

PENGARUH PENGGUNAAN BINDER WAX TERHADAP HASIL ANALISIS KADAR NIKEL METODE PRESS PELLET MENGGUNAKAN WD XRF S8 TIGER

M Ikram Naswara Iskandar¹, Selfina Gala^{*2}

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar

*Corresponding author

*Email: selfinagala@unifa.ac.id ; Phone number: 62 895-0250-0768

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh belum adanya optimasi simultan antara rasio binder wax dan tekanan pengepresan pada metode pressed pellet untuk analisis kadar nikel laterit menggunakan WD-XRF. Studi sebelumnya umumnya hanya mengevaluasi satu parameter preparasi secara terpisah, sehingga pengaruh interaksi kedua variabel terhadap akurasi dan presisi belum dikaji secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh rasio *binder wax* dan tekanan pengepresan terhadap hasil analisis kadar nikel serta membandingkannya dengan *Certified Reference Material* (CRM). Metode penelitian meliputi preparasi sampel bijih nikel melalui proses pengeringan, penghancuran, dan pengayakan hingga ukuran halus. Sampel kemudian dicampur dengan binder wax pada variasi 1,5%, 2,0%, dan 2,5%, lalu dipress menjadi pelet dengan tekanan 15 psi, 20 psi, dan 25 psi. Analisis kadar nikel dilakukan menggunakan WD-XRF. Hasil menunjukkan kadar Ni berada pada rentang 1,58–1,64%, lebih tinggi dibandingkan CRM sebesar 1,48%, dengan selisih sekitar 0,10–0,16%. Perbedaan ini mengindikasikan kemungkinan bias sistematis berupa overestimation yang dapat disebabkan oleh efek matriks, particle size effect, atau calibration drift. Penambahan binder wax berpengaruh signifikan terhadap penurunan kadar Ni akibat efek pengenceran, sedangkan tekanan pengepresan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kadar, namun meningkatkan kualitas fisik pelet. Selain itu, karakteristik sampel dari zona transisi limonit-saprolit pada kedalaman sekitar lima meter turut menyebabkan pengayaan nikel. Secara keseluruhan, hasil penelitian dipengaruhi oleh faktor preparasi, metode analisis, dan kondisi geokimia sampel.

Kata kunci : Kadar nikel, *Binder wax*, *Pressed pellet*, WD-XRF

Abstract

This research is motivated by the absence of simultaneous optimization between the binder wax ratio and pressing pressure in the pressed pellet method for laterite nickel content analysis using WD-XRF. Previous studies generally only evaluated one preparation parameter separately, so the effect of the interaction of the two variables on accuracy and precision has not been comprehensively studied. This study aims to evaluate the effect of the binder wax ratio and pressing pressure on the results of nickel content analysis and compare them with Certified Reference Material (CRM). The research method includes the preparation of nickel ore samples through a process of drying, crushing, and sieving to a fine size. The samples were then mixed with binder wax at variations of 1.5%, 2.0%, and 2.5%, then pressed into pellets at pressures of 15 psi, 20 psi, and 25 psi. Nickel content analysis was carried out using WD-XRF. The results showed that the Ni content was in the range of 1.58–1.64%, higher than the CRM of 1.48%, with a difference of approximately 0.10–0.16%. This difference indicates the possibility of systematic bias in the form of overestimation which can be caused by matrix effects, particle size effects, or calibration drift. The addition of binder wax significantly reduced Ni content due to the dilution effect, while pressing pressure did not significantly affect the content value, but increased the physical quality of the pellets. In addition, the characteristics of the samples from the limonite-saprolite transition zone at a depth of about five meters also contributed to nickel enrichment. Overall, the results of the study were influenced by preparation factors, analytical methods, and geochemical conditions of the samples.

Keywords : Nickel content, *Binder wax*, *Pressed pellets*, WD-XRF

Pendahuluan

Nikel merupakan salah satu komoditas mineral strategis yang memiliki peranan penting dalam industri global, khususnya sebagai bahan baku utama dalam pembuatan baja tahan karat (*stainless steel*), baterai, serta berbagai aplikasi teknologi maju. Indonesia sebagai salah satu produsen nikel laterit terbesar di dunia memiliki kebutuhan yang tinggi terhadap metode analisis yang cepat, akurat, dan andal untuk menentukan kadar nikel dalam bijih nikel. Ketepatan analisis kadar nikel sangat menentukan kualitas produk, nilai ekonomi, serta pengambilan keputusan dalam kegiatan eksplorasi, pengolahan, dan pengendalian mutu bahan tambang sebagaimana dilaporkan oleh Rikal, M. dan Gala, S. (2025) serta Hidayat, M.F. dan Iryani, A.S. (2025).

