



Integrasi Sumber Energi Terbarukan dalam Pemanfaatan Sumber Daya Nikel di Luwu Timur

Integration of Renewable Energy Sources in the Utilization of Nickel Resources in East Luwu

Arya Dewa Nugroho¹⁾ *, Imam Supriyadi²⁾, Suyono Thamrin³⁾ & Mohamad Sidik Boedoyo⁴⁾

1,2,3,4) Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Diterima: Mei 2023; Direview: Juli 2023; Dipublikasi: Agustus 2023

*Corresponding Email: aryanugroho724@gmail.com

Abstrak

Kabupaten Luwu Timur merupakan salah satu daerah di Sulawesi Selatan yang memiliki potensi sumber daya alam yang cukup besar, termasuk sumber daya mineral seperti nikel. Namun, kebutuhan energi untuk menjalankan sektor industri ini menjadi tantangan tersendiri, terutama dalam hal penyediaan energi yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi sumber energi terbarukan di wilayah tersebut dan bagaimana pemanfaatannya dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil serta dampak lingkungan yang dihasilkan oleh industri pertambangan nikel. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dengan *Focused Group Discussion* (FGD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi sumber energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan infrastruktur *microgrid* memiliki potensi yang besar dalam pemanfaatan sumber daya nikel di Luwu Timur.

Kata Kunci: Luwu Timur, Industri Pengolahan Nikel, Kebutuhan Listrik, Energi Terbarukan.

Abstract

East Luwu Regency is one of the areas in South Sulawesi which has quite large natural resource potential, including mineral resources such as nickel. However, the need for energy to run this industrial sector is a challenge in itself, especially in terms of supplying environmentally friendly energy. This study aims to analyze the potential of renewable energy sources in the region and how their use can reduce dependence on fossil energy sources and environmental pathways generated by the nickel mining industry. The research method used is a qualitative method with *Focused Group Discussion* (FGD). The results of the study show that the integration of renewable energy sources such as hydroelectric power plants (PLTA) and *microgrid* infrastructure has great potential in the utilization of nickel resources in East Luwu.

Keywords: East Luwu, Nickel Processing Industry, Electricity Needs, Renewable Energy.



PENDAHULUAN

Nikel merupakan salah satu komoditas tambang yang penting bagi perekonomian Indonesia. Sebagai salah satu negara penghasil nikel, Indonesia memiliki potensi cadangan nikel terbesar di dunia. Potensi cadangan nikel Indonesia diperkirakan mencapai lebih dari 21 juta ton (USGS, 2022).

Ketersediaan cadangan nikel ini memberikan peluang besar bagi negara untuk meningkatkan pendapatan dari sektor tambang. Industri pengolahan nikel merupakan salah satu sektor industri yang membutuhkan energi dalam jumlah yang sangat besar. Proses pengolahan nikel dari bijih menjadi logam nikel mengandalkan proses peleburan dan pemurnian yang membutuhkan sumber energi yang besar, seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam (Prasetyo, 2016).

Kendati begitu, proses pengolahan industri nikel seringkali menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan seperti penurunan kualitas tanah pada area bekas pertambangan (Jafar et al., 2022). Selain itu, kebutuhan energi yang tinggi juga berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca dan berpotensi mengakibatkan perubahan iklim global (Setiawan, 2017).

Oleh karena itu, pengolahan industri nikel perlu diimbangi dengan

upaya penghematan energi dan peningkatan penggunaan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, tenaga angin, dan energi biomassa yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Hal ini dapat membantu mengurangi dampak negatif industri pengolahan nikel terhadap lingkungan dan ketersediaan sumber daya energi yang terbatas serta mendukung upaya global dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengatasi perubahan iklim global.

