

THE EFFECT OF SAMPLE PREPARATION ON THE RESULTS OF NICKEL CONTENT ANALYSIS USING ED-XRF EPSILON 4

PENGARUH PREPARASI SAMPEL TERHADAP HASIL ANALISIS KADAR NIKEL MENGGUNAKAN ED-XRF EPSILON 4

Muh. Ainun Syahputra¹, Ismail Marzuki²

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar Makassar

E-mail: muhammadainunsyahputra@gmail.com¹, ismailmz@unifa.ac.id²

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Correspondent:

Muh. Ainun Syahputra
muhammadainunsyahputra@gmail.com

Key words:

ED-XRF Epsilon 4, Nickel Content, Sample Moisture, Compaction Pressure, X-ray Fluorescence Analysis

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 804 - 815

ED-XRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) is a rapid, non-destructive elemental analysis technique that can be used for various materials with simple sample preparation. The working principle of ED-XRF is based on the interaction of high-energy X-rays with atoms in the sample, producing X-ray fluorescence with element-specific energy. This technique is widely used for metal analysis, including nickel content, in mining and metallurgy. This study examines the effect of moisture and compaction pressure on nickel content analysis using the ED-XRF Epsilon 4. Moisture variations were introduced with water content ranging from 2% to 16%, while the applied compaction pressures were 5 tons, 10 tons, and 15 tons. The results indicate that water content affects the fluctuation of detected nickel levels. At 5-ton pressure, nickel content ranged from 1.74% to 1.79%, while at 10-ton pressure, it remained more stable at 1.75% to 1.78%. At 15-ton pressure, nickel content was more uniform, ranging from 1.76% to 1.79%. Increasing compaction pressure influences particle distribution in the sample, causing material redistribution that affects the analysis results. With higher pressure, nickel content becomes more uniform, indicating a relationship between pressure and the stability of ED-XRF analysis results.

Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

Koresponden

Muh. Ainun Syahputra
muhammadainunsyahputra@gmail.com

Kata kunci:

*ED-XRF Epsilon 4,
Kadar Nikel,
Kelembaban Sampel,
Tekanan Pemasakan,
Analisis X-ray
Fluorescence*

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 804 - 815

ABSTRAK

ED-XRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) adalah teknik analisis unsur yang cepat, non-destruktif, dan dapat digunakan untuk berbagai material dengan persiapan sampel sederhana. Prinsip kerja ED-XRF berdasarkan interaksi sinar-X berenergi tinggi dengan atom dalam sampel, menghasilkan fluoresensi sinar-X dengan energi spesifik untuk tiap unsur. Teknik ini banyak digunakan dalam analisis logam, termasuk kadar nikel, di bidang pertambangan dan metalurgi. Penelitian ini mengkaji pengaruh kelembaban dan tekanan pepadatan terhadap analisis kadar nikel menggunakan ED-XRF Epsilon 4. Variasi kelembaban diberikan dengan kadar air 2% hingga 16%, sedangkan tekanan pepadatan yang diterapkan adalah 5 ton, 10 ton, dan 15 ton. Hasil menunjukkan bahwa kadar air mempengaruhi fluktuasi kadar nikel terdeteksi. Pada tekanan 5 ton, kadar nikel berkisar 1,74% - 1,79%, sedangkan pada 10 ton lebih stabil di 1,75% - 1,78%. Pada tekanan 15 ton, kadar nikel lebih seragam, berkisar 1,76% - 1,79%. Peningkatan tekanan pepadatan berpengaruh terhadap distribusi partikel dalam sampel, menyebabkan redistribusi material yang mempengaruhi hasil analisis. Dengan tekanan lebih tinggi, kadar nikel menjadi lebih seragam, menunjukkan hubungan antara tekanan dan kestabilan hasil analisis ED-XRF.

Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

ED-XRF (*Energy Dispersive X-Ray Fluorescence*) merupakan salah satu teknik analisis unsur yang banyak digunakan karena sifatnya yang cepat, non-destruktif, dan mampu menganalisis berbagai jenis material dengan persiapan sampel yang relatif sederhana. Prinsip kerja ED-XRF didasarkan pada interaksi sinar-X berenergi tinggi dengan atom-atom dalam sampel, yang menyebabkan emisi sinar-X sekunder atau *fluoresensi* dengan energi spesifik untuk setiap unsur. Energi dan intensitas sinar-X yang dipancarkan kemudian diukur untuk menentukan jenis dan konsentrasi unsur dalam sampel. Dalam konteks analisis kadar nikel, ED-XRF menjadi pilihan utama karena kemampuannya mendeteksi unsur logam dengan sensitivitas tinggi, sehingga sering diaplikasikan di berbagai bidang seperti pertambangan, *metalurgi*, dan kontrol kualitas bahan baku (Rao et al., 2020).

