



KARAKTERISTIK MINERALISASI DAN PARAGENESIS ENDAPAN BIJIH BESI DAERAH PAKKE, KECAMATAN BONTOCANI, KABUPATEN BONE PROVINSI SULAWESI SELATAN

CHARACTERISTICS OF MINERALIZATION AND PARAGENESS OF IRON ORE DEPOSITS IN PAKKE REGION, BONTOCANI DISTRICT, BONE REGENCY, SOUTH SULAWESI PROVINCE

Harwan*¹, Firdaus², I. Nur³, A. Maulana⁴, A. F. Heriansyah⁵, M. S. Said⁶

^{1,2,5,6} Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo km.5, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

³Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km.6, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

⁴Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin,

Jl. Poros Malino km.6, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

Email: *1harwan.ft@umi.ac.id, 2firdaus@umi.ac.id, 3irzal.nur@eng.unhas.ac.id, 4adi-maulana@unhas.ac.id, 5afahdli.heriansyah@umi.ac.id, 6salman.said@umi.ac.id

ABSTRAK

Sebaran cebakan bijih besi di Indonesia banyak ditemukan di Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Sumatera Barat, Sulawesi Tengah, dan Sulawesi Selatan. Daerah di Sulawesi Selatan yang memiliki sumber daya bijih besi yang melimpah yaitu Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan tepatnya di Dusun Pakke, Kecamatan Bontocani. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah mengetahui jenis mineral pembawa bijih besi serta asosiasinya dan mengetahui paragenesis atau urutan pembentukannya. Proses pengambilan data meliputi pengamatan secara langsung singkapan bijih besi yang muncul ke permukaan dan melakukan pengambilan sampel dengan metode *chip sampling* dan *rock sampling*. Analisis laboratorium menggunakan analisis mineragrafi untuk mengetahui mineral pembawa bijih besi dan tekstur mineral bijih dan Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menganalisis mineral pembawa bijih besi serta asosiasinya. Dari hasil penelitian diperoleh mineral pembawa bijih besi berupa magnetit, hematit dan geotit dengan asosiasi mineral berupa mineral sulfida yaitu pirit dan mineral pembawa bijih mangan berupa pirolusit dan manganit. Tekstur mineral bijih yang dijumpai yaitu *intergrowth*, *granular*, *replacement* dan *open space filling*. Berdasarkan pengamatan tekstur bijih paragenesis endapan bijih Daerah Pakke berturut-turut dimulai dari terbentuknya mineral yaitu magnetit, manganit, pirolusit, hematit, pirit dan goetit.

Kata-kata kunci: bijih, mineragrafi, paragenesis, tekstur

ABSTRACT

The distribution of iron ore deposits in Indonesia is mostly found in South Kalimantan, East Java, West Sumatra, Central Sulawesi and South Sulawesi. One of the areas in South Sulawesi that has abundant iron ore resources is Bone Regency, South Sulawesi, precisely in Pakke Hamlet, Bontocani District. The purpose of this study was to determine the type of iron ore carrier minerals and their associations and to determine the paragenesis or sequence of their formation. The data collection process includes direct observation of iron ore outcrops that appear to the surface and sampling using chip sampling and rock sampling methods. Laboratory analysis uses mineragraphic analysis to determine iron ore carrier minerals and ore mineral texture and X-Ray Diffraction Analysis (XRD) to determine iron ore carrier minerals and their associations. From the research results obtained iron ore carrier minerals in the form of magnetite, hematite and goethite with mineral associations in the form of sulfide minerals namely pyrite and manganese ore carrier minerals in the form of pyrolusite and manganite. The ore mineral textures found are intergrowth, granular, replacement and open space filling. Based on the observation of the ore texture, the ore deposits of the Pakke area started from the formation of magnetite, manganese, pyrolusite, hematite, pyrite and goethite minerals, respectively.

Keywords: ore, mineragraphy, paragenesis, texture

PENDAHULUAN

Besi (Fe) adalah unsur logam yang terdapat di setiap batuan, keterdapatan unsur besi dalam jumlah besar dan memiliki nilai ekonomis disebabkan kontrol geologi yang berkaitan dengan zona mineralisasi [1]. Karakteristik dari cebakan bijih besi merupakan cebakan logam yang berdiri sendiri namun seringkali berasosiasi dengan unsur logam lainnya. Kadang cebakan bijih besi terdapat sebagai kandungan logam tanah (residual), namun jarang yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Cebakan bijih besi yang bernilai ekonomis umumnya berupa hematit, magnetit, limonit dan siderit [1]. Sebaran endapan bijih besi di Indonesia banyak ditemukan di Kalimantan Selatan, Jawa Timur, Sumatera Barat, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Selatan.

