

# STUDI ZONA ALTERASI DAERAH X, KECAMATAN LOLAYAN, KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW, PROVINSI SULAWESI UTARA BERDASARKAN ANALYTICAL SPECTRAL DEVICES (ASD)

Greaty Julivelyn Moniung<sup>1</sup>, Dianto Isnawan<sup>2</sup>, T. Listyani Retno Astuti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Telp. (0274)487249

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Dan Perencanaan,  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Email: [4100190059@students.itny.ac.id](mailto:4100190059@students.itny.ac.id), [dianto@itny.ac.id](mailto:dianto@itny.ac.id), [lis@itny.ac.id](mailto:lis@itny.ac.id)

## ABSTRAK

Secara administratif lokasi penelitian berada pada Desa Motandoi, Kecamatan Pinolosian Timur, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Daerah penelitian terletak di bagian tengah lengan utara Sulawesi yang disusun oleh busur magmatik berumur Neogen. Kondisi geologi yang cukup kompleks menghasilkan potensi sumber daya mineral yang bersifat ekonomis dan berpotensi sebagai tempat kedudukan mineralisasi. Tujuan penelitian untuk mengetahui kondisi geologi dan mengidentifikasi zona alterasi pada daerah penelitian agar dapat mengetahui heat source dari sistem hidrotermal. Daerah penelitian tersusun atas batuan tuf dasit, breksi tuf dan diorit kuarsa. Tipe alterasi dari daerah penelitian terbagi atas beberapa tipe, yaitu *silica vuggy* (SV), *silica massive* (SM), *silica advanced argilic* (SAA), *clay advanced argilic* (CAA), dan *argilic* (AR). Kemudian dikorelasikan dengan himpunan mineral yang diperoleh dari hasil analytical spectral device (ASD), sehingga didapatkan: zona alterasi vuggy quartz – alunite, zona alterasi massive quartz - alunite ± dickite ± Kaoliniteite, zona alterasi alunite ± Kaoliniteite ± *phyropylite*, zona alterasi *phyropylite* ± dickite ± Kaoliniteite, zona alterasi dickite ± alunite ± *phyropylite*, zona alterasi Kaoliniteite ± white mica, zona alterasi montmorillonite ± white mica ± Kaoliniteite. yang mana heat source dari daerah penelitian berada pada zona alterasi vuggy quartz – alunite dan zona alterasi massive quartz - alunite ± dickite ± Kaoliniteite.

**Kata Kunci** : ASD, alterasi, Desa Motandoi, tuf dasit, breksi tuf

## ABSTRACT

*Administratively, the study site is located in Motandoi Village, East Pinolosian District, South Bolaang Mongondow Regency, North Sulawesi Province. The study area is located in the central part of the northern arm of Sulawesi, which is composed by a magmatic arc of Neogene age. The geological conditions are complex enough to produce potential mineral resources that are economical and have the potential to be the seat of mineralization. The purpose of the research is to determine the geological conditions and identify alteration zones in the research area in order to determine the heat source of the hydrothermal system. The study area is composed of dacite tuff, tuff breccia and quartz diorite. The alteration type of the study area is divided into several types, namely silica vuggy (SV), silica massive (SM), silica advanced argilic (SAA), clay advanced argilic (CAA), and argilic (AR). Then correlated with the set of minerals obtained from the analytical spectral device (ASD) results, thus obtained: vuggy quartz - alunite alteration zone, massive quartz - alunite ± dickite ± Kaolinite alteration zone, alunite ± Kaolinite ± *phyropylite* alteration zone, *phyropylite* ± dickite ± Kaolinite alteration zone, dickite ± alunite ± *phyropylite* alteration zone, Kaoliniteite ± white mica alteration zone, montmorillonite ± white mica ± Kaolinite alteration zone. where the heat source of the study area is in the vuggy quartz - alunite alteration zone and the massive quartz - alunite ± dickite ± Kaol alteration zone.*

