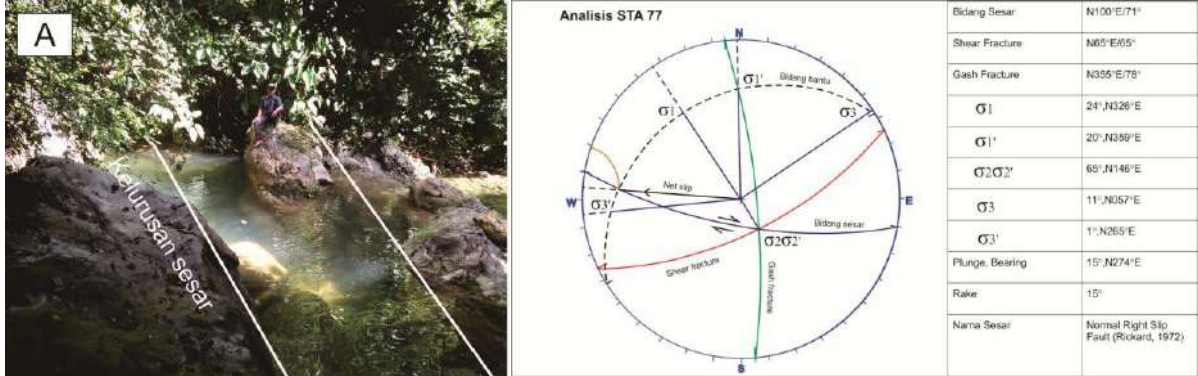
1. Sesar Tambulun 1, sesar mendatar kanan berarah barat laut-tenggara (WNW-ESE)
2. Sesar Bukit Bua merupakan sesar mendatar kanan berarah barat laut-tenggara (NW-SE)
3. Sesar Tambulun 2 merupakan sesar mendatar kiri berarah barat laut-tenggara (NW-SE)
4. Sesar Tambulun 3 merupakan sesar mendatar kiri berarah utara-selatan (N-S)
5. Sesar Tangkoliang merupakan sesar mendatar kiri berarah timur laut-barat daya (NE-SW).



Gambar 7. Foto bentang alam lembah sesar : (A) Sesar Tambulun 1 dipotong oleh Sesar Tambulun 2, kemudian Sesar Tambulun 2 dipotong oleh Sesar Tambulun 3, (B) Sesar Tambulun 1 dipotong oleh Sesar Tangkoliang dan Sesar Tambulun 3, kemudian Sesar Bukit Bua memotong Sesar Tangkoliang.

Sesar mendatar kanan berarah barat laut-timur tenggara (WNW-ESE)

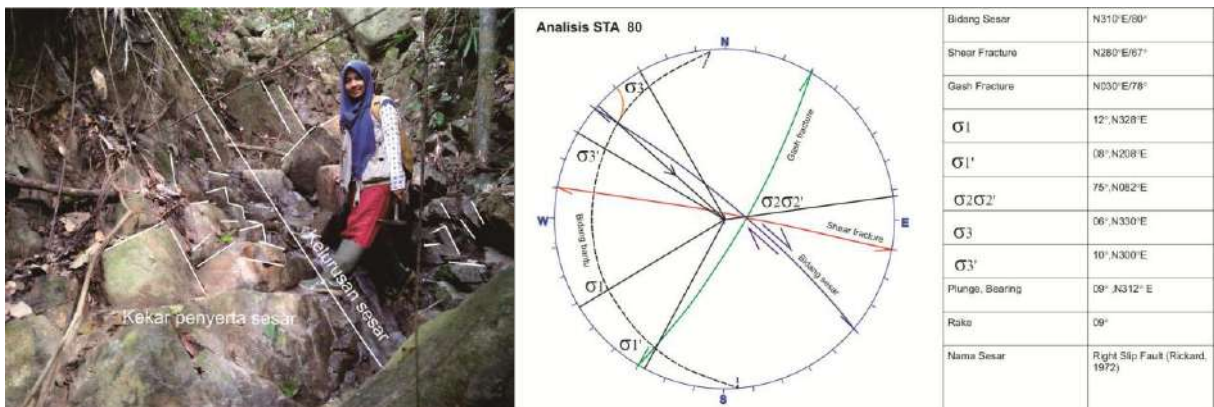
Sesar mendatar kanan berarah barat laut-timur tenggara ini membentang dari barat hingga timur lokasi penelitian. Sesar ini dinamakan dengan Sesar Tambulun 1 karena dijumpai pada Sungai Tambulun dan memotong Satuan granodiorit Sult Air, Satuan marmer Tuhur, dan Satuan granit Sult Air. Penentuan nama sesar menggunakan analisis data kelurusan zona sesar dan kekar-kekar penyerta sesar diperoleh nama sesar yaitu *normal right slip fault* (Rickard, 1972) dengan tegasan utama sigma 1 berarah barat laut-tenggara (Gambar 8). Sesar Tambulun 1 merupakan sesar yang terbentuk lebih awal dibandingkan dengan sesar-sesar yang lain. Berdasarkan analisis kelurusan menggunakan DEM, peta topografi dan kenampakan dilapangan, terlihat off set morfologi Sungai Tambulun yang merupakan kelurusan Sesar Tambulun 1 terpotong oleh sesar berarah barat laut-tenggara, utara-selatan, dan timur laut-barat daya. Kelurusan berarah barat laut-timur tenggara merupakan pola penyebaran busur magmatik berumur Jura pada batas Sundaland (Pulunggono, 1992).



