

ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN SUHU DAN WAKTU PENGERINGAN SAMPEL NIKEL ORE TERHADAP HASIL ANALISA LOGAM PADA MATERIAL NIKEL LATERIT MENGGUNAKAN *ENERGY DISPERSIVE X-RAY FLUORESCENCE*

Rifdah Fadilah¹, Selfina Gala²
Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar
Email : rifdahfadilahsyam@gmail.com

Abstrak

Analisis Pengaruh Perbedaan Suhu Dan Waktu Pengeringan Sampel Nikel Ore Terhadap Hasil Analisa Logam Pada Material Nikel Laterit Menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu dan waktu pengeringan terhadap hasil pengujian kandungan logam dalam sampel nikel laterit menggunakan metode Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF), serta mengevaluasi efisiensi waktu dalam proses preparasi sampel. Variasi suhu yang digunakan adalah 105°C, 118°C, dan 130°C, masing-masing dengan waktu pengeringan 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Unsur-unsur yang dianalisis meliputi Nikel (Ni), Besi (Fe), Silika (SiO₂), dan Magnesium Oksida (MgO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan waktu pengeringan mempengaruhi kadar unsur secara signifikan. Suhu 105°C cenderung menghasilkan kadar yang valid namun dengan kelembaban sisa yang tinggi, sedangkan suhu 130°C meningkatkan kadar logam berat namun menyebabkan volatilitas unsur ringan dan deviasi data yang besar. Perlakuan optimal untuk nilai Ni dan Fe ditemukan pada suhu 118°C dan 105°C selama 6 jam, namun SiO₂ dan MgO hanya optimal di suhu 105°C selama 6 jam. Tetapi jika fokus Perusahaan hanya pada nilai Ni dan Fe maka suhu 118°C dan waktu 6 jam direkomendasikan sebagai perlakuan efisien dari sisi waktu pengerjaan dan tidak menyebabkan kerusakan struktur mineral sampel serta kondisi optimal dalam proses pengeringan preparasi sampel nikel laterit untuk analisis menggunakan EDXRF. Kondisi ini memberikan keseimbangan antara akurasi analisis, kestabilan data, dan efisiensi waktu dalam laboratorium.

Kata kunci : Preparasi Sampel, Nikel Laterit, EDXRF, Suhu Pengeringan, Waktu Pengeringan

Abstract

Analysis of the Influence of Differences in Temperature and Drying Time of Nickel Ore Samples on the Metal Analysis Results of Lateritic Nickel Material Using Energy Dispersive X-Ray Fluorescence. This research aims to determine the effect of variations in temperature and drying time on the testing results of metal content in lateritic nickel samples using the Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) method, as well as to evaluate the time efficiency in the sample preparation process. The temperature variations used are 105°C, 118°C, and 130°C, each with drying times of 4 hours, 6 hours, and 8 hours. The elements analyzed include Nickel (Ni), Iron (Fe), Silica (SiO₂), and Magnesium Oxide (MgO). The research results indicate that temperature and drying time have a significant impact on the concentration of the elements. A temperature of 105°C tends to produce valid levels, but with high residual humidity. In contrast, a temperature of 130°C increases heavy metal levels, causing volatility of light elements and significant data deviations. The optimal treatment for Ni and Fe values is found at 118°C and 105°C for 6 hours, while SiO₂ and MgO are only optimal at 105°C for 6 hours. However, if the Company's focus is only on Ni and Fe values, then 118°C and 6 hours are recommended as an efficient treatment in terms of working time and do not cause damage to the mineral structure of the sample, as well as optimal conditions in the drying process of laterite nickel sample preparation for analysis using EDXRF. This condition provides a balance between analysis accuracy, data stability, and time efficiency in the laboratory.

Keywords : Sample Preparation, Laterite Nickel, EDXRF, Drying Temperature, Drying Time.

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya mineral, salah satunya adalah nikel laterit yang tersebar di berbagai wilayah seperti Sulawesi, Halmahera, dan Papua. Bijih nikel laterit memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena kandungan unsur-unsur berharga di dalamnya, terutama Nikel (Ni), Besi (Fe), Silika (Si), dan Magnesium (Mg) (Dalvi et al., 2004). Indonesia juga merupakan salah satu dari sepuluh negara yang memiliki cadangan nikel terbanyak di dunia. Berdasarkan data pada *Booklet* Nikel yang dirilis Kementerian ESDM (2020) jumlah cadangan nikel RI tercatat mencapai 72 juta ton nikel termasuk nikel kadar rendah (*limonite*) dan kadar tinggi (*saprolite*). Jumlah ini mencapai 52% dari total cadangan nikel dunia sebesar 139.419.000 ton nikel. Hal ini menjadikan Indonesia menjadi salah satu penghasil nikel terbesar di dunia (Tsirwiyati, 2023).

Pertambangan nikel terutama di Pulau Halmahera memiliki peran penting sebagai salah satu penyumbang utama produksi nikel di Indonesia. Pulau Halmahera terkenal dengan kandungan cadangan nikel yang melimpah, menjadikannya salah satu lokasi pertambangan nikel terbesar di Indonesia. Data Badan Geologi 2019 mencatat sumber daya nikel mencapai 11,7 miliar ton dan cadangan sebanyak 4,5 miliar ton diantaranya 1,4 miliar ton berasal dari Pulau Halmahera. Angka ini menunjukkan Indonesia sebagai produsen bijih nikel terbesar di dunia.

