



PENGUJIAN UNSUR LOGAM Co, OKSIDA MgO DAN Al₂O₃ PADA JENIS TANAH LIMONITE DENGAN MENGGUNAKAN METODE X-RAY FLUORESCENCE (XRF)

TESTING OF METAL ELEMENTS Co, OXIDE MgO, AND Al₂O₃ IN LIMONITE SOIL TYPES USING X-RAY FLUORESCENCE METHOD (XRF)

Nurhikmah Wahab^{1*}, Rizka Octavia¹, Irawati Ramli¹, Irfan Syaputra¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sulawesi, Jl Talasalapang No 51A, Makassar, Indonesia 90221

*Corresponding Author: nurhikmahwahab05@gmail.com

Received: 15th November 2024; Revised: 16th December 2024; Accepted: 12th January 2025

ABSTRAK

Nikel Laterit ini didefinisikan sebagai satu dari berbagai produk pada proses pelapukan kimiawi serta berjalan dalam waktu yang tidak singkat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan unsur logam kobalt (Co), magnesium oksida (MgO), dan aluminium oksida (Al₂O₃) pada jenis tanah *limonite* menggunakan metode X-Ray Fluorescence (XRF). Tanah limonite dipilih karena sifatnya yang kaya akan mineral besi serta potensinya mengandung unsur-unsur berharga seperti Co, MgO, dan Al₂O₃, yang memiliki aplikasi penting dalam industri logam dan teknologi. Metode XRF digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi unsur-unsur tersebut secara cepat dan akurat tanpa memerlukan persiapan sampel yang rumit. Hasil pengujian menunjukkan variasi konsentrasi Co, MgO, dan Al₂O₃ pada berbagai sampel tanah limonite yang dianalisis yaitu rata-rata kobalt (Co) sebesar 0,07%, rata-rata Magnesium Oksida (MgO) sebesar 5,18%, dan rata-rata Aluminium Oksida (Al₂O₃) sebesar 7,34%. Perbedaan kadar unsur ini dipengaruhi oleh komposisi mineralogis, asal geologis, serta kondisi lingkungan di area pengambilan sampel. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami distribusi elemen-elemen penting pada tanah limonite, yang dapat menjadi dasar pengelolaan sumber daya mineral secara lebih efektif di masa depan.

Kata kunci: Tanah *Limonite*, Kobalt, Magnesium Oksida, Aluminium Oksida, X-Ray Fluorescence (XRF).

ABSTRACT

Nickel Laterite is defined as one of the various products of the chemical weathering process. This research aims to analyze the content of the metal elements cobalt (Co), magnesium oxide (MgO), and aluminum oxide (Al₂O₃) in limonite soil types using the X-ray fluorescence (XRF) method. Limonite soil was chosen because it is rich in iron minerals and its the potential to contain valuable element. The test results show variations in the concentrations of Co, MgO, and Al₂O₃ in the various limonite soil samples analyzed, namely an average of 0.07% cobalt (Co), an average of 5.18% of Magnesium Oxide, and an average of Aluminum Oxide of 7.34%. Differences in element levels are influenced by mineralogical composition, geological origin, and environmental conditions in the sampling area. This research makes an important contribution to understanding the distribution of important elements in limonite soils, which can be the basis for more effective management of mineral resources in the future

Keywords: *limonite soil, cobalt, magnesium oxide, aluminum oxide, X-Ray Fluorescence (XRF).*

Copyright © 2025 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Hikmah, N. Pengujian Unsur Logam Co, Oksida, Pengujian Unsur Logam Co, Oksida Mgo Dan Al₂O₃ Pada Jenis Tanah Limonite Dengan Menggunakan Metode X-Ray Fluorescence (Xrf): Pengujian Unsur Logam Co, Oksida MgO Dan Al₂O₃ Pada Jenis Tanah Limonite Dengan Menggunakan Metode X-Ray Fluorescence (Xrf). Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 9(1).