**Keywords:** ASD, alteration, Motandoi Village, dacite tuff, tuff breccia

## 1. PENDAHULUAN

Secara regional, daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi Utara yang disusun oleh Apandi dan Bachri (1997). Pada Peta Lembar Kotamobagu ini, satuan batuan yang tersebar pada wilayah geografis daerah penelitian, adalah Batuan Gunungapi Bilungala yang juga berumur Miosen (Tmbv) dan Molasa Selebes (QTs) berumur Pliosen-Plistosen. Daerah penelitian terletak di bagian tengah lengan utara Sulawesi yang disusun oleh busur magmatik berumur Neogen. Kondisi geologi yang kompleks menghasilkan potensi sumber daya mineral yang bersifat ekonomis dan berpotensi sebagai tempat kedudukan mineralisasi. Umumnya mineral-mineral yang bersifat ekonomis terbentuk melalui proses ubahan hidrotermal, untuk itu penentuan tipe endapan suatu daerah sangat penting dalam eksplorasi mineral ekonomis. Dengan mengetahui tipe endapan, maka dapat diperkirakan jenis mineralisasi yang dibawa oleh larutan hidrotermal. Penelitian terkait alterasi mineral Desa Motandoi, Kecamatan Pinolosian Timur, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan masih terbatas. Data yang dimiliki diantaranya data ASD. Oleh karena itu, penelitian alterasi mineral berdasarkan metode spektrometri ASD akan sangat membantu dalam mengidentifikasi mineral alterasi.

## 2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan administrasi daerah penelitian berada di Secara administratif lokasi penelitian berada pada Desa Motandoi, Kecamatan Pinolosian Timur, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi (T. Apandi dan S. Bachri, 1997).

### 2.1 Tahap Penelitian.

#### 2.1.1 Tahap Pendahuluan dan Pengumpulan Data

Tahap pendahuluan adalah tahap awal dalam melakukan suatu penelitian. Tahap pendahuluan meliputi studi literatur, perizinan, proposal kerja praktek, pengenalan lingkup kerja praktek dan observasi lapangan. Beberapa tahap pendahuluan yang dilakukan berupa:

##### a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk pengumpulan, pengkajian, dan mempelajari kondisi daerah penelitian, baik kondisi geologi maupun kondisi secara umum. Pustaka yang digunakan berupa buku-buku pedoman, peta regional, jurnal, laporan penelitian maupun publikasi jenis lain yang relevan. Studi literatur yang digunakan berdasarkan penelitian Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi (T. Apandi dan S. Bachri, 1997) dan sumber lainnya yang terkait dengan daerah penelitian.

##### b. Tahap Pengambilan Data

###### 1. Data Primer

Pengambilan data primer lapangan dilakukan dengan menggunakan metode pemetaan geologi di daerah penelitian dan pengambilan sampel batuan untuk analisa spektral mineral. Pengumpulan data primer meliputi pengamatan litologi, dan pengukuran struktur geologi.

###### 2. Data Sekunder

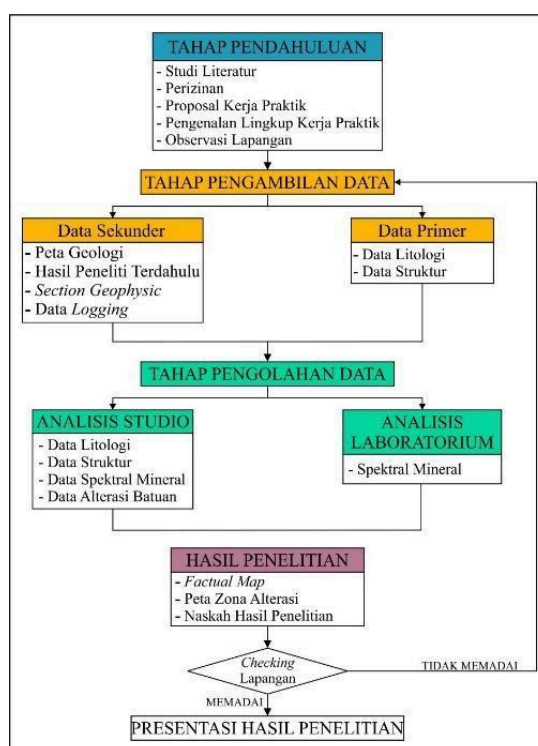
Data sekunder didapatkan dengan cara menghubungi instansi penyedia, dalam penelitian ini data sekunder yang dibutuhkan berupa Peta Geologi Regional Lembar Kotamobagu, Sulawesi (T. Apandi dan S. Bachri, 1997), hasil peneliti terdahulu, section geophysics dan data logging dari daerah penelitian.

