

# Analisis Kadar Nikel Berdasarkan Metode Preparasi (*Matriks Dan Quartering*)

Rifa Nur Muazzarah<sup>1</sup>, Ismail Marzuki<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Fajar, Makassar, Indonesia

Koresponden email: rifanurmuazzarah@gmail.com<sup>1</sup>, ismailmz@unifa.ac.id<sup>2</sup>

Diterima: 6 Juni 2026

Disetujui: 10 Juni 2026

## Abstract

This study aims to evaluate the comparative effectiveness of matrix preparation and *quartering* methods on nickel content results using the *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF) Epsilon 4 Panalytical instrument. Nickel content analysis using the XRF method requires good sample preparation to obtain homogeneous and representative samples so that the test results are more accurate and consistent. The sample used was wet nickel ore prepared through the stages of wet preparation, drying, dry preparation, making a press pellet, and testing using ED-XRF. The study was conducted by comparing the matrix and *quartering* methods in the sample reduction and division process. The parameters observed included sample homogeneity, representativeness, preparation time efficiency, and stability of nickel content analysis results. The results showed that the matrix method produced more homogeneous and representative samples than the *quartering* method. In addition, the matrix method produced more stable and consistent nickel content data and had better preparation time efficiency. Meanwhile, the *quartering* method showed higher value variations due to the potential for particle segregation and dependence on operator skills. Based on the research results, the matrix method is recommended for sample preparation for nickel content analysis using ED-XRF because it produces more accurate, precise, and representative data.

**Keywords:** *matrix, quartering, sample preparation, nickel, ED-XRF*

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbandingan efektivitas metode preparasi *matriks* dan *quartering* terhadap hasil analisis kadar nikel menggunakan instrumen *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF) Epsilon 4 Analytical. Analisis kadar nikel dengan metode XRF memerlukan preparasi sampel yang baik agar diperoleh sampel yang homogen dan representatif sehingga hasil pengujian lebih akurat dan konsisten. Sampel yang digunakan berupa wet ore nikel yang dipreparasi melalui tahapan preparasi basah, pengeringan, preparasi kering, pembuatan press pellet, dan pengujian menggunakan ED-XRF. Penelitian dilakukan dengan membandingkan metode *matriks* dan *quartering* pada proses reduksi dan pembagian sampel. Parameter yang diamati meliputi homogenitas sampel, representativitas, efisiensi waktu preparasi, serta kestabilan hasil analisis kadar nikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *matriks* menghasilkan sampel yang lebih homogen dan representatif dibandingkan metode *quartering*. Selain itu, metode *matriks* menghasilkan data kadar nikel yang lebih stabil dan konsisten serta memiliki efisiensi waktu preparasi yang lebih baik. Sementara itu, metode *quartering* menunjukkan variasi nilai yang lebih tinggi akibat potensi segregasi partikel dan ketergantungan pada keterampilan operator. Berdasarkan hasil penelitian, metode *matriks* lebih direkomendasikan dalam preparasi sampel untuk analisis kadar nikel menggunakan ED-XRF karena mampu menghasilkan data yang lebih akurat, presisi, dan representatif.

**Kata kunci:** *matriks, quartering, preparasi sampel, nikel, ED-XRF*

## 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki potensi bijih nikel laterit yang besar dan berperan penting dalam berbagai sektor industri, seperti baja tahan karat, bahan magnet, katalis, dan material baterai. Bijih nikel laterit memiliki karakteristik kadar dan komposisi yang bervariasi sehingga pengendalian kualitas material membutuhkan data analisis laboratorium yang akurat [1]. Dalam kegiatan pertambangan dan pengolahan mineral, data hasil analisis tidak hanya digunakan untuk mengetahui kadar unsur, tetapi juga menjadi dasar dalam pengambilan keputusan teknis, pengendalian mutu, dan evaluasi kualitas material [2].

Kualitas data analisis sangat dipengaruhi oleh tahapan sampling dan preparasi sampel. Sampel bijih nikel umumnya bersifat heterogen karena adanya perbedaan ukuran butir, kadar air, dan distribusi mineral pembawa nikel. Oleh karena itu, proses pengeringan, penggerusan, pencampuran, serta pembagian sampel harus dilakukan secara tepat agar sub-sampel yang dianalisis tetap merepresentasikan material asal [3],[4].

Kesalahan pada tahap preparasi dapat menyebabkan hasil pembacaan instrumen menjadi tidak stabil dan kurang mencerminkan kadar sebenarnya.

Metode preparasi yang umum digunakan dalam reduksi sampel adalah metode *quartering* dan metode *matriks*. *Quartering* dilakukan dengan membagi sampel menjadi empat bagian, kemudian dua bagian diagonal dipilih sebagai sub-sampel dan proses tersebut diulang sampai diperoleh massa sampel yang dibutuhkan. Metode ini sederhana, tetapi dapat menimbulkan variasi apabila distribusi ukuran partikel tidak merata atau proses pencampuran tidak optimal [4],[5]. Sementara itu, metode *matriks* dilakukan dengan pola pengambilan sistematis menggunakan pembagian grid dan scoop JIS sehingga setiap bagian material memiliki peluang yang lebih merata untuk terwakili [5].

Analisis kadar nikel pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF). Metode XRF memiliki keunggulan karena cepat, relatif tidak merusak sampel, dan dapat digunakan untuk analisis unsur secara kuantitatif [6]. Namun, hasil XRF tetap dipengaruhi oleh faktor preparasi, seperti homogenitas, ukuran partikel, kadar air, kepadatan pelet, dan efek *matriks* [7]. Dengan demikian, pemilihan metode preparasi menjadi faktor penting untuk memastikan hasil analisis kadar nikel lebih akurat, presisi, dan konsisten [8][9].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan efektivitas metode *matriks* dan *quartering* terhadap hasil analisis kadar nikel menggunakan ED-XRF Epsilon 4 Panalytical [10]. Penelitian ini bertujuan menentukan metode preparasi yang paling efektif dalam menghasilkan sampel yang homogen, representatif, stabil, dan efisien dari segi waktu pengerjaan [11].