Nikel merupakan salah satu elemen yang paling umum di bumi dan terjadi secara ekstensif di kerak bumi dan inti bumi (*Nickel Institute*, 2016). Nikel laterit pada umumnya memiliki empat zona lapisan yaitu lapisan red limonite, lapisan limonit, lapisan saprolit, dan lapisan *bedrock*. Nikel banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan korosi oleh alkali, kekuatan pada suhu tinggi, dan dapat membentuk paduan dengan logam lainnya (*Bide*, 2008). Nikel laterit terbentuk pada proses pelapukan kimia yang lama dari batuan ultramafik yang mengandung mineral ferro-magnesian. Nikel banyak digunakan dalam berbagai industri, terutama dalam pembuatan baja nirkarat (*stainless steel*) dan baterai kendaraan listrik. Penambangan bijih nikel laterit telah banyak beroperasi, khususnya di PT. Bakti Pertiwi Nusantara, Halmahera Tengah, Maluku Utara. Untuk memastikan kualitas dan kandungan unsur dalam menjual nikel (*bijih nikel*), diperlukan pengujian komposisi unsur

yang akurat. Pada PT. Bakti Pertiwi Nusantara terdapat laboratorium untuk melakukan pengujian unsur pada sampel Nikel Laterit yang dikelola oleh perusahaan ini.

Salah satu metode umum yang digunakan untuk pengujian unsur dalam menghasilkan nikel adalah *Energy Dispersive X-ray Fluorescence* (EDXRF). Metode ini memiliki keunggulan dalam hal kecepatan, efisiensi, serta kemampuan pengujian multi-elemen tanpa memerlukan proses penghancuran sampel yang kompleks. Namun akurasi analisis hasil EDXRF sangat dipengaruhi oleh kondisi sampel, termasuk proses persiapan seperti pengeringan karena kadar air dalam sampel sangat mempengaruhi akurasi deteksi sinyal sinar-X. Kadar air dapat menyerap dan menghamburkan sebagian sinar-X yang dipancarkan maupun yang terdeteksi, sehingga intensitas unsur logam yang terukur menjadi lebih rendah dari kadar sebenarnya. Sampel yang belum kering sempurna memiliki densitas tidak seragam dan bisa membentuk gumpalan, hal ini menyebabkan perbedaan jalur interaksi sinar-X, sehingga hasil analisis menjadi tidak konsisten antar titik uji.

Sebelum melakukan pengujian terhadap sampel, terlebih dahulu sampel nikel ore melalui proses preparasi sampel sampai mendapatkan homogenitas sampel sebelum diuji, sehingga hasil pengujian unsur dapat lebih akurat dan konsisten. Perbedaan perlakuan terhadap setiap proses dan metode pengerjaan baik itu preparasi basah, proses pengeringan hingga pengujian sampel, akan memberikan pengaruh terhadap kandungan nikel (Maulina, 2022). Oleh karena itu, Penelitian ini dilakukan untuk menjawab kebutuhan praktis di lapangan, khususnya dalam kegiatan laboratorium analisis nikel ore di PT. Bakti Pertiwi Nusantara. Dalam praktiknya, perusahaan sering menuntut hasil analisis yang cepat untuk mendukung keputusan operasional, namun harus tetap menjaga akurasi kadar logam. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada efektivitas pengeringan sampel berdasarkan variasi suhu dan waktu sebagai bagian penting dari proses preparasi. Jika proses pengeringan dapat dipercepat tanpa menurunkan kualitas hasil analisis, maka efisiensi kerja laboratorium akan meningkat secara signifikan. Latar belakang inilah yang mendasari pentingnya kajian terhadap variabel suhu dan waktu pengeringan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam optimalisasi kerja laboratorium pengujian nikel laterit, khususnya dalam penggunaan ED-XRF. Dengan pendekatan eksperimen yang sistematis terhadap suhu dan waktu, perusahaan dapat membuat keputusan berbasis data untuk efisiensi proses. Hal ini mendukung kegiatan produksi dan eksplorasi yang membutuhkan informasi cepat dan akurat tentang kadar logam. Selain itu, hasil penelitian juga memberikan dasar untuk menyusun SOP baru dalam proses preparasi sampel. Penyesuaian ini akan meningkatkan keandalan hasil analisa dan produktivitas kerja. Secara keseluruhan, penelitian ini menekankan bahwa efisiensi waktu dalam preparasi sampel bukanlah sesuatu yang tidak bisa dikompromikan dengan akurasi. Justru dengan pengaturan suhu dan waktu yang cermat, keduanya dapat dicapai dalam satu proses kerja. Hal ini sangat penting untuk mendukung kegiatan analisa logam nikel laterit di tengah tekanan waktu dan kebutuhan produksi. Penelitian ini memberikan gambaran bahwa optimasi proses bisa dilakukan tanpa harus mengubah metode analisis secara menyeluruh. Hanya dengan melakukan penyesuaian pada suhu dan waktu pengeringan, efisiensi dan akurasi dapat berjalan beriringan.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu dan waktu pengeringan terhadap kandungan unsur logam dalam sampel nikel laterit. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium PT. Bakti Pertiwi Nusantara, Halmahera Tengah.