Salah satu metode analisis unsur yang banyak digunakan dalam industri pertambangan adalah *X-ray Fluorescence (XRF)*, khususnya *Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence (WD-XRF)*, karena memiliki keunggulan dalam hal presisi, akurasi, serta kemampuan analisis multiunsur. Instrumen *WD-XRF* seperti Bruker S8 Tiger banyak diaplikasikan untuk analisis bijih nikel karena mampu memberikan hasil yang stabil dan reproduktif pada rentang konsentrasi unsur mayor hingga minor sebagaimana dijelaskan oleh Schlotz dan Uhlig (2006) serta Nanyang Technological University (n.d.). Namun demikian, kualitas hasil analisis *WD-XRF* sangat dipengaruhi oleh tahapan preparasi sampel yang digunakan.

Preparasi sampel merupakan faktor kritis dalam analisis *XRF*, karena ketidakhomogenan, ukuran partikel, dan kondisi fisik sampel dapat menyebabkan kesalahan matriks dan menurunkan ketelitian hasil pengukuran. Metode *pressed pellet* merupakan salah satu teknik preparasi yang umum digunakan karena relatif cepat, ekonomis, dan tidak memerlukan perlakuan suhu tinggi seperti pada metode *fused glass bead*. Metode ini sangat sesuai untuk analisis bijih nikel laterit, namun tetap memiliki tantangan terkait kekuatan mekanik *pellet* dan homogenitas sampel sebagaimana diungkapkan oleh Rohiman dan Arifin (2020) serta Takahashi (2015).

Untuk meningkatkan kerapatan dan kestabilan *pellet*, sering digunakan bahan pengikat (binder), salah satunya adalah wax (licowax). Penggunaan binder wax dalam preparasi *pressed pellet* bertujuan untuk meningkatkan kohesi antar partikel, mengurangi retak atau pecahnya *pellet*, serta meningkatkan reproduktifitas hasil analisis. Meskipun

demikian, penambahan binder juga berpotensi mempengaruhi hasil analisis karena dapat menimbulkan efek pengenceran (*dilution effect*) dan memengaruhi intensitas sinyal fluoresensi unsur yang dianalisis, termasuk nikel sebagaimana dijelaskan oleh *XRF Scientific* (n.d.) dan *Kintek Press* (n.d.).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa variasi prosedur preparasi sampel, termasuk penggunaan dan jumlah binder, dapat mempengaruhi akurasi dan presisi analisis *XRF* secara signifikan. *Derivative dan Serbia* (2021) serta *Croffie et al.* (2020) melaporkan bahwa perbedaan teknik preparasi dapat menyebabkan variasi hasil analisis yang cukup besar, terutama pada metode *pressed pellet*. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa tekanan pengepresan, jenis wadah *pellet*, serta komposisi binder merupakan faktor penting yang harus dikendalikan untuk memperoleh hasil yang konsisten sebagaimana ditunjukkan oleh *Ramdani et al.* (2025) dan *Mijatović et al.* (2022).

Meskipun penggunaan binder wax telah banyak diaplikasikan secara praktis, kajian yang secara spesifik membahas pengaruh penggunaan binder wax terhadap hasil analisis kadar nikel pada bijih nikel laterit menggunakan metode *pressed pellet* dengan instrumen *WD-XRF Bruker S8 Tiger* masih relatif terbatas. Padahal, pemahaman yang komprehensif mengenai pengaruh binder wax sangat penting untuk memastikan bahwa hasil analisis yang diperoleh benar-benar merepresentasikan kandungan nikel sebenarnya dalam sampel, serta dapat dijadikan acuan dalam pengendalian mutu laboratorium dan industri pertambangan sebagaimana ditekankan oleh *Samiei et al* (2024) serta *Rikal, M. dan Gala, S.* (2025).

Meskipun metode *pressed pellet* telah banyak digunakan, belum terdapat kajian yang secara sistematis mengoptimasi pengaruh rasio binder wax dan tekanan pengepresan secara simultan terhadap hasil analisis kadar nikel menggunakan *WD-XRF*. Selain itu, evaluasi terhadap potensi bias hasil analisis dibandingkan *CRM* juga masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan pendekatan eksperimental yang terkontrol.

