

Studi Geotektonik Endapan Bijih Besi Berdasarkan Data Geokimia pada Daerah Kadong-kadong Kabupaten Luwu Provinsi Sulawesi Selatan

Alam Budiman Thamsi^{1}, Muhamad Hardin Wakila¹, Muhammad Aswadi²*

1. Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Indonesia
2. Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Indonesia

*Email: alambudiman.thamsi@umi.ac.id

SARI

Unsur besi (Fe) ditemukan di hampir semua jenis batuan, dan keberadaannya dalam jumlah besar yang memiliki nilai ekonomi terkait dengan proses geologi yang melibatkan zonasi mineralisasi tertentu. Bijih besi bernilai ekonomi biasanya berupa magnetit (Fe_3O_4), hematit (Fe_2O_3), limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), dan siderit (FeCO_3). Endapan bijih besi dapat terbentuk melalui proses primer maupun sekunder. Endapan primer terbentuk melalui mekanisme magmatik, metasomatik kontak, atau hidrotermal, sedangkan endapan sekunder terbentuk melalui proses sedimentasi, residu, dan oksidasi. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah: Mengetahui afinitas magma pada endapan bijih besi pada Daerah Kadong-kadong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan. Mengetahui tatanan geotektonik endapan bijih besi pada Daerah Kadong-kadong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian ini dilakukan melalui pengambilan sampel langsung di lapangan untuk mendapatkan data yang representatif. Proses analisis di laboratorium memanfaatkan metode ICP MS/OES dan XRF guna mengidentifikasi komposisi unsur-unsur pada sampel yang diambil. Data hasil analisis tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak GCDKit. Penggunaan software ini memungkinkan pengolahan data secara komprehensif sehingga dapat menghasilkan interpretasi yang akurat dan mendukung tercapainya tujuan penelitian. Analisis ini diharapkan memberikan gambaran yang mendalam terkait karakteristik geokimia dari sampel yang dianalisis. Komposisi kimia daerah penelitian menunjukkan bahwa jenis batuan adalah *andesite* dan *basaltic andesite*. Berdasarkan data geokimia maka pada penelitian menunjukkan afinitas magma yaitu seri tholeiitik. Mencerminkan magma mantel yang mengalami deplesi tinggi (*depleted mantle, DM*) dan karakteristik khas busur vulkanik awal. Lokasi penelitian berada pada lingkungan konvergen, *vulkanik arc*, tepatnya pada *forearc* dan *intra-arc*. Forearc & intra-arc: Proses magmatik di busur depan atau dalam busur.

Kata kunci: Getektonik; Bijih Besi; XRF; ICP-OES; GCDKit

How to Cite: Thamsi, A.B., Wakila, M.H., dan Aswadi, M. Studi Geotektonik Endapan Bijih Besi Berdasarkan Data Geokimia pada Daerah Kadong-kadong Kabupaten Luwu Provinsi Sulawesi Selatan. Jurnal Geomine, 12 (3): 294–308.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Phone:

+6285299961257

+6281241908133

Article History:

Submit October 13, 2024

Received in from November 28, 2024

Accepted December 19, 2024

Available online

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



ABSTRACT

The element iron (Fe) is found in almost all types of rocks, and its presence in large quantities has economic value related to geological processes involving specific mineralization zoning. Iron ore with economic value is usually in the form of magnetite (Fe_3O_4), hematite (Fe_2O_3), limonite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), and siderite (FeCO_3). Iron ore deposits can be formed through both primary and secondary processes. Primary deposits are formed through magmatic, contact, or hydrothermal mechanisms, while secondary deposits are formed through processes of sedimentation, residue, and oxidation. The aim of this study is: To determine the affinity of magma in iron ore deposits in the Kadong-kadong Area, Luwu Regency, South Sulawesi Province. Knowing the geotectonic order of iron ore deposits in the Kadong-kadong Area, Luwu Regency, South Sulawesi Province. This research was carried out through direct sampling in the field to obtain representative data. The analysis process in the laboratory utilizes ICP MS/OES and XRF methods to identify the composition of the elements in the samples taken. The data from the analysis was then processed using GCDKit software. The use of this software allows comprehensive data processing so that it can produce accurate interpretations and support the achievement of research objectives. This analysis is expected to provide an in-depth picture of the geochemical characteristics of the analyzed samples. The chemical composition of the study area shows that the types of rocks are andesite and basaltic andesite. Based on geochemical data, the study shows the affinity of magma, namely the tholeiitic series. It reflects the magma of the mantle undergoing high depletion (DM) and the typical characteristics of the early volcanic arc. The research location is in a convergent environment, volcanic arc, precisely in the forearc and intra-arc. Forearc & intra-arc: Magmatic processes in the front arc or in the arc.

Keyword: *Geotectonic; Iron Ore; XRF; ICP-OS; GCDKIT*

PENDAHULUAN

Bijih besi, merupakan bahan baku vital dan sangat dibutuhkan dalam industri metalurgi dan konstruksi (Aliyari, 2020; Bakri et al., 2022a; Dwiarmoko, 2018; Harum et al., 2019). Bijih besi juga memiliki peran krusial dalam perekonomian secara nasional dan global (Atapour, 2020; Bakri et al., 2021; Yudanto et al., 2018). Ketergantungan pada pasokan bijih besi yang tinggi memicu pentingnya pemahaman tentang sifat, asal usul, dan distribusi endapan bijih besi (Dwivedy, 2021; Syaripudin et al., 2021; Yuliarman et al., 2018). Dalam konteks ini, analisis tektonik endapan bijih besi menjadi landasan penting dalam upaya memetakan potensi sumber daya dan mengoptimalkan eksplorasi serta eksploitasi (Gerlitzki, 2023; Rasyid et al., 2020).

