Journal of Technology Process

Analisis Pengayaan Unsur Logam Tanah Jarang Pada Endapan Mangan Daerah Palludda, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan

(Analysis of Rare Earth Element Enrichment in Manganese Deposits In The Palluda Area, Barru Regency, South Sulawesi Province)

Fahrul Padillah[1], Adi Maulana[2], Syamsuddin Yani[3]

Universitas Muslim Indonesia, Urip Sumoharjo, Makassar & 90231, Indonesia
Universitas Hasanuddin, Perintis Kemerdekaan, Makassar & 90245, Indonesia
Universitas Muslim Indonesia, Urip Sumoharjo, Makassar & 90231, Indonesia

Kata Kunci: Unsur**,** Logam, Tanah Jarang, Pengayaan, Endapan Mangan

Inti Sari

Penelitian tentang pengayaan unsur logam tanah jarang endapan mangan di daerah Palludda belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan menganalisis proses pengayaan dan potensi unsur logam tanah jarang endapan mangan di daerah Palludda. Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian lapangan yaitu mengambil sampel endapan mangan pada singkapan batugamping dan bongkah-bongkah hasil dari pelapukan batugamping pada permukaan. Sampel diambil di Salo Mandi, Palludda. Dalam penelitian ini dianalisis karakteristik fisika dan kimia endapan mangan menggunakan mikroskop polarisasi, XRD dan ICP-MS. Sedangkan untuk analisis komposisi unsur jejak endapan mangan menggunakan ICP-OES dan AAS. Untuk mengetahui mekanisme pengayaan unsur logam tanah jarang endapan mangan dengan melihat *spider diagram* yang dinormalisasi dengan Chondrite. Hasil penelitian ini menunjukkan karakteristik fisika batugamping yaitu jenis Packstone dan karakteristik kimia masing-masing endapan mangan yaitu, komponen senyawa kimia yang dominan adalah Iron oxide hydroxide goethite (45,6%), Silicon oxide alpha Quartz (41,6%) dan Goethite (47,3%). Konsentrasi unsur tanah jarang La, Ce, dan Nd memperlihatkan nilai konsentrasi tinggi (4,3-43,9 ppm). Hasil proses pengayaan unsur logam tanah jarang menunjukkan konsentrasi pada endapan mangan residu lebih tinggi dibandingkan endapan mangan *cavity filling.* Proses pengayaan UTJ di daerah penelitian terbentuk akibat adanya proses oksidasi.

Key Words : *Element, Metal, Rare Earth, Enrichment, Manganese Precipitation*

Abstract

Research on the enrichment of rare earth elements in manganese deposits in the Palludda area has not been widely carried out. This study aims to analyze the enrichment process and the potential of rare earth elements manganese deposits in the Palludda area. This research was conducted using field research methods, namely taking samples of manganese deposits in limestone outcrops and boulders resulting from weathering of limestone on the surface. Samples were taken in Salo Mandi, Palludda. In this study, the physical and chemical characteristics of manganese deposits were analyzed using a polarizing microscope, XRD and ICP-MS. As for the analysis of the composition of trace elements of manganese deposits using ICP-OES and AAS. To find out the process of enrichment of rare earth elements manganese deposits by looking at the spider diagram normalized with Chondrite. The results of this study indicate the physical and chemical characteristics of limestone and manganese deposits, namely the type of Packstone, the dominant chemical components of manganese deposits are Iron oxide hydroxide goethite (45.6%), Silicon oxide alpha Quartz (41.6%) and Goethite (47.6%). 3%). Concentrations of rare earth elements La, Ce, and Nd showed high concentration values (4,3-43.9 ppm). The results of the rare earth element enrichment process showed that the concentration in the residual manganese deposits was higher than that of the cavity filling manganese deposits. The enrichment process of REE in the research area is process oxidation.

PENDAHULUAN

Unsur logam tanah jarang (UTJ) atau *rare earth elements* atau yang juga dikenal dengan REE terdiri atas tujuh belas unsur kimia di tabel periodik, 15 di antaranya merupakan lanthanides (dari nomor atom 57 sampai dengan 71) dan dua lagi merupakan scandium dan yttrium (Voncken, 2016; Henderson, 1984).

Pada umumnya UTJ dijumpai dalam bentuk logam, sehingga kelompok unsur ini sering disebut dengan logam tanah jarang (LTJ). Logam tanah jarang yang terdapat dalam mineral-mineral pembawa logam tanah jarang sesungguhnya merupakan logam yang keberadaannya dan jumlahnya tidak sejarang namanya bahkan beberapa elemen bisa lebih besar konsentrasinya dari elemen logam lainnya dalam beberapa mineral. Konsentrasinya dapat mencapai 10 hingga beberapa ratus ppm (Hurst,2012).