Metode

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan desain faktorial untuk mengevaluasi pengaruh rasio binder wax dan tekanan pengepresan terhadap hasil analisis kadar nikel menggunakan WD-XRF. Dua faktor utama yang diuji yaitu rasio binder wax (1,5%; 2,0%; dan 2,5%) serta tekanan pengepresan (15, 20, dan 25 psi), dimana setiap kombinasi perlakuan dilakukan minimal dalam tiga kali replikasi guna memastikan keterulangan data dan memungkinkan analisis statistik yang lebih valid. Pendekatan ini digunakan agar hasil penelitian tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga inferensial melalui pengujian signifikansi pengaruh variabel.

Tahap awal penelitian dilakukan melalui persiapan sampel bijih nikel laterit yang dikeringkan menggunakan oven untuk menghilangkan kadar air bebas, kemudian digerus hingga menjadi serbuk halus dan diayak hingga ukuran 200 mesh untuk meminimalkan pengaruh ukuran partikel (*particle size effect*). Sampel yang telah homogen selanjutnya disimpan dalam desikator untuk menjaga kestabilan sebelum dilakukan preparasi lebih lanjut. Pada tahap pencampuran, sebanyak 10 gram sampel ditimbang dan dicampur dengan binder wax sesuai variasi yang telah ditentukan, kemudian dihomogenkan secara menyeluruh guna meminimalkan ketidakseragaman yang dapat menyebabkan *matrix effect* pada analisis XRF.

Campuran sampel dan binder wax kemudian diproses menjadi pellet menggunakan metode *pressed pellet* dengan bantuan hydraulic press pada variasi tekanan 15, 20, dan 25 psi, dengan waktu pengepresan yang dibuat konstan untuk seluruh sampel agar diperoleh densitas yang seragam. Pellet yang dihasilkan diperiksa secara visual untuk memastikan tidak terdapat retakan atau cacat fisik, kemudian diberi kode sesuai kombinasi perlakuan dan disimpan dalam desikator untuk menjaga kestabilan fisik serta mencegah pengaruh kelembaban lingkungan.

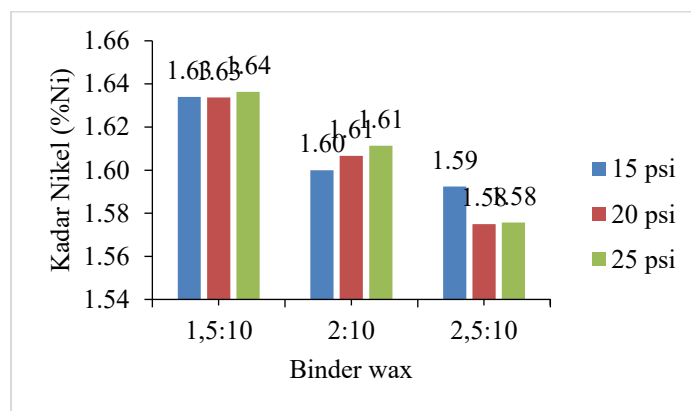
Analisis kadar nikel dilakukan menggunakan instrumen WD-XRF Bruker S8 Tiger, dimana setiap pellet diukur pada posisi yang sama untuk meminimalkan variasi pembacaan. Pengukuran dilakukan secara berulang (triplo) untuk memperoleh data yang representatif dan dapat digunakan dalam evaluasi presisi. Presisi analisis dinilai menggunakan Relative Standard Deviation (RSD), sedangkan akurasi dievaluasi melalui perhitungan persen recovery dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap nilai

Certified Reference Material (CRM). Evaluasi ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan adanya bias sistematis pada hasil analisis.

Selanjutnya, data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji statistik berupa ANOVA dua arah untuk menentukan signifikansi pengaruh rasio binder wax, tekanan pengepresan, serta interaksi keduanya terhadap kadar nikel, presisi, dan akurasi. Hasil analisis data disajikan dalam bentuk nilai rata-rata, RSD, dan recovery, serta divisualisasikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memperjelas pola hubungan antar variabel. Berdasarkan hasil tersebut, ditentukan kondisi preparasi optimum dengan kriteria nilai RSD terendah, recovery mendekati 100%, dan hasil yang stabil. Namun demikian, interpretasi hasil tetap mempertimbangkan kemungkinan pengaruh faktor lain seperti *matrix effect*, *particle size effect*, dan *calibration drift* yang dapat mempengaruhi akurasi analisis WD-XRF.