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama sekitar tiga bulan, yaitu pada bulan Maret hingga Mei tahun 2026. Kegiatan penelitian dimulai dari studi pustaka, pengambilan dan preparasi sampel, pengujian laboratorium, pengolahan data, hingga penyusunan laporan hasil penelitian. Penelitian dilaksanakan di PT Natural Persada Mandiri, site project PT. Bososi Pratama yang berlokasi di Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara.

### 2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas bahan uji dan bahan penunjang. Bahan uji berupa sampel wet ore nikel yang berasal dari area penambangan, sedangkan bahan penunjang meliputi plastik sampel dan cup aluminium. Alat utama yang digunakan adalah spektrometer ED-XRF Epsilon 4 Panalytical. Alat penunjang yang digunakan meliputi oven, jaw crusher, double roll crusher, pulverizer, test sieve screen 200 mesh, scoop 30D, scoop 20D, scoop 5D, scoop 3D scoop 1D, papan aluminium, papan *matriks*, splitter, shovel, dan talang.

### 2.3 Prosedur Penelitian

Sampel wet ore nikel diambil dari area pit pertambangan pada tiga titik berbeda. Pada setiap titik, sampel terdiri atas 20 karung yang kemudian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu 10 karung untuk metode *matriks* dan 10 karung untuk metode *quartering*. Pembagian tersebut dilakukan agar hasil preparasi dari kedua metode dapat dibandingkan secara langsung.

Pada metode *matriks*, sampel terlebih dahulu dipisahkan antara material batu dan tanah. Ukuran sampel kemudian direduksi hingga mencapai ukuran -10 mm, dilanjutkan dengan proses mixing agar material lebih homogen. Pembagian sampel dilakukan menggunakan pola *matriks* 5 × 6 dan 4 × 5 dengan bantuan scoop JIS. Metode ini digunakan untuk memperoleh sub-sampel yang representatif melalui pengambilan sampel secara sistematis dari beberapa bagian hamparan material.

Pada metode *quartering*, sampel dibagi menjadi empat bagian yang relatif sama besar. Dua bagian diagonal dipilih sebagai sub-sampel, sedangkan dua bagian lainnya dipisahkan. Proses tersebut dilakukan berulang sebanyak tiga kali disertai proses mixing hingga diperoleh massa sampel yang dibutuhkan. Metode ini digunakan sebagai pembanding karena merupakan salah satu metode reduksi sampel yang sederhana dan umum diterapkan dalam preparasi sampel bijih [12].

Sampel hasil preparasi basah kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu sekitar 105°C selama ±6 jam untuk mengurangi kadar air. Setelah pengeringan, sampel dilanjutkan ke preparasi kering menggunakan double roll crusher hingga ukuran -3 mm dan dihaluskan menggunakan pulverizer sampai lolos ayakan 200 mesh. Sampel yang telah berukuran -200 mesh ditimbang sebanyak 10 gram, dimasukkan ke dalam cetakan aluminium, kemudian dibuat press pellet menggunakan tekanan 20 ton. Pellet yang telah terbentuk dianalisis menggunakan ED-XRF Epsilon 4 Panalytical secara duplo untuk memperoleh hasil yang lebih konsisten.

## 2.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung selama proses preparasi sampel dan pengujian laboratorium. Data utama berupa nilai kadar nikel dari sampel yang dipreparasi menggunakan metode *matriks* dan metode *quartering*, sedangkan data pendukung diperoleh dari studi pustaka yang berkaitan dengan sampling, preparasi sampel, dan analisis XRF. Data dianalisis secara deskriptif komparatif dengan membandingkan nilai rata-rata kadar Ni dan efisiensi waktu preparasi dari kedua metode.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Proses Preparasi Sampel

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil analisis menggunakan dua metode preparasi, yaitu *matriks* dan *quartering*, terhadap sampel bijih nikel. Kandungan kadar nikel dipilih sebagai acuan utama karena kadar nikel merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam menentukan harga jual bijih (*ore*). Meskipun demikian, unsur-unsur lain dalam bijih tetap perlu diperhatikan dalam proses penjualan, mengingat keberadaannya dapat memengaruhi kualitas dan nilai ekonomi bijih nikel secara keseluruhan.

Sampel yang diambil di lapangan dibawa ke laboratorium dalam kondisi basah dengan jumlah yang relatif besar. Sehingga, diperlukan proses preparasi yang tepat untuk dapat mewakili populasi sampel yang ada. Salah satu aspek yang paling penting dalam proses preparasi sampel adalah pemilihan metode yang tepat. Dalam penelitian ini telah dilakukan dua metode preparasi yang berbeda yang itu dengan metode *matriks* dan metode *quartering* [13].



**Gambar 1.** Proses preparasi sampel menggunakan metode *matriks*  
 Sumber: Dokumentasi penelitian, 2026

Dalam proses preparasi, kedua metode ini memiliki perbedaan pada proses pengerjaan khususnya pada tahap reduksi sampel. Untuk metode *matriks* dari total 10 sampel, pengerjaan dilakukan dengan melakukan dua composite pada sampel dimana tiap composite terdiri dari 5 karung sampel. Kemudian sampel di *mixing* dan di hamparkan menjadi beberapa bagian dengan ukuran dan volume yang sama berdasarkan garis dan kolom yaitu 6x5 dan 4x5. Sub sampel kemudian diambil setiap sel *matriks* dan digabungkan menjadi satu sampel uji. Cara ini bertujuan untuk meminimalkan bias pengambilan dan meningkatkan homogenitas serta representativitas sampel [14].