Namun, akurasi dan presisi hasil analisis ED-XRF sangat dipengaruhi oleh proses *preparasi* sampel. *Preparasi* bertujuan untuk menghasilkan sampel yang homogen, stabil, dan memiliki permukaan halus agar sinar-X dapat menembus secara merata dan meminimalkan efek *matriks*. Faktor-faktor seperti ukuran partikel, kelembaban, *densitas*, serta tekanan pepadatan dapat memengaruhi intensitas sinyal *fluoresensi* yang terdeteksi, sehingga berpotensi menyebabkan penyimpangan hasil analisis. Ukuran partikel yang terlalu besar dapat menyebabkan efek butiran kasar (*particle size effect*) yang mengurangi akurasi pengukuran, sedangkan kelembaban yang tinggi dapat menyerap sinar-X dan menurunkan intensitas sinyal. Selain itu, tekanan

pemadatan yang tidak konsisten saat pembuatan pelet sampel dapat menciptakan porositas yang memengaruhi jalur sinar-X di dalam sampel (Wahab et al., 2021).

Peralatan ED-XRF generasi terbaru, seperti *Epsilon 4*, menawarkan sensitivitas dan resolusi yang lebih tinggi, memungkinkan deteksi unsur pada konsentrasi rendah dengan waktu analisis yang lebih singkat. *Epsilon 4* dilengkapi dengan detektor silikon *drift* (*SDD*) yang mampu menangkap sinyal dengan efisiensi tinggi dan meminimalkan *noise*, sehingga meningkatkan rasio *signal-to-noise*. Selain itu, perangkat ini memiliki fitur pengendalian atmosfer, seperti penggunaan gas helium atau kondisi *vakum*, yang dapat mengurangi hambatan sinar-X oleh udara, terutama untuk analisis unsur ringan. Meskipun demikian, kualitas data yang dihasilkan tetap bergantung pada konsistensi *preparasi* sampel, karena kesalahan pada tahap ini tidak dapat sepenuhnya dikompensasi oleh keunggulan perangkat (Dahliar et al., 2024).

Dalam analisis kadar nikel, yang biasanya ditemukan dalam konsentrasi rendah pada bijih mineral atau bahan industri, konsistensi *preparasi* menjadi krusial untuk memastikan *reproduktibilitas* hasil. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh *preparasi* sampel terhadap hasil analisis kadar nikel menggunakan ED-XRF *Epsilon 4*. Fokus penelitian mencakup variasi kadar kelembaban dan tekanan pemadatan, dengan tujuan mengidentifikasi prosedur optimal yang dapat menghasilkan data dengan akurasi dan presisi tinggi. Melalui pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara proses *preparasi* dan kualitas hasil analisis, diharapkan penelitian ini dapat memberikan panduan praktis bagi laboratorium analisis, khususnya di sektor pertambangan dan *metalurgi*, untuk meningkatkan keandalan pengujian kadar nikel.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan kurang lebih selama 3 bulan, di laboratorium PT Koninis Fajar mineral.

Bahan dan Alat

Bahan

Bahan yang digunakan meliputi sampel bijih nikel dengan variasi kadar kelembaban yang telah diatur menggunakan oven pengering, serta pelet logam standar sebagai referensi untuk kalibrasi alat. Selain itu, desikan digunakan untuk menjaga kondisi sampel tetap kering saat penyimpanan.

Alat

Alat yang digunakan meliputi perangkat ED-XRF *Epsilon 4* sebagai instrumen utama untuk menganalisis kadar nikel, oven pengering yang diatur hingga suhu 105°C dengan lama waktu pengeringan 23 jam untuk memodifikasi kelembaban sampel dan alat pemadat pelet dengan kapasitas tekanan hingga 20 ton untuk menghasilkan pelet dengan tingkat kerapatan berbeda. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 gram digunakan untuk menimbang sampel dan bahan pengikat, sementara cetakan pelet berdiameter 32 mm memastikan ukuran pelet yang seragam. Spatula *stainless steel* digunakan untuk memindahkan sampel, dan wadah berbahan non-logam dipilih untuk mencegah kontaminasi unsur. Selain itu, higrometer digital digunakan untuk memantau kelembaban udara di laboratorium, dan mortar serta alu digunakan untuk menghancurkan dan mencampur sampel agar homogen sebelum proses pemadatan dilakukan, pipet ukur 1ml dan 10 ml, bulb pipet, amplop Fortis (11x7)cm, aluminium Cup 40mm, aluminium foil kecil kapasitas 100g, spatula.

Penentuan Variabel

1. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah massa sampel sebanyak 10 gram

2. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah kelembaban sampel dan tekanan pemadatan sampel.

Proses Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan proses persiapan sampel. Sampel bijih nikel dikeringkan menggunakan oven pengering pada suhu 105°C hingga beratnya stabil untuk memastikan kadar air awal yang minimal. Selanjutnya, sampel dibagi menjadi delapan kelompok dengan variasi penambahan air, yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% dan 16% dari berat sampel. Penambahan air dilakukan secara terukur dan merata menggunakan semprotan atomizer. Setelah pencampuran, sampel didiamkan dalam wadah tertutup agar kelembaban meresap secara merata..

Setelah tahap penyesuaian kelembaban, sampel dihaluskan menggunakan mortar dan alu untuk memastikan homogenitas. Kemudian, setiap kelompok sampel dipadatkan menggunakan alat pemadat pelet dengan tiga variasi tekanan, yaitu 5 ton, 10 ton, dan 15 ton. Cetakan pelet berdiameter 32 mm digunakan untuk menghasilkan pelet yang seragam. Proses pemadatan dilakukan dengan memastikan waktu dan gaya tekanan konsisten untuk setiap sampel, kemudian dilakukan analisis menggunakan ED-XRF Epsilon 4 pada setiap sampel.