Variabel bebas yang digunakan meliputi suhu pengeringan (105°C, 118°C, dan 130°C) dan waktu pengeringan (4, 6, dan 8 jam). Variabel terikat adalah kadar unsur logam Nikel (Ni), Besi (Fe), Silika (SiO₂), dan Magnesium Oksida (MgO), yang dianalisis menggunakan instrumen Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) Epsilon 4. Alat yang digunakan meliputi oven pengering, jaw crusher, disc mill, pulverizer, ayakan 200 mesh, timbangan digital, dan EDXRF Epsilon 4. Bahan utama yang digunakan adalah sampel nikel laterit dari satu lokasi tambang.

Sampel nikel ore dipreparasi melalui tahap peremukan, pemanasan penghalusan, homogenisasi, dan pembentukan pellet. Sampel kemudian dikeringkan pada variasi suhu dan waktu yang telah ditentukan. Setelah proses preparasi selesai, sampel diuji menggunakan EDXRF Epsilon 4 untuk menganalisis kadar unsur logam. Data diperoleh dari hasil pengujian kadar logam pada setiap kombinasi suhu dan waktu pengeringan. Setiap perlakuan dilakukan secara berulang untuk memastikan keakuratan hasil. Data hasil pengujian yang telah dianalisis ditampilkan pada software X-Ray kemudian diolah secara statistik dengan menggunakan Microsoft Excel. Analisis dilakukan untuk mengamati tren perubahan kadar unsur terhadap variasi perlakuan serta untuk menentukan deviasi dari nilai acuan.

Hasil dan Pembahasan

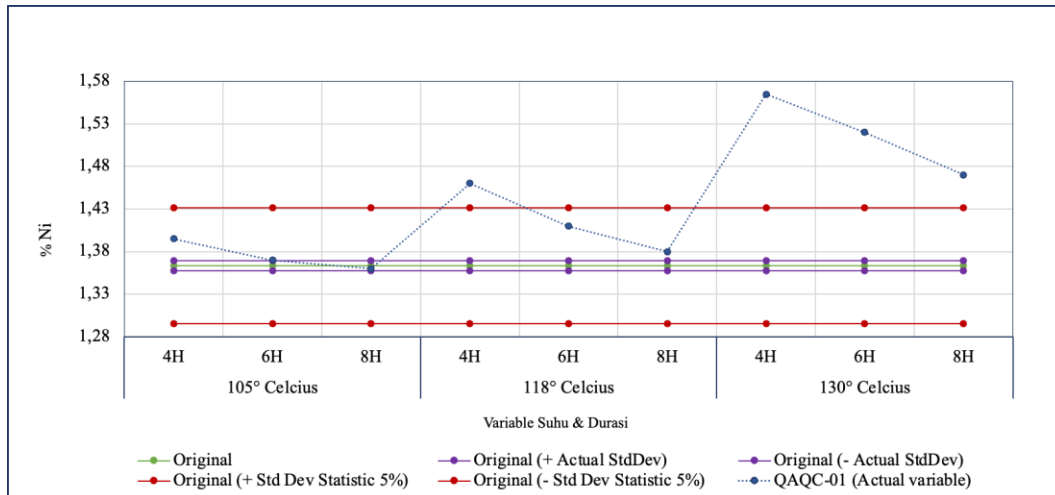
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah efisiensi waktu pengerjaan dengan melakukan percobaan terhadap variasi suhu dan waktu pengeringan dapat mempengaruhi hasil analisis kadar logam dalam sampel nikel laterit menggunakan metode ED-XRF, hal ini menjadi salah satu upaya meningkatkan efisiensi dalam penyediaan data kadar nikel yang cepat dan andal untuk kebutuhan data lapangan. Dalam praktiknya, kebutuhan terhadap data cepat di lapangan menjadi aspek krusial untuk mendukung pengambilan keputusan, terutama dalam kegiatan kontrol mutu, klasifikasi bijih, dan proses penjualan material tambang.

Kadar Nikel (Ni)

Kode Sampel	Original (105/8)			Std.Dev (Actual)	Std.Dev Statistic	AVG	105° Celcius			118° Celcius			130° Celcius		
	A	B	C				4H	6H	8H	4H	6H	8H	4H	6H	8H
QAQC-01 (Actual variable)	1,36	1,37	1,36	0,006	0,068	1,36	1,40	1,37	1,36	1,46	1,41	1,38	1,57	1,52	1,47
Original						1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
Original (+ Actual StdDev)						1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Original (- Actual StdDev)						1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
Original (+ Std Dev Statistic 5%)						1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
Original (- Std Dev Statistic 5%)						1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30

Lampiran A. 1 Tabel Hasil Pengujian Kadar Nikel (Ni)

Berdasarkan hasil pengujian nilai acuan awal sebesar 1,36% menunjukkan konsistensi yang tinggi, didukung oleh deviasi statistik rendah, sehingga menjadi patokan dalam menilai keakuratan hasil.