**Gambar 2.** Proses preparasi sampel menggunakan metode *quartering*  
 Sumber: Dokumentasi penelitian, 2026

Kemudian untuk metode *quartering* dari total 10 sampel pengerjaan dilakukan tiap 1 karung sampel. Untuk metode *quartering* Prinsip kerjanya meliputi pengadukan menyeluruh (mencampurkan) seluruh material awal, lalu membentuk tumpukan kerucut (*cone*), meratakan puncaknya, dan kemudian membagi kerucut tersebut menjadi empat bagian kuadran yang sama besar. Dari keempat bagian itu, diambil dua kuadran yang berseberangan untuk dikombinasikan sebagai sub-sampel, sementara dua bagian lain dibuang, dan proses ini diulang secara berulang hingga tercapai berat sampel yang diinginkan, namun pada penelitian ini dilakukan proses *quartering* sebanyak 3 kali [15].

Sampel yang telah dilakukan preparasi *wet* kemudian dilanjutkan dengan proses preparasi *dry*. Metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) memerlukan sampel dalam kondisi kering untuk mendapatkan hasil

yang lebih akurat. Oleh karena itu, sebelum dilakukan analisis kadar nikel, sampel harus mengalami tahap pengeringan untuk menghilangkan kandungan air yang dapat menyebabkan efek *matriks* dan penurunan sensitivitas deteksi. Kadar air yang tinggi dapat menghambat pembacaan sinyal fluoresens dari unsur nikel, sehingga mengakibatkan hasil yang kurang representative [16].

**Tabel 1.** Waktu Pengerjaan Preparasi Analisa

Metode	Total Waktu Pengerjaan (menit)
<i>Matriks</i>	40.00
<i>Quartering</i>	130.00

Sumber : Data Primer Hasil pengamatan 2026

Berdasarkan **Tabel 1**, diperoleh perbandingan waktu pengerjaan preparasi dan analisis sampel menggunakan metode *matriks* dan *quartering* pada 10 sampel bijih nikel. Secara umum, metode *matriks* menunjukkan waktu pengerjaan yang jauh lebih singkat dibandingkan metode *quartering*. Pada metode *matriks*, proses preparasi basah dimulai pada pukul 08.00 dan selesai pada pukul 08.15, sehingga membutuhkan waktu selama 15 menit. Selanjutnya, preparasi kering dilakukan mulai pukul 08.15 hingga 08.30 dengan durasi 15 menit. Proses analisis menggunakan alat XRF dilakukan pada pukul 08.30 sampai 08.40 dengan waktu analisis selama 10 menit. Dengan demikian, total waktu pengerjaan untuk metode *matriks* adalah sekitar 40 menit.

Sementara itu, pada metode *quartering* proses preparasi basah dimulai pukul 09.00 dan selesai pada pukul 09.35 dengan durasi 35 menit. Proses preparasi kering dilanjutkan dari pukul 09.35 hingga 10.35 dengan waktu pengerjaan selama 60 menit. Untuk proses analisis menggunakan XRF dilakukan mulai pukul 10.20 hingga 11.55 dengan durasi sekitar 35 menit. Dengan demikian, total waktu pengerjaan metode *quartering* adalah 130 menit.

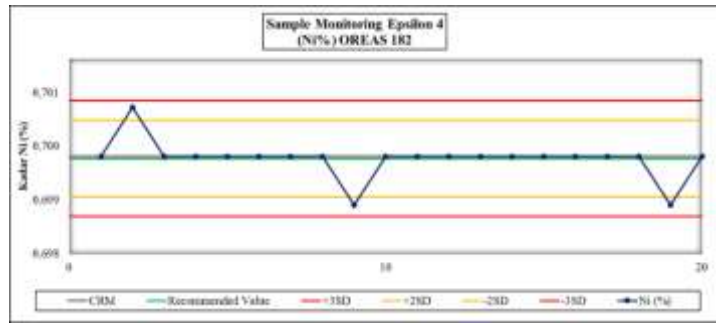
Jika dibandingkan secara keseluruhan, metode *matriks* memiliki keunggulan dalam efisiensi waktu, dengan selisih sekitar 90 menit lebih cepat dibandingkan metode *quartering*. Perbedaan waktu ini disebabkan oleh perbedaan teknik preparasi, di mana metode *matriks* menggunakan pendekatan komposit dan pembagian grid yang lebih sistematis, sehingga prosesnya lebih cepat dan terkontrol. Sebaliknya, metode *quartering* memerlukan proses pembagian berulang yang lebih kompleks dan memakan waktu, terutama pada tahap reduksi sampel [17].

Dari sudut pandang operasional, efisiensi waktu menjadi faktor penting dalam kegiatan analisis laboratorium, khususnya pada industri pertambangan yang memerlukan hasil cepat untuk pengambilan keputusan. Oleh karena itu, metode *matriks* lebih direkomendasikan untuk digunakan dalam kondisi laboratorium dengan jumlah sampel yang besar dan kebutuhan analisis yang cepat.

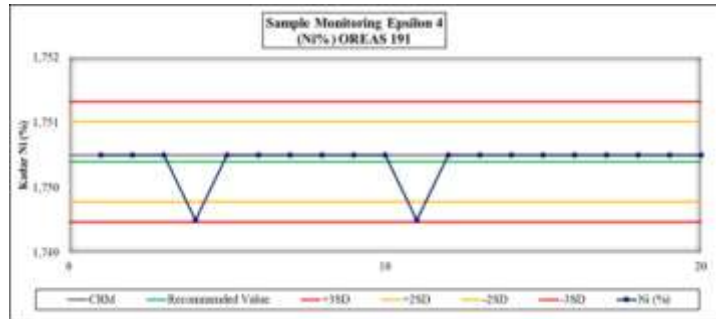
### 3.2 Analisis Kadar Nikel Sampel pada Alat ED-XRF

Proses analisis kadar unsur pada penelitian ini dilakukan menggunakan alat *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF) terhadap sampel bijih nikel yang telah melalui tahap preparasi dan dibuat dalam bentuk press pellet. Pada penelitian ini, pengujian dengan alat XRF Epsilon 4 dibaca pada unsur Ni. Penggunaan metode ED-XRF dalam penelitian ini didasarkan pada keunggulannya dalam memberikan hasil analisis yang cepat, tidak merusak sampel (*non-destructive*), serta memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi apabila didukung oleh preparasi sampel yang homogen dan sistem pengendalian mutu alat yang baik. Dalam penelitian ini, sampel yang dianalisis terdiri atas tiga data, yaitu data 1, data 2, dan data 3 yang masing-masing diuji menggunakan dua metode preparasi, yaitu metode *matriks* dan metode *quartering*.