Permalink/DOI: 10.32493/jitk.v9i1.44851



PENDAHULUAN

Perlu dipahami pembahasan mengenai nikel yang masuk ke dalam logam transisi yang memiliki warna berupa warna keperakan atau berbentuk serbuk logam hitam disertai dengan sifatnya feromagnetik dan terdapat jenis mineral lainnya seperti *Cobalt*, Magnesium dan Aluminium. *Cobalt* sendiri ditemukan oleh Brandt pada tahun 1735 dalam kerak bumi yang berwarna keabu-abuan serta sedikit berkilauan metalik sementara. *Cobalt* bersumber dari bijih logam tertentu yaitu *sulfide* dan arsenid. Penggunaan dari kobalt yaitu garam kobalt digunakan untuk memberikan warna biru pada porselen, gelas. Kegunaan kobalt yaitu unsur runtuhan penting dalam tanah. Magnesium sendiri adalah logam yang ditemukan Sir Humphrey Davey pada tahun 1808 di Inggris dengan kandungan 2% yang terdapat di dalam kulit bumi dan mudah larut dalam air, Magnesium ini mempunyai sifat yang ringan dan mudah bereaksi dengan logam lain. Secara umum endapan nikel laterit dapat dikategorikan menjadi empat jenis yaitu Zona batuan dasar, limonit, saprolit, dan besi merupakan zona primer. Selain adanya mineral *Cobalt* dan Magnesium yang terdapat dalam mineral Nikel tetapi selain itu masih banyak lagi mineral lain yang tersimpan di dalamnya, salah satunya adalah mineral Aluminium dimana mineral Aluminium pertama kali ditemukan oleh Friedrich Wohler pada tahun 1827 akan tetapi Aluminium ini ditemukan tidak dalam bentuk logam melainkan dalam bentuk senyawa oksida karena sifatnya yang reaktif sehingga mudah teroksidasi (Febriana, 2020).

Terdapat bermacam-macam metode serta cara yang dijalankan untuk melakukan serangkaian upaya untuk memberikan pemenuhan kriterianya, yang berupa dilakukannya uji kualitas serta kadar komponen yang menjadi kandungan dalam material yang dijadikan sebagai bahan pengolahan, limbah pabrik maupun lingkungan, serta pada hasil produk akhirnya. Semuanya dilaksanakan dengan rutin,

sistematis, terprogram, tertelusur, serta telah dikendalikan dalam upaya menghasilkan produksi nikel dengan taksiran kadarnya yang mencapai 78-80%. Diperlukan sebuah proses untuk melakukan validasi berkaitan dengan metode yang telah dilaksanakan selama ini termasuk ke dalam salah satu kegiatan yang rutin dan diharuskan bisa diwujudkan dalam upaya memberikan pemenuhan terhadap kriteria yang telah disebutkan. Dalam kesehariannya saat melakukan analisa sampel *converter slag* yang dimanfaatkan oleh alat *x-ray fluorescence* (XRF).

Metode yang digunakan pada penentuan kadar logam *Cobalt* serta oksida Magnesium dan Silika merupakan metode *X-Ray Fluorecent* (XRF). Penggunaan metode ini berdasarkan kemudahan penggunaan indera instrumen ini yakni menggunakan metode *press* manual, *press pellet* serta juga saat analisa yang cepat dibanding metode lainnya. Selain itu, sekali analisa sampel dapat ditentukan lebih dari satu unsur sinkron kebutuhan seperti unsur logam Ni, Fe, Co, MgO, SiO₂ dan Al₂O₃. Oleh sebab itu, di penelitian ini akan dilakukan pengujian kadar logam *Cobalt* serta Oksida Magnesium dan Aluminium pada sampel tanah jenis tanah *Limonite* menggunakan menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF).

Dalam penelitian ini dilakukan uji analisa unsur Logam Co dan Oksida MgO serta Al₂O₃ pada jenis tanah *limonite* dengan menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) yang dibatasi pada pembacaan unsur logam *Flourescence* (XRF), di metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) pembacaan dilakukan di tiga jenis unsur yang berbeda yaitu logam Co dan Oksida MgO serta Al₂O₃ saja dengan sampel tanah yang digunakan hanya satu jenis tanah yaitu *limonite*. Tujuan penulisan ini yaitu bagaimana cara menganalisis kadar unsur logam Co dan Oksida MgO serta Al₂O₃ pada jenis tanah *limonite* dengan menerapkan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan menentukan jumlah kadar logam Co dan Oksida MgO serta Al₂O₃ pada jenis tanah *Limonite* dengan menerapkan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF).