Gambar 4. 1 Grafik Variasi % Ni pada Suhu-Durasi Tertentu terhadap Suhu-Durasi Standar

Hasil analisis menunjukkan kadar Ni cenderung meningkat seiring peningkatan suhu. Pada 105°C, kadar Ni relatif stabil (1,30–1,43%) dengan deviasi rendah. Pada 118°C, terjadi kenaikan kadar di durasi 4 jam (1,46%), namun kembali stabil pada durasi 6–8 jam (1,38–1,41%). Suhu tinggi 130°C menghasilkan nilai berlebih (1,47–1,57%) yang melewati batas deviasi, mengindikasikan redistribusi logam akibat pemanasan berlebih. Kondisi optimal ditemukan pada 118°C selama 6 jam, dengan kadar yang stabil serta sesuai batas deviasi statistik. Hal ini mengindikasikan adanya efek redistribusi logam di permukaan pelet akibat pemanasan berlebih, yang memperkuat sinyal XRF tetapi mengurangi validitas data.

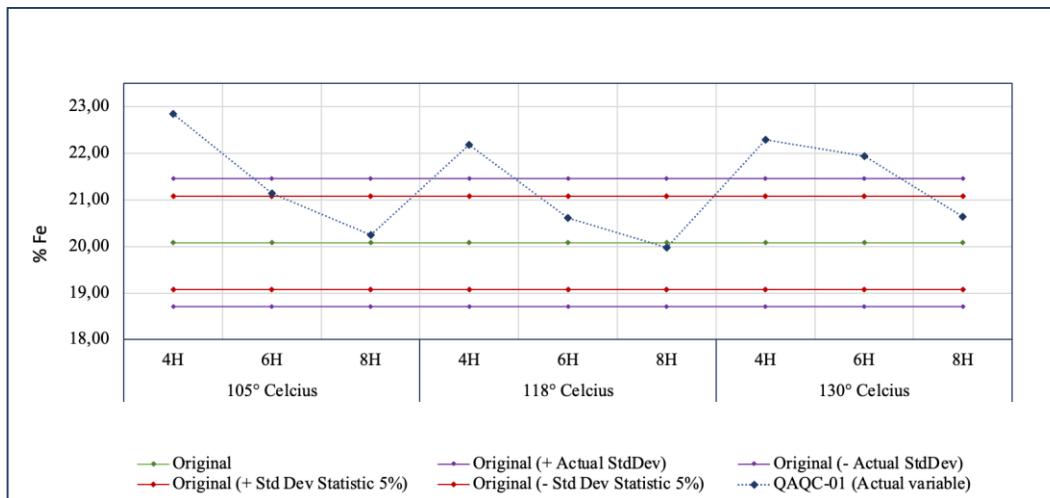
Secara keseluruhan, tren ini menunjukkan bahwa suhu sedang sekitar 118°C dengan waktu pengeringan 6 jam menjadi kompromi terbaik. Kondisi ini mampu menghilangkan kelembaban secara efektif, menjaga homogenitas sampel, dan menghasilkan nilai yang akurat sesuai batas deviasi statistik, sehingga lebih representatif untuk analisis kadar Ni pada nikel laterit.

Kadar Besi (Fe)

Kode Sampel	Original (105/8)			Std.Dev (Actual)	Std.Dev Statistic	AVG	105° Celcius			118° Celcius			130° Celcius		
	A	B	C				4H	6H	8H	4H	6H	8H	4H	6H	8H
QAQC-01 (Actual variable)	18,91	19,75	21,59	1,371	1,004	20,08	22,85	21,15	20,25	22,19	20,62	19,98	22,30	21,94	20,64
Original						20,08	20,08	20,08	20,08	20,08	20,08	20,08	20,08	20,08	20,08
Original (+ Actual StdDev)						21,45	21,45	21,45	21,45	21,45	21,45	21,45	21,45	21,45	21,45
Original (- Actual StdDev)						18,71	18,71	18,71	18,71	18,71	18,71	18,71	18,71	18,71	18,71
Original (+ Std Dev Statistic 5%)						21,09	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09	21,09
Original (- Std Dev Statistic 5%)						19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08	19,08

Lampiran A. 2 Tabel Hasil Pengujian Kadar Besi (Fe)

Pada pengujian kadar Besi (Fe) menunjukkan pola yang lebih kompleks dibandingkan Ni. Kandungan Besi (Fe) dalam sampel nikel laterit menunjukkan respons yang cukup jelas terhadap variasi suhu dan waktu pengeringan. Secara umum, kadar Fe cenderung meningkat seiring bertambahnya suhu.



