IDENTIFIKASI REKAHAN SEBAGAI INDIKATOR BATUAN ALTERASI DAERAH BONTOCANI, KABUPATEN BONE, SULAWESI SELATAN

Citra Aulian Chalik[1*], Firdaus F[2], Harwan[3], Andi Fahdli Heriansyah[4], Muhamad Hardin Wakila[5], Nurliah Jafar[6]
[1-6] Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia
e-mail: *[1]citraaulian@umi.ac.id, [2]firdaus@umi.ac.id, [3]hawan@umi.ac.id, [4]Afahdli.heriansyah@umi.ac.id, [5]wakilahardin@umi.ac.id, [6]nurlia.jafar@umi.ac.id

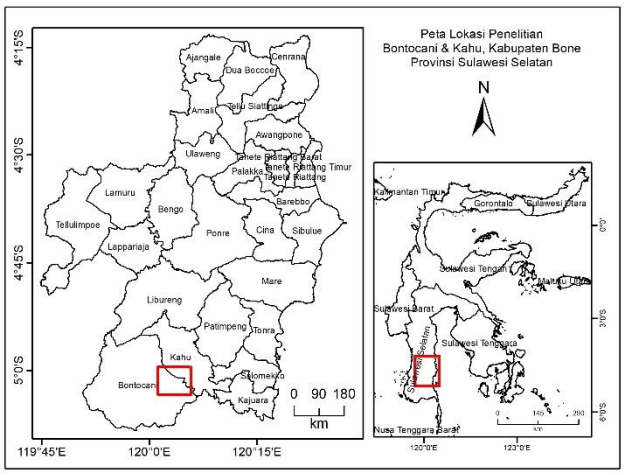
ABSTRAK

Alterasi batuan menjadi penciri adanya rekahan-rekahan pada batuan yang menjadi jalur fluida hidrotermal. Di daerah penelitian Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan ditemukana danya batuan terubah atau batuan teralterasi. Lokasi batuan tersebut diperkirakan berada pada jalur rekahan dimana fluida hidrotermal berinteraksi dengan batuan. Interaksi fluida hidrotermal dengan batuan sekitar atau batuan samping merupakan potensi mineral-mineral berharga yang berasosiasi dengan mineral alterasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi adanya rekahan sebagai zona alterasi yang menyebabkan batuan terubah. Penelitian ini menggunakan citra ALOS PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) on Advanced Land Observing Satellite (ALOS*)). Citra ALOS PALSAR digunakan untuk memperoleh data kelurusan morfologi yang terdapat di daerah penelitian, kelurusan tersebut dianalisis untuk menunjukan densitas kelurusan yang dapat menunjukan tingkat rekahan di daerah penelitan. Hasil metode kelurusan dikolerasikan dengan data alterasi yang didapatkan di daerah penelitian. Hasil observasi dilapangan berupa sampel batuan akan dilakukan uji *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil pengujian XRD digunakan untuk menunjukan adanya mineral alterasi dan menentukan tipe alterasi di daerah penelitian.

Kata-kata kunci*: ALOS PALSAR, rekahan, kelurusan, alterasi, Bontocani*

PENDAHULUAN

Daerah penelitian berada di Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan, berada pada koordinat 120º 1’ – 120º 6’ Bujur Timur dan 4º 49’ – 5º 4’ Lintang Selatan Gambar-1.