Kabupaten Luwu Timur adalah salah satu kabupaten di Sulawesi Selatan yang memiliki sumber daya alam yang melimpah, terutama bijih nikel yang menjadi komoditas utama di daerah ini. Menurut Sulfahmi *et al* (2020) seiring dengan meningkatnya kebutuhan dunia akan nikel, industri pengolahan nikel di Luwu Timur semakin berkembang dan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pendapatan daerah melalui Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis potensi sumber energi terbarukan di wilayah Luwu Timur dan bagaimana pemanfaatannya dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil serta dampak lingkungan yang dihasilkan oleh industri pertambangan nikel.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dengan *Focused Group Discussion* (FGD). Metode FGD adalah sebuah metode dalam riset kualitatif yang digunakan untuk mendapatkan data melalui diskusi yang difokuskan pada topik atau tema tertentu, melibatkan sekelompok kecil peserta dan dipilih berdasarkan karakteristik tertentu. Adapun peserta dari FGD tersebut adalah Civitas Program Studi Ketahanan Energi Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Pemerintah Kabupaten Luwu Timur dan PT Vale.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Profil Kabupaten Luwu Timur

Kabupaten Luwu Timur memiliki luas wilayah 6.944,88 km² dan jumlah penduduk 306.082 jiwa pada tahun 2022.



Gambar 1. Peta Wilayah Luwu Timur

Adapun batas wilayah sebelah utara dengan kabupaten Poso – Sulawesi Tengah, sebelah timur kabupaten Morowali dan Morowali Utara, sebelah selatan kabupaten Kolaka utara, Konawe dan Teluk Bone, sedangkan sebelah barat berbatasan dengan kabupaten Luwu Utara. Salah satu kecamatan yang dikenal memiliki potensi sumber daya alam (SDA) yang relatif besar adalah kecamatan Nuha yaitu dalam bidang pertambangan. Kemudian salah satu Desa di Kecamatan Nuha yakni Sorowako merupakan daerah yang memiliki perusahaan tambang nikel.

Menurut djkn.kemenkeu Blok Sorowako-Towuti memiliki luas lahan sebesar 70.398 hektar dengan potensi cadangan terbukti (*Proven*) sebanyak 96,9 Mt dengan grade 1,8 % dan cadangan terkira (*Probable*) sebanyak 22,3 Mt dengan grade 1,73% dan menghasilkan produksi sebanyak 81.177 ton nikel dalam matte. Hasil produksi Nikel Matte seluruhnya diekspor ke Jepang dengan perjanjian jangka panjang. Nikel matte yang diekspor tersebut mempunyai komposisi 78% Nikel, Cobalt Max 1,54 %, Sulfur 18-22% dan Iron 0,74%.

Perusahaan tambang nikel tersebut dikenal dengan nama PT Vale Indonesia Tbk. Perusahaan tambang inilah yang menjadi salah satu penopang perekonomian masyarakat desa Sorowako

mengingat banyaknya anggaran yang dikeluarkan PT Vale Indonesia Tbk. membantu program-program pemerintah Sulawesi Selatan untuk mengembangkan masyarakat di daerah sekitar.

2. Industri Pengolahan Luwu Timur (Nikel)

Pengolahan industri merupakan salah satu sektor utama dalam pertumbuhan ekonomi suatu negara dan dapat memberikan dampak yang signifikan pada PDRB (Produk Domestik Regional Bruto). Pengolahan industri dapat mencakup berbagai sektor seperti pengolahan makanan, tekstil, kimia, logam, dan lain-lain.

Peningkatan produksi dan produktivitas di sektor pengolahan industri dapat membantu meningkatkan PDRB karena dapat meningkatkan nilai tambah dalam ekonomi suatu negara. Selain itu, pengolahan industri juga dianggap dapat meningkatkan lapangan kerja dan menyediakan kesempatan untuk peningkatan keterampilan dan produktivitas tenaga kerja.

Namun, pengolahan industri juga dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Contohnya, jika industri menghasilkan polusi dan mencemari lingkungan, maka hal ini dapat menyebabkan kerusakan

lingkungan dan dampak kesehatan pada penduduk sekitar, sehingga mengurangi daya tarik investasi dan meningkatkan biaya kesehatan masyarakat. Hal tersebut kemudian dapat berdampak pada penurunan produksi dan produktivitas, dan akhirnya berdampak pada pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, penting bagi industri untuk memperhatikan dampak lingkungan dan sosial dari aktivitas mereka dalam pengolahan industri. Industri harus mematuhi peraturan dan standar lingkungan yang ada, mempromosikan praktek bisnis yang berkelanjutan dan bertanggung jawab, serta memperhatikan kesejahteraan masyarakat sekitar. Dengan cara ini, pengolahan industri dapat berkontribusi positif pada pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan, dan secara tidak langsung meningkatkan PDRB.