Gambar 8. Zona kelurusan Sesar Tambulun 1 memotong Satuan marmer Tuhur (Azimut foto: N 290°E) dan analisis stereografis Sesar Tambulun 1

Sesar mendatar kanan berarah barat laut-tenggara (NW-SE)

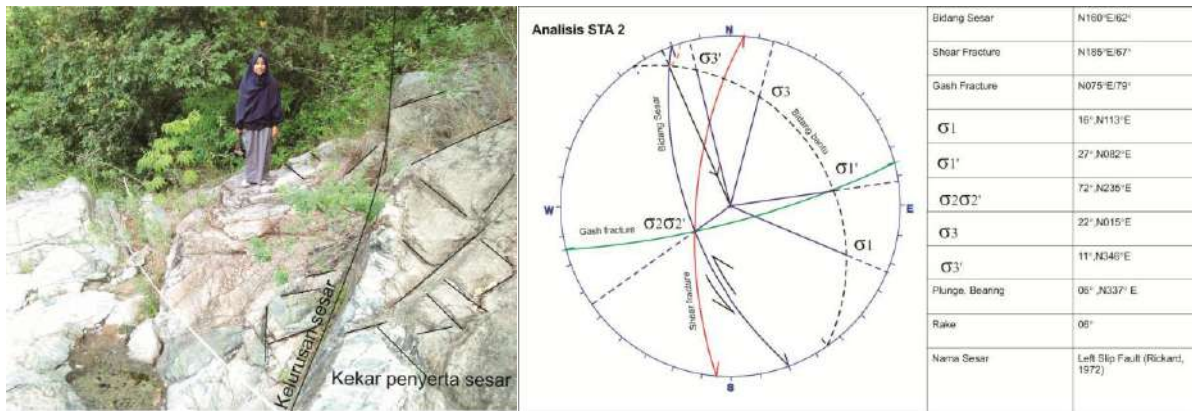
Sesar mendatar kanan dengan arah barat laut-tenggara berada pada bagian utara lokasi penelitian. Sesar ini dinamakan dengan Sesar Bukit Bua. Sesar Bukit Bua memotong Satuan granodiorit Sult Air, Satuan marmer Tuhur, dan Satuan batupasir Ombilin. Bukti Sesar Bukit Bua memotong Satuan batupasir Ombilin tidak dijumpai dilapangan, dan penarikan kelurusan sesar diinterpretasi menggunakan analisis DEM dan *off set* morfologi bukit yang searah dengan kelurusan Sesar Bukit Bua. Kehadiran Sesar Bukit Bua dilapangan ditunjukkan dengan adanya kelurusan zona sesar dan kekar-kekar penyerta sesar (Gambar 9). Sesar Bukit Bua memiliki kelurusan bidang sesar N310°E dengan kemiringan bidang sesar 80° dan nilai *rake* sebesar 09°. Berdasarkan nilai kemiringan bidang sesar dan *rake* diperoleh nama sesar *right slip fault* (Rickard, 1972) dengan tegasan utama sigma 1 berarah timur laut-barat daya. Sesar ini diinterpretasi merupakan sesar paling muda dan terbentuk lebih akhir dibandingkan dengan sesar yang lain. Sesar Bukit Bua diperkirakan berumur Tersier karena memotong batuan Tersier yaitu Satuan batupasir Ombilin dan memiliki arah dan pergerakan yang relatif sama dengan Sesar Semangko. Sesar Bukit Bua dan Sesar Tambulun 1 memiliki arah tegasan utama yang berbeda sehingga kemungkinan sesar ini terbentuk pada fase tektonik yang berbeda. Sesar ini tidak berkaitan dengan kehadiran mineralisasi tembaga di daerah penelitian.