Meskipun endapan bijih besi telah lama menjadi objek penelitian, pemahaman yang komprehensif tentang hubungan antara proses tektonik dengan pembentukan dan distribusi endapan masih merupakan area penelitian yang terus bisa dikembangkan (Dong, 2021; Pardiarto and Widodo, 2024; Tamehe, 2019). Sementara banyak studi telah dilakukan untuk mengeksplorasi karakteristik geologi dan geokimia endapan bijih besi, pemahaman yang lebih dalam tentang pengaruh tektonik dalam pembentukan dan distribusi endapan masih belum

sepenuhnya terselidik (Karimi, 2021; Keshava Kiran Kumar, 2020). Di Indonesia telah dilakukan penelitian terkait bijih besi di beberapa daerah yaitu Pulau Kalimantan, Pulau Jawa dan Pulau Sulawesi (Grilo, 2018; Masoumipour, 2023; Safitri et al., 2020). Di Sulawesi Selatan bijih besi ditemukan di daerah Barru, Bone, dan Luwu. Peneliti terdahulu telah melakukan penelitian terkait karakteristik endapan bijih, paragenesis, dan geokimia (Bakri et al., 2021; Firdaus et al., 2020; Harwan et al., 2023, 2022; Thamsi et al., 2022).

Gap pengetahuan menyoroti perlunya fokus pada analisis tektonik dalam pemahaman endapan bijih besi. Dengan memperhatikan konteks geologi regional, struktur tektonik lokal, dan proses geologis lainnya yang dikaitkan dengan data geokimia (Wang, 2022; Xia, 2019). Penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih holistik tentang asal usul dan distribusi endapan bijih besi. Pentingnya penelitian ini tidak hanya dalam konteks ilmiah, tetapi juga dalam aplikasi praktis. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara proses tektonik dengan endapan bijih besi, pengembangan model prediksi endapan potensial dapat ditingkatkan (Rada, 2023). Ini akan memberikan manfaat signifikan dalam perencanaan sumber daya mineral, pengembangan tambang yang berkelanjutan, dan pengelolaan lingkungan yang lebih efektif.

Dengan mempertimbangkan pentingnya faktor-faktor ini, penelitian ini bertujuan untuk menjembatani pengetahuan yang ada dan menyumbangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang peran tektonik dalam evolusi endapan bijih besi. Berdasarkan hal tersebut, kami tertarik melakukan penelitian daerah Kadong-kadong. Maka dari itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Studi Geotektonik Endapan Bijih Besi Berdasarkan Data Geokimia pada Daerah Kadong-kadong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan”.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi di Kecamatan Kadong-kadong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan, dan direncanakan berlangsung dari bulan Juli hingga Desember 2024. Metodologi yang digunakan meliputi pengambilan sampel di lapangan dan analisis laboratorium, yang dipadukan dengan kajian pustaka, data lapangan, serta hasil penelitian laboratorium berbasis komputasi. Keseluruhan data tersebut dianalisis dan disintesis secara menyeluruh untuk menghasilkan kesimpulan yang komprehensif. Studi literatur mencakup kajian terkait penelitian geologi sebelumnya di wilayah ini dan studi mengenai mineraloid opal. Referensi yang digunakan meliputi buku, jurnal, artikel, serta sumber-sumber daring untuk memperkaya pembahasan penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi deskripsi bijih, sampel batuan, deskripsi lapangan, dan dokumentasi. Sampel yang diperoleh kemudian dipreparasi sebelum dikirim ke laboratorium PT Intertek untuk dianalisis. Proses analisis data dilakukan melalui dua metode utama, yaitu XRF (X-Ray Fluorescence) dan ICP-OES (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry), dengan tujuan untuk mengidentifikasi karakteristik

geokimia (Bakri et al., 2022b; Thamsi et al., 2024). Analisis ini bertujuan untuk menentukan kandungan oksida utama, elemen mayor (unsur utama), dan elemen pelacak (tracer elements) pada bijih besi di wilayah penelitian (Thamsi and Jafar, 2024; Wakila et al., 2024). Hasil analisis laboratorium kemudian diproses menggunakan perangkat lunak GCDKit untuk membuat klasifikasi dan menganalisis afinitas magma serta tatanan tektonik endapan bijih besi. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi penting dalam memahami karakteristik geologi dan potensi sumber daya mineral di wilayah penelitian.