Dengan berdirinya industri pertambangan nikel di Sorowako Luwu Timur maka akan memberikan daya tarik bagi masyarakat luar daerah untuk bergabung menjadi bagian dari industri tersebut. Saat ini, PT Vale menjadi produsen nikel terbesar di Indonesia dan menyumbang 4% pasokan nikel dunia.

Pengolahan industri nikel dapat memiliki dampak signifikan pada lingkungan dan kesehatan manusia. Nikel adalah logam yang beracun dan dapat

menyebabkan berbagai masalah kesehatan jika terhirup atau terpapar dalam jumlah yang tinggi (Menz *et al.*, 2023).

Industri nikel terutama terkait dengan produksi baterai listrik karena nikel digunakan sebagai bahan baku utama untuk membuat baterai. Adapun, proses pengolahan nikel yang diperlukan untuk membuat baterai listrik seperti proses ekstraksi, pemurnian, dan elektrodeposisi, yang semuanya dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak ditangani dengan benar (Tang *et al.*, 2023).

Salah satu dampak lingkungan yang paling serius dari industri nikel adalah limbah yang dihasilkan selama proses pengolahan. Limbah ini sering mengandung bahan kimia berbahaya seperti asam sulfat dan logam berat seperti nikel dan kobalt, yang dapat mencemari tanah dan air di sekitar fasilitas pengolahan nikel (Susanto *et al.*, 2020).

Selain itu, produksi baterai listrik yang menggunakan nikel juga dapat menyebabkan dampak pada lingkungan selama siklus hidupnya. Baterai yang digunakan pada kendaraan listrik dan perangkat elektronik harus dibuang setelah pemakaian dan akan menjadi limbah elektronik (*e-waste*). Limbah ini bisa menimbulkan bahaya lingkungan, karena bisa mengandung logam berat dan bahan kimia berbahaya jika tidak didaur ulang

dengan benar (Michaeli *et al.*, 2021).

Untuk mengurangi dampak lingkungan dari industri nikel, diperlukan tindakan yang komprehensif, seperti penggunaan teknologi yang lebih ramah lingkungan dalam proses pengolahan, pemantauan dan pengendalian limbah industri, dan pengembangan solusi daur ulang yang efektif untuk *e-waste*. Selain itu, pemerintah dan industri juga harus bekerja sama untuk mempromosikan penggunaan energi terbarukan dan mobil listrik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Mistry *et al.*, 2016).

3. Sumber Daya Energi Luwu Timur

Kabupaten Luwu Timur merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki potensi sumber daya energi yang cukup besar. Saat ini, pengadaan listrik di daerah Luwu Timur masih menjadi tantangan utama dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat dan mendukung pengembangan industri. Berikut adalah analisis pengadaan listrik di Kabupaten Luwu Timur:

a. Kapasitas Pembangkit Listrik

Kapasitas pembangkit listrik yang dominan terpasang di Kabupaten Luwu Timur adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA yang sudah ada di Luwu Timur saat ini adalah PLTA di Sungai Larona yang dibangun PT Vale pada 1979

silam. Kapasitas PLTA tersebut sebesar 165 Mega Watt (DPM-PTSP, 2023).

PT Vale menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Air sebagai penyuplai energi listrik utama. Dari 3 dam dengan total kapasitas 365 MW, yang mensuplai 38% energi bersih operasional dari PT Vale. Dengan menggunakan PLTA PT. Vale Indonesia dapat mengurangi emisi per tahun sampai dengan kurang lebih 2.000.000 TCO_{2e}. Namun, berkaca dari tingginya kebutuhan energi listrik, kapasitas Pembangkit yang ada di Kabupaten Luwu Timur dianggap masih belum terdiversifikasi dan mencukupi kebutuhan listrik di daerah ini, terutama untuk mendukung pengembangan industri dan sektor usaha.