BAHAN DAN METODE

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium *cup* 32 mm, *press pellet*, cawan *crucible*, *x-ray fluorescence* Epsilon 4. sedangkan bahannya yaitu sampel ore (tanah jenis *lomonite*) yang diambil di Desa Samaenre, Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, oreas 189, oreas 192, sebagai standar acuan kadar nikel, gas helium sebagai katalis dan *cup* aluminium sebagai wadah tempat sampel.

Preparation Sampel

Disiapkan sampel yang akan dikerjakan. Dipisahkan antara batuan dan *soft material*. Batuan dihancurkan menggunakan *jaw crusher*/martil kemudian gabungkan dengan *soft material* lalu homogenkan batuan dan *soft material*. Dilakukan proses matriks dengan dengan ukuran 4 cm x 5 cm. Kemudian dilakukan pengambilan sampel *original*, *backup*, dan DPL (untuk *quality control*) menggunakan *scoop 30 D*. Dilakukan proses pengeringan menggunakan oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 12 jam setelah sampel kering, maka dilakukan penghancuran -10 mm menggunakan alat *jaw crusher*. Dilakukan penghancuran -3 mm menggunakan alat *double roll* selanjutnya sampel di reduksi menggunakan *splitter* untuk mendapatkan ori, *backup*, dan DPS. Dihaluskan hingga -200 mesh dengan menggunakan mesin *pulverizer* selama ± 10 menit lalu homogenkan sampel dengan menggunakan plastik sampel. Diratakan sampel di atas talang dan buat matriks 4x5 cm. Dilakukan pengambilan sampel *original*, *backup*, dan DPP menggunakan *scoop ID* per kotak matriks dan dimasukkan ke dalam masing-masing plastik cetik. Dikirim sampel pulp ke ruang press sampel. Lakukan *press pellet* terhadap sampel A (*Original*) dan duplikat. Kemudian sampel *press pellet* dianalisa menggunakan *x-ray fluorescence* Epsilon 4.

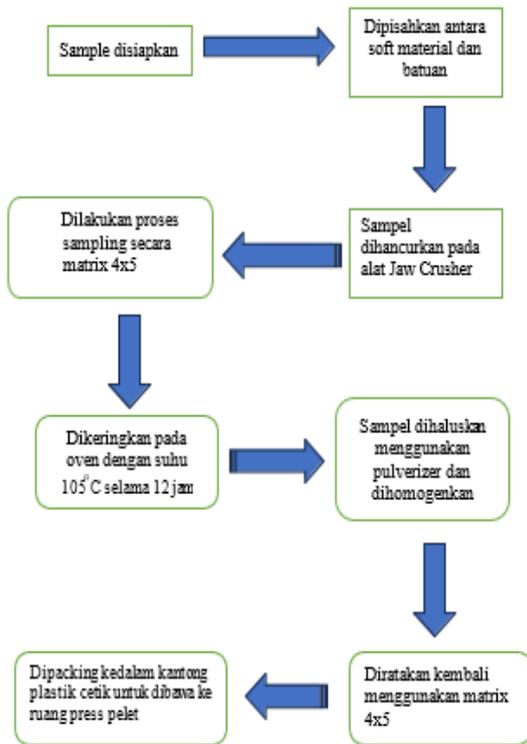
Preparasi Press Pelet

Preparasi *press pelet*, dimana ID sampel di bagian bawah cup aluminium dengan menggunakan spidol permanent agar ID sampel tidak terhapus, memasukkan ± 10 gr