Gambar 4. 2 Grafik Variasi % Fe pada Suhu-Durasi Tertentu terhadap Suhu-Durasi Standar

Analisis Fe menunjukkan pola lebih kompleks. Nilai acuan rata-rata 20,08% digunakan sebagai tolok ukur. Pada 105°C kadar Fe meningkat tajam hingga 22,85% (tidak valid secara statistik), kemungkinan akibat oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} . Pada 118°C, kadar Fe lebih stabil, terutama pada 6–8 jam (19,98–20,62%). Suhu 130°C memperlihatkan tren serupa: kadar awal tinggi lalu menurun mendekati nilai acuan pada durasi lebih lama. Nilai pada durasi 8 jam sudah berada dalam batas deviasi yang dapat diterima, menunjukkan bahwa kombinasi suhu ini dengan waktu pengeringan yang cukup lama mulai memberikan keseimbangan antara penghilangan kelembaban dan kestabilan

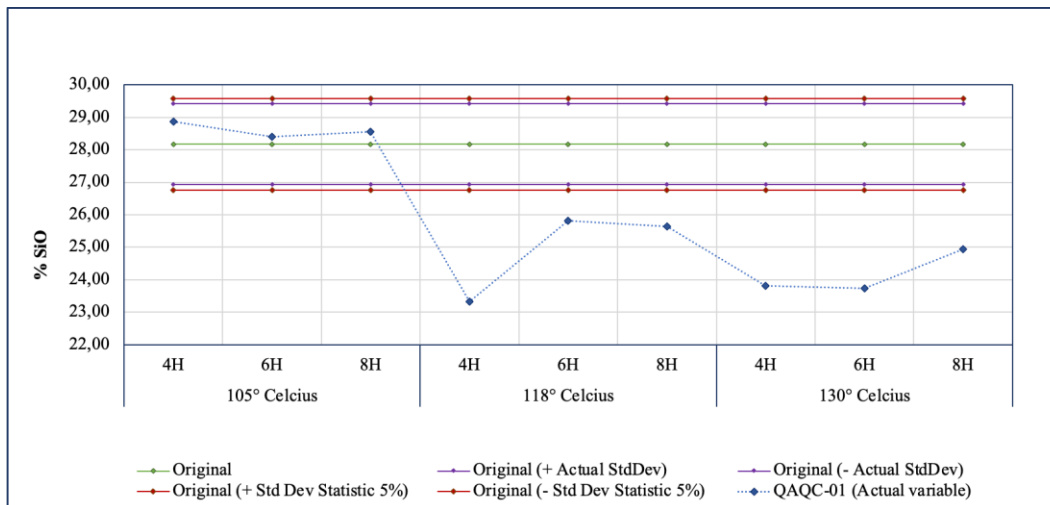
kadar. Suhu tinggi 130°C menampilkan tren serupa. Kadar Fe yang awalnya tinggi pada 4 jam (22,30%) dan 6 jam (21,94%) menurun menjadi 20,64% pada 8 jam. Ini menandakan bahwa efek oksidasi sangat kuat pada awal pemanasan, namun seiring waktu, nilai kembali mendekati acuan. Hasil ini menegaskan perlunya kombinasi suhu menengah dan waktu cukup panjang untuk memperoleh kadar Fe yang representatif.

Kadar Silika (SiO₂)

Kode Sampel	Original (105/8)			Std.Dev (Actual)	Std.Dev Statistic	AVG	105° Celcius			118° Celcius			130° Celcius		
	A	B	C				4H	6H	8H	4H	6H	8H	4H	6H	8H
QAQC-01 (Actual variable)	29,61	27,41	27,51	1,242	1,409	28,18	28,87	28,40	28,56	23,33	25,81	25,64	23,82	23,73	24,94
Original						28,18	28,18	28,18	28,18	28,18	28,18	28,18	28,18	28,18	28,18
Original (+ Actual StdDev)						29,42	29,42	29,42	29,42	29,42	29,42	29,42	29,42	29,42	29,42
Original (- Actual StdDev)						26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93	26,93
Original (+ Std Dev Statistic 5%)						29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59	29,59
Original (- Std Dev Statistic 5%)						26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77	26,77

Lampiran A. 3 Tabel Hasil Pengujian Kadar Silika Dioksida (SiO₂)

Kadar Silika (SiO₂) dalam sampel nikel laterit menunjukkan tren penurunan yang konsisten dengan peningkatan suhu dan waktu pengeringan. Penurunan ini dapat disebabkan karena dehidrasi mineral silikat pada suhu tinggi, melepaskan air struktural.



Gambar 4. 3 Grafik Variasi % SiO pada Suhu-Durasi Tertentu terhadap Suhu-Durasi Standar

Kadar SiO₂ menurun konsisten dengan peningkatan suhu. Pada 105°C, hasil masih stabil (28,40–28,87%) sesuai batas deviasi. Namun, pada 118°C nilai turun hingga 23,33–25,81% dan semakin rendah pada 130°C (23,73–24,94%), menandakan kerusakan struktur silikat akibat dehidrasi dan transformasi fasa. Kondisi ini menunjukkan

bahwa pengeringan suhu rendah–menengah lebih tepat untuk menjaga keakuratan kadar SiO₂. Hal ini mengindikasikan adanya gangguan pada kestabilan struktur silika, kemungkinan akibat pelapukan termal atau transformasi fasa sebagian senyawa silikat, yang menyebabkan penurunan kemampuan XRF dalam mendeteksi unsur Si. Semakin jelas pada suhu tinggi 130°C, dengan kadar hanya 23,73–24,94%, yang jauh di bawah batas deviasi, serta tidak menunjukkan peningkatan meskipun waktu pengeringan diperpanjang. Kondisi ini menandakan adanya kerusakan struktur silikat yang bersifat permanen setelah melewati ambang suhu tertentu.