Dalam satu kali running pada alat Epsilon, ada 10 sampel yang akan diukur, dengan rincian sebagai berikut:

1. Sampel pertama: Sampel OREAS (sampel referensi)

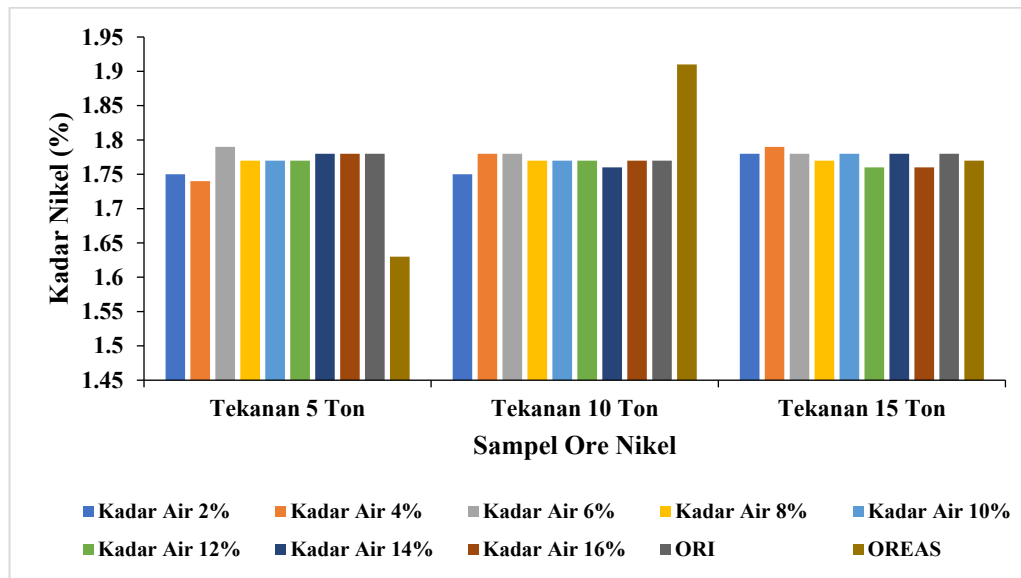
2. Sampel kedua sampai kesepuluh: Sampel uji (sampel yang ingin diukur)

Sampel OREAS digunakan sebagai referensi untuk memvalidasi hasil analisis laboratorium, sedangkan sampel uji adalah sampel yang ingin diukur untuk mengetahui kandungan atau sifatnya. Dengan demikian, hasil analisis sampel uji dapat dibandingkan dengan hasil analisis sampel OREAS untuk memastikan akurasi dan presisi hasil analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kandungan nikel dalam suatu material menjadi langkah penting dalam menentukan kualitas dan potensi ekonominya, terutama pada bijih laterit yang menjadi sumber utama logam nikel. Teknik *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF) banyak digunakan dalam karakterisasi unsur karena kemampuannya memberikan hasil analisis yang cepat, non-destruktif, serta memiliki sensitivitas tinggi terhadap berbagai unsur, termasuk nikel.

Perangkat ED-XRF Epsilon-4 digunakan dalam penelitian ini untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi unsur dengan tingkat akurasi tinggi. Instrumen ini memungkinkan pengukuran secara langsung tanpa perlu preparasi sampel yang kompleks, sehingga memberikan efisiensi dalam karakterisasi material geologi seperti bijih nikel. Berikut adalah hasil analisis yang diperoleh:

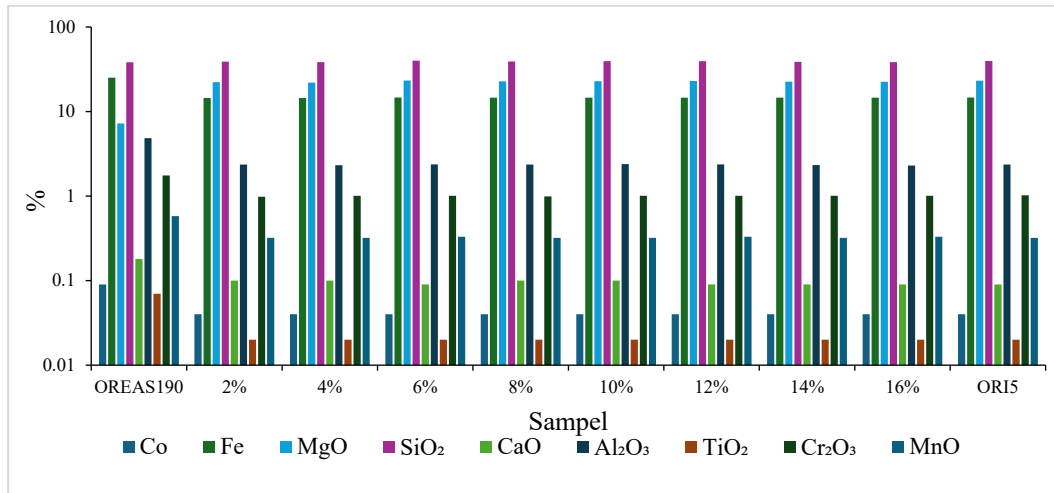


Gambar 1. Hasil Analisis ED-XRF Epsilon-4

Hasil Analisis ED-XRF Epsilon-4 Tekanan 5 Ton

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar nikel dalam sampel mengalami variasi setelah diberikan perlakuan penambahan kadar air sebesar 2% hingga 16% serta tekanan sebesar 5 ton sebelum analisis. Sampel dengan kadar air 2% dan 4% memiliki kadar nikel masing-masing 1,75% dan 1,74%, yang lebih rendah dibandingkan kadar pada perlakuan berikutnya. Penurunan ini kemungkinan terjadi karena distribusi partikel nikel menjadi lebih tersebar akibat adanya air, sehingga konsentrasi relatifnya dalam analisis sedikit menurun. Pada kadar air 6%, kadar nikel meningkat signifikan menjadi 1,79%, yang merupakan nilai tertinggi dalam percobaan ini. Peningkatan ini diduga terjadi karena adanya redistribusi partikel nikel yang lebih homogen akibat tekanan 5 ton, yang menyebabkan akumulasi nikel lebih terkonsentrasi di area tertentu selama analisis (Anggreini et al., 2021).

Setelah kadar air meningkat dari 8% hingga 16%, kadar nikel relatif stabil pada kisaran 1,77% hingga 1,78%. Stabilitas ini menunjukkan bahwa setelah mencapai kadar air tertentu, pengaruh tambahan air terhadap konsentrasi nikel dalam analisis menjadi minimal. Hal ini disebabkan oleh efek saturasi, di mana air yang terserap tidak lagi mengubah distribusi partikel nikel secara signifikan (Wahab et al., 2021). Tekanan 5 ton yang diterapkan membantu dalam mempertahankan konsistensi hasil analisis dengan mengurangi efek segregasi partikel yang terjadi akibat penambahan kadar air. Selain itu, dibandingkan dengan OREAS 190 yang memiliki kadar nikel 1,63%, seluruh sampel dengan perlakuan menunjukkan kadar yang lebih tinggi, menandakan bahwa metode yang digunakan tetap mampu menghasilkan data yang valid meskipun dengan adanya variasi kadar air.



Gambar 2. Hasil Analisis Komponen Lainnya pada Perlakuan Tekanan 5 Ton

Hasil analisis *X-ray Fluorescence* (XRF) dapat dilihat berdasarkan grafik yang ada pada Gambar IV. 2 hasil menunjukkan unsur lain seperti Fe (besi), Co (kobalt), dan Cr_2O_3 (kromium oksida) tidak mengalami perubahan signifikan, dengan Fe berkisar antara 14,47% hingga 14,68%, Co tetap pada 0,04%, dan Cr_2O_3 berada di rentang 0,98% - 1,02%. Stabilitas ini mengindikasikan bahwa penambahan kadar air dan tekanan 5 ton tidak terlalu memengaruhi unsur-unsur tersebut secara langsung. Sebaliknya, kadar MgO (magnesium oksida) dan SiO_2 (silikon dioksida) menunjukkan sedikit fluktuasi, dengan MgO meningkat dari 21,94% hingga 23,11%, sementara SiO_2 berada di kisaran 38,35% - 39,99%. Peningkatan kadar MgO pada beberapa sampel bisa dikaitkan dengan efek tekanan yang membantu penyebaran mineral magnesium dalam matriks material.

Kadar Al_2O_3 (aluminium oksida) dan CaO (kalsium oksida) cenderung menurun sedikit dibandingkan OREAS 190, dengan Al_2O_3 turun dari 4,85% menjadi 2,31% - 2,39%, dan CaO dari 0,18% menjadi 0,09% - 0,1%. Penurunan ini mungkin terjadi akibat perubahan komposisi relatif dalam sampel setelah penambahan kadar air, di mana unsur-unsur yang lebih larut atau terdispersi lebih luas menjadi lebih sulit terdeteksi dalam analisis. Sementara itu, MnO (mangan oksida) dan TiO_2 (titanium oksida) tidak menunjukkan perubahan signifikan, dengan MnO stabil di 0,32%, sedangkan TiO_2 tetap pada 0,02%.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan kadar air dan tekanan 5 ton memberikan efek yang signifikan terhadap kadar nikel, dengan peningkatan tertinggi pada kadar air 6%, sementara unsur lainnya cenderung stabil atau mengalami sedikit fluktuasi. Hal ini menunjukkan bahwa metode ini dapat meningkatkan homogenitas distribusi unsur, namun efek optimalnya cenderung terbatas setelah kadar air mencapai titik tertentu.