sampel berukuran 200 mesh ke dalam *cup* dengan perlahan dan susun sesuai urutan *list* sampel, pengepresan sampel dengan cara sampel diletakkan di dalam tempat sampel, lalu ditutup, diputar pengunci ke arah kanan lalu putar knop yang berada di bagian depan atas searah jarum jam (tombol *release*), kemudian ditekan tombol hijau yang berada dibagian atas alat untuk mengaktifkan tekanan dan tekan tombol merah jika jarum pada *pressure gauge* menunjukkan angka 20 ton, diputar knop (tombol *release*) berlawanan jarum jam terlebih dahulu dan diputar pengunci dengan cara memutar ke arah kiri, kemudian dikeluarkan sampel lalu dimasukkan ke dalam plastik cetik sesuai dengan ID sampel, dibersihkan alat dan perkakas, digunakan kuas untuk membersihkan bagian yang sulit dijangkau pada alat *press pellet*, dirapikan alat tulis dan ditempatkan alat yang sudah digunakan ditempat yang telah ditentukan, sampel yang telah di *press* untuk dianalisa.

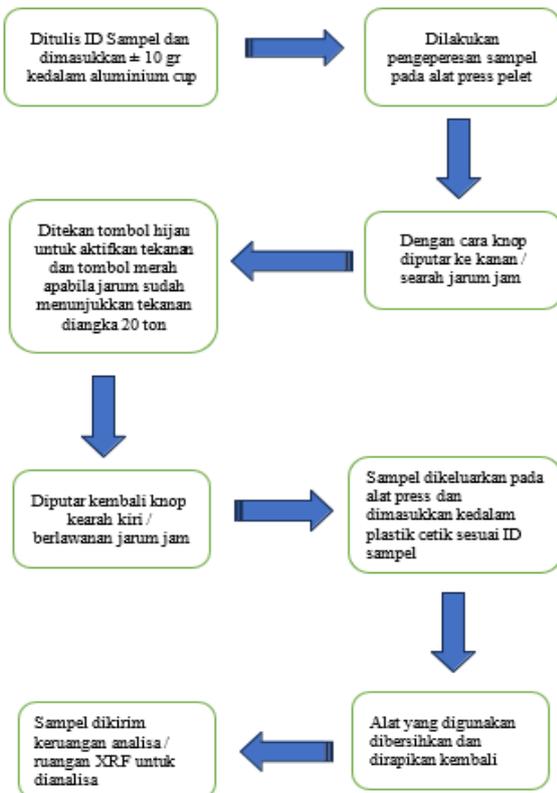
Analisa menggunakan alat X-Ray Fluorescence Epsilon 4.

Analisa menggunakan alat ED-XRF yaitu mengklik “*Cover Open*” pada layar monitor untuk membuka penutup alat instrumen lalu dibersihkan terlebih dahulu alat instrumen menggunakan vakum *cleaner*, memasukkan oreas 189 dan oreas 192 ke dalam sampel changer kemudian diletakkan pada posisi no.1 untuk oreas 189 dan posisi no. 15 untuk oreas 192, sampel yang telah di *press* ke dalam sampel *changer* secara berurutan. Di klik “*Sampel ID*” kemudian ketik ID sampel sesuai dengan waybill/MRAL dimana sampel yang masuk pada alat sebanyak 12 sampel, kemudian klik “*Start*” pada layar monitor maka pembacaan sampel akan dimulai. Pada alat instrumen ED-XRF Rigaku ini memerlukan waktu 4 menit untuk membaca 1 sampel, setelah dilakukan pembacaan pada sampel, hasil analisa sampel kemudian di *copy* ke file “*Assay Original Rigaku*”. Sampel yang selesai dianalisa dibuang lalu bersihkan kembali alat instrumen.



Gambar 1. Preparasi Sampel

Pada Gambar 1 merupakan diagram alir dari preparasi sampel pada penelitian.



Gambar 2. Diagram Alir Preparasi Press Pelet

Berdasarkan Gambar 2 merupakan diagram alir Preparasi *press* pelet yang acuannya dari prosedur kerja preparasi *press* pelet, ini lanjutan dari prosedur kerja setelah dilakukan preparasi sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kadar Cobalt (Co) Pada Jenis Tanah Limonite

Sampel tanah *Limonite* yang di uji merupakan sampel tanah yang posisinya berada diantara zona top soil dan *Saprolite*. Dengan sampel standar yang digunakan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sampel Standar