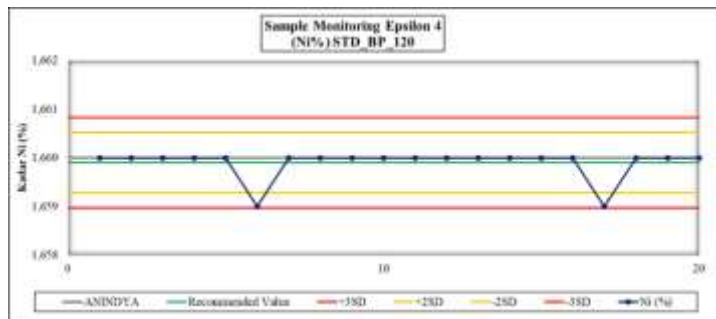
Sebelum dilakukan pembacaan kadar terhadap sampel, dilakukan tahap pengujian standar (*quality control*) menggunakan sampel acuan. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat ED-XRF berada dalam kondisi stabil serta mampu menghasilkan data yang akurat dan reliabel. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis standar, standar pertama yaitu *Certified Reference Material* (CRM) OREAS sebagai standar internasional. *Certified Reference Material* (CRM) sebagai bahan standar yang telah melalui proses pengukuran berulang pada banyak laboratorium tersertifikasi internasional dan kedua, standar in-house yang merupakan bahan acuan sekunder dalam pengendalian mutu internal suatu laboratorium, pengujian yang menunjang akurasi serta presisi hasil analisis yang merepresentasikan kondisi material lokal [18].



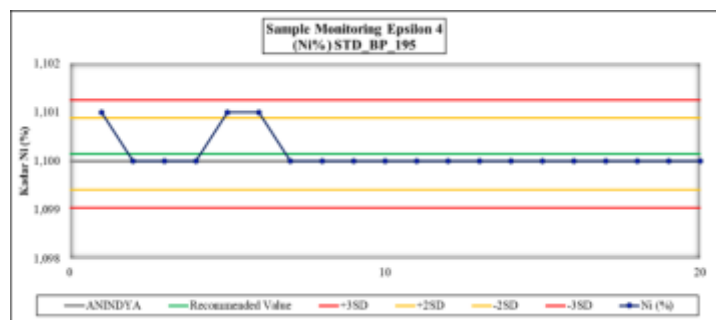
**Gambar 3.** Grafik Pembacaan Sampel Standar Oreas 182



**Gambar 4.** Grafik pembacaan sampel standar OREAS 191



**Gambar 5.** Grafik pembacaan sampel standar BP\_120



**Gambar 6.** Grafik pembacaan sampel standar BP\_195  
 Sumber : Data primer hasil pengujian, 2026

Berdasarkan seluruh hasil pembacaan terhadap standar Certified Reference Material (CRM) OREAS 182, OREAS 191, serta standar in-house BP 120 dan BP 195, dapat disimpulkan bahwa kinerja alat *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF) Epsilon 4 dalam penelitian ini menunjukkan performa yang sangat baik dari segi akurasi, presisi, maupun kestabilan analisis.

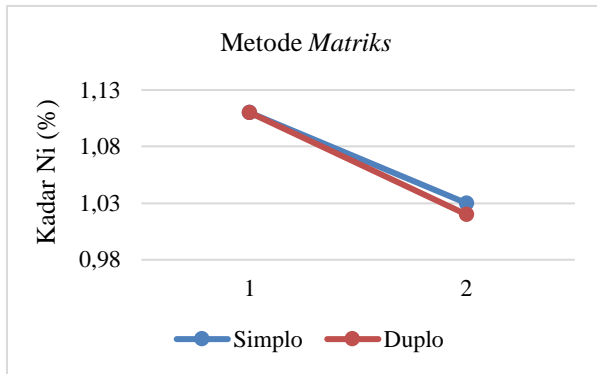
Hal ini ditunjukkan oleh kesesuaian yang sangat tinggi antara nilai rata-rata hasil pembacaan dengan nilai acuan (CRM recommended value maupun nilai sertifikat standar in-house). Pada OREAS 182 diperoleh nilai 0,70 yang sama dengan nilai acuan, pada OREAS 191 diperoleh nilai 1,75 yang juga identik dengan nilai CRM, kemudian pada BP 120 diperoleh nilai 1,66 sesuai dengan nilai sertifikat, serta pada BP 195 diperoleh nilai 1,10 yang juga sesuai dengan nilai acuan. Kesesuaian ini menunjukkan bahwa alat

memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi, karena mampu menghasilkan nilai yang sangat mendekati nilai sebenarnya. Penggunaan dua jenis standar, yaitu CRM internasional dan standar *in-house*, juga memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap performa alat [19].

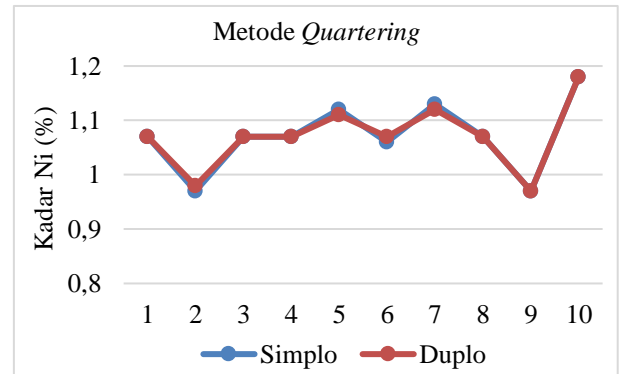
Selain itu, dari sisi pengendalian mutu statistik, seluruh hasil pembacaan berada dalam rentang batas kendali  $\pm 2$  standar deviasi (SD) dan tidak ada satupun data yang melewati batas  $\pm 3$  SD. Kondisi ini menunjukkan bahwa alat berada dalam keadaan terkendali secara statistik (*in control*) dan tidak mengalami penyimpangan baik secara sistematis maupun acak. Hal ini berarti bahwa proses analisis dapat diulang dengan hasil yang relatif sama, sehingga meningkatkan tingkat kepercayaan terhadap data yang dihasilkan.