Gambar-1 Peta lokasi penelitian

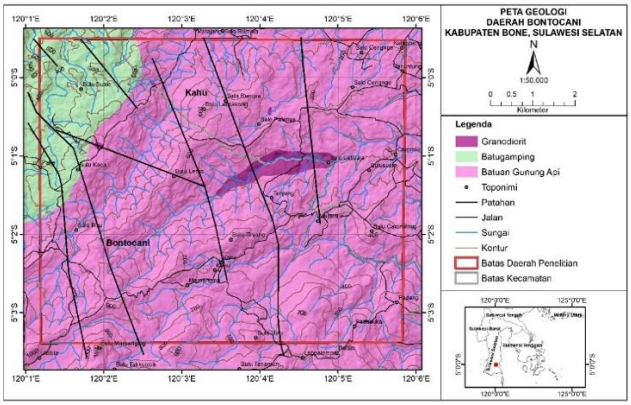
Pada daerah Bontocani terdapat potensi bahan galian yang bernilai ekonomis seperti endapan bijih besi, hal tersebut dapat dibuktikan dengan adanya mineralisasi di Bontocani yang dtemukan bongkah-bongkah bijih besi yaitu magnetit dan hematit yang berasosiasi dengan granodiorit dan pegmatite granodiorite serta kuarsa [1]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh Firdaus dkk (2020) tentang keberadaan mineralisasi di daerah Tanjung dan Harwan dkk (2021) di daerah Pake. Himpunan mineral alterasi yang terindentifikasi di daerah penelitian di Tanjung terdiri dari mineral augite, plagioklas, kuarsa, kalsit, garnet, epidot, piroksin, serisit, diapsid, hornblende, feldspar, mikroklin, dan muskovit, mineral-mineral tersebut merupakan tipe alterasi Propilitik dan Skarn [2], sedangkan di daerah Pake terdapat mineral kalsit, epidot dan garnet, mineral-mineral tersebut merupakan tipe alterasi skarn [3]. Adanya mineral-mineral tersebut ada hubungannya dengan fluida hidrotermal yang melalui rekahan-rekahan batuan dan kontak antara intrusi dengan batuan samping. Penelitian sebelumnya yang dilakukan telah membahas potensi bijih besi dan proses mineralisasi pada daerah Bontocani, akan tetapi identifkasi rekahan pada batuan dimana terjadinya proses-proses mineralisasi masih kurang dalam melengkapi kegiatan eksplorasi. Oleh karena itu, penelitian mencoba untuk melakukan identifikasi rekahan sebagai indikasi adanya alterasi dari fluida hidrotermal. Identifikasi keberadaan rekahan perlu dilakukan identifikasi kelurusan dengan menggunakan teknologi remote sensing. Teknologi remote sensing saat ini sangat berkembang dan diaplikasikan dalam berbagai penelitan, salah satunya di bidang eksplorasi bahan galian. Keunggulan metode ini adalah dapat meningkatkan efektifitas, akurasi, dan nilai ekonomis pada suatu survei lapangan. Data remote sensing yang digunakan untuk ektraksi kelurusan pada penelitian ini adalah data citra *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR) on Advanced Land Observing Satellite (ALOS)*. Kemampuan citra ALOS PALSAR ini dapat menghindari pengaruh tutupan awan, kontras rendah karena efek iluminasi matahari dan fitur linear yang tidak terkait dengan rekahan pada batuan [4].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi adanya rekahan indikasi batuan alterasi atau jalur fluida hidrotermal yang menyebabkan batuan terubah. Metode penelitian yang dilakukan adalah analisis kelurusan topografi melalui citra ALOS PALSAR dan observasi batuan teralterasi. Hasil metode analisis kelurusan dikolerasikan dengan data alterasi yang didapatkan di daerah penelitian. Hasil observasi dilapangan dilakukan analisis X-ray Diffraction (XRD) untuk mendeteksi jenis mineral pada batuan yang menunjukan adanya pengaruh ubahan karena rekahan. Selain itu, berdasarkan analisis XRD juga dapat menentukan tipe alterasi dan mendelineasi zona alterasi di daerah penelitian.

Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak pada jalur gunung api dari pulau Sumatera melalui pulau Jawa bagian selatan ke pulau Bali-Lombok-Flores-Sumbawa menuju ke bagian Utara Sulawesi Selatan-Sulawesi Tengah-Sulawesi Utara dan sampai di Filipina (Verstappen, 2010). Morfologi daerah penelitian didominasi oleh perbukitan tinggi dengan kemiringan curam hingga sangat curam. Stratigrafi batuan di dearah penelitian terdiri dari batuan tertua yaitu batuan malihan konak (S), batuan sedimen tipe flis Formasi Marad (Km) yang berumur kapur, batuan gunung api terpropilitkan (Tpv) berumur Paleosen, batugamping Formasi Tonassa (temt), batuan gunung api Camba (Tmcv) serta terobosan batuan granodiorite (Gd) berumur Miosen Awal (Utoyo, 2008)

Gambar-2 adalah peta geologi lokal daerah penelitian yang menunjukan batuan gunung api mendominasi daerah penelitian pada bagian tengah dan memanjang timur laut-barat daya. Granodiorit terletak bagian tengah hingga ke utara, selebihnya adalah batuan sedimen yaitu batugamping yang terletak bagian barat laut (Utoyo, 2008)