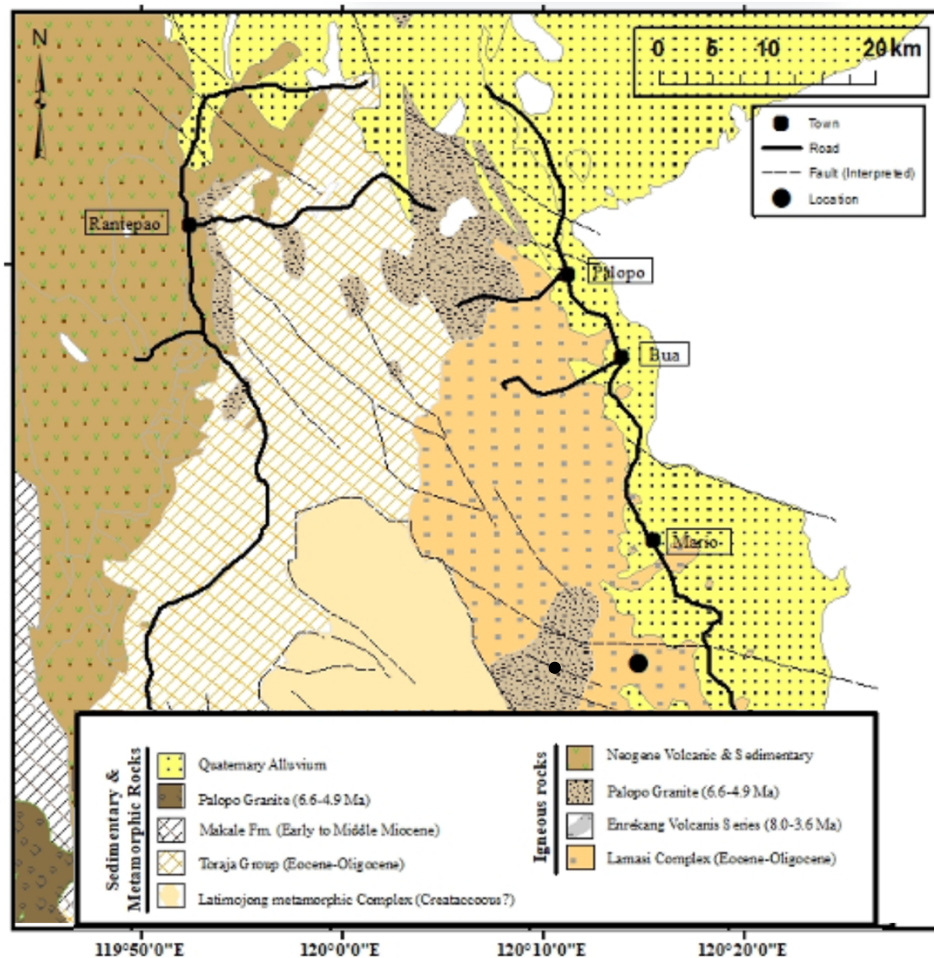
HASIL PENELITIAN

Geologi Regional Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di tengah lengan selatan Pulau Sulawesi, dan secara regional merupakan bagian dari sisi timur Sundaland yang berbatasan dengan lempeng Australia. Pertemuan antara kedua lempeng ini mempengaruhi geologi daerah tersebut, termasuk kondisi tektonik, struktur geologi, pembentukan cekungan, serta berbagai jenis batuan (Hall, 2013). Batuan tertua terdiri dari batuan yang mengalami metamorfisme ringan hingga sedang, seperti sekis, gneis, filit, dan batusabak. Batuan ini ditindih tidak selaras oleh filit, kuarsit, batulempung termetamorfisme, dan pualam dari Formasi Latimojong yang berumur Kapur (Coffield et al., 1993; Djuri et al., 1998; White et al., 2017). Di atasnya terdapat Formasi Toraja, yang diendapkan di lingkungan *inner neritic* dan secara informal dibagi menjadi dua bagian. Bagian bawahnya tersusun dari serpih berwarna abu-abu hingga coklat kemerahan, batulempung, batugamping, serta beberapa batupasir kuarsa, konglomerat, dan batubara.

Lapisan atas Formasi Toraja mengandung batugamping berwarna putih hingga abu-abu (Coffield et al., 1993; Djuri et al., 1998; White et al., 2017) dengan umur Eosen hingga Oligosen (White et al., 2017). Selama Miosen Awal hingga Tengah, terdapat akumulasi lapisan batugamping terumbu dan napal dalam Formasi Makale (White et al., 2017). Formasi Buakayu menandai fase transisi dari sedimentasi karbonat di bagian atas Formasi Makale menuju periode vulkanisme (White et al., 2017).

Aktivitas vulkanik selama Miosen hingga Pliosen menghasilkan Enrekang Volcanic Series yang meliputi sebagian besar wilayah tengah Sulawesi Barat (Coffield et al., 1993; Djuri et al., 1998). Setelah itu, Formasi Walanae terbentuk, yang didominasi oleh sedimen karbonat seperti batugamping dan batulempung kalkareus (Coffield et al., 1993). Unit batuan termuda di daerah ini adalah Batuan Kuarter (Djuri et al., 1998). Distribusi batuan di wilayah penelitian telah dipetakan ulang oleh White et al., tahun 2017 (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Geologi Regional daerah penelitian

Kondisi Lapangan Daerah Penelitian

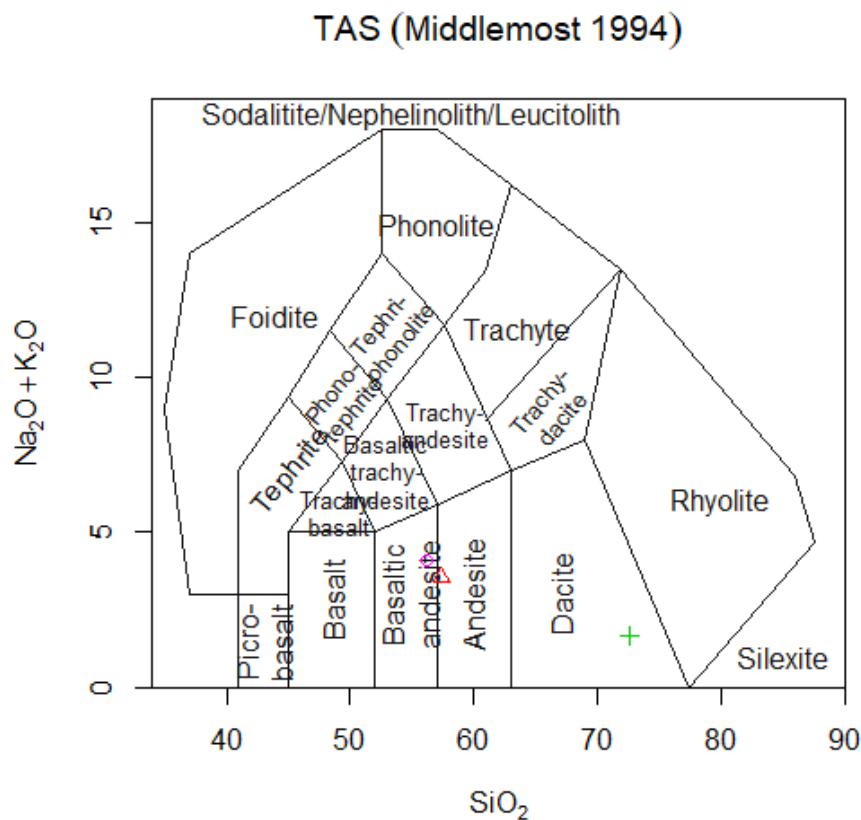
Daerah penelitian memiliki topografi berbukit dengan dataran yang bervariasi dari landai hingga agak curam. Di wilayah ini, terdapat Sungai Bajo yang besar, mengalir sepanjang Kecamatan Bajo Barat, Kabupaten Luwu. Sebagian besar lahan di daerah penelitian dimanfaatkan oleh masyarakat untuk perkebunan dan persawahan (gambar 4.3). Namun, sebagian wilayah masih berupa hutan alami yang belum tersentuh oleh manusia. Lokasi pengambilan sampel batuan berada di daerah Kadong-kadong. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kondisi lapangan daerah penelitian