Potensi LTJ dilaporkan oleh Maulana, dkk (2014) dari hasil lapukan batuan granit di Pulau Sulawesi. Mereka melaporkan adanya pengayaan pada profil hasil lapukan batuan granit sebanyak 2–3 kali dari konsentrasi batuan induknya yang kemungkinan mengindikasikan adanya proses *ion absorption type* yang ditandai dengan kehadiran mineral kaolin dan halloysit. Potensi Sc juga dilaporkan pada hasil lapukan batuan ultrabasa di Sulawesi terutama pada lapisan limonit yang merupakan hasil reaksi substitusi Fe^{3+} dari mineral-mineral mafik terutama goetit dan piroksin (Maulana, dkk. 2016).

Program penelitian mengenai LTJ belum banyak dilakukan khususnya pada endapan mangan, padahal di endapan mangan juga terdapat LTJ. Hal ini dapat dilihat pada laporan Moriyama, dkk. (2008) yang melaporkan keterdapatan potensi logam tanah jarang terutama *heavy rare earth elements* (HREE) yang tinggi pada mineral mangan yang membentuk *stratiform* di India yang disebabkan oleh proses hidrotermal. Penelitian endapan mangan di daerah Sulawesi Selatan sudah pernah dilakukan oleh Falah (2009) yaitu studi tentang keberadaan mangan di Bulu Palluda, Kabupaten Barru. Kemudian penelitian tentang mineralogi mangan yang dilakukan oleh Supriadin, dkk (2015). Namun penelitian endapan mangan belum dilakukan secara detail.

Penelitian yang dilakukan oleh Darwis Falah, dkk (2009) yaitu eksplorasi mangan yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang kondisi geologi, kualitas dan kuantitas endapan mangan. Sedangkan penelitian yang dilakukan Supriadin, dkk (2015) yaitu studi mineralogi dan geokimia endapan mangan. Kedua peneliti terdahulu di atas, belum ada yang melakukan penelitian pengayaan LTJ pada endapan mangan di daerah Palludda.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertatik untuk menganalisis pengayaan unsur logam

tanah jarang pada endapan mangan daerah Palludda, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik fisika dan kimia endapan mangan, untuk menganalisis potensi LTJ dan proses pengayaan pada endapan mangan di daerah Palludda, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian lapangan yaitu mengambil sampel endapan mangan pada singkapan batugamping dan bongkah-bongkah hasil dari pelapukan batugamping pada permukaan. Selanjutnya sampel bijih mangan akan dikirim ke laboratorium untuk dilakukan analisis secara fisika dan kimia.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Mikroskop polarisasi jenis Nikon Eclipse LV100N POL, *X-Ray Difraction* (XRD) Shimadzu (Maxima X-7000), *Inductively Coupled Plasma* (ICP)-(MS) *Mass Spectrometry* Agilent 7700.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Endapan mangan, Asam Nitrat (HNO_3), Asam Fluorida (HF), Akuades, Ethanol atau alcohol 70%, Ethylene Glycol, Asam Clorida (HCl)

1. Preparasi sampel

Sampel bijih mangan dari lapangan dibersihkan dan dicuci selanjutnya dikeringkan di laboratorium untuk mengurangi kadar air permukaannya. Untuk keperluan analisis mikroskopi, sampel terpilih dipotong hingga ukuran 2 x 3 cm lalu dibuat sayatan tipis. Pembuatan sayatan tipis dilakukan di laboratorium preparasi Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin dengan menggunakan alat mesin poles, mesin *cutting* dan mikroskop jenis Nikon Eclipse LV100N POL.

Untuk keperluan analisis XRD dan ICP-MS. Sampel digerus menggunakan agate mortar hingga ukuran -200#.

2. Metode Analisis

a. Analisis Petrografi

Analisis petrografi untuk mengetahui nama batuan. Penamaan batuan diperoleh dari hasil deskripsi kandungan mineral, hubungan tekstur, struktur dan sifat-sifat optik mineral. Penamaan batuan menggunakan klasifikasi batuan sesuai standar dan jenis batuannya. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi jenis Nikon Eclipse LV100N POL.

Untuk analisis petrografi setelah sampel dipotong selanjutnya dipoles secara bertahap hingga siap untuk dianalisis.

b. Analisis X-Ray Difraction (XRD)

Analisis XRD untuk mengidentifikasi secara kualitatif dan kuantitatif bentuk-bentuk berbagai kristal, yang disebut dengan senyawa. Selain itu dapat juga mengidentifikasi mineral-mineral yang berbutir halus seperti tanah liat atau lempung.