Gambar-2 Peta Geologi lokal daerah penelitian modifikasi dari Utoyo (2008)

Pergerakan tektonik lempeng mengontrol daerah penelitian dimana Pulau Sulawesi merupakan pertemuan 3 lempeng dari Lempeng Asia, Lempeng Australia dan Lempeng Samudera Pasifik. Tiga lempeng tersebut menimbulkan beberapa struktur geologi khususnya didaerah peneltian, seperti adanya sesar dan kekar. Pergerakan tektonik tersebut mempengaruhi daerah rekahan sebagai jalur fluida hidrotermal yang menyebabkan batuan yang dilaluinya mengalami ubahan atau alterasi. Struktur geologi di daerah penelitian adalah sesar dan kekar yang berhubungan erat dengan proses tektonik Sulawesi Selatan. Arah struktur geologi tersebut adalah timur-barat, utara-selatan, barat laut-tenggara serta timur laut-barat daya. Kekar yang terdapat di daerah penelitian adalah kekar gerus (shear joints), kekar tarik (tension joints) serta kekar kolom (columnar joints). Di daerah penelitian juga terdapat sesar yaitu sesar mendatar, sesar normal yang ditandai adanya zona hancuran atau batuan breksi di Suangi Patijong. Sesar itu mempunyai arah timur laut-barat daya, sedangkan sesar normal dijumpai di Pake yang membentuk struktur graven dengan arah barat laut tenggara dan timur laut-barat daya.

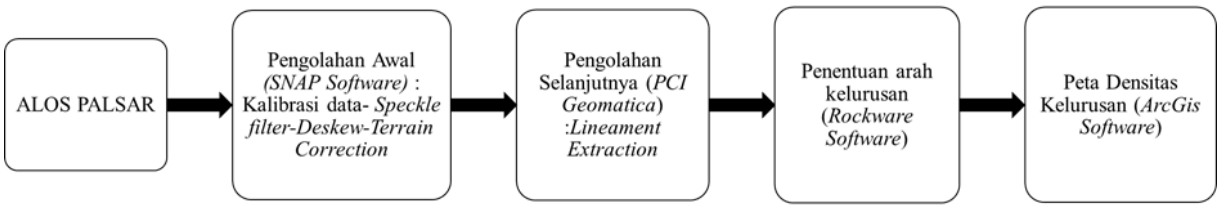
Geomorfologi daerah penelitian adalah perbukitan yang cukup tinggi dimna ketinggiannya mencapai 658 mdpl. Bukit-bukit tersebut adalah Bulu Patirolanceng (619 m), Bulu Lemo (658 m), Bulu Labokkong (636 m), Bukit tanjong (401 m), Bukit Cakempong (362 m), Bukit Lapak Tanjung (353 m), dan Bukit Lantonro (450 m). Di daerah penelitian terdapat juga lembah yang berbentuk ‘V” yang dasarnya sempit, alirannya cukup deras dan tingkat erosinya masih tergolong muda. Aliran sungai di daerah Tanjung yaitu Salo Bulubuluh merupakan sungai yang cukup besar yang mengalir dari arah barat daya ke timur laut dan membentuk pola dendritic. Selain itu di daerah Pake terdapat Salo Birru atau Salo Garuppa yang mengalir dari arah barat daya-timur laut. Secara umum anak-anak sungai di daerah penelitian merupaka tipe intermittent atau kering di musim kemarau dan dimusim hujan beraair.

METODOLOGI

Identifikasi rekahan sebagai penciri zona alterasi dilakukan dengan menggunakan citra ALOS PALSAR SLC Level 1.1 Ascending dan citra ALOS PALSAR SLC Level 1.1 Descending, data tersebut dapat di download dari laman https://vertex.daac.asf.alaska.edu/. Citra Ascending menunjukan peta yang berorientasi atau arah orbitnya selatan ke utara, sedangkan citra Descending menunjukan peta yang berorientasi atau arah orbitnya utara ke selatan. Resolusi spasial citra ALOS PALSAR yang digunakan adalah 10 meter. Selain data citra ALOS PALSAR, penelitian ini menggunakan data DEM (*Digital Elevation Map*) ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection*) untuk memberikan gambaran morfologi daerah penelitian. DEM ASTER yang digunakan dapat di download dari laman https://earthexplorer.usgs.gov/ . Resolusi DEM ASTER yang digunakan adalah 30 meter.