b. Potensi Energi Terbarukan

Kabupaten Luwu Timur memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang cukup besar, seperti energi surya dan angin. Berdasarkan data dari BMKG, rata-rata jumlah hari cerah di Luwu Timur sepanjang tahun mencapai 227 hari, dengan intensitas sinar matahari mencapai 4,5-6,5 kWh/m² per hari. Oleh karena itu, pemanfaatan energi surya dalam bentuk panel surya dapat menjadi alternatif yang sangat potensial di Luwu Timur. Kemudian Luwu Timur juga memiliki pesisir pantai yang panjang, sehingga memungkinkan

adanya potensi energi angin yang cukup besar di daerah ini. Data dari BMKG menunjukkan bahwa kecepatan angin di Luwu Timur berkisar 5 m/s sepanjang tahun, dengan kecepatan tertinggi terjadi pada bulan Juli hingga September. Dengan adanya potensi energi angin yang cukup besar, Luwu Timur dapat memanfaatkan teknologi turbin angin untuk menghasilkan energi listrik.

Potensi energi terbarukan ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi alternatif guna mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi keterbatasan kapasitas pembangkit listrik yang ada saat ini.

c. Jaringan Listrik

Jaringan listrik di Kabupaten Luwu Timur saat ini masih terbatas dan belum mencakup seluruh wilayah. Hal ini menyebabkan beberapa daerah masih mengalami kesulitan dalam mendapatkan pasokan listrik yang memadai. Diperlukan investasi dalam pengembangan jaringan listrik untuk meningkatkan akses dan ketersediaan listrik di seluruh wilayah Kabupaten Luwu Timur.

d. Sumber Gas Alam

Kabupaten Luwu Timur memiliki potensi sumber gas alam yang cukup besar, terutama di daerah Malili dan Nuha. Namun, pengembangan sumber daya gas alam ini

masih terhambat oleh keterbatasan infrastruktur dan investasi yang diperlukan dalam pengembangan lapangan gas.

e. Ketersediaan Gas

Ketersediaan gas di Kabupaten Luwu Timur masih terbatas dan belum mencakup seluruh wilayah. Pemerintah perlu meningkatkan investasi dalam pengembangan infrastruktur jaringan gas untuk meningkatkan akses dan ketersediaan gas bagi masyarakat dan sektor usaha.

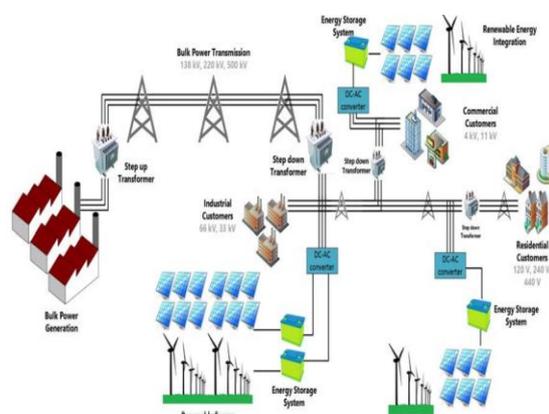
f. Potensi Energi Alternatif

Selain sumber daya gas alam, Kabupaten Luwu Timur juga memiliki potensi sumber daya energi alternatif, seperti biomassa dan biogas. Potensi sumber daya energi alternatif ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti sumber daya gas alam untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat dan industri di Kabupaten Luwu Timur. Seperti yang terjadi pada permasalahan listrik di desa Loeha wilayah kecamatan Towuti luwu timur.

Menurut penelitian yang dilakukan Naim (2020) Permasalahan desa Loeha adalah masih bergantung pada genset dan belum bisa memenuhi kebutuhan listrik di daerah tersebut selama 24 jam. Sejalan dari permasalahan tersebut PLTS *off grid* dapat menjadi solusi untuk membantu

memberikan akses listrik yang lebih luas bagi daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik nasional (PLN).

Mengingat ada beberapa daerah di Kabupaten Luwu Timur yang masih bergantung pada genset maka jaringan lokal yang terintegrasi atau biasa disebut *microgrid* dapat dijadikan sebagai opsi alternatif untuk akselerasi pemenuhan kebutuhan listrik pada daerah luwu timur (Succetti *et al.*, 2023).