Untuk analisis XRD, sampel yang sudah dihaluskan (digerus) tahap selanjutnya *solvating* dengan *ethylene glycol* dan dipanaskan. Setelah itu sampel siap dianalisis. Sampel dianalisis dengan menggunakan alat X-ray Diffractometer Shimadzu (Maxima X-7000).

c. Analisis *Inductively Coupled Plasma* (ICP-MS)

Analisis ICP harus dilakukan dalam bentuk larutan sehingga dilakukan dekomposisi sampel. Tujuan dari dekomposisi sampel adalah merubah sampel padat menjadi larutan sehingga kandungan logam-logam dalam sampel tersebut dapat diukur dengan ICP-MS. Struktur kristal dalam mineral-mineral dan bentuk kimia dari unsur-unsur akan dipecah dan berubah selama proses dekomposisi ini. Dekomposisi sampel yang sempurna sangat diperlukan untuk penentuan kandungan total dari semua unsur-unsur yang ditetapkan. Untuk sampel batuan yang mempunyai komposisi kimia dan derajat kristalisasi dari mineral-mineralnya yang sangat kompleks, diperlukan pemilihan cara dekomposisi yang sesuai dengan tujuan analisis. Metoda dekomposisi yang dipakai adalah metoda pelarutan asam. Sampel dianalisis dengan menggunakan spectro-meter Agilent 7700 series ICP-MS, di laboratorium Intertek.

Untuk analisis ICP-MS, sampel dimasukkan ke dalam tabung teflon kemudian tambahkan 0,8 mL asam nitrat, diamkan pada suhu kamar selama 30 menit. Meletakkan tabung teflon di atas *hotplate* selama 15 menit lalu diangkat dan biarkan dingin selama 15 menit, tambahkan 2,4 mL campuran asam lalu diamkan pada suhu kamar selama 30 menit. Letakkan tabung teflon ke dalam blok aluminium di atas kompor listrik, biarkan panas selama 120 menit untuk menghilangkan HF/HCl/HNO_3. Selanjutnya tambahkan 12 mL 20% HCL biarkan mendidih setidaknya 15 menit lalu diangkat dan didiamkan

hingga dingin. Tuang ke dalam tabung polistiren dan buat hingga 20 mL, sampel siap dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

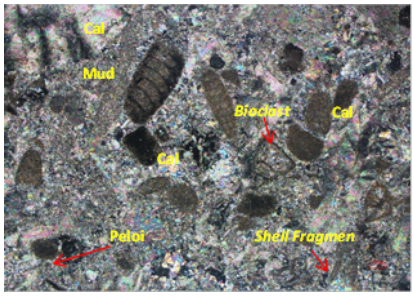
A. Karakteristik Fisika dan Kimia Endapan Mangan

Karakteristik fisika dan kimia mineral pada batugamping dan endapan mangan Daerah Palludda diidentifikasi dan ditentukan berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan hasil deskripsi petrografi dan analisis XRD (*X-Ray Difraction*).

Deskripsi petrografi dilakukan pada sampel batugamping sebagai batuan pembawa (*host rock*) dari endapan mangan. Deskripsi petrografi dilakukan untuk mendukung hasil pengamatan megaskopis di lapangan pada batugamping. Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui komponen material/mineral penyusun endapan mangan.

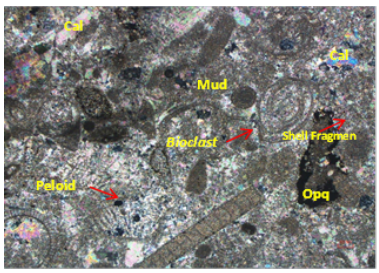
Analisis petrografi sayatan tipis sampel batugamping merupakan analisis secara mikroskopis yang berisi data komposisi mineral, tekstur dan bentuk material. Pengamatan mikroskopis pada sayatan tipis sampel batugamping dilakukan pada stasiun 1 dan 3, sedangkan pada stasiun 2 hanya dilakukan pengamatan secara megaskopis. Sampel stasiun 2 tidak dilakukan pengamatan mikroskopis karena secara megaskopis similar dengan sampel 1 dan 3.

Kenampakan mikroskopis pengamatan sayatan tipis (Gambar 1) stasiun 1 dengan koordinat 04º36’24,9” LS dan 119º43’30,6” BT, memperlihatkan warna absorbsi tidak berwarna, warna interferensi abu – abu kehitaman, tekstur non klastik, bentuk material subrounded – subangular. Material terdiri atas *mud*, *skeletal grain* berupa *shell fragmen*, *non skeletal grain* berupa *calcite*, ukuran material 0,02 mm – 4 mm. Komposisi material, *grain* terdiri atas *shell fragmen* (30%), *bioclast* (15%), *calcite* (30%), *peloid* (10%) dan *mud* (15%). Berdasarkan hasil analisis di atas, maka nama batuan adalah *Packstone* (Dunham, 1962).



Gambar 1. Fotomikrograf sayatan tipis sampel batugamping stasiun 1 dengan perbesaran 100x.