Pengolahan data ALOS PALSAR menggunakan perangkat lunak SNAP (*Sentinel Application Platform*) untuk mengkoreksi data ALOS PALSAR. Pengolahan data awal ALOS PALSAR di SNAP meliputi proses kalibrasi data, *multilook, speckle filter, deskew,* dan *terrain correction*. Konsep pengolahan data mengacu pada *(ALOS PALSAR Data Processing Using SNAP Software, n.d.)*. Proses pengolahan awal/*pre-processing* dapat mempersiapkan data ALOS PALSAR siap digunakan untuk proses berikutnya. Setalah pengolahan awal, data ALOS PALSAR dikonversi ke fomat TIFF (*Temporary Instruction File Format*) yang digunakan untuk mengekstrak penarikan kelurusan secara otomatis. Penarikan kelurusan secara otomatis menggunakan perangkat lunak PCI Geomatica dengan radius pixel 30. Penarikan kelurusan dengan perangkat lunak PCI Geomatica menggunakan fungsi *lineament extraction*. Hasil *lineament extraction* PCI Geomatica memberikan hasil yang baik sehingga dapat dipakai untuk proses selanjutnya.

Hasil ekstraksi kelurusan terdiri dari dua data berdasarkan citra ALOS PALSAR *Ascending* dan citra ALOS PALSAR *Descending*, masing-masing data kelurusan dibuatkan diagram roset untuk meilhat arah sebaran kelurusan tersebut. kedua hasil ekstraksi tersebut kemudian digabungkan menggunakan *tool marge* pada perangkat lunak *ArcGis*, setelah digabungkan hasil ekstraksi kelurusan kemudian dibuatkan diagram roset dan peta densitas kelurusan.