Geokimia Daerah Penelitian

Data geokimia dari sampel penelitian tersedia pada tabel 4.1. Data ini digunakan untuk menggambarkan karakteristik geokimia batuan di wilayah penelitian. Berdasarkan diagram *total alkali silica* (TAS) menurut Middlemost tahun 1994, daerah penelitian memiliki batuan yang diklasifikasikan sebagai batuan *basaltic andesite* (Gambar 3). Kalsifikasi ini menggunakan data $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ sebagai *X-axis* dan SiO_2 sebagai *Y-axis*. Data *major oxide* menunjukkan kandungan senyawa Na_2O yaitu 3,84% - 68,63%, kandungan senyawa K_2O yaitu 0,02% - 0,15%, dan kandungan senyawa SiO_2 yaitu 54,10% - 68,63%.



Gambar 3. Diagram TAS untuk batuan vulkanik menurut Middlemost, tahun 1994.

Pada tabel 1 menunjukkan data bahwa kandungan senyawa SiO_2 yaitu 7,28% sampai 54,81%. Kandungan senyawa SiO_2 yang paling tinggi berada pada sampel K.01. Kandungan yang tertinggi kedua ditempati oleh kandungan senyawa Al_2O_3 yaitu 1,67% sampai 17,81%. Kandungan Al_2O_3 yang paling tinggi berada pada sampel K.01 (Gambar 4.7). Untuk kandungan unsur yang paling tinggi yaitu unsur Fe dengan kandungan yaitu 40.100 ppm sampai >500.000 ppm atau 4,01% sampai >50%. Kandungan Fe yang paling tinggi berada pada sampel K.04. Kandungan kimia yang tertinggi kedua adalah Al dengan kadar 9.710 ppm sampai 92.700 ppm. Kandungan Al yang paling tinggi berada pada sampel K.01. (Gambar 4.8).

Tabel 1. Geokimia daerah penelitian (ICP-MS/OES dan XRF)

Geokimia		K.01	K.02	K.03	K.04	Geokimia		K.01	K.02	K.03	K.04
Al	ppm	92700	89300	56800	9710	Ce	ppm	2,1	1,3	2,1	0,3
Ca	ppm	60000	25500	20200	8110	La	ppm	0,6	0,4	0,8	<0.1
Na	ppm	28700	25200	11600	540	Nd	ppm	2,5	1,8	2,7	0,3
Fe	ppm	36500	80100	40100	>500000	Pr	ppm	0,41	0,26	0,41	<0.05
K	ppm	1170	1080	110	40	Sm	ppm	1,1	0,9	1,3	0,1
Mg	ppm	35700	23900	20500	3160	Eu	ppm	0,5	0,3	0,4	<0.1
Total Major Element	ppm	254770	245080	149310	521560	Gd	ppm	1,9	1,7	2,3	0,2
						Total LREE	ppm	9,11	6,66	10,01	0,9
Mn	ppm	268	1170	366	163	Dy	ppm	2,8	2,4	4,1	0,4
Ni	ppm	34	25	68	181	Er	ppm	1,9	1,7	3,1	0,5
Cr	ppm	70	25	5	15	Ho	ppm	0,6	0,6	0,9	0,1
Cu	ppm	<1	173	3	11	Lu	ppm	0,26	0,27	0,44	0,07
P	ppm	290	100	300	90	Tb	ppm	0,36	0,34	0,53	0,05
S	ppm	<50	60	<50	320	Tm	ppm	0,3	0,2	0,5	<0.1
Sc	ppm	42	44	17	3	Yb	ppm	2	1,7	3	0,4
Ti	ppm	3280	2720	2300	210	Total HREE	ppm	8,22	7,21	12,57	1,52
V	ppm	194	279	47	300	Total REE	ppm	17,33	13,87	22,58	2,42
Zn	ppm	13	79	31	11						
Ag	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Al ₂ O ₃	%	17,81	16,89	11,17	1,67
As	ppm	<1	1	<1	4	CaO	%	8,77	3,59	2,97	1,16
Ba	ppm	7	8	3	1	Cr ₂ O ₃	%	0,03	0,01	<0.01	<0.01
Be	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	Fe ₂ O ₃	%	5,42	11,71	6,12	87,70
Bi	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	0,21	K ₂ O	%	0,15	0,14	0,02	<0.01
Cd	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	MgO	%	6,09	3,97	3,50	0,56
Co	ppm	27	85	18	82	MnO	%	0,04	0,18	0,06	0,02
Cs	ppm	0,3	0,1	<0,1	<0,1	Na ₂ O	%	3,84	3,21	1,56	0,04
Ga	ppm	15,4	13,6	11,8	10,6	P ₂ O ₅	%	0,063	0,024	0,067	0,021
Ge	ppm	1,3	0,7	0,6	1,8	SiO ₂	%	54,81	54,10	68,63	7,28
Hf	ppm	0,8	0,6	1,6	<0,1	TiO ₂	%	0,58	0,44	0,41	0,04
In	ppm	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	S	%	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Li	ppm	1,4	7	5,6	0,4	LOI	%	1,66	4,75	4,61	1,36
Mo	ppm	<0,1	<0,1	0,1	1,1	Total Major Oxide	%	99,26	99,01	99,12	99,85
Nb	ppm	0,2	0,2	0,4	<0,1						
Pb	ppm	<1	<1	<1	<1						
Rb	ppm	3,4	2,2	1,2	0,3						
Re	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05						
Sb	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1						
Se	ppm	<1	<1	<1	1						
Sn	ppm	0,6	0,2	1,6	0,4						
Sr	ppm	66,3	54,6	13,7	12,3						
Ta	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05						
Te	ppm	<0,1	<0,1	<0,1	0,9						
Th	ppm	0,07	0,1	0,32	0,06						
Tl	ppm	0,02	0,03	<0,02	0,02						
U	ppm	<0,05	0,06	0,06	<0,05						
W	ppm	0,2	0,1	0,3	0,7						
Y	ppm	16,5	15,5	24,6	4,6						
Zr	ppm	15,1	12,3	25,9	1						
Total Tracer Element	ppm	4401,79	4879,45	3299,85	1428,39						