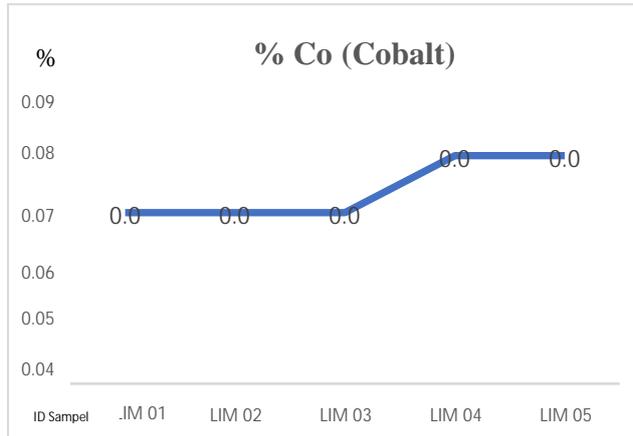
ID SAMPEL	% (Co)	% (Mg O)	% (Al ₂ O ₃)
OREAS 189	0,03	23,09	2,09
OREAS 192	0,04	21,32	2,76

Berdasarkan data standar yang digunakan maka dapat disimpulkan dalam menganalisa sampel tanah jenis *Limonite* tidak terdapat kontaminasi dan alat *X-Ray Fluorescence (XRF)* dianggap sudah dapat digunakan dikarenakan hasil dari pembacaan ke 2 standar diatas sudah sesuai dengan hasil sertifikatnya tidak jauh berbeda dari pembacaan deret ± 0,03.

Setelah dilakukan pengujian analisis dengan standar Oreas 189 dan standar Oreas 192 dimetode *X-Ray Fluorescence (XRF)* pada sampel tanah *Limonite* maka diperoleh hasil kadar *Cobalt (Co)*, (*MgO*) dan (*Al₂O₃*) dapat dilihat pada Tabel 2. Data hasil kadar *Cobalt (Co)* Pada Jenis Tanah *Limonite*:

Tabel 2. Data hasil Kadar Cobalt (Co) Pada Jenis Tanah Limonite

ID SAMPEL	% (Co)
LIM 01	0,07
LIM 02	0,07
LIM 03	0,07
LIM 04	0,08
LIM 05	0,08
Rata-rata	0,07



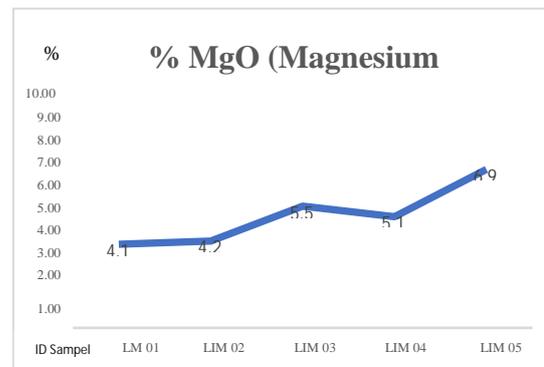
Gambar 1. Grafik Analisis kadar (Co) Pada Jenis Tanah *Limonite*

Berdasarkan dari hasil grafik analisis kadar *Cobalt* (Co) pada jenis tanah *Limonite* diperoleh kadar *Cobalt* (Co) yang berbeda-beda dengan id sampel LIM 01 sebesar 0,07%, LIM 02 sebesar 0,07%, LIM 03 sebesar 0,07%, LIM 04 sebesar 0,08% dan LIM 05 sebesar 0,08%, dengan rata-rata 0,07%. Kadar kobalt (Co) dalam tanah *limonite* dapat bervariasi karena berbagai faktor, termasuk asal geologis yang menentukan komposisi mineral di lokasi, kondisi lingkungan seperti pH, kelembaban, dan suhu yang mempengaruhi kelarutan kobalt, serta kehadiran mineral lain yang dapat bersaing dengan kobalt untuk pengikatan. Selain itu, aktivitas mikroorganisme dapat memengaruhi ketersediaan kobalt, sementara penggunaan pupuk yang mengandung kobalt dapat meningkatkan konsentrasinya di tanah. Proses erosi dan pengendapan juga berperan dalam mengubah komposisi tanah, sedangkan faktor geokimia seperti pelarutan dan pengendapan serta umur dan proses pembentukan tanah turut berkontribusi terhadap variasi kadar kobalt. Secara keseluruhan, interaksi kompleks antara faktor-faktor ini memengaruhi kadar kobalt dalam tanah *limonite* (Pratama & Tjahjanto, 2021).