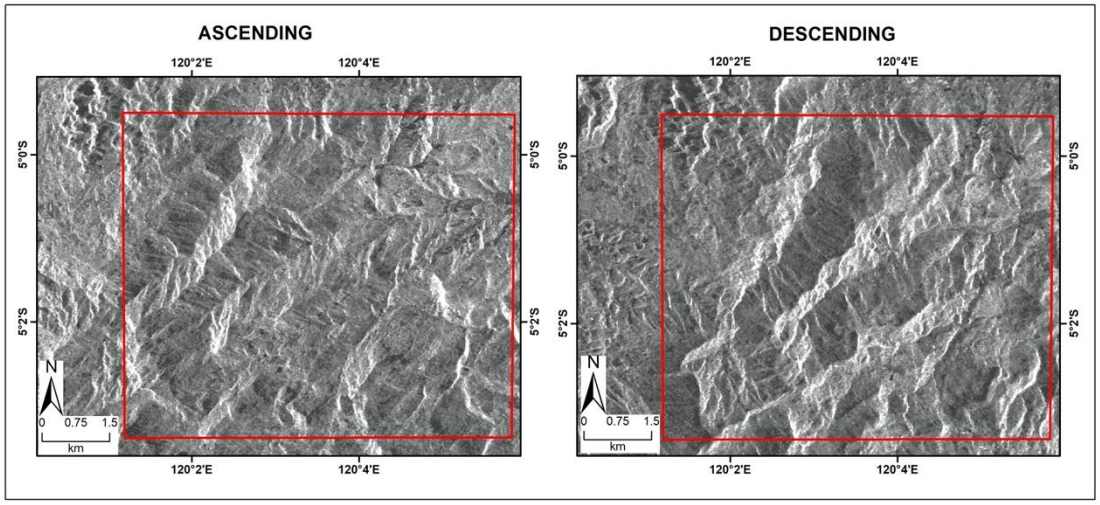


Gambar-3 Proses pengolahan citra ALOS PALSAR

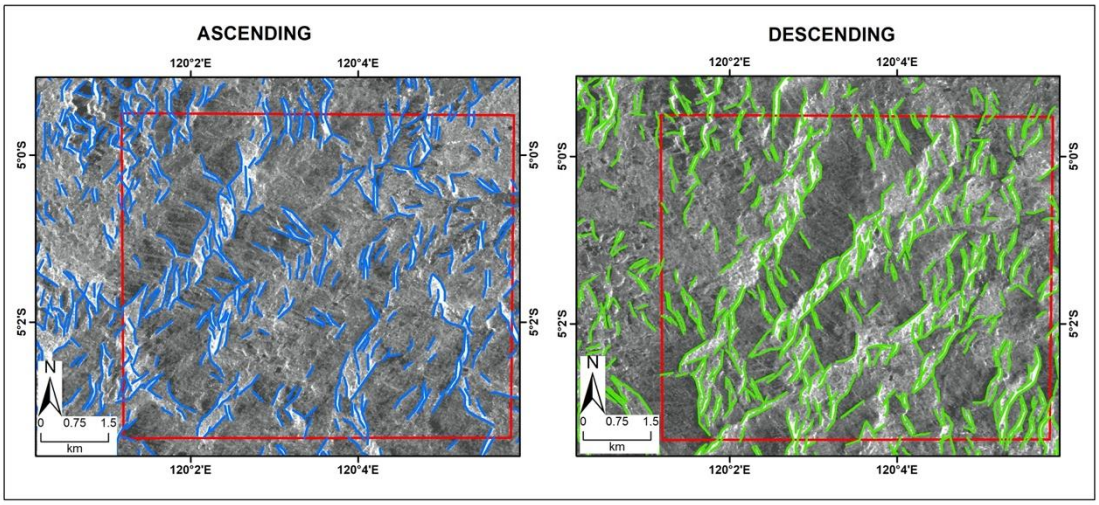
Peta densitas kelurusan di daerah penelitian dikorelasikan dengan data struktur berupa sesar, data batuan alterasi, dan sungai. Data tersebut akan menunjukan hubungan densitas kelurusan dengan keberadaan batuan alterasi di daerah penelitian.

HASIL DAN DISKUSI

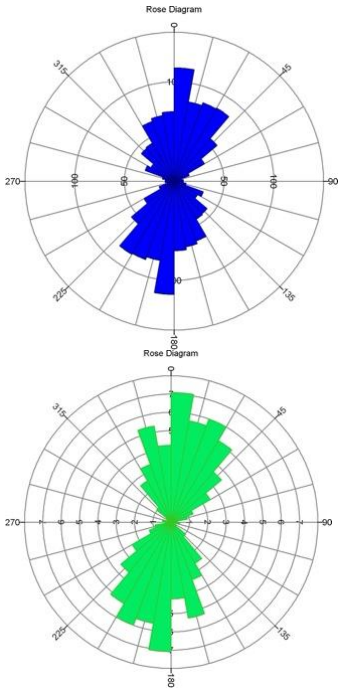
Hasil pengolahan citra ALOS PALSAR dapa perangkat lunak SNAP terdiri dari peta ALOS PALSAR Ascending dan Descending (Gambar-4). Data citra ALOS PALSAR Ascending dan Descending kemudian diolah menggunakan *software PCI Geomatica* 2015 untuk mengekstrak penarikan kelurusan (*lineament*) secara otomatis (Gambar-5). Data kelurusan dibuatkan diagram roset untuk menunjukan arah kelurusan di daerah penelitian. Hasil penarikan kelurusan menunjukan arah kelurusan yang sama pada kedua citra *Ascending* mapuan *Descending* yaitu utara-selatan (Gambar-6). Pada citra ALOS PALSAR terlihat seluruh kelurusan-kelurusan morfologi seperti kelurusan lembah, sungai, punggungan, zona patahan, dan rekahan yang ada di permukaan.



Gambar-4 Peta citra ALOS PALSAR hasil pengolahan *software* SNAP dan ENVI, kotak merah merupakan batas daerah penelitian



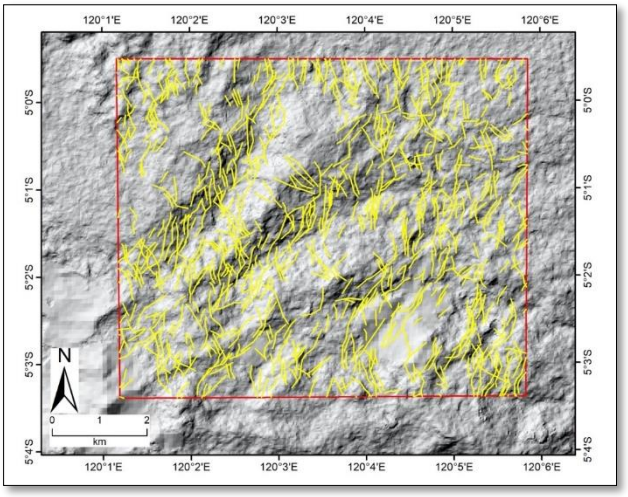
Gambar-5 Hasil ekstrak kelurusan citra ALOS PALSAR menggunakan *software PCI G*eomatica 2015, garis berwarna biru merupakan hasil ekstraksi kelurusan dari citra ALOS PALSAR *Ascending* dan garis berwarna hijau merupakan hasil ekstraksi kelurusan dari citra ALOS PALSAR *Descending*.