Gambar 9. Zona kelurusan Sesar dan kekar penyerta Sesar Bukit Bua yang memotong Satuan granodiorit Sult Air (Azimut foto: N 340°E) dan analisis stereografis Sesar Bukit Bua

Sesar mendatar kiri berarah barat laut-tenggara (NW-SE)

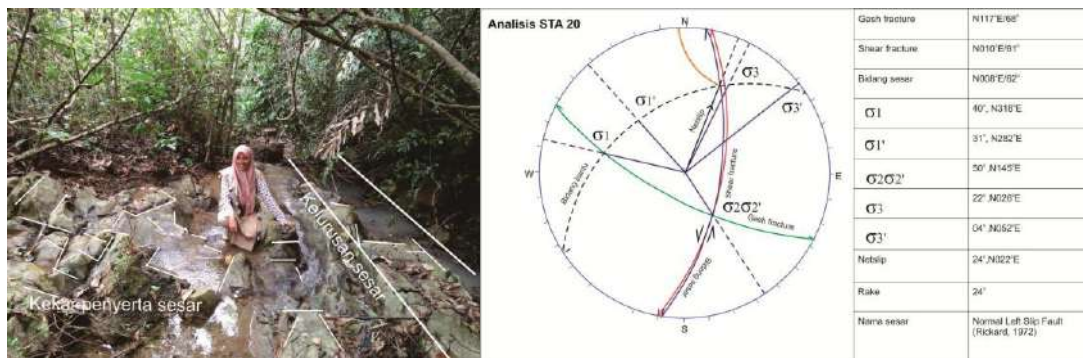
Sesar mendatar kiri berarah barat laut-tenggara berada pada bagian barat lokasi penelitian. Sesar ini dinamakan dengan Sesar Tambulun 2 dan tersingkap dengan baik pada Sungai Tambulun yang memotong Satuan granodiorit Sulit Air dan Satuan marmer Tuhur pada lokasi penelitian 2. Penentuan nama sesar menggunakan analisis data kelurusan zona sesar dan kekar-kekar penyerta sesar yang diperoleh di lapangan (Gambar 10). Sesar Tambulun 2 memiliki kelurusan bidang sesar N160°E dengan kemiringan bidang sesar 62° rake sebesar 06°. Berdasarkan nilai kemiringan bidang sesar dan rake diperoleh nama sesar *right slip fault* (Rickard, 1972) dengan tegasan utama sigma 1 berarah barat laut-tenggara. Sesar ini diperkirakan memotong Sesar Tambulun 1 berarah barat laut-tenggara. Sesar Tambulun 2 diperkirakan terbentuk pada fase tektonik yang sama dengan Sesar Tambulun 1, ditandai dengan tegasan utama pembentuk sesar yang relatif sama yaitu berarah barat laut-tenggara. Zona sesar ini pada umumnya berada disekitar batuan alterasi dan intrusi granodiorit. Sesar Tambulun 2 berpengaruh besar terhadap penyebaran zona alterasi skarn dan intrusi pada lokasi penelitian.