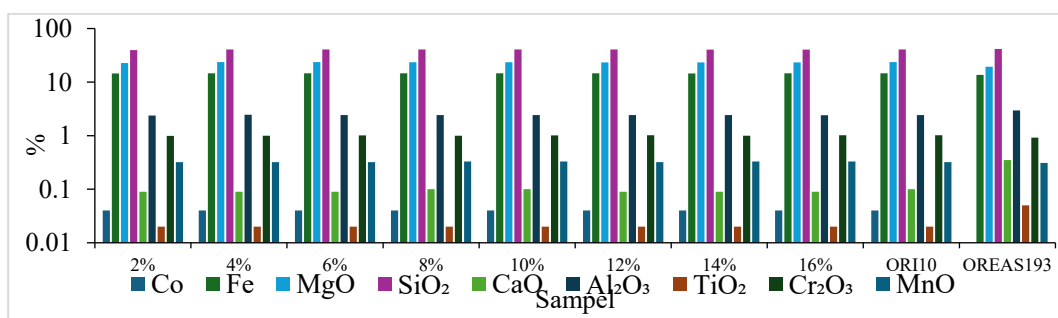
Hasil Analisis ED-XRF Epsilon-4 Tekanan 10 Ton

Hasil analisis menunjukkan variasi kadar nikel dalam sampel setelah perlakuan penambahan kadar air 2% hingga 16% serta tekanan sebesar 10 ton sebelum analisis. Kadar nikel pada sampel mengalami fluktuasi dengan nilai tertinggi sebesar 1,78% pada kadar air 4% dan 6%, sedangkan kadar terendah terjadi pada kadar air 2% dan 14% dengan nilai 1,75% dan 1,76%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan kadar referensi sebelumnya, namun masih lebih rendah dibandingkan OREAS 193 yang memiliki kadar 1,91%.

Kenaikan kadar nikel pada 4% dan 6% dapat disebabkan oleh redistribusi partikel akibat tekanan 10 ton, yang memungkinkan nikel terkonsentrasi lebih optimal dalam

struktur material. Stabilitas kadar nikel pada kadar air 8% hingga 16% menunjukkan bahwa penambahan kadar air lebih lanjut tidak memberikan peningkatan signifikan terhadap kadar nikel yang terdeteksi. Efek tekanan tinggi kemungkinan membantu homogenisasi material, namun ketika kadar air mencapai titik tertentu, redistribusi unsur dalam matriks mineral tidak lagi berubah secara drastis (Hernanto et al., 2020).

Kadar nikel yang sedikit menurun pada 2% dan 14% dapat dikaitkan dengan ketidaksempurnaan distribusi partikel akibat kadar air yang terlalu rendah atau terlalu tinggi. Kadar air rendah mungkin tidak cukup untuk membantu penyebaran partikel nikel secara merata, sementara kadar air tinggi dapat menyebabkan segregasi material yang mengurangi deteksi nikel dalam analisis. Sampel ORI10 memiliki kadar nikel 1,77%, yang berada dalam kisaran hasil perlakuan kadar air tinggi, menunjukkan bahwa metode ini memberikan hasil yang relatif konsisten dalam kondisi tekanan tinggi.



Gambar 3. Hasil Analisis Komponen Lainnya pada Perlakuan Tekanan 10 Ton

Hasil analisis ED-XRF Epsilon-4 menunjukkan adanya variasi komposisi unsur dalam sampel setelah perlakuan penambahan kadar air 2% hingga 16% serta tekanan sebesar 10 ton sebelum analisis. Kadar Co (kobalt) tetap stabil di 0,04%, sementara Fe (besi) mengalami sedikit fluktuasi di kisaran 14,47% hingga 14,62%, yang lebih tinggi dibandingkan referensi OREAS 193 dengan kadar 13,6%. Stabilitas kobalt menunjukkan bahwa unsur ini tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan kadar air, sedangkan variasi besi dapat dikaitkan dengan distribusi mineral yang sedikit berubah akibat tekanan tinggi.

Kadar MgO (magnesium oksida) mengalami peningkatan dengan kisaran 22,6% hingga 23,66%, dibandingkan dengan 19,38% pada OREAS 193. Peningkatan ini menunjukkan bahwa tekanan tinggi dan kadar air berkontribusi terhadap penyebaran lebih merata dari mineral magnesium dalam matriks material. Kadar SiO₂ (silikon dioksida) juga lebih tinggi dibandingkan referensi, dengan rentang 39,48% hingga 40,73%, sedangkan OREAS 193 memiliki 41,58%. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun ada perubahan distribusi mineral, kadar silika tetap relatif stabil dalam sampel yang diuji.

Kadar CaO (kalsium oksida) tetap konstan pada 0,09% hingga 0,1%, jauh lebih rendah dibandingkan dengan 0,35% dalam OREAS 193. Rendahnya kadar kalsium menunjukkan bahwa mineral karbonat atau kalsit dalam sampel ini tidak mengalami peningkatan signifikan akibat tekanan tinggi. Kadar Al₂O₃ (aluminium oksida) berkisar antara 2,38% hingga 2,43%, lebih rendah dibandingkan dengan referensi yang memiliki kadar 2,95%. Penurunan ini menunjukkan bahwa tekanan tinggi tidak terlalu berpengaruh pada distribusi aluminium dalam material yang diuji (Al-Khribash, 2020).

Kadar TiO₂ (titanium oksida) tetap stabil pada 0,02%, yang menunjukkan bahwa unsur ini tidak mengalami perubahan signifikan akibat perlakuan kadar air dan

tekanan tinggi. Kadar Cr_2O_3 (kromium oksida) mengalami sedikit variasi dalam kisaran 0,98% hingga 1,01%, yang lebih tinggi dibandingkan referensi 0,92%, menunjukkan adanya kemungkinan redistribusi mineral kromit dalam sampel. Kadar MnO (mangan oksida) tetap stabil di 0,32% hingga 0,33%, dengan referensi 0,31%, menunjukkan bahwa unsur ini tidak mengalami pengaruh yang signifikan akibat perlakuan tekanan tinggi dan kadar air.