Gambar-6 Diagram roset arah kelurusan citra ALOS PALSAR *Ascending* (Biru) dan arah kelurusan citra ALOS PALSAR *Descending* (Hijau)

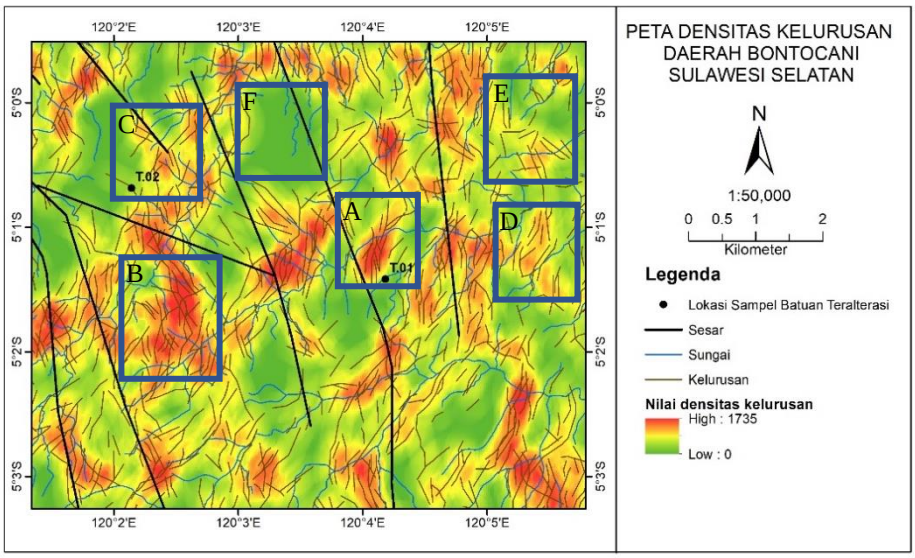
Arah kelurusan berdasarkan data ALOS PALSAR Ascending dan Descending berarah utara selatan sehingga dapat disimpulkan secara umum kelurusan di daerah penelitian berdasarkan hasil pengolahan data ALOS PALSAR berarah Selatan-Utara**.**

Data kelurusan *Ascending* dan *Descending* digabung untuk menunjukan kelurusan utama Gambar-7. Data kelurusan diolah untuk menghasilkan peta densitas kelurusan Gambar-8 untuk menunjukan permeabilitas di daerah penelitian. Hasil interpretasi densitas kelurusan dapat dibuktikan di lapangan dengan beberapa aspek struktur geologi seperti pembelokan sungai, kekar, sesar, patahan, air terjun, zona hancuran, atau perlapisan batuan di daerah penelitian. Kelurusan di beberapa lokasi tertentu mengindikasikan adanya pembelokan sungai dan patahan di daerah penelitian Gambar-8