Kenampakan mikroskopis pengamatan sayatan tipis (Gambar 2) stasiun 3 dengan koordinat 04º36’22,6” LS dan 119º43’35” BT, memperlihatkan warna absorbsi tidak berwarna, warna interferensi abu – abu kehitaman, tekstur non klastik, bentuk material subrounded – subangular. Material terdiri atas *mud*, *skeletal grain* berupa *shell fragmen*, *non skeletal grain* berupa *calcite* dan mineral *opaq*, ukuran material 0,02 mm – 4 mm. Komposisi material, *grain* terdiri atas *shell fragmen* (30%), *bioclast* (25%), *calcite* (25%), *opaq* (5%), *peloid* (5%) dan *mud* (10%). Berdasarkan hasil analisis di atas, maka nama batuan adalah *Packstone* (Dunham, 1962).



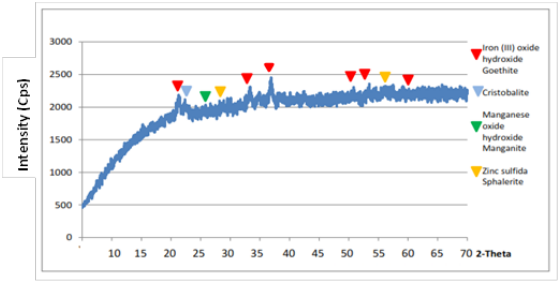
Gambar 2. Fotomikrograf sayatan tipis sampel batugamping stasiun 3 dengan perbesaran 100x.

Analisis XRD dilakukan pada sampel endapan mangan pada stasiun 1A, 1B dan 1C, untuk mendeskripsikan senyawa kimia endapan mangan tersebut. Berdasarkan analisis XRD sampel endapan mangan diperoleh susunan komponen senyawa kimia pada setiap sampel, adapun komponen yang dominan antara lain: Iron oxide hydroxide goethite (45,6%), Silicon

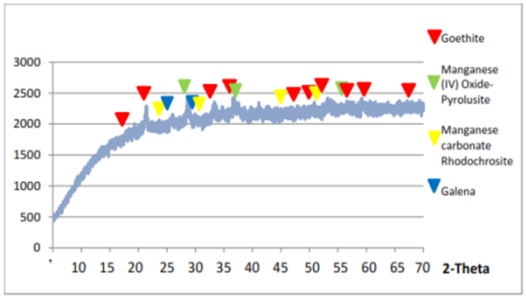
oxide alpha Quartz (41,6%) dan Goethite (47,3%), (Tabel 6).

Tabel 1. Komponen senyawa kimia endapan mangan

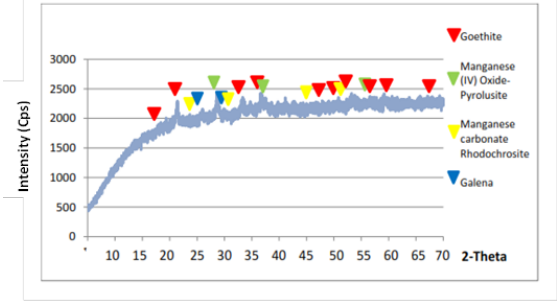
Komponen	Stasiun	
	1.A (%)	Rumus kimia
Iron oxide hydroxide Goethite	45,6	Fe O(OH)
Cristobalite	25,8	Si O_2
Manganese oxide hydroxide Manganite	19,7	Mn O(OH)
Zinc sulfida Sphalerite	9	Zn S
	1.B (%)	**Rumus kimia**
Silicon oxide alpha Quartz low	41,6	Si O_2
Ramsdellite	22,4	Mn O_2
Cristoballite	20,5	Si O_2
Manganese Oxide-Alpha	10,5	Mn_2 O_3
Mangnetite	5,1	Al0.05 Ca0.01 Fe2.1 Mg0.06 Mn0.02 O^4 Si0.01 Ti0.74 V0.01
	1.C (%)	**Rumus kimia**
Goethite	47,3	Co0.07 Fe0.93 H O2
Manganese Oxide Pyrolusite	25,7	Mn O_2
Manganese Carbonate Rhodochrosite	22,4	Mn CO_3
Galena	4,6	Pb S



Gambar 3. Diagram hasil analisis XRD sampel ST. 1A endapan mangan.



Gambar 4. Diagram hasil analisis XRD sampel ST. 1B endapan mangan.



Gambar 5. Diagram hasil analisis XRD sampel ST. 1C endapan mangan.

Analisis ICP-MS dilakukan pada sampel endapan mangan pada sampel 1A, 1B dan 1C, untuk mengetahui penentuan total dari semua unsur-unsur yang ditetapkan.