### 2.1.2 Tahap Pengolahan Data dan Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dan analisis data primer dan data sekunder, yang kemudian hasil analisis data tersebut dikorelasikan. Pada tahap pengolahan data terdiri atas analisis laboratorium meliputi pengujian ASD (*Analytical Spectral Device*) pada sampel batuan untuk mengetahui jenis-jenis mineral ubahan seperti mineral lempung, mineral klorit, dan mineral oksida pada sampel batuan, kemudian analisis studio data litologi, struktur, data spektral mineral, dan data alterasi batuan.

### 2.1.3 Tahap Penyajian Hasil

Tahapan penyajian hasil ini merupakan tahap akhir dengan menyajikan data yang meliputi *factual map*, peta zona alterasi, dan interpretasi terkait zona alterasi dan satuan litologi pada daerah penelitian, data tersebut dibentuk ke dalam suatu laporan yang tersusun oleh keseluruhan proses penelitian dari awal hingga akhir sampai menghasilkan kesimpulan.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian merupakan wilayah kontrak dari PT. J Resources Bolaang Mongondow dengan luas kaplingan 1,1×0,7 km. Secara administratif lokasi penelitian berada pada Desa Motandoi, Kecamatan Pinolosian Timur, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Provinsi Sulawesi Utara.

### 3.1 Hasil

#### 3.1.1 Litologi

Pada lokasi penelitian dilakukan pemetaan permukaan, sehingga didapatkan lokasi penelitian tersusun atas breksi tuf, tuf dasit, dan diorit kuarsa. Kondisi batuan yang tersingkap tidak segar, melainkan telah mengalami alterasi dan teroksidasi.

a. Breksi Tuf

Secara megaskopis batuan menunjukkan warna lapuk putih kecoklatan, warna segar putih dengan struktur masif, tekstur batuan memiliki ukuran butir gravel (4-64 mm), sortasi buruk, kemas terbuka, bentuk butir menyudut tanggung, komposisi batuan tersusun atas fragmen dasit dan matriks lapili. Batuan teroksidasi menengah (jarosite-goethite), teralterasi silica massive.



**Gambar 2.** Singkapan breksi tuf (N 55° E) di Lp 1

b. Tuf Dasit

Batuan secara megaskopis menunjukkan warna segar abu-abu, warna lapuk coklat kemerahan, tekstur batuan memiliki ukuran butir tuf kasar 1-2 mm (Schmid, 1981), bentuk butir membulat-membulat tanggung, kemas terbuka, sortasi buruk, struktur massif. Komposisi batuan tersusun atas ash > lapilli, dan tersebar sulfide 0.1. batuan telah teroksidasi menengah (goethite-hemathite), teralterasi silica massive, dijumpai vein vuggy pada batuan.



**Gambar 3.** Singkapan tuf dasit (N 342° E) di Lp 14

c. Diorit kuarsa

Secara megaskopis batuan menunjukkan warna segar abu-abu, warna lapuk coklat kemerahan, batuan memiliki tekstur fanerik halus-sedang (1-5mm), derajat kristalisasi holokristalin, inequigranular, struktur masif, komposisi batuan tersusun atas plagioklas, kuarsa dan hornblende.