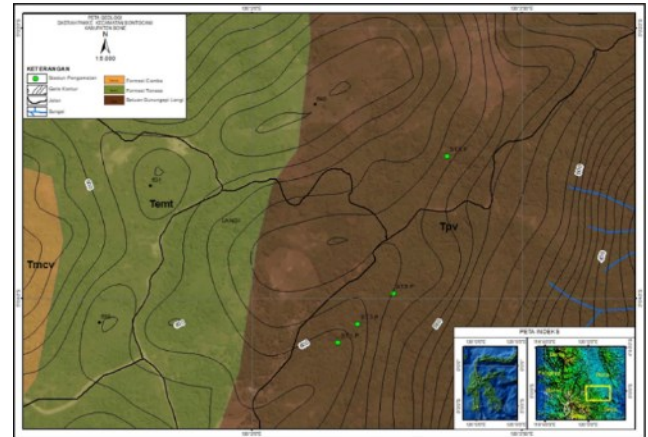
Daerah di Sulawesi Selatan yang memiliki potensi sumberdaya mineral bijih besi yang melimpah yaitu Kabupaten Bone. Potensi cebakan bijih besi di Daerah Bone dijumpai di daerah Tanjung dengan himpunan mineral alterasi skran seperti garnet, piroksin dan epidot sedangkan himpunan mineral bijih dijumpai mineral magnetit dan hematit [2]. Sedangkan bijih besi di daerah ini ditemukan berupa bongkah-bongkah bijih besi magnetit dan hematit yang berasal dari intrusi batuan beku granodiorit dan batuan beku pegmatit granodiorit [3]. Pada Daerah Pakke kelompok mineral bijih pada daerah penelitian yaitu magnetit, hematit dan goetit serta mineral bijih mangan yaitu manganit dan pirolusit [4]. Kadar bijih besi berkisar antara 20-30% [5].

Manfaat dari bijih besi sangat banyak namun terkendala akibat jenis mineral bijih besi dan tipenya yang sangat banyak sehingga menyulitkan dalam proses ekstraksinya. Berdasarkan hal tersebut peneliti bermaksud melakukan penelitian untuk mengetahui jenis mineral pembawa bijih besi dan karakteristiknya baik secara fisik maupun kimia. Penelitian detail tentang bijih besi masih sangat kurang sehingga perlu dilakukan kajian mengenai paragenesis dan karakteristik mineralogi bijih besi yang ada di Kabupaten Bone khususnya di Daerah Bontocani yang meliputi karakteristik tiap jenis mineral bijih besi, mineral pengikat dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Berdasarkan hal-hal tersebut, maka diharapkan penulis dapat memahami kondisi endapan bijih besi Daerah Bontocani terutama jenis mineral bijih besi secara rinci pada endapan bijih besi di daerah penelitian (Gambar 1).

METODE PENELITIAN

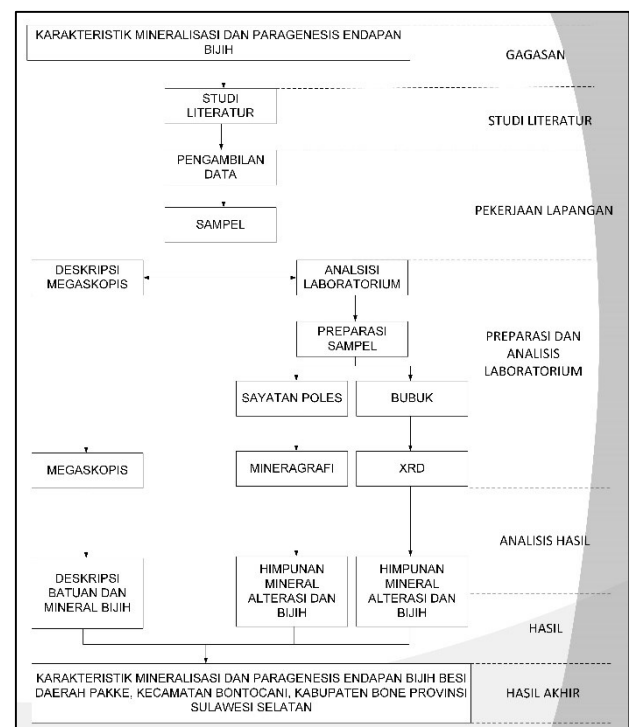
Metode penelitian dilakukan melalui pengambilan sampel bijih besi di lapangan serta pengamatan data lapangan. Analisis sampel bijih menggunakan analisis mineragrafi dan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD). Analisis Mineragrafi bertujuan untuk mengetahui jenis mineral pembawa bijih besi dan Analisis XRD bertujuan untuk mengidentifikasi mineral pembawa bijih besi serta mineral asosiasinya. Dari hasil analisis dapat ditarik