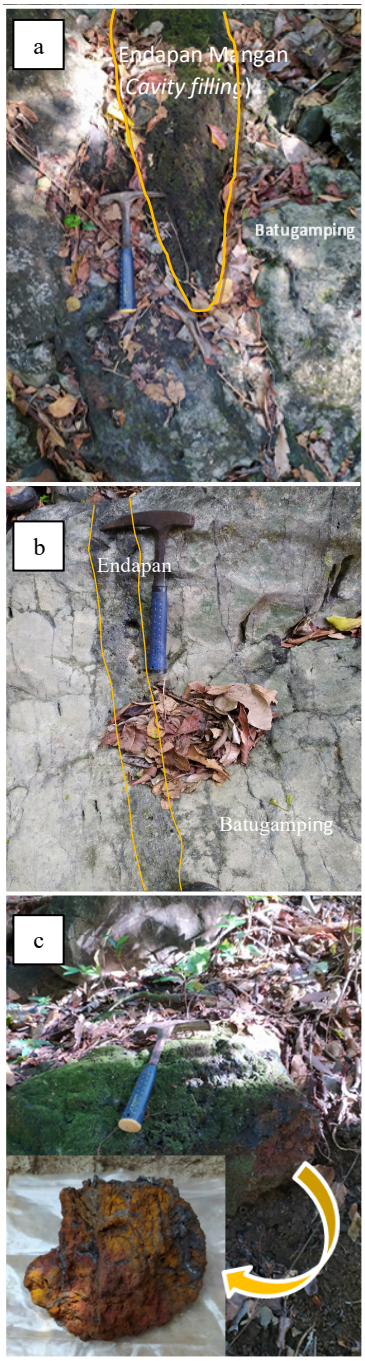
Komposisi unsur jejak (*trace elements*) berdasarkan hasil analisis menunjukkan konsentrasi pada Fe dan Mn memiliki nilai tinggi dengan masing-masing nilai rata-rata 259.667 ppm dan 254.333 ppm, kemudian unsur jejak Pb, Al dan Zn dengan masing-masing nilai rata-rata konsentrasi 13.800 ppm, 9047 ppm dan 2785 ppm.

B. Potensi LTJ pada Endapan Mangan di Palludda

Endapan mangan dilaporkan terdapat di sejumlah wilayah seperti Kabupaten Manggarai, NTT, Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat, Kabupaten Halmahera Utara, Maluku Utara, serta Kabupaten Barru dan Bone, Sulawesi Selatan. Sedangkan Potensi LTJ di Indonesia menyebar dari pulau Sumatera sampai Papua, khususnya di Pulau Sulawesi LTJ ditemukan di Banggai (SulTeng), Mamasa (SulBar) dan Takalar (SulSel). (Sumber: Badan Geologi).

Lokasi singkapan mangan pada daerah penelitian dijumpai di Salo Mandi, Dusun Palludda yang terletak sekitar 1-2 km arah timur Kampung Palludda. Daerah sebaran endapan mangan merupakan daerah lereng perbukitan yang merupakan bagian dari wilayah perbukitan dan topografi karst, ketinggian 275-350 mdpl. Singkapan mangan dapat ditelusuri pada daerah penelitian seluas 5 ha dan endapan mangan dijumpai secara acak dan tidak merata.

Endapan mangan di daerah penelitian dijumpai bersama-sama batugamping Formasi Tonasa dalam bentuk bongkah (*residual*), dalam bentuk pengisian rongga batugamping (*cavity filling*) dan dalam bentuk urat-urat (*vein let*), Gambar 6.

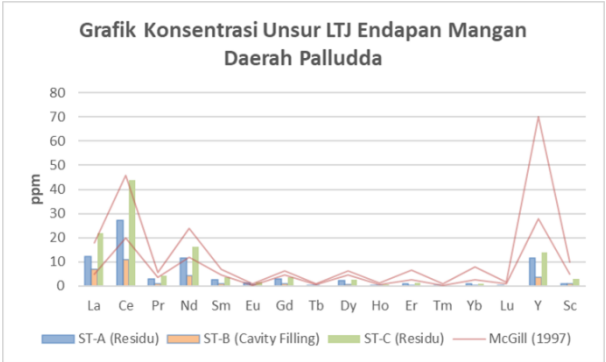


Gambar 6. Kenampakan lapangan .a. Endapan mangan (*cavity filling*), b. Endapan mangan (*vein let*), c. Endapan mangan residu.

LTJ di Daerah Palludda berdasarkan dari nilai konsentrasi untuk La, Ce dan Nd berada pada konsentrasi 4,3 – 43,9 ppm umumnya memperlihatkan nilai yang tinggi berdasarkan (McGill,1997), (Gambar 7). Sedangkan unsur-unsur lainnya Pr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y dan Sc, memiliki nilai konsentrasi rendah (< 13,8 ppm), (Tabel 2).