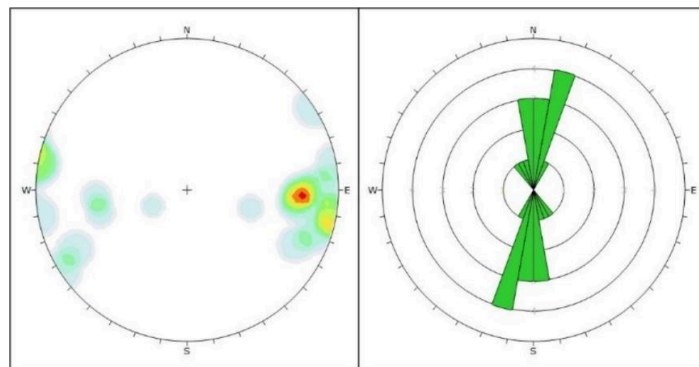
**Gambar 4.** Singkapan quazt diorit (N 298° E) di Lp 19

### 3.1.2 Struktur

Dalam proses deformasi, kekar bisa terjadi saat mendekati proses akhir atau bersamaan dengan terbentuknya struktur lain seperti sesar dan lipatan. Selain itu, kekar bisa terbentuk sebagai struktur penyerta dari struktur sesar maupun lipatan yang diakibatkan oleh tektonik pada daerah penelitian. Pada daerah penelitian struktur kekar ditemukan pada tuf dasit dan breksi tuf. Setelah dianalisis menggunakan aplikasi Dips 7.0, maka dapat diperoleh bahwa kelurusan utama kekar ini relatif berarah utara-selatan.



**Gambar 5.** Kekar gerus dan kekar tarik pada lokasi penelitian



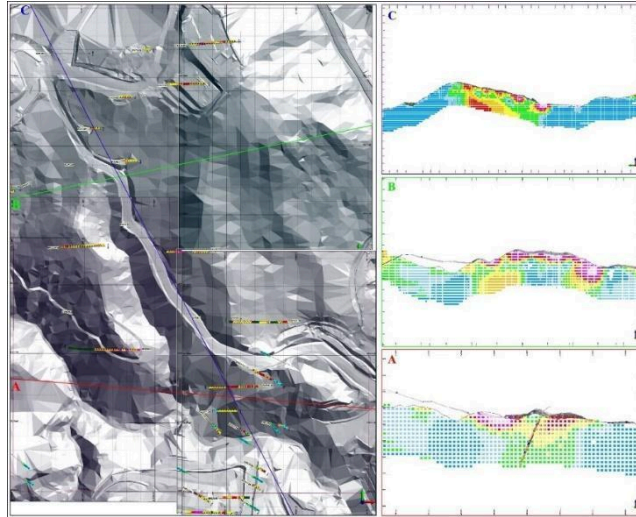
**Gambar 6.** Analisis stereografis menggunakan dips 7.0 yang menunjukkan (a.) arah gaya utama dan (b.) arah umum kelurusan.

### 3.1.3 Data ASD

Berdasarkan pengolahan data laboratorium diperoleh data spektral mineral dalam visible and near-infrared (VNIR: 0.4-1.3 $\mu$ m) dan short-wavelength infrared (SWIR: 1.3-2.5 $\mu$ m) (Lampiran 5 Halaman 49). Pada spektrum VNIR, teridentifikasi mineral oksida berupa jarosite, geotit, dan hematit. Karakteristik spektral mineral hematit memiliki absorpsi pada panjang gelombang 860 nm, mineral geotit memiliki absorpsi pada panjang gelombang 930 nm, dan mineral jarosit memiliki absorpsi pada panjang gelombang 435 nm. Sedangkan pada spektrum SWIR teridentifikasi mineral Alunite, Kaolinite, Dickite, Phyllopylrite, Illite, dan montmorilonit.

### 3.1.4 Data Logging dan Penampang Geofisika

Berdasarkan data logging dan penampang geofisika, daerah penelitian terbagi atas beberapa tipe alterasi, yaitu silica vuggy (SV), sillica massive (SM), sillica advanced argilic (SAA), clay advanced argilic (CAA), dan argilic (AR).