Hasil dan Pembahasan

Analisis kadar nikel dalam bijih laterit memerlukan metode yang akurat dan preparasi sampel yang baik, salah satunya menggunakan *Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence* (WD-XRF) dengan metode *press pellet*. Metode ini membutuhkan kualitas pelet yang homogen dan kuat, sehingga sering digunakan *binder* seperti wax untuk meningkatkan kestabilan pelet. Penggunaan binder dapat mempengaruhi hasil analisis akibat efek matriks maupun perubahan komposisi relatif unsur, sehingga perlu dikaji lebih lanjut terkait pengaruhnya. Oleh karena itu, penelitian ini membahas pengaruh penggunaan binder wax terhadap hasil analisis kadar nikel metode *press pellet* menggunakan WD XRF S8 TIGER.



Gambar 1. Hasil Analisis Kadar Nikel

Berdasarkan grafik, variasi rasio binder wax terhadap sampel serta tekanan (15, 20, dan 25 psi) menunjukkan pengaruh yang cukup signifikan terhadap hasil pembacaan kadar nikel (%Ni). Selain itu, hasil ini juga dapat dievaluasi dengan membandingkannya terhadap nilai CRM (Certified Reference Material) sebesar 1,48% serta mempertimbangkan bahwa sampel berasal dari kedalaman 5 m.

Pada rasio 1,5:10, kadar nikel yang diperoleh merupakan yang tertinggi, yaitu sekitar 1,63% (15 psi), 1,63% (20 psi), dan 1,64% (25 psi). Jika dibandingkan dengan nilai CRM (1,48%), seluruh hasil pada rasio ini menunjukkan nilai yang lebih tinggi dengan selisih sekitar +0,15% hingga +0,16%. Hal ini mengindikasikan bahwa rasio binder yang rendah mampu menghasilkan pelet yang lebih representatif terhadap kandungan nikel sebenarnya dalam sampel, meskipun terdapat kemungkinan overestimasi akibat efek matriks atau homogenitas sampel yang belum sempurna.

Pada rasio 2:10, kadar nikel sedikit menurun menjadi 1,60% (15 psi), 1,61% (20 psi), dan 1,61% (25 psi). Dibandingkan dengan CRM, selisihnya berkisar +0,12% hingga +0,13%. Penurunan ini menunjukkan bahwa peningkatan rasio binder wax mulai memberikan efek dilusi terhadap sampel, sehingga intensitas unsur nikel yang terdeteksi oleh instrumen menjadi lebih rendah. Namun demikian, hasilnya masih relatif lebih tinggi dari nilai CRM, yang mengindikasikan bahwa kandungan nikel dalam sampel pada kedalaman 5 m memang cenderung lebih tinggi dibandingkan standar acuan.

Sementara itu, pada rasio 2,5:10, kadar nikel menunjukkan nilai terendah yaitu 1,59% (15 psi), 1,58% (20 psi), dan 1,58% (25 psi). Selisih terhadap CRM berada pada kisaran +0,10% hingga +0,11%. Hal ini memperkuat bahwa semakin besar rasio binder wax, maka semakin besar pula efek pengenceran yang terjadi, sehingga kadar nikel yang terbaca semakin mendekati nilai CRM. Namun, nilai ini belum tentu menunjukkan akurasi terbaik, melainkan bisa disebabkan oleh penurunan sensitivitas akibat dominasi binder dalam pelet.

Dari sisi tekanan, peningkatan tekanan dari 15 psi ke 25 psi cenderung meningkatkan sedikit atau menstabilkan hasil kadar nikel, terutama pada rasio binder rendah. Tekanan yang lebih tinggi menghasilkan pelet yang lebih kompak, mengurangi

porositas, dan meningkatkan konsistensi pembacaan. Hal ini terlihat jelas pada rasio 1,5:10 yang menunjukkan kenaikan hingga 1,64% pada 25 psi, sebagai nilai tertinggi dari seluruh variasi.