kesimpulan tentang paragenesis dan karakteristik mineralogi endapan bijih besi yang terbentuk di Daerah Pakke, Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 2).



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian [6]

Tahap pengambilan data dilakukan agar mendapatkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian. Proses pengambilan data pada daerah penelitian berupa pengamatan singkapan dan pengambilan sampel bijih besi dengan metode *rock sampling* dan *chip sampling*.



Gambar 2. Bagan Alir Rencana Penelitian

Sampel yang telah diperoleh diolah dan dianalisis menggunakan metode mineragrafi. Jumlah sampel yang dianalisis sebanyak lima sampel. Pada analisis ini sampel

dibuat menjadi sayatan poles dan diamati di bawah mikroskop bijih Nikon Tipe LV 100ND Pol. Preparasi sampel untuk sayatan poles dilakukan di Laboratorium Preparasi Sampel Universitas Hasanuddin dan analisis mineragrafi dilakukan di Laboratorium Mineral Optik Departemen Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Analisis *XRD* (*X-ray Diffractions*) dilakukan karena terbatasnya jenis mineral yang dapat diidentifikasi dengan analisis mineragrafi. Untuk mengatasi hal tersebut digunakanlah metode analisis *XRD*. Teknik ini dimaksudkan untuk menentukan mineral bijih dan mineral asosiasinya yang sangat halus yang tidak dapat dilihat secara mineragrafi. Pada analisis *XRD*, sampel yang diperoleh di lapangan dihancurkan menjadi bubuk halus dan selanjutnya dimasukkan ke dalam alat *XRD*. Analisis *XRD* menggunakan *XRD* Shimadzu XRD-7000L dilakukan di Laboratorium Geokimia Mineral Departemen Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi

Daerah Pakke merupakan daerah perbukitan dengan elevasi antara 50 meter hingga 658 meter di atas permukaan laut. Bukit pada daerah ini memanjang dari arah barat daya – timur laut. Sungai pada daerah penelitian adalah Sungai Patijong dan Sungai Garuppa yang mengalir ke arah timur laut dan tenggara [6]. Daerah Pakke didominasi oleh Batuan Vulkanik Terpropilitkan (Tpv) dan Batuan Vulkanik Formasi Camba (Tmcv) dengan arah penyebaran timur laut-barat daya serta Batugamping Formasi Tonasa (Temt) [(Gambar 1) [6].

Kondisi Batuan

Pada daerah penelitian batuan yang dijumpai berupa batuan beku basal profiri dan batuan sedimen karbonat berupa *wackstone* [4].



Gambar 3. Kenampakan endapan bijih besi yang memperlihatkan bijih besi berada pada batuan karbonat

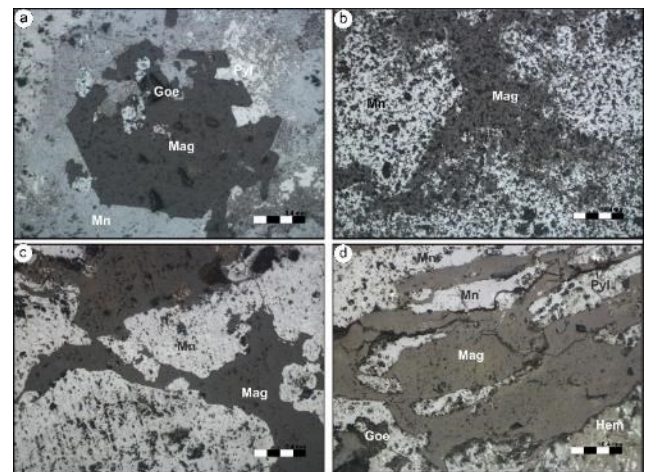
Karakteristik Mineralisasi

Mineralisasi yang terbentuk pada Daerah Pakke berdasarkan pengamatan lapangan dan pengamatan megaskopis pada sampel memperlihatkan kehadiran bijih besi pada batuan karbonat. Kehadiran mineral bijih besi berupa magnetit dan hematit. Selain mineral bijih besi dijumpai pula mineral asosiasi berupa mineral bijih mangan dan mineral sulfida yang dijumpai di sekitar mineral kuarsa (Gambar 3).