Gambar 10. Zona kelurusan Sesar Tambulun 2 memotong Satuan marmer Tuhur (Azimut foto: N 145°E) dan analisis stereografis Sesar Tambulun 2

Sesar mendatar kiri berarah utara-selatan (N-S)

Sesar mendatar kiri berarah utara-selatan berada pada bagian tengah peta penelitian. Sesar ini dinamakan dengan Sesar Tambulun 3 dan tersingkap pada percabangan Sungai Tambulun yang berarah utara-selatan dan memotong Satuan granodiorit Sulit Air dan Satuan marmer Tuhur. Penentuan nama sesar menggunakan analisis data kelurusan zona sesar dan kekar-kekar penyerta sesar yang diperoleh di lapangan (Gambar 11). Sesar Tambulun 3 memiliki kelurusan bidang sesar N008°E dengan kemiringan bidang sesar 62° dan nilai rake sebesar 24°. Berdasarkan nilai kemiringan bidang sesar dan rake diperoleh nama sesar *normal left slip fault* (Rickard, 1972) dengan tegasan utama sigma 1 berarah barat laut-tenggara. Sesar ini diperkirakan memotong Sesar Tambulun 1 berarah barat laut-tenggara dan Sesar Tambulun 2 berarah barat laut-tenggara. Sesar Tambulun 3 diperkirakan terbentuk pada fase tektonik yang sama dengan Sesar Tambulun 1 dan Sesar Tambulun 2, ditandai dengan tegasan utama pembentuk sesar yang relatif sama yaitu berarah barat laut-tenggara. Zona sesar ini pada umumnya berada disekitar batuan alterasi dan intrusi granodiorit. Sesar Tambulun 3 berpengaruh besar terhadap penyebaran zona alterasi skarn dan intrusi pada lokasi penelitian. Penyebaran mineralisasi pada daerah penelitian mengikuti pola kelurusan sesar ini yaitu berarah utara-selatan.



Gambar 11. Zona kelurusan dan kekar penyerta Sesar Tambulun 3 memotong Satuan marmer Tuhur (Azimut foto: N 185°E).

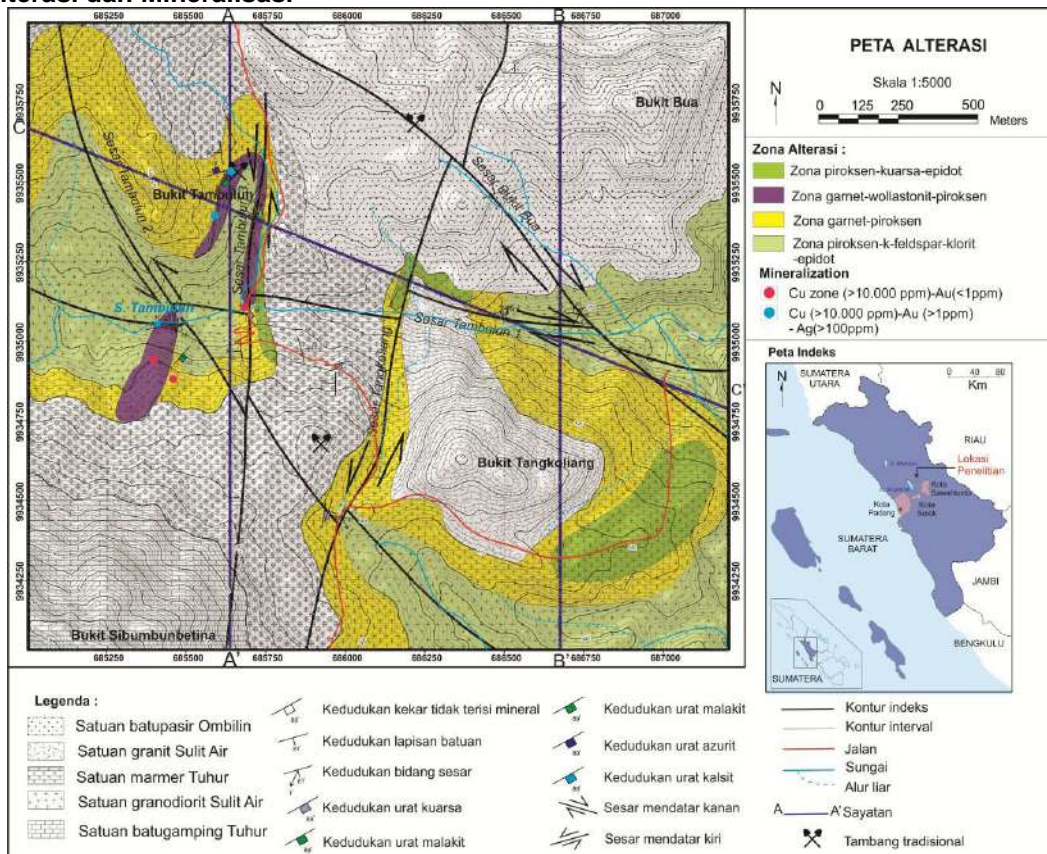
Sesar mendatar kiri berarah utara timur laut-selatan barat daya (NNE-SSW)