Gambar-7 Hasil kelurusan gabungan *Ascending* dan *Descending*

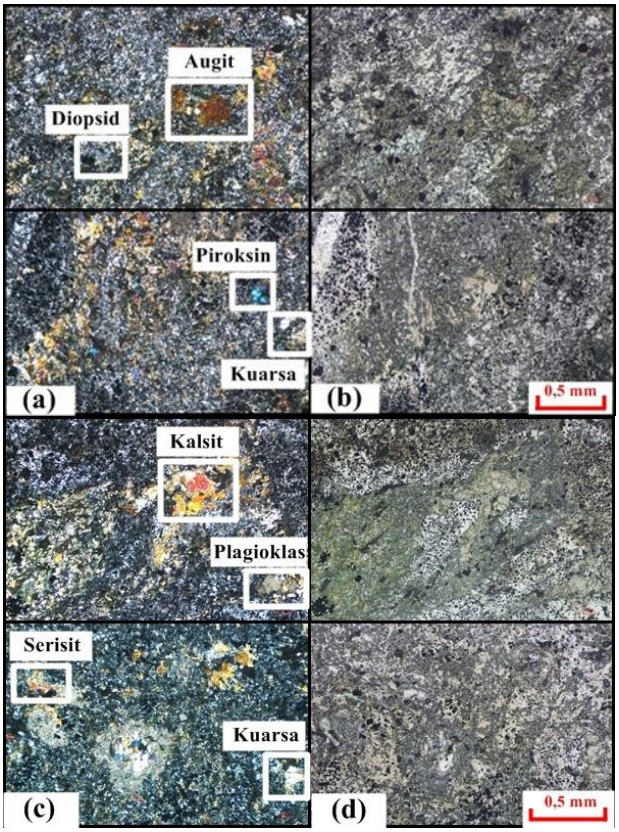
Nilai densitas kelurusan yang tinggi diinterpretasikan memiliki intensitas rekahan yang tinggi. Pada penelitian ini, terdapat beberapa kelompok daerah tingkat densitas kelurusan (Gambar-8) yaitu densitas kelurusan tinggi (Daerah A dan B), densitas kelurusan sedang (Daerah C, D, & E) dan densitas kelurusan rendah (Daerah F). Batuan teralterasi menunjukan batuan yang terubah dikarenakan adanya interaksi batuan dengan fluida hidrotermal yang berada disepanjang rekahan. Sesar dan rekahan tertutupi oleh alterasi atau endapan mineral yang dibawah oleh fluida hirotermal [7]. Lokasi batuan alterasi yang ditemukan dilapangan diplot pada peta densitas kelurusan. Kemunculan batuan alterasi yang mengandung mineral-mineral alterasi dapat mengindikasikan rekahan sebagai jalur aliran fluida hidrotermal.



Gambar-8 Peta densitas kelurusan daerah penelitian

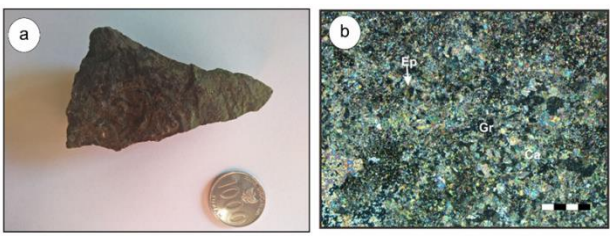
Mineralogi

Mineral alterasi yang terindikasi terubahkan dianalisis secara XRD (*X- Ray Diffraction*). Pada Gambar-9 memperlihatkan hasil mineral alterasi pada sampel Sampel T.01, mineral-mineral alterasi yang muncul yaitu albit 49.7%, hedenbergit 26.2%, diopsid 10.9%, kuarsa 6.6%, cristobalit 3.1%, dolomit 2.7%, magnesit 0.7%, magnetit 0.1%, wollastonit 9.7%, dan garnet 1.8% [2]



Gambar-9 Hasil analisis XRD sampel T.01, (a) dan (c) nikol silang, (b) dan (d) nikol sejajar

Mineral alterasi lainnya dijumpai pada sampel T.02, sampel T.02 dijumpai batuan karbonat yang telah mengalami alterasi. Berdasarkan hasil analisis XRD memperlihatkan mineral-mineral berupa mineral utama yaitu kalsit dan mineral lainnya yaitu magnatit dan kalkopirit (Gambar-10) [3]



Gambar-10 Sampel batuan T.02 yang memperlihatkan batugamping yang teralterasi (a), hasil analisis XRD (b) mineral garnet (Gr), epidot (Ep), dan Kalsit (Ca)

Tipe alterasi pada daerah penelitian digolongkan menjadi dua yaitu tipe alterasi propilitik dan skarn. Tipe propilitik dicirikan dengan himpunan mineral epidot, albit, kuarsa, kalsit, dan piroksin. Sedangkan tipe skarn dicirikan dengan himpunan mineral garnet, melanit, piroksin (diopsid) dan piroksin (wollastonite)