Jika dikaitkan dengan kedalaman pengambilan sampel 5 m, kadar nikel yang lebih tinggi dari CRM dapat disebabkan oleh karakteristik geologi pada lapisan tersebut. Pada kedalaman ini, mineral pembawa nikel kemungkinan masih cukup terkonsentrasi dan belum banyak mengalami pelindian (*leaching*), sehingga kandungan nikel relatif tinggi. Hal ini menjelaskan mengapa seluruh hasil pengujian berada di atas nilai CRM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh nilai kadar nikel yang diperoleh, yaitu berkisar antara 1,58–1,64%, secara konsisten lebih tinggi dibandingkan nilai Certified Reference Material (CRM) sebesar 1,48%. Pola ini mengindikasikan adanya kemungkinan bias sistematis (*overestimation*) dalam hasil analisis. Beberapa faktor yang berpotensi menyebabkan bias tersebut antara lain *matrix effect*, dimana komposisi mineral laterit dapat mempengaruhi intensitas fluoresensi Ni, *calibration drift* pada instrumen WD-XRF yang menyebabkan pergeseran hasil pembacaan, serta *particle size effect* yang mempengaruhi homogenitas sampel dan interaksi sinar-X dengan material. Oleh karena itu, selisih terhadap CRM tidak dapat secara langsung diinterpretasikan sebagai kandungan nikel yang lebih tinggi, melainkan perlu dipertimbangkan sebagai potensi deviasi metode analisis yang digunakan. Selain itu, interpretasi geologi terkait kemungkinan pengayaan nikel pada kedalaman ± 5 m perlu didukung oleh data atau literatur yang relevan, karena tanpa dukungan tersebut penjelasan yang diberikan masih bersifat spekulatif dan kurang kuat secara ilmiah.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa rasio binder wax berpengaruh signifikan terhadap hasil analisis kadar nikel akibat efek pengenceran (*dilution effect*), dimana peningkatan jumlah binder cenderung menurunkan nilai kadar nikel terukur. Sebaliknya, tekanan pengepresan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kadar nikel, namun berperan dalam meningkatkan kualitas fisik pellet, seperti kekompakan dan kestabilan bentuk. Meskipun demikian, adanya deviasi sistematis terhadap nilai *Certified Reference Material* (CRM) menunjukkan bahwa kondisi preparasi yang digunakan belum

sepenuhnya optimal. Oleh karena itu, disarankan penggunaan rasio binder rendah (1,5%) dengan kontrol homogenitas yang baik, validasi metode melalui kalibrasi ulang menggunakan CRM, serta penerapan desain eksperimen dan analisis statistik untuk memperoleh kondisi preparasi optimum yang lebih robust. Rekomendasi ini diharapkan dapat menjadi acuan praktis dalam meningkatkan akurasi analisis WD-XRF pada bijih nikel laterit.

Daftar Referensi

- Allobunga, S., Putri, R. H. K., Siamashari, M. A., Julita, I. J., Fathoni, A. U., & Dwiriawan, H. (2022). The Mined Volume Calculation in the Traditional Mining Area by Using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Approach in the Observation Area of CV. Sinergi Karya Solutif, Patikraja District, Banyumas Regency, East Java Province, Indonesia. *Journal of Earth and Marine Technology*, 2(2). <https://doi.org/10.31284/j.jemt.2022.v2i2.2869>
- Anggreini, D., Bahtiar, S., Widyawati, F., & 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>
- Bakri, S., Ardana, M. F., Juradi, M. I., Nurhawaisyah, S. R., & Mundiana, A. (2022). Studi Ukuran Fraksi Partikel Terhadap Kadar Nikel Dan Kandungan Air Pada Bijih Nikel Laterit. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 1(2), 81–85. <https://doi.org/10.61844/jtkm.v1i2.271>
- Dahliar, N., Widodo, S., & 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., Prianata, Y. L. O., & 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>
- Faiz, M. A., Sufriadin, S., & Widodo, S. (2020). Analisis Perbandingan Kadar Bijih Nikel Laterit Antara Data Bor dan Produksi Penambangan: Implikasinya Terhadap