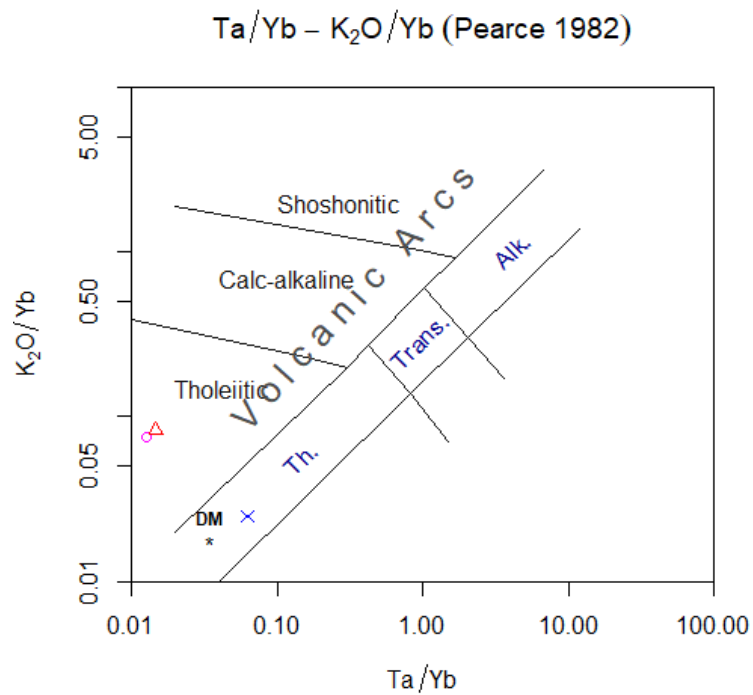
Seri Magma

Pada batuan beku, data geokimia dapat digunakan sebagai data untuk menentukan informasi seri magma pada batuan dan lingkungan geotektoniknya (Wilson, 1989). Data geokimia yaitu dengan diagram $Ta/Yb - K_2O/Yb$ menurut Pearce, tahun 1982, dapat digunakan untuk mengetahui seri magma pada batuan. Diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik tektonik magma dan diagram batuan vulkanik dalam konteks tektonik busur vulkanik. Sumbu X (Ta/Yb), mewakili rasio Tantalum (Ta) terhadap Ytterbium (Yb) (Pearce, 1982). Ta adalah unsur inkompatibel yang mencerminkan kontribusi mantel dalam magma. Yb adalah unsur lantanida berat yang dipengaruhi oleh kristalisasi mineral seperti garnet. Rentang logaritmik dari 0,01 hingga 100. Nilai rendah (<1): Karakter busur vulkanik atau magma terkait subduksi. Nilai tinggi (>1): Magma lebih alkali atau berasal dari mantel dalam tanpa pengaruh subduksi.

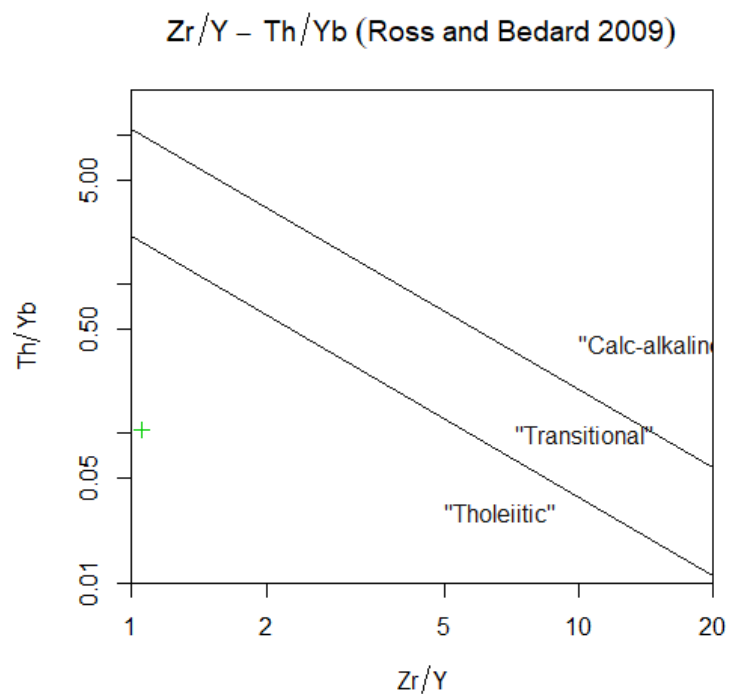
Sumbu Y (K_2O/Yb), Mewakili rasio Kalium oksida (K_2O) terhadap Ytterbium (Yb). Rasio ini mencerminkan tingkat kealkalian dan sifat kimia magma. Rentang logaritmik dari 0,01 hingga 5. Nilai rendah ($<0,5$): Batuan *tholeiitik*, kurang alkali. Nilai tinggi ($>0,5$): Batuan kalk-alkaline hingga *shoshonitik* (banyak mengandung alkali). Pada diagram menunjukkan seri magma *tholeiitic* (Gambar 4.10). Mencerminkan magma mantel yang mengalami deplesi tinggi (*depleted mantle, DM*). Karakteristik khas busur vulkanik awal (magma basaltik).

Diagram Zr/Y vs. Th/Yb berdasarkan Ross dan Bedard (2009). Diagram ini digunakan untuk mengklasifikasikan jenis magma busur vulkanik (*volcanic arc*) berdasarkan elemen jejak tertentu yang merefleksikan proses tektonik dan petrogenetik. Sumbu X (Zr/Y), mewakili rasio Zirkonium (Zr) terhadap Yttrium (Y). Elemen ini mengindikasikan tingkat fraksinasi magmatik. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan magma yang mengalami diferensiasi lebih lanjut (felsik). Skala linier, berkisar dari 1 hingga 20.