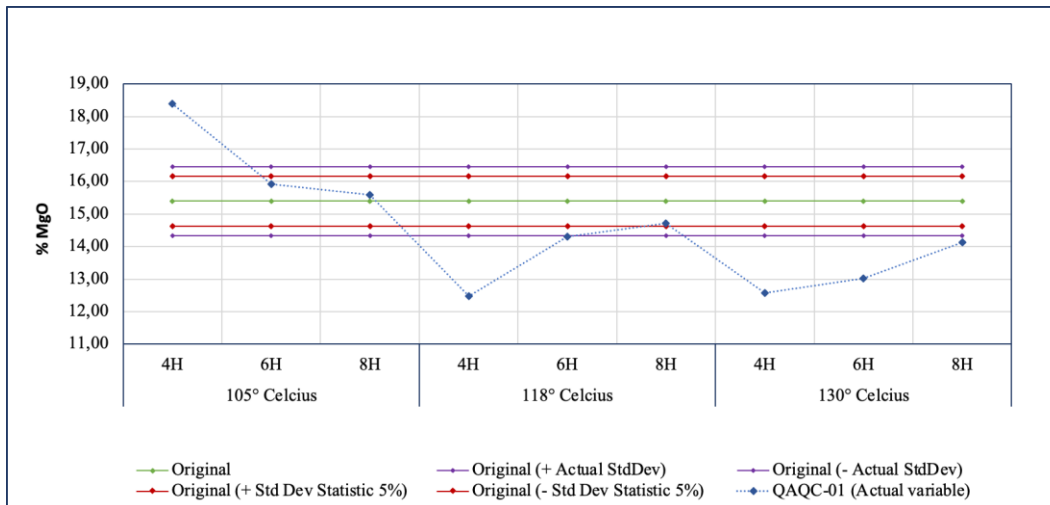
Dari sudut pandang kimia, senyawa silikat memiliki rentang kestabilan termal terbatas, dan pada suhu di atas 120–125°C berpotensi mengalami dehidrasi senyawa kompleks, rekristalisasi, atau volatilisasi oksida silika amorf, yang secara langsung menurunkan intensitas sinyal XRF. Oleh karena itu, pengeringan sebaiknya dilakukan pada suhu rendah hingga sedang dengan waktu yang terkontrol, untuk menghilangkan kelembaban tanpa merusak struktur mineral, sehingga kadar SiO₂ dapat terukur secara akurat.

Kadar Magnesium Oksida (MgO)

Kode Sampel	Original (105/8)			Std.Dev (Actual)	Std.Dev Statistic	AVG	105° Celcius			118° Celcius			130° Celcius		
	A	B	C				4H	6H	8H	4H	6H	8H	4H	6H	8H
QAQC-01 (Actual variable)	16,60	15,00	14,60	1,058	0,770	15,40	18,39	15,93	15,60	12,48	14,30	14,71	12,57	13,02	14,14
Original						15,40	15,40	15,40	15,40	15,40	15,40	15,40	15,40	15,40	15,40
Original (+ Actual StdDev)						16,46	16,46	16,46	16,46	16,46	16,46	16,46	16,46	16,46	16,46
Original (- Actual StdDev)						14,34	14,34	14,34	14,34	14,34	14,34	14,34	14,34	14,34	14,34
Original (+ Std Dev Statistic 5%)						16,17	16,17	16,17	16,17	16,17	16,17	16,17	16,17	16,17	16,17
Original (- Std Dev Statistic 5%)						14,63	14,63	14,63	14,63	14,63	14,63	14,63	14,63	14,63	14,63

Lampiran A. 4 Tabel Hasil Pengujian Kadar Magnesium Oksida (MgO)

Pada hasil pengujian kadar MgO menunjukkan tren penurunan yang signifikan dengan peningkatan suhu dan waktu pengeringan. Penurunan ini dapat terjadi karena terjadinya dekomposisi mineral magnesium pada suhu tinggi, melepaskan H₂O dan CO₂.



Gambar 4. 4 Grafik Variasi % MgO pada Suhu-Durasi Tertentu terhadap Suhu-Durasi Standar