- Pengolahan Bijih Pada Blok X, PT. Vale Indonesia, Tbk. Sorowako. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 24(1), 93–99. <https://doi.org/10.25042/jpe.052020.13>
- 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_FULL_TANPA_BAB_PEMBAHASAN.pdf)
- Fathoni, M. W., & Mubarak, M. Z. (2024). Studi perilaku pelindian bijih besi nikel limonit dari pulau halmahera dalam larutan asam nitrat. *Majalah Metalurgi*, 30(3), 115–124.
- 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. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 1(1), 44–42.
- Febriana. (2020). Effect of Sulfur Addition to Nickel Recovery of Laterite Ore. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 14–20.
- Guo, F., Liu, W., He, Y., Li, X., & Zhang, H. (2024). Study on the combustion characteristics and pollutant emissions of cold-pressed pellets and pellet powders in fluidized-bed. *Renewable Energy*, 220(September 2023). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119689>
- Haruna, N., Wardiyati, T., Maghfoer, M. D., & Handayanto, E. (2019). FITOREMEDIASI LAHAN YANG MENGALAMI CEKAMAN LOGAM BERAT NIKEL DENGAN MENGGUNAKAN TUMBUHAN ENDEMIK BELIMBING BAJO (*Sarcotheca celebica* Veldk). *Journal TABARO Agriculture Science*, 2(2), 239. <https://doi.org/10.35914/tabaro.v2i2.133>
- Hasria, H., Asfar, S., Ngkoimani, L. O., Okto, A., Jaya, R. I. M. C., & Sepdiansar, R. (2021). Pengaruh Geomorfologi Terhadap Pola Distribusi Unsur Nikel Dan Besi Pada Endapan Nikel Laterit Di Kabupaten Buton Tengah-Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(2), 103. <https://doi.org/10.20527/jg.v7i2.10716>
- Hasria, H., Resmin, M., Okto, A., Masri, M., Arisona, A., Al Firman, A. F., Harisma, H., Jaya, R. I. M. C., Septiana, S., Sawaludin, S., & Salihin, L. O. M. I. (2024). Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Ketebalan Endapan Nikel Laterit Daerah Tobimeita,

- Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 6(3), 174–185. <https://doi.org/10.14710/jgt.6.3.2023.174-185>
- Hernanto, A., Pitulima, J., & 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>
- Hidayat, S., Yulianti, S., Anggreini, D., & Bahtiar, S. (2021). Study of Nickel Leaching Using Sulfuric Acid and Phosphoric Acid on The Selectivity Nickel Ore. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(3), 393–396. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i3.2602>
- Jafar, N., Thamsi, A. B., Aprilia, R. D., & Aswadi, M. (2022). Analisis Kualitas Tanah pada Lahan Bekas Tambang Nikel di Desa Ussu Kecamatan Malili Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal GEOSAPTA*, 8(2), 85. <https://doi.org/10.20527/jg.v8i2.11652>
- Jarot, J. P., & Astuti, T. L. R. (2023). Nikel Laterit Pulau Gag: Menelusuri Proses Terbentuknya dan Implikasinya dalam Industri Pertambangan. *ReTII*, 18(1), 871–880.
- Kurniadi, A., Rosana, M., Yuningsih, E., & Pambudi, L. (2017). 14316-32088-1-PB_PGJ-AdiK. *Padjajaran Geoscience Journal*, 1(2), 149.
- Linga, P. S., Wong, I. L. K., & Fitriani, E. B. (2022). Analisis Hasil Pengujian California Bearing Ratio Penambahan Slag Nikel Pada Tanah Lempung. *Paulus Civil Engineering Journal*, 4(4), 564–570. <https://doi.org/10.52722/pcej.v4i4.539>
- Lintjewis, L., Setiawan, I., & Kausar, A. Al. (2019). Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 29(1), 91. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2019.v29.970>
- Mahadika, G. (2021). Conditional Harmony: the Relations Between Mining Company and Local People. *Jurnal CIC Lembaga Riset Dan Konsultan Sosial*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.51486/jbo.v3i1.24>
- Majalis, A. N., Permatasari, N. V., Novitasari, Y., Wicaksono, N., Armin, D., & Pratiwi, R. (2020). Kajian Awal Produksi Fero Sulfat dari Slag Nikel Melalui Proses Pelindian