Analisis Kadar Magnesium Oksida (MgO) Pada Jenis Tanah *Limonite*

Tabel 3. Data hasil Kadar Magnesium Oksida (MgO) Pada Jenis Tanah *Limonite*

ID SAMPEL	% (MGO)
LIM 01	4,11
LIM 02	4,23
LIM 03	5,53
LIM 04	5,14
LIM 05	6,90
Rata-rata	5,18



Gambar 2. Grafik Analisis kadar (MgO) Pada Jenis Tanah *Limonite*

Berdasarkan dari hasil grafik analisis kadar Magnesium Oksida (MgO) pada jenis tanah *Limonite*, diperoleh kadar Magnesium Oksida (MgO) yang berbeda-beda dengan id sampel LIM 01 sebesar 4,11%, LIM 02 sebesar 4,23%, LIM 03 sebesar 5,53%, LIM 04 sebesar 5,14% dan LIM 05 sebesar 6,90%, dengan rata-rata kadar MgO sebanyak 5,18%. Kadar Magnesium Oksida (MgO) dalam tanah *limonite* dapat bervariasi karena beberapa faktor, termasuk komposisi mineral tanah, dimana mineral kaya magnesium seperti *dolomit* dapat meningkatkan konsentrasi MgO. Asal geologis tanah, yang meliputi proses pelapukan dan pengendapan, juga berpengaruh, dengan lokasi yang memiliki sumber mineral magnesium yang melimpah cenderung memiliki kadar MgO lebih tinggi. Selain itu, kondisi lingkungan seperti pH, kelembaban, dan suhu dapat memengaruhi kelarutan magnesium dalam tanah. (Sutejo, 1987). Kehadiran unsur lain,

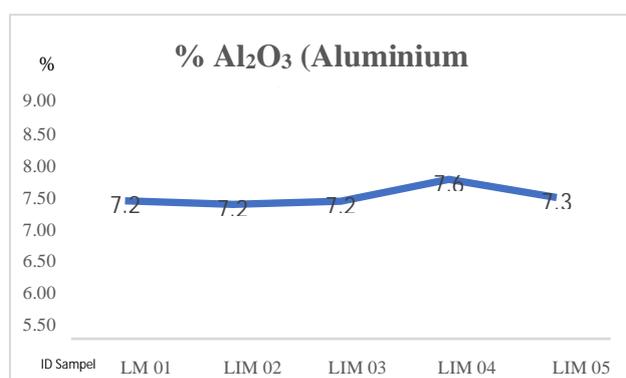


seperti kalsium, dapat berinteraksi dengan magnesium, memengaruhi ketersediaan dan pengikatan MgO. Penggunaan pupuk yang mengandung magnesium dan limbah industri juga dapat berkontribusi pada akumulasi MgO, sementara kondisi hidrologi seperti pola curah hujan dan drainase dapat memengaruhi pergerakan magnesium dalam tanah. Secara keseluruhan, kadar MgO dalam tanah *limonite* dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor geologis, lingkungan, dan biologis (Fathoni & Mubarak, 2015).

Analisis Kadar Aluminium Oksida (Al₂O₃) Pada Jenis Tanah *Limonite*

Tabel 4. Data hasil Kadar Aluminium Oksida (Al₂O₃) Pada Jenis Tanah *Limonite*

ID SAMPEL	% (Al ₂ O ₃)
LIM 01	7,28
LIM 02	7,22
LIM 03	7,27
LIM 04	7,63
LIM 05	7,32
Rata-rata	7,34



Gambar 3. Grafik Analisis kadar (Al₂O₃) Pada Jenis Tanah *Limonite*

Berdasarkan dari hasil grafik analisis kadar Aluminium Oksida (Al₂O₃) pada jenis tanah *Limonite* diperoleh kadar Aluminium Oksida (Al₂O₃) yang berbeda-beda dengan id sampel LIM 01 sebesar 7,27%, LIM 02 sebesar 7,21%, LIM 03 sebesar 7,26%, LIM 04 sebesar 7,62% dan LIM 05 sebesar 7,32%, dengan rata-rata kadar Aluminium Oksida