Himpunan Mineral Bijih

Analisis Mineragrafi

Berdasarkan hasil analisis mineragrafi yang telah dilakukan pada lima sampel, selain mineral bijih besi dijumpai pula mineral bijih mangan dan mineral sulfida (Gambar 4). Mineral bijih besi yang dijumpai berupa mineral magnetit, hematit dan goetit. Asosiasi mineral bijih besi berupa mineral bijih mangan berupa pirolusit dan mineral sulfida. Persentase Kehadiran Mineral Bijih, Tekstur dan Sifat Optik (Tabel 1) dan himpunan mineral bijih yang dijumpai pada daerah penelitian (Tabel 2).



Gambar 4. Fotomikrograf dari a. Sampel dengan kode ST.1P memperlihatkan kehadiran mineral magnetit (Mag) dan goetit (Goe); b. Sampel dengan kode ST.2P memperlihatkan kehadiran mineral Magnetit; c. Sampel dengan kode ST.3P memperlihatkan kehadiran mineral magnetit; d. sampel dengan kode ST.4P memperlihatkan kehadiran mineral magnetit dan goetit

Analisis *XRD* (*X-ray Diffractions*)

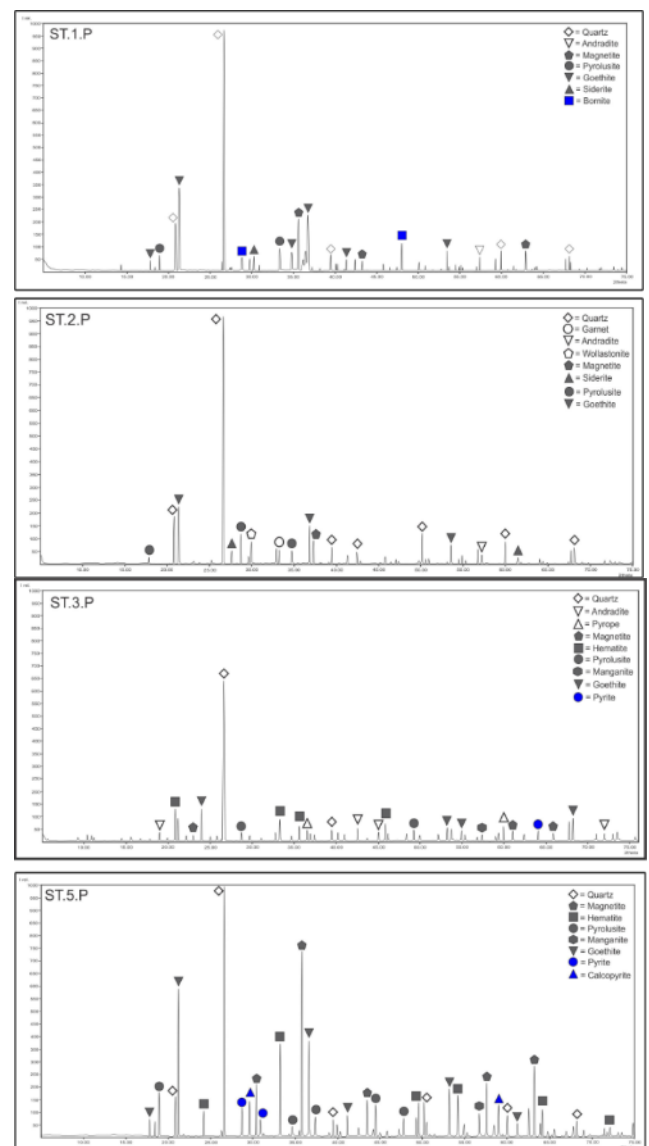
Berdasarkan analisis *XRD* (*X-ray Diffractions*) mineral pembawa bijih besi yang dijumpai berupa magnetit, hematit dan goetit. Sama seperti analisis mineragrafi, selain mineral pembawa bijih besi dijumpai pula mineral pembawa mineral mangan dan mineral golongan sulfida (Gambar 5).