- Menggunakan Asam Sulfat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 31–38.
<https://doi.org/10.14710/jil.18.1.31-38>
- Majalis, A. N., Wicaksono, N., Novitasari, Y., Permatasari, N., & Pratiwi, R. (2022). Pengolahan kromium(vi) pada air limbah pertambangan bijih nikel menggunakan besi(ii) yang diperoleh dari slag nikel. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 18(3), 177–191. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol18.No3.2022.1314>
- 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>
- Manuel, F. (2023). Investigation Into The Thermal Upgrading of Nickeliferous Laterite Ore. *Material Science*, 1–10.
- Masuara, A. H. (2018). Evaluasi Kadar Produksi Nikel Laterit Di Pt. Antam Tbk. *Jurnal Dintek*, 11(Nomor 2), 33–45.
- Miao, Y., Hynan, P., Jouanne, A., & Y. (2019). *Current Li_ Ion Battery Technologies in Electric Vehicles and Opportunities for Advancements Energies*. 1-20.
- Mijatović, N., Vasić, M., Miličić, L., Radomirović, M., & Radojević, Z. (2023). Fired pressed pellet as a sample preparation technique of choice for an energy dispersive X-ray fluorescence analysis of raw clays. *Talanta*, 252(August 2022). <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123844>
- Mubarak, M. (2018). Coastline Changes in North Bengkalis Island, Indonesia: Satellite Imagery Analysis and Observation. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 5(2), 1127–1132. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2018.052.1127>
- Mustam, M., Azis, H. A., Ramdani, N., Amin, I. I., & 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., & Potrobangsana, S. (2022). *Korelasi Suhu Larutan dan Waktu Pelapisan terhadap Ketebalan dan Kekerasan Nikel Plating Baja St 37*. 6(1), 14–20.
- Nur Vita Permatasari, Adji Kawigraha, Abdul Hapid, & Nurhadi Wibowo. (2023). IDENTIFIKASI PERUBAHAN MINERAL SELAMA PROSES PEMANASAN PELET KOMPOSIT NIKEL DENGAN ANALISIS DIFRAKSI SINAR X (IDENTIFICATION OF

- MINERAL CHANGES DURING HEATING OF NICKEL COMPOSITE USING X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS). *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 12(1), 9–16.
<https://doi.org/10.29122/mipi.v12i1.479>
- Nurfaidah, A. Y., Lestari, D. P., Azzahra, R. T., & Suminar, D. R. (2020a). 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>
- Nurfaidah, A. Y., Lestari, D. P., Azzahra, R. T., & Suminar, D. R. (2020b). 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>
- Panji Permana, A. (2021). Kajian Coal Rank Berdasarkan Analisa Proximate (Studi Kasus Batubara di Kabupaten Sorong). *Jurnal Teknik*, 14(2), 123–131.
- Prasetya, F. A., Faria, N., Susanto, T. E., Firdaus, R. N., & Zamzami, Y. A. (2021). Influence of Sand Casting Waste as Substitutor of Quartz Sand in Mortar. *Rekayasa*, 14(3), 416–420. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.12451>
- Prasetyo et al., 2016. (2016). Analisis Xrd Dan Sem Terhadap Hasil Kalsinasi Pada Bijih Nikel Laterit Jenis Saprolit. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, November*, 1–5.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/810>
- Pratama, T. N., & Hadianoro, S. (2023). Aktivasi Serat Kapuk Dengan Asam Dan Basa Pada Sintesis Biosorben Untuk Menyerap Ion Logam Nikel Dari Larutan Niso4. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 622–628.
<https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.281>
- 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., & Anyar, G. (2022). Ekstraksi Nikel Dari Bijih Nikel Laterit Sorowako Dengan Asam Nitrat. *Inovasi Teknik Kimia*, 7(2), 53–57.
- Raharjo, P., Saputra, M. D., Illahude, D., & Wijaya, P. H. (2019). Identification of Quaternary Sediments and the Existence of Biogenic Gas Sources in the Topang Delta, Meranti, Riau. *Bulletin of the Marine Geology*, 34(2).