Gambar 7. Data logging dan section geophysic daerah penelitian

## 3.2 Diskusi

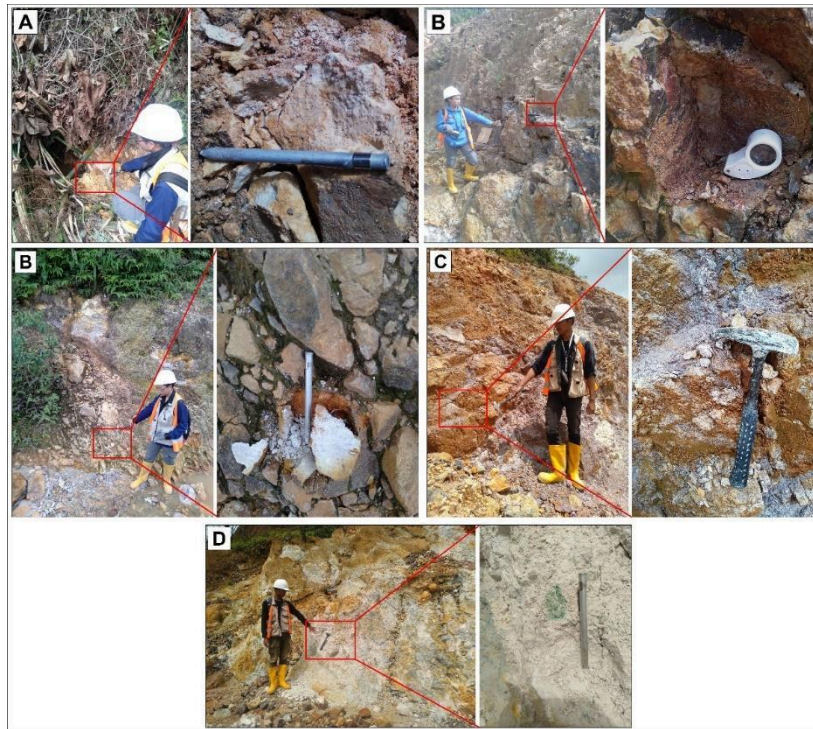
### 3.2.1 Alterasi Daerah Penelitian

Pada lokasi penelitian tipe alterasi terbagi atas beberapa tipe, dimulai dari tipe alterasi yang menunjukkan zona terdalam hingga zona terluar, yaitu silica vuggy (SV), sillica massive (SM), sillica advanced argilic (SAA), clay advanced argilic (CAA), dan argilic (AR). Tipe alterasi pada lokasi penelitian dapat dilihat dari contoh batuan yang didapatkan ketika pemetaan.

Alterasi hidrotermal diidentifikasi dengan hadirnya mineral sekunder yang dianalisa secara makroskopis, mikroskopis, dan analisis spektral untuk menganalisis spektrum mineral dengan melihat pola dan panjang gelombang yang teridentifikasi yang menunjukkan ciri khusus dari mineral yang mana pola ini dipengaruhi oleh komposisi, orientasi, dan derajat kristalisasi dari mineral. Maka dilakukan pengambilan data analisis spectral pada lokasi penelitian.

Berdasarkan analisis tersebut didukung dengan data pH dan temperatur, didapatkan himpunan mineral alterasi sebagai berikut: 1) Himpunan mineral Alunite, 2) Himpunan mineral Alunite ± Dickite ± Kaolinite, 3) Himpunan mineral Alunite ± Kaolinite ± Phyropylite, 4) Himpunan mineral Phyropylite ± Dickite ± Kaolinite, 5) Himpunan mineral Dickite ± Alunite ± Phyropylite, 6) Himpunan mineral Kaolinite ± Illite/White Mica, 7) Himpunan mineral Smectite/montmorilonite ± Illite/White Mica ± Kaolinite