(Al₂O₃) sebanyak 7,34%. Kadar Aluminium Oksida (Al₂O₃) dalam tanah *limonite* dapat bervariasi karena beberapa faktor, termasuk komposisi mineral tanah, di mana keberadaan mineral kaya aluminium seperti kaolinit atau bauksit dapat meningkatkan kadar Al₂O₃. Asal geologis tanah, termasuk proses pelapukan batuan dan pengendapan, juga berpengaruh, dengan tanah yang terbentuk dari batuan kaya aluminium cenderung memiliki kadar Al₂O₃ yang lebih tinggi. Selain itu, kondisi lingkungan seperti pH, kelembaban, dan suhu dapat memengaruhi kelarutan dan ketersediaan aluminium, di mana tanah yang lebih asam dapat meningkatkan kelarutan Al₂O₃. Kehadiran unsur lain, seperti besi, dapat berinteraksi dengan aluminium, memengaruhi ketersediaan dan pengikatan Al₂O₃ dalam tanah. Aktivitas mikroorganisme dan organisme tanah juga berperan dalam memengaruhi siklus aluminium melalui dekomposisi bahan organik. Proses erosi dapat menghilangkan lapisan tanah yang kaya Al₂O₃, sedangkan pengendapan dapat menambah kadar Al₂O₃ dari sumber lain. Penggunaan pupuk yang mengandung aluminium dan limbah industri yang kaya aluminium juga dapat meningkatkan kadar Al₂O₃ dalam tanah. Terakhir, kondisi hidrologi, termasuk pola curah hujan dan drainase, dapat memengaruhi pergerakan dan akumulasi aluminium dalam tanah. Secara keseluruhan, kadar Al₂O₃ dalam tanah *limonite* dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor geologis, lingkungan, dan biologis (Wahab, Anshari, et al., 2021).

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat memberikan manfaat dalam pengembangan sektor pertambangan, khususnya untuk kobalt, yang dibutuhkan dalam produksi baterai kendaraan listrik, dengan ditemukannya kandungan mineral yang berharga di tanah limonit, masyarakat setempat akan mendapat manfaat dari pembukaan lapangan kerja, peningkatan infrastruktur, serta peningkatan ekonomi daerah.



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa, Prinsip dari *X-Ray Fluorescence (XRF)* dengan menggunakan sampel tanah *limonite* mengandung rata-rata kobalt (Co) sebesar 0,07%, rata-rata Magnesium Oksida (MgO) sebesar 5,18%, dan rata-rata Aluminium Oksida (Al_2O_3) sebesar 7,34%, pada tiap sampel Co, MgO, dan Al_2O_3 memiliki hasil yang berbeda-beda hal ini disebabkan beberapa faktor yang saling berinteraksi, termasuk komposisi mineral tanah, di mana keberadaan mineral tertentu seperti dolomit, kaolinit, atau bauksit dapat mempengaruhi kadar unsur-unsur tersebut. Asal geologis tanah, yang meliputi proses pelapukan batuan dan pengendapan, juga berperan penting. Tanah yang terbentuk dari sumber kaya magnesium atau aluminium cenderung memiliki kadar MgO dan Al_2O_3 lebih tinggi, sedangkan keberadaan bijih kobalt di dekatnya dapat meningkatkan kadar Co. Selain itu, kondisi lingkungan seperti pH, kelembaban, dan suhu memengaruhi kelarutan dan ketersediaan ketiga unsur tersebut, dengan tanah yang lebih asam biasanya meningkatkan kelarutan MgO dan Al_2O_3 . Kehadiran unsur lain seperti kalsium dan besi dapat berinteraksi dan memengaruhi ketersediaan masing-masing unsur, sementara aktivitas mikroorganisme dalam tanah juga berkontribusi pada siklus ketiga unsur ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ketua LPPkM Universitas Teknologi Sulawesi (UTS) yang telah membantu dalam proses penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Khribash. (2020). *Genesis and Mineralogical Classification of Ni-Laterites Oman Mountains*. 199-212.