Gambar 2. Skema *Microgrid* Sumber : Succetti *et al.*, 2023

Microgrid adalah sebuah sistem jaringan listrik yang terdiri dari sumber energi terbarukan seperti PLTS, PLTB (angin), genset, dan sistem penyimpanan energi seperti baterai (ESS) (Yin *et al.*, 2017). *Microgrid* dapat beroperasi secara *on grid* (terhubung) dan *Off grid* (terpisah) dari jaringan listrik utama dan dapat diatur dan dikendalikan secara independen. Untuk melakukan kajian *microgrid* pada

daerah yang belum bisa terakses grid nasional, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

1) Kebutuhan listrik

Hal pertama yang dilakukan untuk merencanakan pembangunan *microgrid* adalah estimasi kebutuhan listrik. Kebutuhan listrik ini akan mempengaruhi kapasitas dan jenis sistem pembangkit apa yang harus dipilih.

2) Sumber energi terbarukan

Daerah terpencil umumnya memiliki potensi yang besar untuk menggunakan sumber energi terbarukan seperti energi surya atau angin, sehingga perlu dilakukan studi untuk menentukan jenis sumber energi yang paling cocok untuk daerah tersebut.

3) Sistem penyimpanan energi

Microgrid harus dilengkapi dengan sistem penyimpanan energi seperti baterai untuk menyimpan energi yang dihasilkan dan menggunakannya ketika sumber energi utama tidak tersedia.

4) Infrastruktur

Pertimbangan infrastruktur yang diperlukan untuk membangun dan mengoperasikan *microgrid*, seperti panel surya, turbin angin, baterai, inverter, dan kabel listrik merupakan elemen penting yang harus dikaji secara menyeluruh.

5) Biaya

Biaya adalah faktor penting yang perlu diperhatikan dalam kajian *microgrid*. Perlu dilakukan analisis kelayakan untuk menentukan biaya yang diperlukan untuk membangun dan mengoperasikan *microgrid*, dan juga menghitung potensi penghematan biaya dalam jangka panjang. Dengan melakukan kajian *microgrid* pada daerah terpencil yang belum bisa terakses grid nasional, diharapkan dapat memberikan akses listrik yang lebih luas dan terjangkau bagi masyarakat daerah tersebut.

Microgrid juga dapat membantu mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik utama dan meningkatkan ketahanan energi di daerah terpencil (Yunando & Sutriyatna, 2019). Lebih lanjut, ketersediaan listrik yang memadai memiliki dampak positif pada pertumbuhan ekonomi di tingkat daerah atau regional. Ketersediaan listrik yang memadai menjadi faktor penting dalam menarik investasi ke suatu daerah. Dalam industri, banyak perusahaan memerlukan akses ke pasokan listrik yang stabil dan cukup sebagai prasyarat untuk beroperasi secara efisien. Ketersediaan listrik yang memadai juga dapat memperkuat daya saing suatu daerah dalam menarik investasi di sektor-sektor yang memerlukan konsumsi energi tinggi,

seperti sektor manufaktur dan teknologi.

Ketersediaan listrik yang memadai juga dapat meningkatkan daya saing suatu daerah di dalam dan luar negeri. Kemudian ketersediaan listrik yang cukup dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi sektor-sektor ekonomi, sehingga memungkinkan suatu daerah untuk menghasilkan produk dengan biaya yang lebih rendah dan lebih kompetitif (Amalia, 2019).

Dalam sektor kesehatan, pasokan listrik yang stabil dan cukup sangat penting untuk memastikan operasional rumah sakit dan puskesmas. Di bidang pendidikan, listrik memungkinkan penggunaan peralatan modern seperti komputer dan proyektor, yang dapat meningkatkan efektivitas proses belajar mengajar. Dalam rangka memenuhi kebutuhan energi di Kabupaten Luwu Timur, pemerintah perlu meningkatkan investasi dalam pengembangan infrastruktur listrik dan gas. Dari permasalahan tersebut menjelaskan bahwa pengadaan listrik dan gas berpengaruh terhadap PRDB Daerah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa integrasi sumber energi terbarukan terutama Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memiliki potensi yang besar dalam