Zona alterasi hidrotermal daerah penelitian terbagi kedalam tujuh himpunan mineral alterasi berturut-turut seiring bertambahnya pH dan berkurangnya temperatur yang dikorelasikan dengan data alterasi batuan yang diperoleh dari data permukaan, yaitu: 1) Zona alterasi vuggy quartz – Alunite, 2) Zona alterasi massive quartz - Alunite ± Dickite ± Kaolinite, 3) Zona alterasi Alunite ± Kaolinite ± Phyropylite, 4) Zona alterasi Phyropylite ± Dickite ± Kaolinite, 5) Zona alterasi Dickite ± Alunite ± Phyropylite, 6) Zona alterasi Kaolinite ± White Mica, 7) Zona alterasi Montmorilonite ± White Mica ± Kaolinite



**Gambar 8.** Alterasi pada batuan a) Tuf dasit dengan alterasi *vuggy sillica* pada Lp 29 b) tuf dasit dengan alterasi *sillica massive* pada Lp 16 c) Tuf dasit dengan alterasi *sillica advacend argilic* pada Lp 32 d) Tuf dasit dengan alterasi *clay advacend argilic* pada Lp 33

a. Zona alterasi vuggy quartz – Alunite

Zona alterasi vuggy quartz dijumpai pada bagian timur laut daerah penelitian. Zona alterasi ini dijumpai pada litologi tuf dasit dengan alterasi silica vuggy secara pervasive, yang telah teroksidasi menengah (70%). Berdasarkan hasil analytical spectral device (ASD), menunjukkan adanya mineral alunite, serta dijumpai mineral oksida berupa jarosite, goethite dan hematite. Dijumpai juga mineral kuarsa yang hadir secara dominan pada zona ini. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan zona alterasi ini termasuk dalam zona pusat.

b. Zona alterasi massive quartz - Alunite ± Dickite ± Kaoliniteite

Zona alterasi massive quartz tersebar pada daerah penelitian. Zona alterasi ini dijumpai pada litologi tuf dasit dan breksi tuf dengan alterasi massive quartz secara pervasive, yang telah teroksidasi kuat hingga menengah (90%). Berdasarkan hasil analytical spectral device (ASD), zona alterasi ini menunjukkan adanya himpunan mineral alunite, dickite, Kaoliniteite, serta dijumpai mineral oksida berupa goethite, jarosite, dan hematite. Dijumpai juga mineral kuarsa yang hadir secara dominan pada zona ini. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan zona alterasi ini termasuk dalam zona pusat.

c. Zona alterasi Alunite ± Kaoliniteite ± Phyropylite

Zona alterasi Alunite ± Kaoliniteite ± Phyropylite tersebar pada daerah penelitian. Zona alterasi ini dijumpai pada litologi tuf dasit dan breksi tuf dengan alterasi massive quartz secara pervasive, yang telah teroksidasi kuat (90%). Hasil analytical spectral device (ASD), menunjukkan adanya himpunan mineral alunite, Kaoliniteite, dan phyropylite, serta dijumpai mineral oksida berupa hematite. mineral kuarsa masih dijumpai pada zona alterasi ini, dengan kehadiran tidak terlalu dominan. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan zona alterasi ini termasuk dalam zona proksimal.

d. Zona alterasi *Phyropylite* ± *Dickite* ± *Kaoliniteite*

Zona alterasi *phyropylite* ± *dickite* ± *Kaoliniteite* tersebar pada daerah penelitian. Zona alterasi ini dijumpai pada litologi tuf dasit dan breksi tuf dengan alterasi massive quartz secara pervasive dan *sillica advanced argillic*. Pada zona alterasi ini batuan telah teroksidasi menengah hingga kuat (70-80%). Hasil analytical spectral device (ASD), menunjukkan adanya himpunan mineral *phyropylite*, *dickite*, *Kaoliniteite*, serta dijumpai mineral oksida berupa *goethite* dan *hematite*. mineral kuarsa masih dijumpai pada zona alterasi ini, dengan kehadiran tidak terlalu dominan. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan zona alterasi ini termasuk dalam zona proksimal.