Tabel 1. Persentase Kehadiran Mineral Bijih, Tekstur dan Sifat Optik

Mineral Bijih	Sifat Optik	Tekstur	Persentase Mineral
Magnetit	Berwarna coklat kemerahan dengan bentuk anhedral, ukuran mineral 1 - 2 mm, tidak dijumpai pleokroisme, anisotropik.	<i>Intergrowth, Granular</i>	±35%
Manganit	Berwarna abu-abu dengan bentuk anhedral, ukuran mineral 1 - 2 mm dijumpai pleokroisme.	<i>Intergrowth, Granular, Replacement</i>	±30%
Pirolusit	Berwarna putih dengan bentuk subhedral - euhedral, tidak dijumpai pleokroisme, anisotropik.	<i>Intergrowth, Replacement</i>	±10%
Hematit	Berwarna merah kecokelatan dengan bentuk anhedral, tidak dijumpai pleokroisme, isotropik.	<i>Replacement</i>	±15%
Pirit	Berwarna kuning muda dengan bentuk subhedral-euhedral, ukuran mineral 0.4 mm, tidak dijumpai pleokroisme, isotropik.	<i>Intergrowth, Replacement</i>	±5%
Kalkopirit	Berwarna kuning terang, dengan bentuk subhedral-anhedral, ukuran mineral 0.4 mm, tidak dijumpai pleokroisme, anisotropik.	<i>Intergrowth, Replacement</i>	±5%
Geotit	Berwarna biru kehitaman dengan bentuk anhedral, ukuran mineral 0,1 mm, tidak dijumpai pleokroisme, anisotropik.	<i>Open Space Filling</i>	±20%

Tabel 2. Himpunan Mineral Bijih Besi

No	Kode Sampel	Himpunan Mineral Bijih Besi		
		Mikroskopis	Mineragrafi	XRD (X-ray Diffractions)
1	ST.1P	Magnetit	Magnetit	Magnetit, Goetit
2	ST.2P	Magnetit	Magnetit	Magnetit, Goetit
3	ST.3P	Hematit	Magnetit	Magnetit, Hematit, Goetit
4	ST.4P	-	Magnetit, Goetit	Magnetit, Goetit
5	ST.5P	Magnetit, Hematit	Magnetit, Hematit, Goetit	Magnetit, Hematit, Goetit



Gambar 5. Difraktogram XRD a. Sampel dengan kode Stasiun ST.1P memperlihatkan kehadiran

mineral bijih besi berupa magnetit dan goetit; b. Sampel dengan kode stasiun ST.2P memperlihatkan kehadiran mineral bijih besi magnetit dan goetit; c. Sampel dengan kode Stasiun ST.3P memperlihatkan kehadiran mineral bijih besi berupa magnetit, hematit dan goetit; d. Sampel dengan kode stasiun ST.5P memperlihatkan kehadiran mineral bijih besi magnetit, hematit dan goetit.

Mineral Pembawa Bijih Besi

Magnetit (Fe₃O₄)

Magnetit merupakan kelompok mineral oksida dan hidroksida, berwarna abu-abu sampai hitam dengan kekerasan 5,5 - 6,5 [7] dengan tingkat kemagnetan yang tinggi. Mineral magnetit merupakan mineral yang umum dijumpai pada batuan beku mafik dan ultramafik. Terbentuk pada suhu 600°-400°C [8]. Mineral magnetit memiliki tingkat kandungan Fe. Biasanya mineral magnetit berasosiasi dengan mineral hematit [9]. Mineral magnetit terbentuk hampir di semua tipe endapan bijih besi [9].

Hematit (Fe₂O₃)

Hematit juga merupakan mineral golongan oksida dan hidroksida dengan sistem kristal hexagonal dan memiliki warna kemerahan sampai coklat, dengan kekerasan 5,5 - 6,5 [7]. Hematit banyak ditemukan sebagai mineral primer dan juga sebagai produk alterasi dalam batuan beku dan metamorf terbentuk pada suhu 200°-130°C [10]. Mineral hematit dapat terbentuk pada fase differensiasi magma ataupun presipitasi dari larutan hidrothermal yang bergerak melalui rekahan batuan [9].