### 3.3 Hasil Analisis Kadar Ni pada ED-XRF Epsilon 4

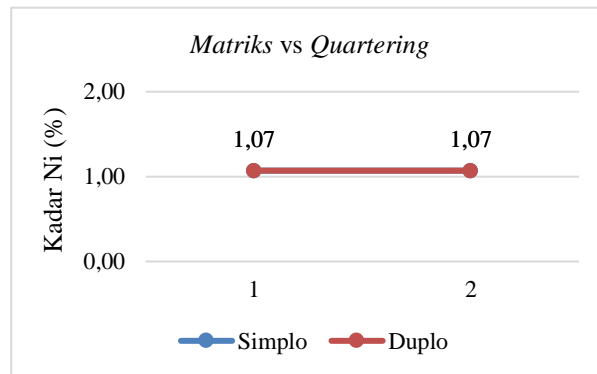
#### 3.3.1 Hasil Analisis Kadar Ni Data 1



Gambar 7. Grafik Hasil Analisa Kadar Ni Metode Matriks Data 1



Gambar 8. Grafik Hasil Analisa Kadar Ni Metode Quartering Data 1



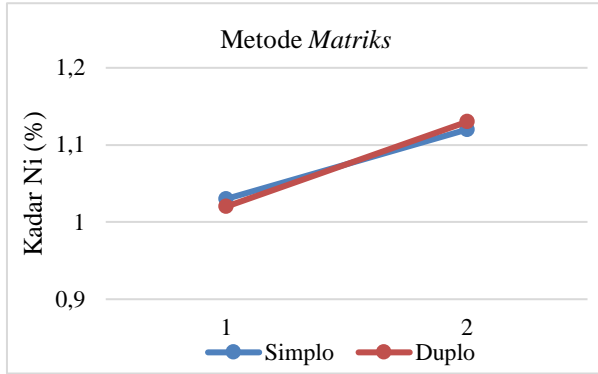
Gambar 9. Grafik Perbandingan Kadar Ni Data 1  
Sumber : Data primer hasil pengujian, 2026

Berdasarkan hasil analisis pada Data 1, metode *matriks* menghasilkan kadar Ni rata-rata sekitar 1,07%, sedangkan metode *quartering* juga menghasilkan kadar Ni rata-rata sekitar 1,07%. Kedekatan nilai ini menunjukkan bahwa pada sampel Data 1, kedua metode preparasi sama-sama mampu memberikan hasil akhir yang identik. Selain itu, hasil pembacaan simplex dan duplo pada masing-masing metode juga menunjukkan selisih yang sangat kecil, sehingga dapat dinyatakan bahwa presisi pengukuran pada Data 1 tergolong baik [20].

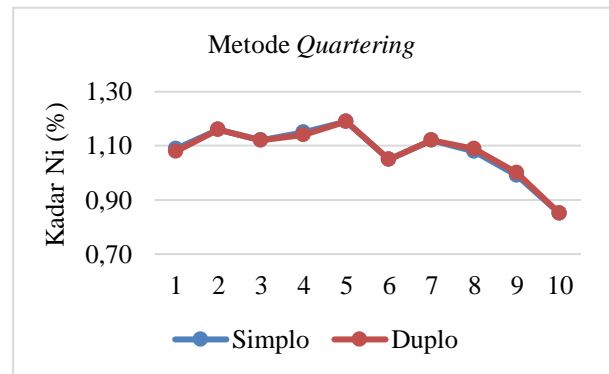
Walaupun hasil rata-rata kedua metode hampir sama, sebaran data pada metode *matriks* tampak lebih rapat dibandingkan *quartering*. Hal ini menunjukkan bahwa metode *matriks* cenderung menghasilkan homogenitas sampel yang lebih baik. Pada metode *matriks*, pengambilan sub-sampel dilakukan secara sistematis melalui pembagian grid sehingga setiap bagian material memiliki peluang yang lebih merata untuk terwakili. Sebaliknya, pada *quartering*, hasil yang sama masih dapat diperoleh, tetapi proses pembagian dan pemilihan kuadran tetap memiliki peluang menghasilkan variasi yang lebih besar, terutama apabila distribusi ukuran butir dan mineralisasi pada material tidak sepenuhnya seragam [21].

Dengan demikian, pada Data 1 dapat dipahami bahwa kedua metode masih memberikan hasil yang sebanding, namun metode *matriks* sudah mulai menunjukkan keunggulan dari sisi kestabilan hasil dan keterwakilan sampel.

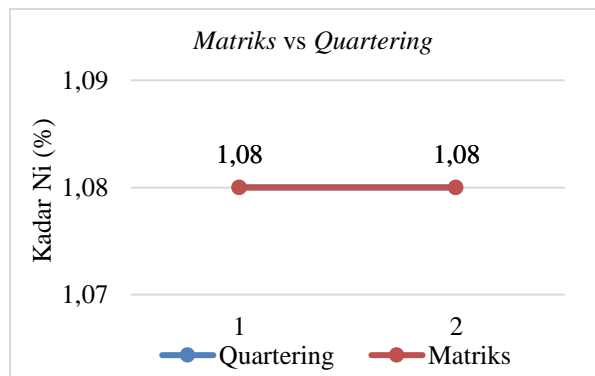
3.3.2 Hasil Analisis Kadar Ni Data 2



Gambar 10. Grafik Hasil Analisa Kadar Ni Metode Matriks Data 2



Gambar 11. Grafik Hasil Analisa Kadar Ni Metode Quartering Data 2

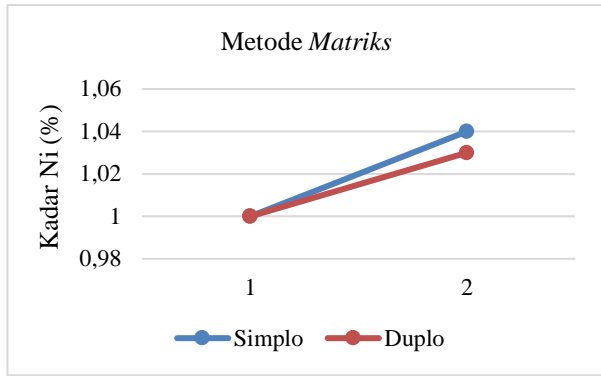


Gambar 12. Grafik Perbandingan Kadar Ni Data 2  
Sumber : Data primer hasil pengujian, 2026