Kadar MgO juga menurun pada suhu tinggi. Nilai acuan adalah 15,40%. Pada 105°C kadar relatif stabil (14,71–18,39%), sedangkan pada 118°C dan 130°C kadar turun hingga 12,48–14,30%. Hal ini menunjukkan bahwa MgO sensitif terhadap panas dan berpotensi mengalami volatilisasi atau dekomposisi. Hal ini disebabkan oleh sifat MgO sebagai unsur ringan yang sangat sensitif terhadap panas, sehingga berpotensi mengalami volatilisasi atau desorpsi dari permukaan partikel mineral. Proses pengeringan cepat pada suhu tinggi juga dapat memicu kerusakan mikrostruktur yang mengurangi kemampuan deteksi XRF terhadap unsur Mg. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan kombinasi suhu dan waktu yang tepat untuk meminimalkan kehilangan unsur dan memastikan validitas hasil analisis MgO pada sampel nikel laterit.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi suhu 105°C selama 6 jam memberikan hasil yang seimbang untuk seluruh unsur logam yang dianalisis, yakni Ni, Fe, Si, dan Mg. Suhu ini menghasilkan kadar unsur yang berada dalam batas wajar dan tidak menyebabkan kerusakan struktur sampel. Meskipun demikian, terdapat kekhawatiran bahwa sampel belum kering merata dalam waktu 6 jam jika memiliki kelembapan awal yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa suhu ini cocok untuk kondisi sampel tertentu saja. Dalam praktiknya, laboratorium harus mempertimbangkan kondisi awal sample sebelum menentukan pengaturan ini sebagai standar.

Untuk mempercepat proses kerja, suhu 118°C selama 6 jam menunjukkan hasil yang cukup efisien terutama untuk unsur Ni dan Fe. Namun, kadar MgO dan SiO₂ yang dihasilkan mengalami deviasi cukup jauh dari nilai standar. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu dapat mempengaruhi kestabilan unsur-unsur tertentu yang lebih sensitif terhadap panas. Oleh karena itu, jika perusahaan lebih mementingkan keakuratan Ni dan Fe, maka suhu 118°C selama 6 jam dapat dijadikan pilihan efisien. Sebaliknya, jika SiO₂ dan MgO menjadi fokus utama, pengaturan suhu harus lebih konservatif.

Dalam kondisi ideal, suhu 105°C selama 4–6 jam memberikan hasil yang masih dalam batas toleransi semua unsur logam. Setting ini juga memberikan keamanan dalam hal tidak merusak struktur sampel dan menghasilkan kadar logam yang konsisten. Namun, waktu pengeringan 4 jam masih rentan terhadap ketidaktuntasan proses penguapan air, terutama untuk sampel dengan kadar air awal tinggi. Oleh sebab itu, pengeringan selama 6 jam menjadi batas tengah yang disarankan dalam pengaturan suhu 105°C. Pendekatan ini merupakan kompromi antara akurasi dan efisiensi.

Kelebihan lain dari penelitian ini adalah pendekatan yang lebih terfokus pada kondisi laboratorium industri, bukan hanya laboratorium akademik. Penelitian ini mempertimbangkan keterbatasan waktu, ketersediaan alat, dan kebutuhan efisiensi dalam industri pertambangan. Oleh karena itu, hasil dari penelitian ini bisa langsung diterapkan dalam operasional sehari-hari. Efisiensi tidak lagi hanya menjadi retorika, tetapi ditunjang oleh data dan analisis yang terstruktur. Penyesuaian suhu dan waktu menjadi solusi realistis tanpa harus mengubah metode analisa secara keseluruhan. Temuan ini menegaskan pentingnya pengaturan suhu dan waktu pengeringan sebagai faktor penentu akurasi, sekaligus solusi praktis dalam meningkatkan efisiensi analisis laboratorium.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan terhadap proses preparasi sampel nikel laterit dengan variasi suhu dan waktu pengeringan sampel dan analisis sampel menggunakan instrumen ED-XRF Epsilon 4, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan memperhatikan kondisi terbaik pengeringan pada masing-masing unsur Ni, Fe, Si dan Mg, maka kondisi pengeringan yang paling optimal untuk dilakukan efisiensi adalah 105°C selama 6 jam. Pada suhu ini pengukuran pada masing-masing unsur masih ada di batas yang wajar. Namun dengan setting suhu 105°C dengan durasi 6 jam, resiko sampel untuk tidak kering secara merata akan relatif sering terjadi untuk kondisi sampel tertentu
2. Jika operational laboratorium internal Perusahaan ingin mengejar efisiensi, maka kondisi terbaik pengeringan adalah 118°C dengan durasi pengeringan 6 jam. Namun dengan kondisi itu, maka hasil MgO dan SiO₂ akan jauh dari nilai standar. Jika perusahaan menganggap nilai MgO dan SiO₂ tidak terlalu krusial, maka setingan 118°C selama 6 jam adalah pilihan terbaik

Daftar Referensi

- Ariyanto, S. V., Joni, I., & Yunanto, F. (2023). *XRF and XRD Testing for Sand Mineral Content Identification at Talang Siring Beach*. EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika, 8(2), 226–232.
- Asrani Purwanti. (2019). *Uji Analisis Nikel Ore Menggunakan Metode Fusion Berdasarkan Variasi Suhu*. Universitas Bosowa Makassar
- Bakri, S., Ardana, M. F., Juradi, M. I., Nurhawaisyah, S. R., & Arifin, M. (n.d.). (2022). *Studi Ukuran Fraksi Partikel terhadap Kadar Nikel dan Kandungan Air pada Bijih Nikel Laterit*. Jurnal Teknologi Kimia Mineral 1 (2), 81-85
- Beckhoff, B., Kanngießler, B., Langhoff, N., Wedell, R., & Wolff, H. (2006). *Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis*. Scholars Portal.
- Butt, C. R. M., & Cluzel, D. (2013). *Nickel Laterite Ore Deposits: Weathered Serpentinites*.
- Dalvi, A. D., Bacon, W. G., & Osborne, R. C. (2004). *The Past and the Future of Nickel Laterites*.