Goetit (FeHO₂)

Goetit merupakan mineral golongan oksida dan hidroksida dengan sistem kristal orthorombik dengan kekerasan 5-5,5. Goetit merupakan salah satu mineral terbentuk dari adanya proses alterasi endapan pembawa bijih besi. Mineral goetit juga kadang terbentuk dari hasil oksidasi yang tinggi dari mineral sulfida [11]. Goetit umumnya memiliki kadar Fe sebesar 63% dan sulit untuk diolah secara komersial dan berasosiasi dengan mineral hematit dan pirit [9]).

Tekstur Bijih

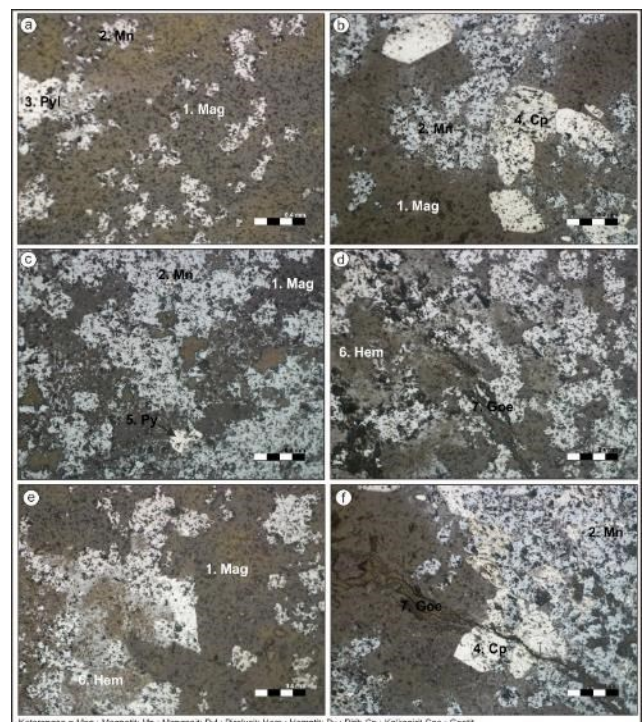
Identifikasi tekstur merupakan hal utama dalam menentukan paragenesis endapan bijih besi. Berdasarkan hasil analisis mineragrafi dari sayatan poleh diperoleh tekstur penggantian (*replacement*), tekstur *granular*, tekstur *intergrowth* dan tekstur *open space filling*.

Tekstur penggantian (*replacement*) merupakan proses perubahan yang terbentuk oleh penggantian seluruhnya atau sebagian mineral berubah menjadi mineral yang baru dan biasanya berpasangan dengan tekstur pengisian. Hal itu yang menyebabkan tekstur penggantian hampir sama dengan tekstur pengisian, yang membedakan hanya

ukuran mineralogi dari tekstur pengisian cenderung berukuran lebih besar. Secara umum, tekstur penggantian dapat dijadikan dasar untuk menentukan mineral yang terbentuk terlebih dahulu dan mineral yang terbentuk setelahnya. Tekstur penggantian akan membentuk batas antara mineral yang satu dengan mineral yang lain menjadi tidak teratur [12].

Beberapa jenis bentuk dan ukuran tekstur penggantian yaitu rim, zonal dan frontal [13]. Tekstur penggantian tergantung pada kondisi mineral ketika di-*replace*, di antaranya permukaan yang terbentuk untuk terjadi reaksi, struktur kristalografi dari mineral utama dan tambahan dan kandungan kimia mineral serta aktivitas dari larutan.

Tekstur penggantian diakibatkan penggantian antar mineral yang satu dengan mineral yang lain tanpa mengalami perubahan ukuran. Penggantian yang terjadi pada mineral hanya dapat terjadi sebagian mineral atau seluruhnya. Tekstur ini merupakan tekstur dominan yang terlihat pada analisis mineragrafi dimana tekstur penggantian terjadi antara mineral magnetit oleh mineral hematit. Selain terjadi pada mineral utama bijih besi tekstur ini juga teramati pada mineral asosiasinya yaitu mineral pembawa mangan berupa manganit tergantikan oleh mineral pirolusit (Gambar 6).