Fathoni, M. W., & Mubarak, M. Z. (2015). Studi perilaku pelindian bijih besi nikel limonit dari pulau halmahera dalam larutan asam nitrat. *Majalah Metalurgi*,

30(3), 115–124.

- Febriana. (2020). Effect of Sulfur Addition to Nickel Recovery of Laterite Ore. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 14–20.
- Hidayat, S., Yulianti, S., Anggreini, D., & Bahtiar, S. (2021). Study of Nickel Leaching Using Sulfuric Acid and Phosphoric Acid on The Selectivity Nickel Ore. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(3), 393–396.
<https://doi.org/10.29303/jpm.v16i3.2602>
- Miao, Y., Hynan, P., Jouanne, A., & Y. (2019). *Current Li_ Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements Energies*. 1-20.
- Morcali. (2017). *Extraction of Nickel and Cobalt From Nickeliferous Limonitic Laterite Ore Using Borax Containing Slags*. 1-21.
- Nurfaidah, A. Y., Lestari, D. P., Azzahra, R. T., & Suminar, D. R. (2020). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi terhadap Proses Pemisahan Nikel dari Logam Pengotor Menggunakan Metode Leaching. *Fluida*, 13(2), 81–92.
<https://doi.org/10.35313/fluida.v13i2.2388>
- Permana, D., Kumalasari, R., Wahab, W., & Musnajam, M. (2020). Pelindian Bijih Nikel Laterit Kadar Rendah Menggunakan Metode Atmospheric Acid Leaching Dalam Media Asam Klorida (Hcl). *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 30(2), 203.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2020.v30.1097>
- Pratama, F. N., & Tjahjanto, T. (2021). Sistem Pemantauan Derajat Keasaman Limbah Air Pada Areal Tambang Berbasis Nirkabel Menggunakan Protokol Lora (Studi Kasus : PT. Wanatiara Persada). *Informatics and Digital Expert (INDEX)*, 3(1), 1–5.
<https://doi.org/10.36423/index.v3i1.644>
- Rahmah, N. (2023). *Pemisahan Logam Nikel, Kobalt Dan Mangan Dari Mixed Hydroxide Precipitate (Mhp) Dengan Metode Ekstraksi Pelarut*. 1–110.



- Rao, M., Zhang, T., Li, G., Zhou, Q., Luo, J., Zhang, X., Zhu, Z., Peng, Z., & Jiang, T. (2020). Solvent extraction of Ni and Co from the phosphoric acid leaching solution of laterite ore by P204 and P507. *Metals*, 10(4), 4–5. <https://doi.org/10.3390/met10040545>
- Rium, L. R. (2023). *Preparasi & labo ratorium nikel*.
- Rodrigues. (2017). *Factors Affecting the Upgrading of Nickleferous Limonitic Laterite Ore by Reduction Roasting, Thermal Growth and Magnetic Separation. 1-21*.
- Sutejo, M. dan Mulyani. 1987. Pupuk dan Cara Pemupukan. PT. Rineka Cipta. Jakarta.73 hal.
- Wahab, W., Anshari, E., Mili, M. Z., Nafiu, W. R. A., Khaq, M. N., Daniyatno, D., Firdaus, F., & Sutriyatna, Y. I. (2021). Studi Pengaruh Variabel Proses dan Kinetika Ekstraksi Nikel dari Bijih Nikel Laterit Menggunakan Larutan Asam Sulfat pada Tekanan Atmosferik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(1), 37. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.61533>
- Wahab, W., Daniyatno, D., Ismayanti, W., & Supriatna, Y. I. (2021). Pengaruh Variabel Pelindian Terhadap Ekstraksi Nikel Dalam Pelindian Bijih Nikel Laterit. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 10(2), 127–134. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v10i2.33125>
- Zhu, Zheng, Zhu, Pan, Li, AN, & L. (2018). *Utilization of Limonitic Nickel Laterite to Produce Ferronickel Concentrate by The Selective Reduction-Magnetic Separation Process. 1-11*.