Sesar mendatar kiri berarah utara timur laut- selatan barat daya dinamakan dengan Sesar Tangkoliang tersingkap pada Bukit Tangkoliang. Sesar ini memotong Satuan granodiorit Sulit Air dan Satuan marmer Tuhur. Penentuan nama sesar menggunakan analisis data bidang sesar dan cermin sesar yang diperoleh di lapangan (**Gambar 12 A dan B**). Sesar Tangkoliang memiliki kelurusan bidang sesar $N015^{\circ}E$ dengan kemiringan bidang sesar 81° dan nilai *rake* sebesar 1° . Berdasarkan nilai kemiringan bidang sesar dan *rake* diperoleh nama sesar *left slip fault* (Rickard, 1972) dengan tegasan utama sigma 1 berarah timur laut-barat daya. Sesar ini diperkirakan dipotong oleh Sesar Bukit Bua berarah barat laut-tenggara namun terbentuk pada fase tektonik yang sama dengan tegasan utam berarah timur laut-barat daya. Zona sesar ini dijumpai pada Satuan marmer Tuhur dan diinterpretasikan memotong Satuan batupasir Ombilin yang berumur Tersier.



Gambar 12. (A) Bidang Sesar Tangkoliang memotong Satuan marmer Tuhur (Azimut foto: $N 37^{\circ}E$), (B) Gores garis dan arah pergerakan sesar.

Zona Alterasi dan Mineralisasi



Gambar 13. Peta zonasi alterasi dan mineralisasi daerah penelitian

Sebaran alterasi dan mineralisasi dikontrol oleh litologi dan struktur geologi pada daerah penelitian. Litologi pengontrol alterasi berupa intrusi dari Satuan granodiorit Sulit Air dan Satuan granit Sulit Air yang menerobos satuan batugamping Tuhur. Pada daerah penelitian dikelompokkan menjadi 5 sesar berdasarkan arah dan jenis pergerakan sesar yaitu Sesar Tambulun 1, sesar mendatar kanan berarah barat laut-timur tenggara (WNW-ESE), Sesar Bukit Bua merupakan sesar mendatar kanan berarah barat laut-tenggara (NW-SE), Sesar Tambulun 2 merupakan sesar mendatar kiri berarah barat laut-tenggara (NW-SE), Sesar Tambulun 3 merupakan sesar mendatar kiri berarah utara-selatan (N-S) dan Sesar Tangkoliang merupakan sesar mendatar kiri berarah timur laut-barat daya (NE-SW). Zona alterasi skarn Cu terbagi kedalam empat zonasi yaitu zona piroksen-K-feldspar-klorit-epidot, zona garnet-piroksen, zona piroksen-kuarsa, dan zona garnet-wollastonit-piroksen. Mineralisasi pada daerah penelitian berada pada bukit Tambulun bagian barat daya lokasi penelitian (Gambar 13). Mineralisasi ini terdiri dari mineralisasi Cu, Au, dan Ag dengan kadar yang berbeda-beda. Mineralisasi dominan hadir pada zona alterasi garnet-wollastonit-piroksen dan zona garnet piroksen. Penyebaran zona alterasi mengikuti sesar mendatar kiri yang berarah utara-selatan (N-S) sedangkan mineralisasi mengisi rekahan-rekahan pada zona sesar mendatar kiri yang berarah utara-selatan (N-S) dan barat laut-tenggara (NW-SE). Kekar pada zona sesar ini terisi oleh mineral-mineral kalsit, kuarsa dan azurit yang dominan berarah kekar tarik yang berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. Mineral utama pembawa Cu berupa bornit, kalkosit, malakit, azurit dan kalkopirit (Gambar 14).

5.