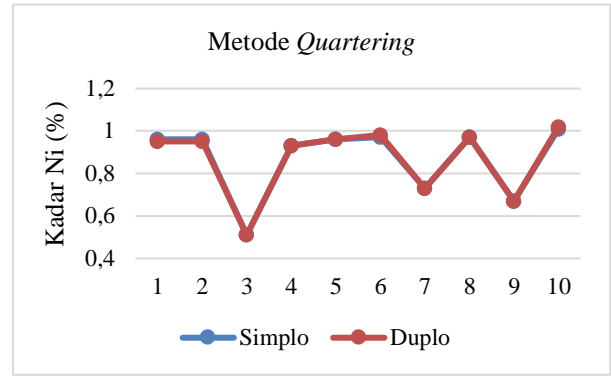
Pada Data 2, hasil analisis kadar Ni dengan metode *matriks* diperoleh rata-rata sekitar 1,08%, sedangkan metode *quartering* juga memberikan hasil rata-rata sekitar 1,08%. Secara nilai akhir, kedua metode kembali menunjukkan kedekatan hasil yang sangat tinggi. Kondisi ini menegaskan bahwa untuk sampel tertentu, baik metode *matriks* maupun *quartering* masih dapat memberikan hasil analisis yang relatif sama [22].

Meskipun demikian, apabila diperhatikan dari pola sebaran datanya, metode *quartering* menunjukkan rentang variasi yang lebih lebar daripada metode *matriks*. Hal ini mengindikasikan bahwa *quartering* lebih sensitif terhadap ketidakhomogenan sampel. Pada material bijih nikel yang memiliki variasi kadar antarfragmen, proses pembagian menjadi empat bagian dan pemilihan dua kuadran berseberangan dapat menyebabkan fraksi tertentu lebih dominan atau justru tidak terwakili secara optimal. Sebaliknya, metode *matriks* cenderung menekan potensi bias tersebut karena pengambilan sampel dilakukan dari banyak titik pada hamparan. Data 2 memperkuat temuan pada Data 1 bahwa walaupun nilai rata-rata akhir dari kedua metode dapat sama atau sangat berdekatan, metode *matriks* tetap menunjukkan performa yang lebih stabil. Stabilitas ini penting karena dalam analisis laboratorium, bukan hanya nilai akhir yang diperhatikan, tetapi juga bagaimana metode tersebut menjaga konsistensi hasil ketika diterapkan berulang kali pada sampel yang berbeda. Hal ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa sampling dan preparasi sampel yang tepat sangat menentukan reliabilitas data analitik karena komposisi sampel harus mencerminkan rata-rata targetnya agar hasil analisis benar-benar representatif dan konsisten [23].

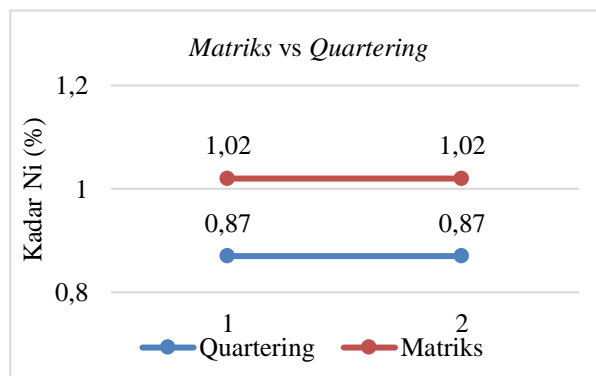
3.3.3 Hasil Analisis Kadar Ni Data 3



Gambar 13. Grafik Hasil Analisa Kadar Ni Metode Matriks Data 3



Gambar 14. Grafik Hasil Analisa Kadar Ni Metode Quartering Data 3



Gambar 15. Grafik Perbandingan Kadar Ni Data 3  
Sumber : Data primer hasil pengujian, 2026

Data *quartering* pada Data 3 juga menunjukkan variasi yang jauh lebih lebar, dengan nilai minimum yang sangat rendah dibandingkan hasil metode *matriks*. Pola ini memperlihatkan bahwa sub-sampel hasil *quartering* kurang homogen dan kurang stabil untuk mewakili keseluruhan material asal. Sementara itu, data pada metode *matriks* berada pada rentang yang jauh lebih sempit, menandakan bahwa hasil preparasinya lebih seragam. Oleh karena itu, nilai 1,02% pada metode *matriks* dapat dipandang sebagai hasil yang lebih representatif terhadap kadar sebenarnya dibandingkan nilai 0,87% pada metode *quartering*.

Secara ilmiah, kondisi pada Data 3 sangat penting karena justru memperlihatkan kemampuan metode dalam menghadapi sampel yang tidak ideal atau heterogen. Bila pada Data 1 dan Data 2 kedua metode masih tampak sebanding, maka pada Data 3 terlihat jelas bahwa metode *matriks* lebih mampu mempertahankan keterwakilan sampel dan meminimalkan bias preparasi. Dengan demikian, Data 3 menjadi dasar paling kuat dalam menilai keunggulan metode *matriks* dibandingkan *quartering*.