<https://doi.org/10.32693/bomg.34.2.2019.595>

- Raivel, R., Hasrianto, H., Amir, M. K., & Dzakir, L. O. (2023). Karakteristik Endapan Nikel Laterit Daerah Molawe Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. *Mining Science And Technology Journal*, 2(3), 178–191. <https://doi.org/10.54297/minetech-journal.v2i3.543>
- Rao, M., Zhang, T., Li, G., Zhou, Q., Luo, J., Zhang, X., Zhu, Z., Peng, Z., & Jiang, T. (2020). Solvent extraction of Ni and Co from the phosphoric acid leaching solution of laterite ore by P204 and P507. *Metals*, 10(4), 4–5. <https://doi.org/10.3390/met10040545>
- Rikal, M. R., Gala, S., Fajar, U., Selatan, S., & Powder, P. (2025). Analisis Nikel dan Besi pada Bijih Nikel Laterit Menggunakan XRF dengan Metode Pressed Powder dan Pressed Pellet. 7(2), 336–347.
- Rium, L. R. (2023). *Preparasi & labo rato rium nikel*.
- Rykusova, N., Shestopalov, O., Lebedev, V., Tykhomyrova, T., & Bakharieva, G. (2019). Identification of Properties of Recycled High-density Polyethylene Composites When Filled with Waste Mud Solids. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(10), 55–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163656>
- Sokoltsov, V., Tokarchuk, V., & Sviderskyi, V. (2018). Influence of Silicons of Different Structures on the Hydration of Compositional Cements. *Technology Audit and Production Reserves*, 6(3), 4–8. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.148312>
- Solang, G. D., Rande, S. A., & Wardana, N. K. (2021). Kajian Proses Blending Pengapalan Bijih Nikel Di Site Moronopo Pt Antam Tbk Ubpn Provinsi Maluku Utara. *Mining Insight*, 02(02), 79–90.
- Sukarman, Erlina Yanuarini, Lilis Tiyani, Shofie Rania Salsabila, & Viona Seren. (2022). Pengaruh Subtitusi Slag Nikel Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Sebagai Pemecah Gelombang. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 9(1). <https://doi.org/10.33197/jitter.vol9.iss1.2022.952>
- Suwendi, & Sinardi. (2024). Uji Analisis Nikel Ore / Ni (Sampel Cek) Menggunakan Metode Press Pellet Berdasarkan Variasi Suhu Pengeringan ,. 5(11), 4533–4545.
- Syukran, M., Bakri, H., Djamaludin, D., & Yudha, W. (2022). MODEL SEBARAN KADAR

- NIKEL LATERIT DI PT. SINAR JAYA SULTRA UTAMA. *Mining Science And Technology Journal*, 1(1), 20–30. <https://doi.org/10.54297/minetech-journal.v1i1.257>
- Tanjung, A. A., Gonzales, R., Seprianti, A., & Izati, R. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Terak Nikel (Slag) sebagai Bahan Baku Pembuatan Shotcrete dan Penanganan Limbah Lumpur Nikel (Slurry) untuk Mengurangi Dampak Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Migasian*, 6(2), 11–22. <https://doi.org/10.36601/jm.v6i2.214>
- Taupan, M., Anshari, E., & 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., Sangadji, C. D., Nurhawaisyah, S. R., Aswadi, M., & Amsah, L. O. M. Y. (2022). Analisis Perbandingan Kadar Nikel Hasil Pengeboran Dengan Hasil Penambangan Di Pt Mandiri Mineral Perkasa. *Jurnal Pertambangan*, 6(2), 65–70. <https://doi.org/10.36706/jp.v6i2.1098>
- Umstition, D. M., Sandiah, N., & Kurniawan, W. (2022). Produktivitas Sorgum BMR (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pada Tanah Top Soil Lokasi Tambang Nikel dengan Level Pemberian Urea Berbeda. *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*, 4(4), 315. <https://doi.org/10.56625/jipho.v4i4.28709>
- Wahab, N., Ramli, I., & Azis, H. (2024). *Analysis Of Laterite Nickel Ore Quality Control Using X-Ray Fluorescence Method Analisis Pengendalian Kualitas Biji Nikel Laterit Dengan Menggunakan Metode X-.* 4(2), 39–49.
- Wahab, W., Anshari, E., Mili, M. Z., Nafiu, W. R. A., Khaq, M. N., Daniyatno, D., Firdaus, F., & Sutriyatna, Y. I. (2021). Studi Pengaruh Variabel Proses dan Kinetika Ekstraksi Nikel dari Bijih Nikel Laterit Menggunakan Larutan Asam Sulfat pada Tekanan Atmosferik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(1), 37. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.61533>
- Widiatmoko, P., & Nurdin, I. (2018). Pengaruh krom pada elektrodeposisi nikel dari larutan nikel-krom. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 10(2), 54. <https://doi.org/10.5614/jtki.2011.10.2.2>
- Yansiku, S. I., & Duran, Y. G. G. L. (2025). TERAK NON-BESI SEBAGAI TAMBAH SEMEN PORTLAND PADA BETON STRUKTURAL. *Jurnal Teknik Sipil Dan*

Arsitektur, 30(1), 138–149. <https://doi.org/10.36728/jtsa.v30i1.4453>

Zhu, Zheng, Zhu, Pan, Li, AN, & L. (2018). *Utilization of Limonitic Nickel Laterite to Produce Ferronickel Concentrate by The Selective Reduction-Magnetic Separation Process*. 1-11.