Sumbu Y (Th/Yb), mewakili rasio Thorium (Th) terhadap Ytterbium (Yb). Th adalah unsur inkompatibel yang diperkaya pada magma busur vulkanik, sedangkan Yb mencerminkan pengaruh mineral garnet dalam sumber mantel. Skala logaritmik, berkisar dari 0,01 hingga 5,00. Nilai tinggi pada Th/Yb mencerminkan magma yang dipengaruhi oleh pengayaan kerak atau subduksi (Ross and Bédard, 2009). Pada diagram juga menunjukkan seri magma *tholeiitik*.



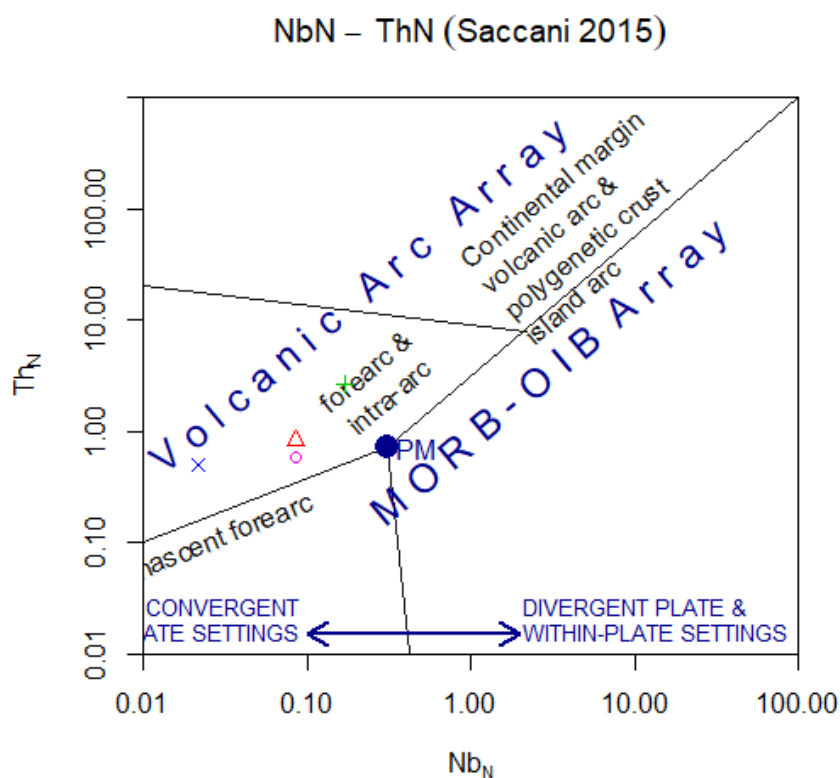
Gambar 4. Diagram $Ta/Yb - K_2O/Yb$ menurut Pearce, 1982



Gambar 5. Diagram $Zr/Y - Th/Yb$ menurut Ross dan Bedard, tahun 2009.

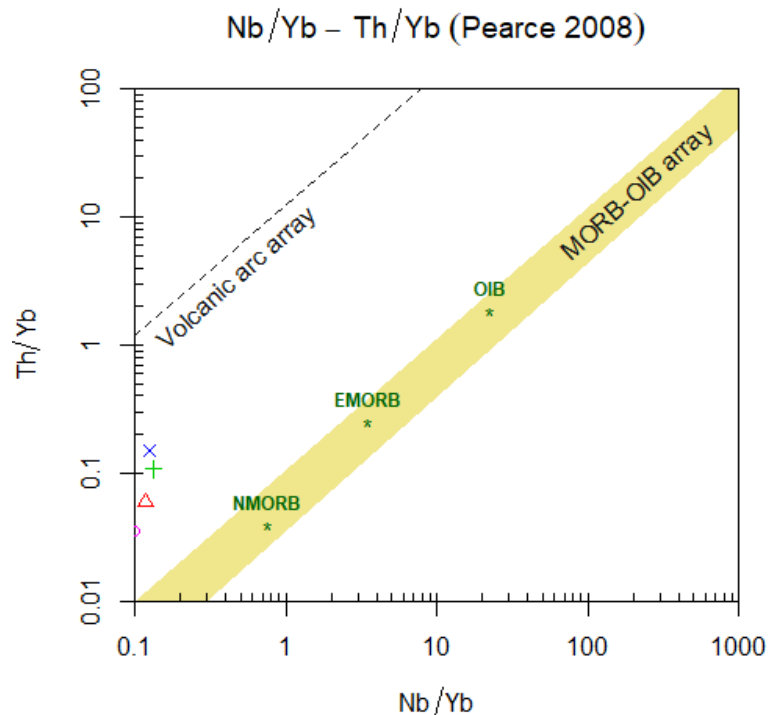
Geotektonik Daerah Penelitian

Diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi lingkungan geotektonik daerah penelitian adalah diagram NbN vs. ThN berdasarkan Saccani, tahun 2015. Diagram ini digunakan untuk mengklasifikasikan batuan magmatik berdasarkan rasio elemen jejak normalisasi mantel primitif (*Primitive Mantle Normalized*) untuk menilai lingkungan tektonik pembentukannya (Saccani, 2015). Komponen untuk diagram sumbu X (NbN) terdapat kandungan Noibium (NB) yang telah dinormalisasi dari komposisi mantel primitif. Unsur Nb digunakan untuk mengidentifikasi berbagai lingkungan geotektoniknya terkait dengan aktivitas mantel bumi. Terdapat pula sumbu Y (ThN) terdapat kandungan thorium (ThN) yang telah dinormalisasi dari komposisi mantel primitif. Unsur Th biasa digunakan untuk mengidentifikasi pengayaan pada kerak bumi atau proses subduksi. Sumbu X dan Y memiliki skala logaritmik mulai dari 0,01 sampai 100 (Gambar 6).



Gambar 6. Diagram NbN – ThN, menurut Saccani, tahun 2015.