Daerah A (Gambar-8) dengan densitas kelurusan tinggi ditemukan adanya mineral alterasi pada sampel T.01. Zona tersebut merupakan zona rekahan yang tinggi dibuktikan dengan adanya struktur geologi (sesar). Pada daerah C dimana ditemukan adanya mineral alterasi sampel T.02 menunjukan daerah dengan densitas kelurusan sedang, daerah tersebut diindikasikan merupkan zona rekahan sedang. Tinggi rendahnya densitas kelurusan dapat berhubungan dengan tingkat permeabilitas [7]. Daerah dengan densitas kelurusan tinggi dapat dikatakan memiliki permeabilitas yang tinggi sehingga daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki jalur fluida yang baik dibandingkan dengan lainnya. Hasil XRD sampel batuan yang diambil di daerah penelitian menunjukan hubungan dengan lokasi permeabilitas tinggi atau densitas kelurusan sedang-tinggi, dimana sampel batuan tersebut menunjukan adanya mineral alterasi yang disebabkan oleh jalur fluida hidrotermal yang melalui rekahan atau daerah permeabilitas tinggi, hal ini juga dapat membuktikan kelurusan berdasarkan analisis data citra ALOS PALSAR dapat menunjukan daerah permeabilitas yang cukup baik.

KESIMPULAN

Hasil pengolahan citra ALOS PALSAR adalah data kelurusan yang menunjukan densitas kelurusan dan menunjukan tingkat permeabilitas di daerah penelitian. Daerah dengan densitas kelurusan sedang-tinggi ditemukan adanya batuan alterasi dan berdasarkan hasil analisis XRD batuan tersebut terdiri dari himpunan mineral alterasi tipe propilitik dan skarn. Daerah dengan densitas kelurusan sedang-tinggi menunjukan daerah permeabilitas tinggi sehingga fluida hidrotermal dapat bereaksi dengan batuan samping dimana batuan terubah atau teralterasi. Densitas kelurusan berdasarkan analisis data citra ALOS PALSAR dapat menunjukan daerah permeabilitas yang cukup baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Universitas Muslim Indonesia (LP2S-UMI) yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial dan legalitas terhadap penelitian ini. Kepada pemerintah desa Tanjung, Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan yang telah membantu dalam administrasi sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. Utoyo, "BIJIH BESI DI DAERAH BONTOCANI KABUPATEN BONE SULAWESI-SELATAN," *J. Geol. dan Sumberd. Miner.*, vol. 18, no. 5, pp. 309–317, Oct. 2008, doi: 10.33332/JGSM.GEOLOGI.V18I5.251.

[2] F. F, T. A. Kandora, D. Lantara, A. B. Thamsi, H. Harwan, and H. Bakri, "ANALISIS ALTERASI PADA ENDAPAN BIJIH BESI DI DAERAH TANJUNG, KECAMATAN BONTOCANI,

KABUPATEN BONE, PROVINSI SULAWESI SELATAN," *J. GEOSAPTA*, vol. 6, no. 1, p. 49, Jan. 2020, doi: 10.20527/JG.V6I1.7082.

[3] H. Baharuddin, I. Nur, A. Maulana, N. Jafar, F. F, and A. F. Heriansyah, "Karakteristik Endapan Bijih Besi Daerah Pakke Desa Langi Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi," *J. Geomine*, vol. 8, no. 3, p. 203, Feb. 2021, doi: 10.33536/JG.V8I3.631.

[4] A. Saepuloh, H. Haeruddin, M. N. Heriawan, T. Kubo, K. Koike, and D. Malik, "Application of lineament density extracted from dual orbit of synthetic aperture radar (SAR) images to detecting fluids paths in the Wayang Windu geothermal field (West Java, Indonesia)," *Geothermics*, vol. 72, pp. 145–155, Mar. 2018, doi: 10.1016/J.GEOTHERMICS.2017.11.010.

[5] H. T. Verstappen, "Indonesian Landforms and Plate Tectonics," *J. Geol. Indones.*, vol. 5, no. 3, pp. 197–207, 2010.

[6] "(PDF) ALOS PALSAR Data Processing Using SNAP Software." https://www.researchgate.net/publication/353268753_ALOS_PALSAR_Data_Processing_Using_SNAP_Software (accessed Sep. 10, 2021).

[7] M. Iqbal and B. R. Juliarka, "Analisis Kerapatan Kelurusan (Lineament Density) di Lapangan Panasbumi Suoh-Sekincau, Lampung," *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 61–67, Dec. 2019, doi: 10.35472/JSAT.V3I2.212.