e. Zona alterasi *Dickite* ± *Alunite* ± *Phyropylite*

Zona alterasi *dickite* ± *alunite* ± *phyropylite* tersebar pada daerah penelitian. Zona alterasi ini dijumpai pada litologi tuf dasit dan breksi tuf dengan alterasi *sillica advanced argillic*. Pada zona alterasi ini batuan telah teroksidasi menengah (65%). Hasil analytical spectral device (ASD), menunjukkan adanya himpunan mineral *dickite*, *alunite*, *phyropylite*, serta dijumpai mineral oksida berupa *jarosite*, *goethite* dan *hematite*. Kehadiran mineral kuarsa pada zona ini tidak lagi dominan, dengan kehadiran mineral lempung yang mulai terlihat jelas pada batuan. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan zona alterasi ini termasuk dalam zona proksimal.

f. Zona alterasi *Kaoliniteite* ± *White Mica*

Zona alterasi *Kaoliniteite* ± *white mica* tersebar pada daerah penelitian. Zona alterasi ini dijumpai pada litologi tuf dasit dengan alterasi *sillica advanced argillic* dan *clay advanced argillic*. Pada zona alterasi ini batuan telah teroksidasi menengah hingga buruk (30 - 65%). Hasil analytical spectral device (ASD), menunjukkan adanya himpunan mineral *Kaoliniteite*, *white mica*, serta dijumpai mineral oksida berupa *jarosite* dan *goethite*. Kehadiran mineral kuarsa pada zona ini tidak lagi dominan, dengan kehadiran mineral lempung yang mulai mendominasi pada batuan. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan zona alterasi ini termasuk dalam zona proksimal hingga zona distal.

g. Zona alterasi *Montmorilonite* ± *White Mica* ± *Kaoliniteite*

Zona alterasi *Montmorilonite* ± *White Mica* ± *Kaoliniteite* tersebar pada daerah penelitian. Zona alterasi ini dijumpai pada litologi tuf dasit dengan alterasi *clay advanced argillic* dan *argilic*. Pada zona alterasi ini batuan telah teroksidasi menengah hingga buruk (30 - 65%). Hasil analytical spectral device (ASD), menunjukkan adanya himpunan mineral *Montmorilonite*, *Kaoliniteite*, *white mica*, serta dijumpai mineral oksida berupa *jarosite* dan *goethite*. Kehadiran mineral kuarsa pada zona ini tidak dominan, sedangkan kehadiran mineral lempung yang mendominasi batuan. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diinterpretasikan zona alterasi ini termasuk dalam zona distal.

#### 4. KESIMPULAN

Secara administrasi daerah penelitian merupakan wilayah kontrak dari PT. J Resources Bolaang Mongondow dengan luas kaplingan 1,1×0,7 km. Secara administratif lokasi penelitian berada pada Desa Motandoi, Kecamatan Pinolosian Timur, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Daerah penelitian tersusun atas batuan tuf dasit, breksi tuf dan diorite kuarsa.

Daerah penelitian memiliki tipe alterasi yang terbagi atas beberapa tipe, dimulai dari tipe alterasi yang menunjukkan zona terdalam hingga zona terluar, yaitu *silica vuggy (SV)*, *sillica massive (SM)*, *sillica advanced argilic (SAA)*, *clay advanced argilic (CAA)*, dan *argilic (AR)*.



Kemudian dikorelasikan dengan himpunan mineral yang diperoleh dari hasil analytical spectral device (ASD). sehingga didapatkan: zona alterasi vuggy quartz – alunite, zona alterasi massive quartz - alunite ± dickite ± Kaoliniteite, zona alterasi alunite ± Kaoliniteite ± phyropylite, zona alterasi phyropylite ± dickite ± Kaoliniteite, zona alterasi dickite ± alunite ± phyropylite, zona alterasi Kaoliniteite ± white mica, zona alterasi montmorilonite ± white mica ± Kaoliniteite. yang mana heat source dari daerah penelitian berada pada zona alterasi vuggy quartz – alunite dan zona alterasi massive quartz - alunite ± dickite ± Kaoliniteite.