Pada data diagram menunjukkan lokasi penelitian berada pada lingkungan konvergen, *vulkanik arc*, tepatnya pada *forearc dan intra-arc*. Forearc & intra-arc: Proses magmatik di busur depan atau dalam busur. Data menunjukkan NbN yang relatif rendah dan data ThN yang relatif rendah pula. Magma terkait lingkungan konvergen dengan pengayaan kerak/subduksi.



Gambar 7. Diagram Th/Yb–Nb/Yb, menurut Pearce, 2008.

Proksi Th-Nb, dua proksi geokimia ini digunakan mengidentifikasi dan mengklasifikasikan geotektonik batuan vulkanik. Data proksi Th-Nb untuk menunjukkan lingkungan samudra non-subduksi. Mewakili rasio antara Niobium (Nb) dan Ytterbium (Yb) (Pearce, 2008). Skala logaritmik, berkisar dari 0.1 hingga 1000. Data proksi Ti-Yb untuk menunjukkan lingkungan konvergen. Mewakili rasio antara Thorium (Th) dan Ytterbium (Yb). Th adalah elemen inkompatibel yang biasanya menunjukkan pengayaan kerak akibat subduksi, sedangkan Yb melacak kontribusi mantel. Skala logaritmik, berkisar dari 0.01 hingga 100.

Berdasarkan data pada diagram yang menunjukkan lokasi penelitian berada pada lingkungan *Volcanic Arc*. Zona ini mewakili magma yang terbentuk di busur vulkanik terkait proses subduksi (Gambar 7). Rasio Th/Yb tinggi akibat kontribusi lelehan subduksi dari kerak bumi. Dua diagram menunjukkan lingkungan klasifikasi yang sama yaitu berada pada lingkungan konvergen, *Volcanic Arc* atau busur vulkanik.

KESIMPULAN

Berikut kesimpulan berdasarkan hasil penelitian. Berdasarkan data geokimia maka pada penelitian menunjukkan afinitas magma yaitu seri tholeiitik. Mencerminkan magma mantel yang mengalami deplesi tinggi (*depleted mantle, DM*) dan karakteristik khas busur vulkanik awal. Lokasi penelitian berada pada lingkungan konvergen, *vulkanik arc*, tepatnya

pada *forearc* dan *intra-arc*. Forearc dan intra-arc: Proses magmatik di busur depan atau dalam busur.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya (LP2S) UMI yang telah memberikan dana penelitian.

REFERENSI

- Harwan, H., Firdaus, F., Nur, I., Maulana, A., Heriyansyah, A.F., Said, M.S., 2022. KARAKTERISTIK MINERALISASI DAN PARAGENESIS ENDAPAN BIJIH BESI DAERAH PAKKE, KECAMATAN BONTOCANI, KABUPATEN BONE PROVINSI SULAWESI SELATAN. *Jurnal Pertambangan* 6, 1–7.
- Harwan, H., Thamsi, A.B., Firdaus, F., Nur, I., Maulana, A., Heriansyah, A.F., 2023. GEOKIMIA ENDAPAN BIJIH BESI DAERAH PAKKE KECAMATAN BONTOCANI, KABUPATEN BONE, SULAWESI SELATAN. *Jurnal Pertambangan* 6, 161–164.
- Aliyari, F., 2020. Geology, geochemistry, fluid inclusion and genesis of the Guijeh Qaleh IOA-type iron ore deposit, north of Takab district, Northwestern Iran. *Ore Geol Rev* 127.
- Atapour, H., 2020. Comment on “Two-tiered magmatic-hydrothermal and skarn origin of magnetite from Gol-e-Gohar iron ore deposit of SE Iran: In situ LA-ICP-MS analyses” by Mirzaei et al. (2018): (*Ore geology Reviews*, 102, 639–653). *Ore Geol Rev* 127.
- Bakri, H., Anshariah, A., F, F., Nurwaskito, A., Thamsi, A.B., Anwar, H., Umar, E.P., 2022a. Studi Mineralogi Batuan Basal Sebagai Source-rock Bijih Besi Daerah Bontocani Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine* 10, 176–187.
- Bakri, H., Anshariah, A., Firdaus, F., Nurwaskito, A., Thamsi, A.B., Anwar, H., Umar, E.P., 2022b. Studi Mineralogi Batuan Basal Sebagai Source-rock Bijih Besi Daerah Bontocani Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine* 10.
- Bakri, H., Harwan, H., Thamsi, A.B., Nur, I., F, F., Heriansyah, A.F., 2021. Paragenesis Prospek Endapan Bijih Besi Daerah Tanjung Kecamatan Bontocani Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine* 9, 179–186.
- Coffield, Bergman, Garrard, 1993. Tectonic and stratigraphic evolution of the Kalosi PSC area and associated development of a Tertiary petroleum system, South Sulawesi, Indonesia. In: *Proceeding Indonesian Petroleum Association*, 22nd.
- Djuri, Sudjatkiko, Bachri, S., Sukido, 1998. Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo, Sulawesi. Bandung.
- Dong, R., 2021. The geology, magnetite geochemistry, and oxygen isotopic composition of the Akesayi skarn iron deposit, Western Kunlun Orogenic Belt, Xinjiang, northwest China: Implications for ore genesis. *Ore Geol Rev* 130.
- Dwiatmoko, M.U., 2018. PEMODELAN ENDAPAN BIJIH BESI DI DAERAH BAJUIN PELAIHARI KABUPATEN TANAH LAUT KALIMANTAN SELATAN MENGGUNAKAN METODE GEOMAGNET. *Jurnal GEOSAPTA* 4.
- Dwivedy, S., 2021. Geology and trace element geochemistry of the albitite hosted iron ore mineralization around Khetri copper deposit, India: Implications for an IOA type deposit. *Ore Geol Rev* 138.
- Firdaus, F., Kandora, T.A., Lantara, D., Thamsi, A.B., Harwan, H., Bakri, H., 2020. ANALISIS ALTERASI PADA ENDAPAN BIJIH BESI DI DAERAH TANJUNG, KECAMATAN BONTOCANI, KABUPATEN BONE, PROVINSI SULAWESI SELATAN. *Jurnal GEOSAPTA* 6, 49.