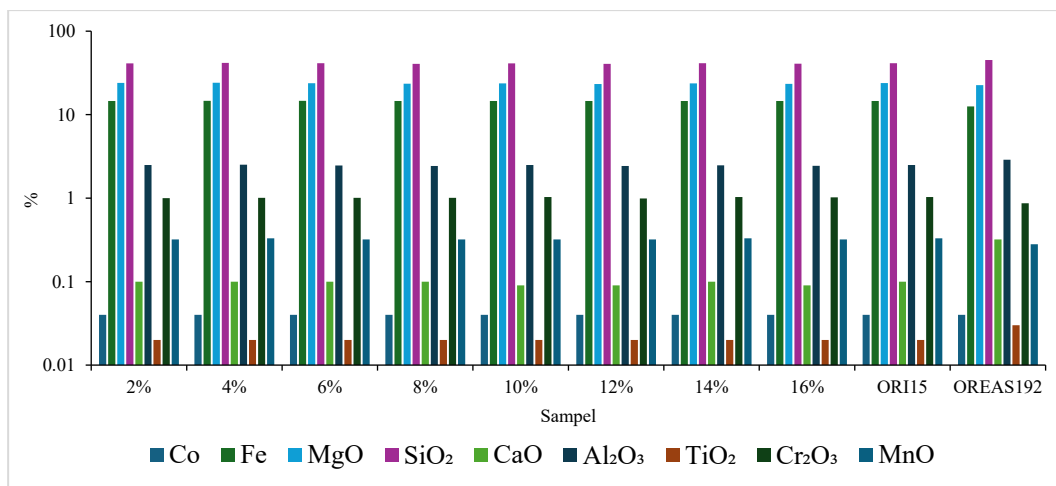
Hasil Analisis ED-XRF Epsilon-4 Tekanan 15 Ton

Hasil analisis kadar nikel menunjukkan adanya variasi nilai setelah perlakuan penambahan kadar air dan tekanan sebesar 15 ton sebelum analisis. Nilai nikel tertinggi diperoleh pada kadar air 4% sebesar 1,79%, sedangkan kadar terendah terdapat pada kadar air 12% dan 16% dengan nilai 1,76%. Fluktuasi ini menunjukkan adanya pengaruh kelembaban terhadap konsentrasi nikel dalam sampel.

Kelembaban mempengaruhi distribusi partikel halus dan adsorpsi air pada permukaan mineral. Pada kadar air rendah, distribusi nikel dalam material lebih seragam, sehingga konsentrasi terdeteksi lebih tinggi, seperti yang terlihat pada kadar 2% hingga 6%. Peningkatan kadar air lebih lanjut menyebabkan terbentuknya lapisan air pada permukaan partikel, yang dapat mengurangi interaksi sinar-X dengan mineral nikel selama analisis (Permana, 2021).

Tekanan tinggi sebesar 15 ton juga berperan dalam redistribusi air di dalam pori-pori material. Kadar nikel yang lebih rendah pada kadar air 12% dan 16% menunjukkan kemungkinan adanya efek pelepasan ion akibat tekanan yang mengubah sifat distribusi mineral. Kelembaban yang berlebih dapat meningkatkan kohesi antar partikel, mengurangi eksposur langsung mineral nikel terhadap analisis ED-XRF, sehingga menyebabkan deteksi kadar yang lebih rendah.

Nilai kadar nikel pada sampel referensi ORI15 dan OREAS192 menunjukkan bahwa sampel dengan kelembaban terkontrol memiliki kadar nikel 1,78% dan 1,77%, yang mendekati hasil sampel dengan kadar air 6% hingga 10%. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi optimum kadar air untuk analisis nikel berada dalam rentang tersebut, di mana efek kelembaban terhadap interaksi sinar-X masih minimal.



Gambar 4. Hasil Analisis Komponen Lainnya pada Perlakuan Tekanan 15 Ton

Hasil analisis ED-XRF menunjukkan variasi kandungan unsur dalam sampel setelah perlakuan penambahan kadar air dan tekanan 15 ton sebelum analisis. Konsentrasi Co tetap konstan pada 0,04%, menunjukkan bahwa unsur ini tidak mengalami perubahan signifikan akibat variasi kadar air dan tekanan. Kandungan Fe cenderung stabil dalam kisaran 14,55% hingga 14,66%, namun mengalami penurunan pada sampel OREAS192

menjadi 12,55%, yang mengindikasikan adanya efek redistribusi unsur besi akibat tekanan tinggi.

Unsur MgO mengalami sedikit fluktuasi dengan kisaran 23,3% hingga 24,09%, menunjukkan bahwa kelembaban dapat mempengaruhi distribusi mineral ini. Konsentrasi SiO₂ meningkat seiring bertambahnya kadar air, dengan nilai tertinggi pada 45,19% di sampel OREAS192, dibandingkan dengan kisaran 40,56% hingga 41,69% pada sampel lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban berperan dalam meningkatkan deteksi silika akibat kemungkinan agregasi partikel halus.