## 5. SARAN

Dalam penelitian ini penentuan zona alterasi menggunakan data ASD. Maka disarankan untuk penambahan data XRD dan XRF, serta Assay untuk memperkuat penelitian studi alterasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan ucapan terima kasih banyak kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta sebagai institusi penulis berasal. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada PT. J Resources Bolaang Mongondow yang telah memfasilitasi dan mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian terkait analisis studi alterasi di PT. J Resources Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G.P, & Chamber, J. L.C. 1998. Sedimentation in The Modern and Miocene Mahakam Delta, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
- Bargawa, W. S., & FAUZI, D. 2012. Analisis Pengaruh Lingkungan Pengendapan Batubara Terhadap Kandungan Sulfur Batubara.
- Biantoro, E., Muritno, B. P., & Mamuaya, J. M. 1992. Inversion faults as the major structural control in the northern part of the Kutai Basin, east Kalimantan
- ECE, U. 1998. International classification of in-seam coals. UN ECE: Geneva, Switzerland.
- Guntoro, A. 1998. The Effect of Collision of the Banggai-Sula Microcontinent to the Tectonic Development in Central Indonesian Region, 9th Regional Congress on Geology. Mineral and Energy Resources of Southeast Asia – GEOSEA '98.
- Midiawati, M., & Saptadi, S. 2018. Analisis Perbandingan Kualitas Batubara Te 67 Hs Di Stockpile Dan Di Gerbong Kereta Api Dengan Menggunakan Tools Statistika. Industrial Engineering Online Journal, 6(4).
- Mulyana, H. 2005. "Kualitas Batubara dan Stockpile Management". Yogyakarta: PT Geoservices, LTD.
- Mutasim, Billah. 2010. Peningkatan Nilai Kalor Batubara Peringkat Rendah Menggunakan Minyak Tanah dan Minyak Residu. Universitas Pembangunan Nasional, Veteran Yogyakarta.
- Ott H.L., 1987, The Kutai Basin – A Unique Structural History, Proceeding of the Indonesian Petroleum Association, 16 th Annual Convention, Jakarta, Indonesia
- Rose, R., Hartono, P., 1978. Geological evolution of the Tertiary Kutai- Melawi Basin, Kalimantan, Indonesia. Indonesian Petroleum Association, Proceedings 7th Annual Convention, Jakarta 1.
- Pasymi. 2008. Batubara. Jilid I. Bung Hatta University Press.
- Samuel L and Muchsin S. 1975. Stratigraphy And Sedimentation In The Kutai Basin, Kalimantan. Proceedings Indonesia& Petroleum Association Fourth Annual Convention
- Satyana, A.H., Nugroho, D., Surontoko, I., 1999. Tectonic Controls On The Hydrocarbon Habitats Of The Barito, Kutai And Tarakan Basin, East Kalimantan, Indonesia, Journal Of Asian Earth Sciences Special Issue Volume 17, hal 99 – 122.

- Sujiman dan Ahmad Fauzi. 2017. Analisis Perubahan Nilai Total Moisture Batubara Produk Dalam Kotak Uji Palka di PT Indexim Coalindo Kecamatan Kalioran Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. JTP Vol 21 No 2.
- Sukandarrumidi, 1995. Batubara dan Gambut, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Supriatna, S., Sudrajat, A., Abidin, H.Z., 1995. Geological Map of the Muara Tewe Quadrangle, Kalimantan, Geological Research and Development Center, Bandung
- Rahmad, B., Raharjo, S., Eko Widi Pramudihadi, E. and EDIYANTO, E., 2017. Pengantar Eksplorasi Geologi Batubara dan Kualitas Batubara.
- Van Bemmelen, R. W. 1949. The geology of Indonesia (Vol. 1, No. 1). US Government Printing Office
- Zakaria, Zulfia, dan Sidarto. (2015). Aktifitas Tektonik di Sulawesi dan Sekitarnya Sejak Mesozoikum Hingga Kini Sebagai Akibat Interaksi Aktifitas Tektonik Lempeng Tektonik Utama di Sekitarnya. Jurnal Geologi dan Sumber daya Mineral.