Tabel 2. Konsentrasi unsur tanah jarang (ppm)

Sampel	Konsentrasi Unsur Tanah Jarang (ppm)															Total
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc	
ST. 1 A	12,2	27,2	3	11,7	2,7	1,2	2,8	0,38	2,3	0,4	1	0,1	0,8	0,12	11,5	1	78,4
ST. 1 B	7	10,9	1,09	4,3	0,8	0,6	0,9	0,12	0,6	0,1	0,3	<0.1	0,3	<0.05	3,7	1	31,71
ST. 1 C	21,9	43,9	4,43	16,1	3,6	1,7	3,6	0,44	2,7	0,5	1,4	0,2	1	0,1	13,8	3	118,37



Gambar 7. Grafik konsentrasi unsur LTJ endapan mangan.

C. Mekanisme Pengayaan Unsur Logam Tanah Jarang pada Endapan Mangan.

Pembentukan mineral khususnya dari bijih mangan di zona lapuk adalah proses interaksi alami air meteorik dengan batuan serta kombinasi dari faktor-faktor utama: iklim, geomorfologi dan struktur, litologi-petrografi, dan sejarah geologi daerah tersebut. Peran penting faktor-faktor tersebut, sesuai dengan setiap jenis bijih. Bijih yang terbentuk dari proses pengayaan di wilayah iklim tropis dibedakan oleh intensitas dan ekstensifikasi. Seiring dengan parameter penting seperti suhu tahunan rata-rata yang relatif tinggi dan volume curah hujan, peran yang cukup besar yaitu faktor kimia. (Bugel'skii dkk., 1983).

Endapan mangan daerah Palludda berasosiasi dengan batugamping Formasi Tonasa, sebagai mana diketahui bahwa larutan hidrotermal mengisi rekahan atau rongga pada

batuan pembawa (batugamping) yang kemudian mengalami proses presipitasi sehingga membentuk endapan. Adapun tipe cebakan endapan mangan di daerah penelitian terbagi atas cebakan hidrotermal dan cebakan residu. Berikut penjelasan dari kedua cebakan:

a. Tipe cebakan hidrotermal.
Endapan mangan dijumpai dalam bentuk urat (*vein*) dan pengisian rongga (*cavety filling*) pada batugamping, terbentuknya cebakan mangan ini oleh proses hidrotermal dari intrusi magma (trakit) Bulu Lapali. Arah umum urat mangan mengikuti arah sesar yang berarah barat laut-tenggara. Kenampakan urat-urat (*vein*) mangan dan pengisian rongga (*cavity filling*) dapat dilihat pada Salo Mandi. Endapan mangan berwarna hitam kecoklatan, lapuk menghasilkan soil berwarna coklat kemerahan, kilap logam.

b. Tipe cebakan residual.
Endapan mangan dijumpai dalam bentuk endapan lepas yang berukuran kerikil sampai bongkah. Endapan berwarna hitam kecoklatan, bila lapuk menghasilkan soil berwarna coklat kemerahan, kilap logam.

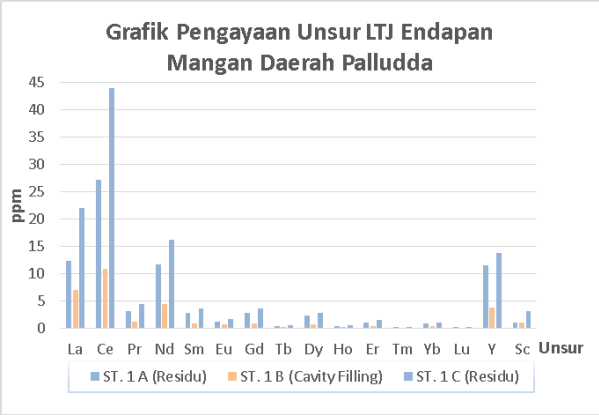
Proses tektoniksme yang mengakibatkan batugamping mengalami pengangkatan sehingga batuan tersebut tersingkap di permukaan. Setelah mengalami pengangkatan terjadi proses eksogen yang menyebabkan batugamping mengalami pelarutan dan pelapukan meninggalkan material mangan sebagai residu yang mengalami proses pengayaan membentuk bongkah-bongkah.

Nilai total konsentrasi LTJ pada keseluruhan sampel endapan mangan berkisar 31,71 ppm sampai dengan 118,37 ppm (Tabel 12). Konsentrasi unsur LTJ endapan mangan residu pada sampel ST. 1A total LTJ (78,4 ppm) dan sampel ST. 1C total LTJ (118,37 ppm), dibandingkan konsentrasi LTJ endapan mangan (*cavity filling*) sampel ST.1B total LTJ (31,71 ppm). Berdasarkan data dari hasil analisis sampel endapan mangan menunjukkan bahwa unsur LTJ pada endapan mangan residu mengalami proses pengayaan dibandingkan dengan endapan mangan (*cavity filling*).