Kandungan CaO relatif stabil pada 0,09% hingga 0,1%, tetapi meningkat signifikan menjadi 0,32% pada sampel OREAS192. Konsentrasi Al₂O₃ juga mengalami sedikit fluktuasi dalam kisaran 2,44% hingga 2,52%, dengan peningkatan tertinggi pada 2,88% di sampel referensi. Kandungan TiO₂ tetap konstan di 0,02%, kecuali pada OREAS192 yang mencapai 0,03%.

Unsur Cr₂O₃ mengalami sedikit variasi dengan kisaran 0,98% hingga 1,03%, tetapi turun menjadi 0,87% pada sampel referensi, mengindikasikan kemungkinan efek tekanan terhadap distribusi kromium. Kandungan MnO stabil dalam rentang 0,32% hingga 0,33%, namun sedikit menurun pada sampel OREAS192 menjadi 0,28%. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa tekanan tinggi dan kelembaban dapat mempengaruhi distribusi unsur dalam sampel, terutama pada mineral-mineral yang sensitif terhadap kondisi lingkungan seperti silika dan besi.

SIMPULAN

1. Kadar nikel menunjukkan fluktuasi dengan adanya penambahan kadar air sebelum analisis menggunakan ED-XRF Epsilon 4. Peningkatan kelembaban berpengaruh pada distribusi partikel dalam sampel, yang dapat menyebabkan perbedaan dalam hasil deteksi unsur nikel. Kelembaban yang tinggi cenderung menyebabkan agregasi partikel halus, yang berpotensi mempengaruhi interaksi sinar-X dengan material, sehingga hasil analisis dapat bervariasi meskipun sampel berasal dari sumber yang sama.
2. Peningkatan tekanan pemadatan sebelum analisis menunjukkan adanya variasi dalam kadar nikel yang terdeteksi. Tekanan pemadatan yang lebih tinggi berkontribusi pada peningkatan kerapatan sampel, yang dapat mempengaruhi penetrasi sinar-X dan meningkatkan presisi analisis. Namun, jika tekanan terlalu tinggi, kemungkinan redistribusi partikel atau efek matriks dapat terjadi, yang menyebabkan sedikit perbedaan dalam hasil pengukuran. Tekanan optimal diperlukan untuk memastikan analisis yang lebih representatif dan konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Khribash. (2020). *Genesis and Mineralogical Classification of Ni-Laterites Oman Mountains*. 199-212.
- Anggreini, D., Bahtiar, S., Widyawati, F., dan Hidayat, S. (2021). Analisis Hubungan Kandungan Total Moisture, Total Sulphur dan Ash Content Terhadap Gross Calorific Value Pada Batubara. *Jurnal TAMBORA*, 5(3), 50-55. <https://doi.org/10.36761/jt.v5i3.1316>
- Basmal, Bayuseno, dan Nugroho, S. (2012). Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekerasan. *Rotasi*, 14(2), 23-28. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/view/4634>

- Dahliar, N., Widodo, S., dan Tonggiroh, A. (2024). Pengaruh Komposisi Ash Batubara terhadap Kualitas Klinker Portland Cement pada PT. Semen Tonasa Unit III. *Geosains*, 10(02), 58–67.
- Dzakir, L. O., Amir, M. K., Priyana, Y. L. O., dan Kadar, M. I. (2022). Analisis Perbandingan Kadar MgO Dan SiO₂ Pada Nikel Kadar Rendah di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Utara. *Jurnal Geomine*, 10(1), 43–50. <https://doi.org/10.33536/jg.v10i4.1080>
- Fariz, A. H. (2023). Analisis Ketebalan Dan Estimasi Volume Zona Laterit Berdasarkan Pemodelan 2D Dan 3D Geolistrik Resistivitas Dengan Korelasi *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam*, VIII(I), 1–19. [http://digilib.unila.ac.id/77648/%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/77648/3/SKRIPSI FULL TANPA BAB PEMBAHASAN.pdf](http://digilib.unila.ac.id/77648/%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/77648/3/SKRIPSI%20FULL%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN.pdf)
- Febriana. (2020). Effect of Sulfur Addition to Nickel Recovery of Laterite Ore. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 14–20.
- Fitrian, E. B. (2021). Paulus Civil Engineering Journal Identifikasi Sebaran Nikel Laterit dan Volume Bijih Nikel Menggunakan Korelasi Data Bor. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(1), 113. <http://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej>
- Geomine, J., Mustika, R., Widodo, S., Jafar, N., Weighting, I. D., dan Laterit, N. (2015). Estimasi Sumber Daya Nikel dengan Metode IDW. 01(April), 63–68.
- Hasria, Asfar, S., dan Tawakkal, E. R. (2021). Profil Endapan Nikel Laterit di Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Promine*, 9(1), 13–22.
- Hernanto, A., Pitulima, J., dan Andini, D. E. (2020). Analisis Pengaruh Perubahan Nilai Total Moisture dan Ash Content Terhadap Nilai Kalori Batubara Di Unit Pelabuhan Pt Bukit Asam Tbk Tarahan Bandar Lampung. *Mineral*, 5(1), 7–12. <https://doi.org/10.33019/mineral.v5i1.3053>
- Jarot, J. P., dan Astuti, T. L. R. (2023). Nikel Laterit Pulau Gag: Menelusuri Proses Terbentuknya dan Implikasinya dalam Industri Pertambangan. *ReTII*, 18(1), 871–880.
- Kesuma, N. K. Y., Widarta, I. W. R., dan Permana, I. D. G. M. (2018). Pengaruh Jenis Asam dan pH Pelarut terhadap Karakteristik Pektin dari Kulit Lemon (Citrus limon). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 7(4), 192. <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.p06>
- Malik, Y. (2023). Akurasi dan Presisi Analisis Kadar Nikel (Ni) pada Sampel Nikel Laterit Menggunakan X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF). *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 12, 87–94. <http://sains.uho.ac.id/index.php/journal>
- Masuara, A. H. (2018). Evaluasi Kadar Produksi Nikel Laterit Di Pt. Antam Tbk. *Jurnal Dintek*, 11(Nomor 2), 33–45.
- Mubarak, A.M.N., Ariani, F., dan R. (2022). Pengaruh Moisture Content Terhadap Zona Gradasi Tanah Tambang Di Morowali Utara. *Saintis*, 3(April), 50–57.
- Mustam, M., Azis, H. A., Ramdani, N., Amin, I. I., dan Ariski, A. (2024). *Analysis of The Effect of Moisture And Loss on Ignition (LOI) on Measurement Of Iron Ore Laterite Samples With Fusion Bead XRF S8 Tiger*. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(1), 7–23.
- Noor, Fatchurahman, A., Mesin, T., Teknik, F., Tidar, U., Kapten, J., dan Potrobangsang, S. (2022). Korelasi Suhu Larutan dan Waktu Pelapisan terhadap Ketebalan dan Kekerasan Nikel Plating Baja St 37. 6(1), 14–20.