Gambar 6. Fotomikrograf sayatan poles (ST.8.P) yang memperlihatkan urutan paragenesis mineral bijih; a. Tekstur *granular* antara magnetit dan manganit; b. Tekstur *intergrowth* antara magnetit dan manganit; c. Tekstur *replacement* magnetit oleh pirit; d. Tekstur *replacement* magnetit oleh

hematit; e. Tekstur *replacement* manganit oleh hematit; f. Tekstur *open space filling* pada mineral goetit.

Tekstur *intergrowth* atau tekstur tumbuh bersama diamati pada mineral magnetit dengan mineral manganit. Tekstur ini terjadi akibat adanya perubahan temperatur yang sangat besar serta tipe mineral yang mengakibatkan terbentuknya penyimpangan struktur kristalografi sehingga susunannya tidak beraturan [13].

Tekstur *granular* diamati antara mineral kalkopirit dan pirit. Tekstur ini mencerminkan hubungan mineral yang disebut *mutual boundar* antara pirit dan kalkopirit. Tekstur ini memperlihatkan butiran mineral tidak saling menembus antara mineral yang satu dan mineral yang lainnya. Tekstur *granular* ini dapat tersusun dari satu mineral atau beberapa mineral yang terbentuk di dalam batuan [13].

Tekstur pengisian (*open space filling*) merupakan tekstur utama yang penting dalam menentukan urutan pembentukan mineral bijih. Tekstur ini dapat memperlihatkan bentuk asal dari pori atau daerah yang menjadi jalannya pergerakan larutan, serta dapat memperlihatkan informasi struktur geologi yang mengontrol (Gambar 6).

Paragenesis

Mineral bijih yang diidentifikasi pada daerah penelitian dari hasil analisis mineragrafi yaitu magnetit, manganit, pirolusit, hematit, kalkopirit, pirit dan goetit.

Urutan pembentukan mineral pembawa bijih besi pada stasiun ini dimulai pada tahap awal dimulai pembentukan mineral magnetit dan manganit. Hal ini dapat dilihat dari mineral magnetit dan manganit memiliki tekstur *granular*. Mineral magnetit diperkirakan terbentuk pada suhu 600^o-400^oC [8]. Tekstur *intergrowth* dan *granular* teramati antara magnetit dan manganit. Hal ini menunjukkan ada dua mineral yang terbentuk pada tahap pertama yaitu magnetit dan manganit.

Tekstur *replacement* diperlihatkan oleh pirolusit dan hematit, dimana pirolusit menggantikan manganit, sedangkan hematit menggantikan magnetit yang terbentuk pada suhu 200^o-130^oC [10]. Sehingga menandakan bahwa pirolusit dan hematit terbentuk setelah magnetit dan manganit.

Pada tahap selanjutnya terbentuk mineral sulfida berupa pirit dan kalkopirit. Mineral-mineral sulfida terbentuk pada suhu 160^o-250^oC [14]. Kalkopirit muncul menggantikan manganit dan pirolusit, sedangkan pirit muncul menggantikan magnetit. Berdasarkan tekstur tersebut kalkopirit dan pirit hampir terbentuk secara bersamaan.

Pada tahap akhir terbentuk goetit. Pembentukan goetit pada tahap akhir diperlihatkan oleh tekstur *open space filling* dimana goetit mengisi pori dan rekahan hampir semua mineral yang terbentuk sebelumnya.

Berdasarkan hasil paragenesis tersebut endapan bijih besi pada penelitian ini terdiri dari tiga tahap dimana pada tahap pertama terbentuk mineral utama pembawa bijih berupa magnetit dan manganit. Tahap kedua terbentuk mineral asosiasi berupa pirolusit, hematit dan mineral sulfida berupa pirit dan kalkopirit. Tahap ketiga terbentuk mineral goetit dimana mineral goetit terbentuk dari hasil oksidasi mineral-mineral sulfida (Tabel 3).