Gambar 14. (A) Singkapan alterasi garnet-wollastonit-piroksen pada tambang terbuka Tambulun, (B) singkapan alterasi garnet-wollastonit-piroksen dengan mineralisasi mengikuti bidang perlapisan yang

masih tersisa, (C) mineralisasi bornit, kalkosit, kalkopirit, azurit, dan malakit pada alterasi garnet-wollastonit-piroksen.

Kesimpulan

Mineralisasi tembaga pada daerah penelitian dikontrol oleh litologi dan struktur geologi. Litologi pengontrol alterasi berupa intrusi dari Satuan granodiorit Sulit Air dan Satuan granit Sulit Air yang menerobos satuan batugamping Tuhur. Struktur geologi yang berkembang berupa sesar mendatar kanan, sesar mendatar kiri dan kekar. Zona alterasi skarn Cu terbagi kedalam empat zonasi yaitu zona piroksen-K-feldspar-klorit-epidot, zona garnet-piroksen, zona piroksen-kuarsa, dan zona garnet-wollastonit-piroksen. Mineralisasi dominan hadir pada zona alterasi garnet-wollastonit-piroksen dan zona garnet piroksen. Penyebaran zona alterasi ini mengikuti sesar mendatar kiri yang berarah utara-selatan (N-S) sedangkan mineralisasi mengisi rekahan-rekahan pada zona sesar mendatar kiri yang berarah utara-selatan (N-S) dan barat laut-tenggara (NW-SE). Kekar pada zona sesar ini terisi oleh mineral-mineral kalsit, kuarsa dan azurit yang dominan berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya. Mineral utama pembawa Cu berupa bornit, kalkosit, malakit, azurit dan kalkopirit

DAFTAR PUSTAKA

- Barber, A.J., Crow, M.J., dan Milsom, J.S. (2005). Metallic mineral resource. Dalam *Geology, Resources and Tectonic Evolution, Sumatra* (hal. 147174). London: Geological Society, Memoirs 31.
- Idrus, A., Kolb, J., Meyer, F.M., Arif, J., Setyandhaka, D., Kepli, S. (2009). A preliminary study on skarn-related calc-silicate rocks associated with the Batu Hijau porphyry copper-gold deposit, Sumbawa Island, Indonesia, Special Issue. *Resource Geology*, vol.59, no.3, 295-306.
- Irzon, R., Syafri, I., Setiawan, I., Hutabarat, J., Sendjaja, P., Haryanto, A.D. (2019). Imobilitas unsur tanah jarang (UTJ) selama mineralisasi Cu pada granitoid Sulit Air, Provinsi Sumatera Barat. *Riset Geologi dan Pertambangan*, vol. 29, no. 2, 185-201.
- Koesoemadinata, S.P., dan Matasak, T. (1981). Stratigraphy and sedimentation Ombilin Basin Central Sumatra (West Sumatra Province). *Proceeding Indonesia Petroleum Association 2006, 10Th Annual Convention, May 1981* (hal. 217-247). Indonesia Petroleum Association (IPA).
- Mertig, H.J., Rubin, J.N., Kyle, J.R. (1994). Geology and ore formation of the Dom Cu-Au skarn deposit, Gunung Bijih (Ertsberg) district, Irian Jaya, Indonesia. M.A. *Journal of Geochemical Exploration*, 179-202.
- Peng, H., Zhangxian, Z., dan Wenshuai, X. (2014). The litogeochemical characteristics and tectonic setting research of Sulit skarn-type copper deposits in Sumatra Island, Indonesia. *Acta Geologica Sinica, Abstract vol.88 (Supp. 2)*, hal. 875.
- Pulonggono, A., Haryo, S.A., dan Kosuma, C.G. (1992). Pre-Tertiary and Tertiary fault system as a framework of the South Sumatra Basin; studi of SAR map. *Proceeding Indonesian Petroleum Association 21st Annual Convention, 1992* (hal. 339-360). Indonesian Petroleum Association.
- Silitonga, P.H., Kastowo. (1995). *Geologi lembar Solok, Sumatra, Skala 1:250.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Stephen, B.B., Shepherd, T.J., Bowles, J.R.W., Brook, M. (1987). Gold mineralization and skarn development near Muara Sipongi, West Sumatra, Indonesia. *Economic Geology*, vol. 82, 1732-1749.