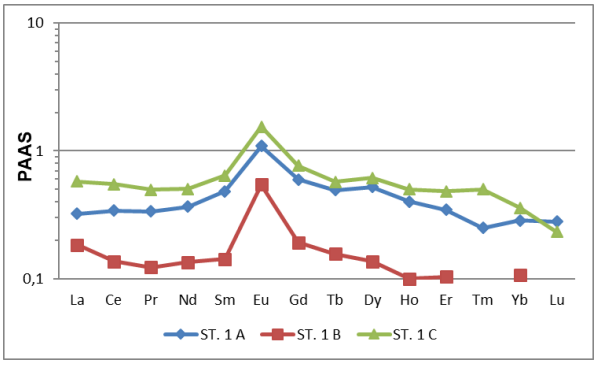
Dapat dilihat nilai konsentrasi unsur LTJ pada grafik (Gambar 8).

Tabel 3. Konsentrasi unsur tanah jarang (ppm)

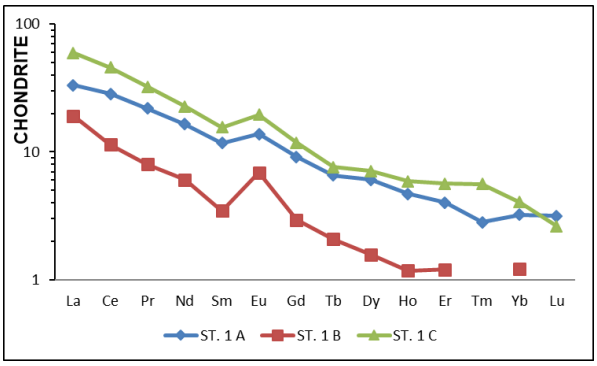
Sampel	Konsentrasi Unsur Tanah Jarang (ppm)																Total
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Sc	
ST. 1 A	12,2	27,2	3	11,7	2,7	1,2	2,8	0,38	2,3	0,4	1	0,1	0,8	0,12	11,5	1	**78,4**
ST. 1 B	7	10,9	1,09	4,3	0,8	0,6	0,9	0,12	0,6	0,1	0,3	<0.1	0,3	<0.05	3,7	1	**31,71**
ST. 1 C	21,9	43,9	4,43	16,1	3,6	1,7	3,6	0,44	2,7	0,5	1,4	0,2	1	0,1	13,8	3	**118,37**



Gambar 8. Grafik pengayaan unsur LTJ endapan mangan.



Gambar 9. *Spider diagram* pola normalisasi unsur tanah jarang (UTJ) endapan mangan - *Post-Archean average shale* (PAAS) (Taylor & McLennan 1985).



Gambar 10. *Spider diagram* pola normalisasi unsur tanah jarang (UTJ) endapan mangan dengan *Chondrite* (Taylor & McLennan 1985).

Berdasarkan *spider diagram* (Gambar 9) unsur tanah jarang pada endapan mangan yang telah dinormalisasi dengan komposisi *Post-Archean Average Shale* (PAAS) menunjukkan pola anomali Eu positif. Hal ini mengindikasikan bahwa mineral mangan terbentuk melalui proses fraksinasi dari larutan hidrotermal. Anomali juga diperlihatkan unsur Ce yang memperlihatkan anomali negative, yang menunjukkan kehadiran dari air laut yang teroksidasi. Kondisi ini menunjukkan lingkungan pengendapan berupa laut. Lingkungan pengendapan laut juga didukung oleh keterdapatan mineral mangan yang dijumpai pada batugamping. Proses pengayaan LTJ pada bijih mangan yang terbentuk secara primer dari proses hidrotermal dengan tekstur *cavity filling* dan *vein* disebabkan oleh proses *ion adsorption* pada mineral lempung yang memperkaya LTJ. Sementara pengayaan LTJ pada endapan mangan residu disebakan oleh proses oksidasi dimana bijih karbonat primer mengalami perubahan menjadi oksida. Mekanisme proses pengayaan ini juga dilaporkan dari endapan bijih mangan di Urkut, Hunggaira yang memperlihatkan perbandingan antara kandungan LTJ pada bijih primer dan bijih mangan yang terbantuk akibat proses oksidasi (Grasselly & Panto, 1988).

Berdasarkan data dan *spider diagram* (Gambar 10) unsur tanah jarang yang telah dinormalisasi *Chondrite* menunjukkan pengayaan unsur tanah jarang antara lain *Lanthanum* (La), *Cerium* (Ce) dan *Neodymium* (Nd) termasuk unsur tanah jarang jenis ringan (LREE) dibandingkan unsur tanah jarang jenis berat (HREE).

Proses pelapukan yang terjadi pada endapan mangan disebabkan oleh proses oksidasi. Proses oksidasi menyebabkan perubahan bijih karbonat primer menjadi bijih oksida yang menghasilkan pengayaan unsur LTJ pada endapan mangan.