- Nurfaidah, A. Y., Lestari, D. P., Azzahra, R. T., dan 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>
- Nurul, B., dan Kambuna, H. (2018). Pengujian Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan Terhadap Nilai Indeks Shatter Pelet Debu Pabrik Feronikel. *IV(2)*, 63–67.
- Panji Permana, A. (2021). Kajian Coal Rank Berdasarkan Analisa Proximate (Studi Kasus Batubara di Kabupaten Sorong). *Jurnal Teknik*, 14(2), 123–131.
- Permana, D., Kumalasari, R., Wahab, W., dan 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., dan 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>
- Purwanti, A. (2019). Uji Analisis Nikel Ore Menggunakan Metode Fusion Berdasarkan Variasi Suhu. [https://repository.unibos.ac.id/xmlui/handle/123456789/987%0Ahttps://repository.unibos.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/987/2019ASRANI PURWANTI 4512044032.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unibos.ac.id/xmlui/handle/123456789/987%0Ahttps://repository.unibos.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/987/2019ASRANI%20PURWANTI%204512044032.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Qulub Al Asrori, T., Nabila Putri, H., Ketut Sari Jurusan Teknik Kimia, N., Teknik, F., Pembangunan Nasional, U., Timur Jl Raya Rungkut Madya No, J., dan Anyar, G. (2022). Ekstraksi Nikel Dari Bijih Nikel Laterit Sorowako Dengan Asam Nitrat. *Inovasi Teknik Kimia*, 7(2), 53–57.
- 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., dan 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>
- Simbolon, D. R., Sumawinata, B., dan Djajakirana, G. (2023). Dengan Gambut Pada Kondisi Jenuh dan Tidak Jenuh Air The Solubility of Nickel on Mixed Ultramafic Soil with Peat Soil at Saturated and Unsaturated Water Condition. *25(April)*, 25–29.
- Sujiono, E. H., dan Diantoro, M. (2014). Karakteristik Sifat Fisis Batuan Nikel Di Sorowako Sulawesi Selatan. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10(2), 163–167. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v10i2.3353>
- Sujiono, E. H., Diantoro, M., dan Samnur. (2014). *The Physical Properties of Nickel Ore in Sorowako South Sulawesi*. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10(2), 163–167. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v10i2.3353>
- Taupan, M., Anshari, E., dan Hasria, H. (2022). Korelasi zona endapan nikel laterit berdasarkan data mineralogi dan geokimia di Desa Boenaga Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara. *OPHIOLITE : Jurnal Geologi Terapan*, 4(1), 22. <https://doi.org/10.56099/ophiolite.v4i1.25397>

- Thamsi, A. B., Jafar, N., dan Fauzie, A. (2021). Analisis Pengaruh Morfologi Pada Pembentukan Nikel Laterit Pt Prima Sentosa Alam Lestari Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(2), 75. <https://doi.org/10.20527/jg.v7i2.9114>
- Wahab, W., Anshari, E., Mili, M. Z., Nafiu, W. R. A., Khaq, M. N., Daniyatno, D., Firdaus, F., dan 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>
- Zhu, Zheng, Zhu, Pan, Li, AN, dan L. (2018). *Utilization of Limonitic Nickel Laterite to Produce Ferronickel Concentrate by The Selective Reduction-Magnetic Separation Process*. 1-11.