pemanfaatan sumber daya nikel di Luwu Timur. Pemanfaatan PLTA dapat membantu industri pengolahan nikel di daerah tersebut untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari penggunaan energi tersebut. Kemudian upaya diversifikasi energi dan Penggunaan infrastruktur *microgrid* dapat dijadikan alternatif solusi guna memenuhi kebutuhan listrik di daerah Luwu Timur yang masih terbatas dan belum terhubung *grid* nasional dengan cara mengintegrasikan sumber energi terbarukan dan mengoptimalkan penggunaan energi secara efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D. (2019). Analisis Pengaruh Infrastruktur Terhadap Pertumbuhan Ekonomi (Studi Pada 33 Provinsi di Indonesia Tahun 2008–2017). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB*, 1–13.
- BMKG. (n.d.). *Prakiraan Cuaca Kecamatan Malili (Kabupaten Luwu Timur - Provinsi Sulawesi Selatan)*. BMKG.
- Djkn.kemenkeu. (n.d.). *Sorowako Daerah Potensi SDA Besar*. https://www.djkn.kemenkeu.go.id/kanwil-sulseltrabar/baca_berita/9952/Sorowako-Daerah-Potensi-Besar-SDA.html
- DPM-PTSP. (2023). *Kabupaten Luwu Timur Butuh Investor Bidang Energi dan Perkebunan*. <https://dpmptsp.sulselprov.go.id/publik-read?id=Ekspor-Biji-Kopi-Makin-Harum>
- 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.
- Menz, F., Bauer, M., Böse, O., Pausch, M., & Danzer, M. A. (2023). *Investigating the Thermal Runaway Behaviour of Fresh and Aged Large Prismatic Lithium-Ion Cells in Overtemperature Experiments*.

- Michaeli, E., Solár, V., Maxin, M., Vilček, J., & Boltžiar, M. (2021). The nature of the technosols on the waste from nickel production. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su13010406>
- Mistry, M., Gediga, J., & Boonzaier, S. (2016). Life cycle assessment of nickel products. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(11), 1559–1572. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1085-x>
- Naim, M. (2020). Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Mahalona Kecamatan Towuti. *Dinamika : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1), 27–32. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/dinamika/article/view/3216>
- Prasetyo, P. (2016). Tidak Sederhana Mewujudkan Industri Pengolahan Nikel Laterit Kadar Rendah Di Indonesia Sehubungan Dengan Undang-undang Minerba 2009. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 12(September), 195–207.
- Setiawan, I. (2017). Pengolahan Nikel Laterit Secara Pirometalurgi: Kini Dan Penelitian Kedepan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016, November*, 1–7.
- Succetti, F., Rosato, A., Araneo, R., Lorenzo, G. Di, & Panella, M. (2023). *Challenges and Perspectives of Smart Grid Systems in Islands : A Real Case Study*. 1–39.
- Sulfahmi, P., Asmiani, N., & Thamsi, A. B. (2020). Analisis Manfaat Sektor Pertambangan Terhadap Prekonomian Kab Luwu Timur Menggunakan Metode Analisis Location Quention Dan Analisis Shift-Share. *Jurnal GEOSAPTA*, 6(2), 81. <https://doi.org/10.20527/jg.v6i2.7094>
- Susanto, I., Ranastra Irawan, R., & Hamdani, D. (2020). Nickel slag waste utilization for road pavement material as strategy to reduce environmental pollution. *E3S Web of Conferences*, 202, 1–10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020205003>
- Tang, Y. C., Wang, J. Z., & Shen, Y. H. (2023). Separation of Valuable Metals in The Recycling of Lithium Batteries via Solvent Extraction. *Minerals*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/min13020285>
- USGS. (2022). *Nickel Statistics and Information* (Issue 703).
- Yin, C., Wu, H., Locment, F., & Sechilariu, M. (2017). Energy management of DC microgrid based on photovoltaic combined with diesel generator and supercapacitor. *Energy Conversion and Management*, 132, 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.11.018>
- Yunando, Y., & Sutriyatna, S. (2019). Studi Microgrid System Menuju Pembangunan Desa Mandiri Energi Di Desa Temajuk Kabupaten Sambas. *Elkha*, 10(1), 6. <https://doi.org/10.26418/elkha.v10i1.25277>