KESIMPULAN

Potensi unsur tanah jarang endapan mangan berdasarkan hasil analisis ICP-MS menunjukkan konsentrasi beberapa unsur yang bernilai tinggi yaitu La (7-21,9 ppm), Ce (10,9-43,9 ppm) dan Nd (4,3-16,1 ppm). Pengayaan unsur logam tanah jarang endapan mangan berdasarkan hasil analisis bahwa konsentrasi UTJ endapan mangan residu lebih tinggi dibandingkan endapan mangan *cavity filling*. Pelapukan yang terjadi pada endapan mangan disebabkan proses oksidasi, sehingga menghasilkan pengayaan UTJ.

DAFTAR PUSTAKA

Adams,A.E., Mackenzie,W.S and Guilford,C. 19877. Atlas of Sedimentary Rocks Under the Microscope. Longman Scientific and Technical. England.

Bateman, A.M. 1950. *Economic Mineral Deposits*, 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc. and Tokyo: Charles E. Tuttle Company.

Browne, B. 2007. Atlas of Common Rock-Forming Minerals in Thin Section. Departemen of Geological Sciences California State University. Fullerton.

Darwis, F. 2009. Eksplorasi Mangan Palludda Desa Pattappa Kecamatan Pujananting Kabupaten Barru. Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Barru

Ferian, A., Mutiara, C., Basuki, R., Sigit, A., dan Rita, S. 2019. Karakteristik dan Genesa Pengayaan Unsur-Unsur Tanah Jarang pada Batubara Lapangan Batubara Muara Tiga Besar Utara, Tanjung Enim, Cekungan Sumatera Selatan. Buletin Sumber Daya Geologi, Volume 14, Nomor 3.

Grasselly, G.Y. Panto, G.Y. 1988. Rare earth elements in the Manganese Deposit of Urkut (Bakony Mountain) Hungary. Ore Geology Review, 4, 115-124.

Hutabarat, I. 2017. Melihat Kepentingan mineral Tanah Jarang di Indonesia: Belajar dari Tiongkok, M&E, Vol. 15, No.3.

Igor M.V. 1996. Manganese Ores Of Supergene Zone: Geochemistry Of Formation. Solid Earth Sciences Library, *Volume 8.*

Jaya, A., Maulana, A. 2018. Pengenalan Geologi Lapangan.

Keith, R, L., Bradley, S., Nora, K. and Daniel, C. 2010. The Principal Rare Earth Elements Deposits of the United States-A Summary of Domestic Deposits and a Global Perspective. Scintific Investigations Report. U.S. Geological Survey. Virginia.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral R.I. 2019. Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia. Jakarta.

Korotev,R.L. 2009. "*Rare Earth Plots*" *and the Concentrations of Rare Earth Elements (REE) in Chondritic Meteorites*, (online), (http://meteorites.wustl.edu/goodstuff/ree-chon.htm . diakses 18 Juni 2021).

Lesnov,F.P. 2010. Rare Earth in Ultramafic and Mafic Rocks and their Minerals. Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk, Rusia. CRC Press.

Maanijou, M., Abbas, N., Farhad, A., Mohammad, M., Meisam, G and Abbas, M. 2015. The Study of Major, Trace and Rare Earth Elements Geochemistry in Shahrestanak Mn Deposit, South of Qom: Implications For Genesis. Journal of Economic Geology, Vol 7, No.1.

Maulana, A. 2017. Endapan Mineral. Ombak: Yogyakarta.

Maulana, A. 2021. Unsur Tanah Jarang. Ombak: Yogyakarta.

Moriyama, T, Panigrahi, K.M., Pandit, D. and Watanabe, Y. 2008. Rare Earth Element Enrichment in Late Archean Manganese Deposits from the Iron Ore Group, East India, Journal compilation © 2008 The Society of Resource Geology.

Nicholson,K., Hein,J.R., Buhn,B and Dasgupta,S. 1997. Manganese Mineralization:Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits. The Geological Society. London.

Pracejus,B., Bolton,B.R., Frakes,L.A and Abbott,M. 1990. Rare Earth Element Geochemistry of Supergene Manganese Deposits from Groote Eylandt, Northern Territory, Australia. Ore Geology Reviews, 5, 293-314. Elsevier Science Publishers B.B. Amsterdam.

Rafferty, P.J. 2012. Geological Seciences. Britannica Educational Publishing.

Robinson, F.R. 2014. Mining and Selling Radium and Uranium. Springer. Bloomington, Indiana.

Shikazono,N. 2003. Geochemical and Tectonic Evolution of Arc-Backarc Hydrothermal System. Development in Geochemistry 8. Elsevier.

Supriadin, Nur, I. Widodo, S. 2015. Studi Mineralogi dan Geokimia Endapan Mangan Daerah Paluda, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, Proceeding, seminar nasional kebumian ke-8 academia-industry linkage.

Virdhian, S., Afrilinda, E. 2014. Karakterisasi Mineral Tanah Jarang Ikutan Timah dan Potensi Pengembangan Industri Berbasis Unsur Tanah Jarang. Metal Indonesia Vol.36 No.2.