Tabel 3. Paragenesa Endapan Bijih

Mineral Bijih	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3
Magnetit	Intergrowth, Granular		
Manganit	Intergrowth, Granular		
Pirolusit		Replacement	
Hematit		Intergrowth, Replacement	
Kalkopirit		Granular, Replacement	
Pirit		Granular, Replacement	
Goetit			Open Space Filling

Bijih besi di Daerah Pakke didominasi oleh magnetit dengan mineral sulfida dengan komposisi yang rendah. Hal tersebut sesuai dengan temuan [15] yang menyatakan bahwa skarn dengan lingkungan pembentukan oksidasi didominasi oleh magnetit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa karakteristik mineralisasi cebakan bijih besi pada daerah penelitian memperlihatkan bijih besi mengisi rekahan pada batuan karbonat. Bijih besi pada daerah penelitian berasosiasi dengan bijih mangan dan dijumpai kehadiran mineral-mineral sulfida. Mineral pembawa bijih pada daerah penelitian yaitu magnetit, manganit, pirolusit, hematit, pirit, kalkopirit dan goetit. Tekstur khas mineral bijih berdasarkan analisis sayatan poles memperlihatkan tekstur *intergrowth*, *granular*, *replacement* dan *open space filling*. Dari hasil pengamatan tekstur paragenesa daerah Pakke Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone berturut-turut dimulai dari terbentuknya mineral magnetit, manganit, pirolusit, hematit, pirit, kalkopirit dan goetit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Universitas Muslim Indonesia khususnya Lembaga Penjaminan Mutu dan Sumber Daya (LP2S) yang telah mendanai penelitian ini.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maulana, A., (2017), “*Endapan Mineral*”, Yogyakarta: Ombak.
- [2] Bakri, H., Harwan, H., Thamsi, A.B., Nur, I., Firdaus, F. and Heriansyah, A.F., (2021). Paragenesis Prospek Endapan Bijih Besi Daerah Tanjung Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 9(2), pp.179-186.
- [3] Firdaus, F., Kandora, T.A., Lantara, D., Thamsi, A.B., Harwan, H. and Bakri, H., (2020). Analisis Alterasi Pada Endapan Bijih Besi di Daerah Tanjung, Kecamatan Bontocani, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal GEOSAPTA*, 6(1), pp.49-56.
- [4] Harwan., Nur, I., Maulana, A., Jafar, N., Firdaus, F. and Heriansyah, A.F., (2021). Karakteristik Endapan Bijih Besi Daerah Pakke Desa Langi Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi. *Jurnal Geomine*, 8(3), p.203.
- [5] Widi B. N. dkk., (2007). Mineralization System Of The Iron Ore Deposits In Bontocani District And Its Adjacent Bone Regency, South Sulawesi Province. Proceeding Joint Convention Bali 2007. *Center for Geological Resources*, Geological Agency.
- [6] Maulana, A., Christy, A.G. and Ellis, D.J., (2015). Petrology, geochemistry and tectonic significance of serpentized ultramafic rocks from the South Arm of Sulawesi, Indonesia. *Geochemistry*, 75(1), pp.73-87.
- [7] de Brodtkorb, M.K., Sabrina Crosta, Martin, R.F., Putz, H., Sureda, R., Eduardo O. Zappettini and Paar, W.H., (2016). *Atlas of ore minerals: focus on epithermal deposits of Argentina*. Mineralogical Association of Canada.
- [8] Yao L. et al., (2015). Geological, geochronological, and mineralogical constraints on the genesis of the Chengchao skarn Fe deposit, Edong ore district, Middle–Lower Yangtze River Valley metallogenic belt, eastern China. *Journal of Asian Earth Science*. 101: 69-82.
- [9] Roonwal, G.S., (2018). *Mineral exploration: practical application*. Springer Singapore.
- [10] Lu, L., Liang, T., Zhao, Z. and Liu, S., (2018). A Unique association of scheelite and magnetite in the Tiemuli W-Fe skarn deposit: Implications for Early Cretaceous metallogenesis in the Nanling Region, South China. *Ore Geology Reviews*, 94, pp.136-154.
- [11] Clout, J.M.F. and Manuel, J.R., (2015). Mineralogical, chemical, and physical characteristics of iron ore. In Iron Ore (pp. 45-84). *Woodhead Publishing*.
- [12] Taylor, R., (2010). *Ore textures: recognition and interpretation*. Springer Science & Business Media.
- [13] Pracejus, B., (2015). *The ore minerals under the microscope: an optical guide*. Elsevier.
- [14] Mei W. et al., (2015). Ore genesis and hydrothermal evolution of the Huanggang skarn iron–tin polymetallic deposit, southern Great Xing'an Range: Evidence from fluid inclusions and isotope analyses. *Ore Geology Reviews*. Vol. 64 : 239-252.
- [15] Pirajno, F., (2012). *Hydrothermal mineral deposits: principles and fundamental concepts for the exploration geologist*. Springer Science & Business Media.