- Gerlitzki, M., 2023. Geology and geochemistry of iron ores from the Black Forest and its foreland under specific consideration of their content of rare earth elements (REE). *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* 174, 675–711.
- Grilo, C., 2018. Corrigendum to “Changes in flocculation patterns of cohesive sediments after an iron ore mining dam failure” [*Mar. Geol.* 400 (2018) 1–11] [*Marine Geology* (2018) 400 (24–37), (S0025322717304231) (10.1016/j.margeo.2018.03.004)]. *Mar Geol* 405, 134.
- Hall, R., 2013. The palaeogeography of Sundaland and Wallacea since the Late Jurassic. *J Limnol* 72, 1–17.
- Harum, S.D., Yuniarti, E., Haryanto, D., 2019. Pemodelan 2-Dimensi dan 3-Dimensi Penyebaran Bijih Besi Menggunakan Data Resistivitas dan IP di Daerah “A” Provinsi Kalimantan Selatan. *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics* 2, 56–63.
- Karimi, P., 2021. Geology and geochemistry of bukan iron ore deposits, ductile shear zone, Northwest Iran. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 197, 121–144.
- keshava kiran kumar, P.L., 2020. Geochemical characteristics of iron ore deposits and processing of Landsat-8 data (geology, geomorphology and lineaments) in semi-arid region and using geospatial techniques. *Model Earth Syst Environ* 6, 1245–1252.
- Masoumipour, Z., 2023. Origin and evolution of the ore-forming fluids in the southern Abbas Abad iron skarn deposit, NE Isfahan, Central Iran: Insights from geology, fluid inclusions, and C–O isotopes. *J Geochem Explor* 248.
- Pardiarto, B., Widodo, W., 2024. KETERDAPATAN DAN GENESA CEBAKAN BIJIH BESI DAERAH KAPAYANG, KABUPATEN TANAH BUMBU, KALIMANTAN SELATAN. *Buletin Sumber Daya Geologi* 19, 11–25.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. John Wiley and Sons.
- Pearce, J.A., 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* 100, 14–48.
- Rada, A., 2023. Technology of low-altitude aeromagnetic survey for prospecting for iron ores as a direction of sustainable development of modern geology. *E3S Web of Conferences* 411.
- Rasyid, A., Nurhakim, N., Riswan, R., 2020. STUDI KEDERDAPATAN BIJIH BESI PADA ENDAPAN LATERIT DI KECAMATAN KARANG INTAN, KABUPATEN BANJAR, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN. *Jurnal GEOSAPTA* 6, 43.
- Ross, P.S., Bédard, J.H., 2009. Magmatic affinity of modern and ancient subalkaline volcanic rocks determined from trace-element discriminant diagrams. *Can J Earth Sci* 46, 823–839.
- Saccani, E., 2015. A new method of discriminating different geodynamic settings of basaltic rocks using Th–Nb and Ce–Nb systematics, with implications for petrogenetic processes and crustal recycling. *Terra Nova* 27, 322–330.
- Safitri, U.E., Ardianto, T., Angraini, L.M., 2020. Identifikasi Sebaran Bijih Besi Menggunakan Metode Geomagnet di Desa Pringgabaya Utara, Kabupaten Lombok Timur. *Kappa Journal* 4, 42–47.
- Syaripudin, S., Arman, Y., Muhandi, M., 2021. Sebaran Mineral Logam Bijih Besi Berdasarkan Anomali Magnetik Daerah Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut. *PRISMA FISIKA* 9, 276.
- Tamehe, L.S., 2019. Geology of the Gouap iron deposit, Congo craton, southern Cameroon: Implications for iron ore exploration. *Ore Geol Rev* 107, 1097–1128.
- Thamsi, A.B., Bakri, H., Harwan, H., Nasrullah, N., Aswadi, M., 2022. KARAKTERISTIK MINERALOGI BIJIH BESI DAERAH KADONG-KADONG, KABUPATEN LUWU, PROVINSI SULAWESI SELATAN. *Jurnal Pertambangan* 5, 158–164.
- Thamsi, A.B., Budiman, A.A., Umar, E.P., Harwan, H., 2024. Host-rock characteristics and geochemistry of the Rongkong Opal-C Mineraloid, North Luwu Regency, South Sulawesi Province, Indonesia. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* 40, 233–246.
- Thamsi, A.B., Jafar, N., 2024. Mineraloid Opal: Karakteristik dan Kandungannya. books.google.com.

- Wakila, M.H., Nompo, S., Jafar, N., Thamsi, A.B., Munir, A.S., Heriansyah, A.F., 2024. Analysis of Cobalt Distribution and Co-Ni Correlation in Nickel Laterite Zonation in Tropical Region. *The Iraqi Geological Journal* 57, 205–218.
- Wang, C.L., 2022. Genesis of the Kiruna-type Nixintage iron deposit, Chinese Western Tianshan, NW China: Constrains of ore geology, geochemistry and geochronology. *J Geochem Explor* 243.
- White, L.T., Hall, R., Armstrong, R.A., Barber, A.J., BouDagher Fadel, M., Baxter, A., Wakita, K., Manning, C., Soesilo, J., 2017. The geological history of the Latimojong region of western Sulawesi, Indonesia. *J Asian Earth Sci* 138, 72–91.
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis: A Global Tectonic Approach*. Springer.
- Xia, K., 2019. Engineering geology and ground collapse mechanism in the Chengchao Iron-ore Mine in China. *Eng Geol* 249, 129–147.
- Yudanto, V.S., P, E.T., Wahyudi, L., 2018. PENDUGAAN KANDUNGAN BIJIH BESI DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITY 2D, IP, DAN GEOMAGNET DI PT. ARIES IRON MINING DESA TUMBANG TILAP, KALIMANTAN TENGAH. *KURVATEK* 3, 35–43.
- Yuliarman, D., Wahyono, S.C., Husain, S., 2018. Identifikasi Bijih Besi dengan Metode Geolistrik di Tanah Laut. *POSITRON* 7, 48.