Berdasarkan pembahasan Data 1, Data 2, dan Data 3, metode yang paling baik digunakan dalam penelitian ini adalah metode *matriks*. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa pertimbangan utama. Pertama, metode *matriks* secara konsisten menghasilkan data yang stabil dan memiliki sebaran yang lebih rapat dibandingkan metode *quartering*. Kedua, metode *matriks* lebih mampu menjaga homogenitas dan representativitas sampel karena pengambilan sub-sampel dilakukan secara sistematis dari banyak titik pada hamparan material. Ketiga, pada kondisi sampel yang lebih heterogen seperti pada Data 3, metode *matriks* terbukti mampu memberikan hasil yang lebih tinggi dan lebih masuk akal secara representatif, sedangkan metode *quartering* cenderung menghasilkan kadar yang lebih rendah akibat potensi bias pada saat reduksi sampel. Selain itu, apabila dikaitkan dengan pembahasan pada Subbab 3.1, metode *matriks* juga memiliki keunggulan dari sisi efisiensi waktu pengerjaan. Metode ini membutuhkan waktu preparasi yang jauh lebih singkat dibandingkan *quartering*. Keunggulan tersebut menjadikan metode *matriks* tidak hanya lebih baik dari aspek mutu data, tetapi juga lebih efisien secara operasional. Dalam konteks laboratorium pertambangan yang menuntut kecepatan dan keandalan hasil analisis, kombinasi antara representativitas yang baik dan efisiensi waktu merupakan nilai tambah yang sangat penting [24].

Metode *quartering* pada dasarnya tetap dapat digunakan sebagai metode reduksi sampel, terutama pada material yang relatif homogen. Namun, berdasarkan hasil penelitian ini, *quartering* menunjukkan

kelemahan ketika diterapkan pada sampel yang heterogen, karena potensi kehilangan fraksi tertentu dan peluang bias pemilihan kuadran lebih besar. Oleh sebab itu, apabila tujuan penelitian atau analisis laboratorium adalah memperoleh hasil kadar Ni yang paling mewakili kondisi sampel sebenarnya, maka metode *quartering* bukanlah pilihan utama pada penelitian ini.

Dengan mempertimbangkan seluruh aspek tersebut, metode *matriks* dipilih sebagai metode preparasi yang terbaik dan paling direkomendasikan untuk digunakan pada analisis kadar nikel menggunakan ED-XRF Epsilon 4 dalam penelitian ini. Metode ini terbukti memberikan hasil yang presisi, lebih stabil, lebih representatif, dan lebih efisien. Oleh karena itu, metode *matriks* layak dijadikan metode utama dalam preparasi sampel bijih nikel pada kondisi penelitian serupa maupun pada kegiatan analisis laboratorium rutin.

Secara keseluruhan, metode *matriks* menghasilkan sampel yang lebih homogen dibandingkan metode *quartering*. Kondisi ini menunjukkan bahwa metode pengambilan sampel secara sistematis mampu meningkatkan keterwakilan material dan mengurangi variasi hasil analisis [3], [11]. Perbedaan hasil antara metode *matriks* dan *quartering* dapat dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel yang tidak merata selama proses preparasi. Pada metode *quartering*, segregasi partikel dapat terjadi akibat perbedaan ukuran dan massa partikel [6]. Homogenitas sampel merupakan salah satu faktor penting dalam analisis menggunakan ED-XRF karena preparasi sampel, ukuran partikel, kadar air, dan efek *matriks* dapat memengaruhi kestabilan hasil pembacaan [12]-[14]. Sampel yang homogen akan menghasilkan distribusi unsur yang lebih merata sehingga kestabilan hasil pembacaan meningkat [15]. Oleh karena itu, pemilihan metode preparasi yang tepat menjadi faktor kunci dalam menghasilkan data yang representatif, akurat, dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam industri pertambangan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, metode preparasi *matriks* dan *quartering* memberikan hasil yang berbeda dalam merepresentasikan sampel bijih nikel. Metode *matriks* menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menjaga homogenitas dan keterwakilan sampel dibandingkan metode *quartering*. Pengaruh metode preparasi terhadap hasil analisis kadar nikel terlihat semakin jelas pada sampel dengan tingkat heterogenitas tinggi, di mana metode *matriks* menghasilkan nilai kadar nikel yang lebih representatif, stabil, dan konsisten dibandingkan metode *quartering*.

Selain itu, metode *matriks* memiliki keunggulan dari aspek efisiensi karena membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih singkat dibandingkan metode *quartering*. Dengan mempertimbangkan aspek homogenitas, representativitas, kestabilan hasil analisis, dan efisiensi waktu preparasi, metode *matriks* dapat dinyatakan sebagai metode preparasi yang lebih optimal untuk analisis kadar nikel menggunakan ED-XRF. Oleh karena itu, metode *matriks* lebih direkomendasikan untuk digunakan dalam preparasi sampel bijih nikel pada kegiatan analisis laboratorium.

#### 5. Referensi

- [1] M. A. Faiz, S. Sufriadin, and S. Widodo, "Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit Antara Data Bor dan Produksi Penambangan: Implikasinya Terhadap Pengolahan Bijih Pada Blok X, PT. Vale Indonesia, Tbk. Sorowako," *J. Penelit. Enj.*, vol. 24, no. 1, pp. 93–99, Oct. 2020, doi: 10.25042/jpe.052020.13.
- [2] J. E. A. F. Fatubun and Y. G. Pangkung, "Analysis On Sampling And Sample Preparation Based On Nickel Content Test Results, Pt. Haltim Mining, East Halmahera Regency, North Maluku Province," *INTAN J. Penelit. Tambang*, vol. 1, no. 1, pp. 44–52, Feb. 2022, doi: 10.56139/intan.v1i1.10.
- [3] F. F. Pitard and F. F. Pitard, *Theory of Sampling and Sampling Practice, Third Edition*. Third edition. | Boca Raton : Taylor & Francis, 2019. | Revised edition of: Pierre Gy's sampling theory and: Chapman and Hall/CRC, 2019. doi: 10.1201/97813511105934.
- [4] P. Gy, *Sampling for Analytical Purposes*. Chichester, U.K: John Wiley & Sons.
- [5] Japanese Industrial Standards Association, *JIS M 8109:1996, Garnierite Nickel Ores—Methods for Sampling, Sample Preparation and Determination of Moisture Content*. Tokyo, Japan: Japanese Standards Association, 1996.
- [6] A. Wählisch *et al.*, "Interlaboratory comparison of XRF analysis on thin films, including alloys, oxides, multilayers, and a lithium-ion battery material," *J. Anal. At. Spectrom.*, 2026, doi: 10.1039/D5JA00460H.
- [7] Y. Sari *et al.*, "Nickel recovery in ferronickel concentrate by green selective reduction of nickel laterite," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 57, p. 101798, Sep. 2024, doi:

- 10.1016/j.jestch.2024.101798.
- [8] V. Laperche and B. Lemièrre, “Possible Pitfalls in the Analysis of Minerals and Loose Materials by Portable XRF, and How to Overcome Them,” *Minerals*, vol. 11, no. 1, p. 33, Dec. 2020, doi: 10.3390/min11010033.
- [9] V. Laperche, C. Metayer, J. Gaschaud, P. Wavrer, and T. Quiniou, “On the Influence and Correction of Water Content on pXRF Analysis of Lateritic Nickel Ore Deposits in the Context of Open Pit Mines of New-Caledonia,” *Minerals*, vol. 12, no. 4, p. 415, Mar. 2022, doi: 10.3390/min12040415.
- [10] Y. Sari, A. Manaf, W. Astuti, T. Haryono, F. Nurjaman, and F. Bahfie, “Recovery of ferronickel by green selective reduction of nickel laterite,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1388, no. 1, p. 012026, Sep. 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1388/1/012026.
- [11] V. A. Setyowati and F. Abdul, “Machine learning approach for revealing the nickel grade and recovery optimization in reduction process of laterite ores,” *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 11, p. 101068, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.cscee.2024.101068.
- [12] B. Maestracci, S. Delchini, D. Chateigner, H. Pilliere, L. Lutterotti, and E. Borovin, “Simultaneous combined XRF-XRD analysis of geological sample: New methodological approach for on-site analysis on New-Caledonian Ni-rich harzburgite,” *J. Geochemical Explor.*, vol. 252, p. 107250, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.gexplo.2023.107250.
- [13] O. Astikainen *et al.*, “Industrial Department of Minor and Trace Elements in Direct Nickel Matte Smelting,” *JOM*, vol. 76, no. 9, pp. 5445–5458, Sep. 2024, doi: 10.1007/s11837-024-06739-4.
- [14] U. König, “Nickel Laterites—Mineralogical Monitoring for Grade Definition and Process Optimization,” *Minerals*, vol. 11, no. 11, p. 1178, Oct. 2021, doi: 10.3390/min11111178.
- [15] A. Eljoudiani *et al.*, “Technological Characterization of Cobalt and Nickel Ores from Greece for Metal Recovery,” *Separations*, vol. 11, no. 12, p. 345, Dec. 2024, doi: 10.3390/separations11120345.
- [16] Z. Zulhan *et al.*, “Municipal Solid Waste as a Potential Reducing Agent for Substituting Coal in Ferronickel Production,” *J. Sustain. Metall.*, vol. 10, no. 3, pp. 1572–1579, Sep. 2024, doi: 10.1007/s40831-024-00884-5.
- [17] Q. Sun *et al.*, “Efficient Synchronous Extraction of Nickel, Copper, and Cobalt from Low-Nickel Matte by Sulfation Roasting–Water Leaching Process,” *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, p. 9916, Jun. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-66894-x.
- [18] P. P. M. Ribeiro, L. C. M. de Souza, R. Neumann, I. D. dos Santos, and A. J. B. Dutra, “Nickel and cobalt losses from laterite ore after the sulfation-roasting-leaching processing,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 12404–12415, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.jmrt.2020.08.082.
- [19] W. Astuti *et al.*, “Atmospheric Leaching Behavior and Kinetics of Nickel and Cobalt from Halmahera Limonite Ore,” *Int. J. Technol.*, vol. 15, no. 4, p. 824, Jul. 2024, doi: 10.14716/ijtech.v15i4.5607.
- [20] E. Urtnasan, S. B. Heo, J. W. Yu, C. H. Jung, and J. P. Wang, “Relationship Between Thermodynamic Modeling and Experimental Process for Optimization Ferro-Nickel Smelting,” *Minerals*, vol. 15, no. 2, 2025, doi: 10.3390/min15020101.
- [21] E. Urtnasan, C.-H. Jung, and J.-P. Wang, “The Correlation of Thermodynamic Modelling and Experimental Methods in the Production of Nickel Matte from Saprolite Nickel Ore via CaS,” *Metals (Basel)*, vol. 16, no. 1, p. 119, Jan. 2026, doi: 10.3390/met16010119.
- [22] F. Y. P. Tyassena, Y. Sari, and A. A. I. S. Yusuf, “Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap %Recovery Pada Proses Leaching Bijih Nikel Laterit Asal Pulau Kabaena Sulawesi Tenggara,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. Ind. IX*, vol. 1, pp. 151–154, 2022, [Online]. Available: <https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/314>
- [23] U. Herlina, S. Sudibyoy, E. Prasetyo, D. Lesmana, and S. E. Gestya, “Pengaruh pH, Waktu, Nisbah Volume Organik Dan Aqueos (O/A) Terhadap Proses Pemisahan Kobalt Dari Slag Nickel Pig Iron (NPI),” *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 15, no. 2, p. 438, Dec. 2021, doi: 10.26578/jrti.v15i2.7054.
- [24] R. López-Núñez, M. A. Bello-López, M. Santana-Sosa, C. Bellido-Través, and P. Burgos-Doménech, “Effect of Particle Size on Compost Analysis by Portable X-ray Fluorescence,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 22, p. 11579, Nov. 2022, doi: 10.3390/app122211579.