- Fatubun, J. E. A., & Pangkung, Y. G. (2018). *Analisis Pengambilan dan Preparasi Sampel Berdasarkan Hasil Pengujian Kadar Nikel pada PT. Haltim Mining Kabupaten Halmahera Timur Provinsi Maluku Utara*. *Jurnal Penelitian Tambang*, 1(1). GO-SINARBULAN.COM. (2022). Tahapan Preparasi Sampel Nikel di Industri Pertambangan.
- Girard, T., Pirsch, J., & Gupta, S. (2010). *An Empirical Examination of a Multinational Ethical Dilemma: The Issue of Child Labor*. *Journal of Global Marketing*, 23(4), 288–305.
- Golightly, J. P. (2010). *Progress in Understanding the Evolution of Nickel Laterites*.
- Harifan, E. F., Mahrizal, & Mufit, F. (2015). *Analisis Unsur Fe terhadap Nilai Suseptibilitas Magnetik di Kota Padang Menggunakan Metode X-Ray Fluorescence (XRF)*. *Pillar of Physics*, 5, 57–64.
- Indira, B. S., & Khair, M. (2023). *Uji X-Ray Fluorescence pada Limbah Kaca Bening untuk Analisis Silika dan Oksida Terkait*. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(1), 92–96.
- Jamaluddin & Umar, E. P. (2018). *Identifikasi Kandungan Unsur Logam Batuan Menggunakan Metode XRF (X-Ray Fluorescence) (Studi Kasus: Kabupaten Buton)*. *Jurnal Geocelebes*, 2(2), 47–52.
- Jamaluddin, Darwis, A., & Massinai, M. A. (2018). *X-Ray Fluorescence (XRF) to Identify Chemical Analysis of Minerals in Buton Island, SE Sulawesi, Indonesia*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 118(1).
- Japanese Standard Association. (1996). *Licensed to Siswanto Yulianto Bijih Nikel Garnierite*.

Jenkins, R. (1999). *X-ray Fluorescence Spectrometry*. Wiley.

Jenkins, R., & DeVries, J. (2001). *Energy Dispersive X-ray Spectrometry*. *Analytical Chemistry*, 73(12), 293A–299A.

Maulina, R. (2022). *Konversi Minyak Kelapa Sawit menjadi Biofuel melalui Proses Continue Hydrocracking dengan Katalis Nikel Oksida-Kadmium Oksida/Karbon Aktif*. Universitas Islam Indonesia.

Nickel Institute. (2016). *Stainless Steel Rebar for Bridges That Last*.

PANalytical. (2011). *Axios FAST User's Guide*.

Rani, S. R. A. (2022). Studi Analisis Data Difraksi Sinar-X pada Material Zircon Pasir Alam melalui Metode Rietveld. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 9(1), 16–22.

Rohiman, A., & Arifin, A. S. (2020). *Comparison of Pressed Powder Pellet and Fused Glass Bead Preparation Techniques for Mayor Elements Analysis of Rock Samples using X-Ray Fluorescence (XRF)*. *Indonesian Journal of Physics*, 31(2).

St. Hamdana Khaerunnisa. (2023). *Skripsi Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit antara Sampel Face Production dan Sampel Dome PT CNI, Kolaka, Sulawesi Tenggara*. Universitas Hasanuddin Makassar.

Suwendi. (2024). *Uji Analisis Nikel Ore/Ni (Sampel Cek) Menggunakan Metode Press Pellet Berdasarkan Variasi Suhu Pengeringan, Waktu Pengeringan, dan berat Sampel Timbangan Press*. *Syntax Admiration*, 5(11).

Tsirwiyati, D. N. (2023). *Kebijakan Larangan Ekspor Nikel Indonesia*.
<https://journal.unilak.ac.id/index.php/Respublica>

Van Der Ent, A., Mulligan, D., & Erskine, P. (n.d.). *Discovery of Nickel Hyperaccumulators from Kinabalu Park, Sabah (Malaysia) for Potential Utilization in Phytomining*.

Van Grieken, R., & Markowicz, A. (2002). *Handbook of X-Ray Spectrometry*. CRC Press.

Yasmina Amalia, Lumbantoruan, N. B., & Prasongko, B. K. (2022). *Analisis Kandungan Unsur Ni pada Zona SaproliteBijih Nikel Laterit, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah*. *Jurnal Sains dan Teknologi (SAINTEK)*, 1(2),81-86

Zhang, W., Xu, M., Feng, Y., Mao, Z., & Yan, Z. (2024). *The Effect of Procrastination on Physical Exercise among College Students—The Chain Effect of Exercise Commitment and Action Control*. *International Journal of Mental Health Promotion*, 26(8), 611–622.

Zhou, X., et al. (2018). *XRD-based Quantitative Analysis of Clay Minerals Using Reference Intensity Ratios, Mineral Intensity Factors, Rietveld, and Full Pattern Summation Methods: A Critical Review*. *Solid Earth Sciences*, 3(1), 16–29.