

MODERNISASI ENERGI TERBARUKAN DI PULAU KECIL NTT: POTENSI MIKROHIDRO DAN SURYA YANG BELUM TERWUJUD

Angelina Dewi Anggraini Pagung¹, Endang Esterina Tunliu², Maria Nona Desty³, Ningsi Nindawati Neolaka⁴, Yohana Nevita Verawati Asman⁵, Christine E. Meka⁶, Lalu D. Apriawan⁷, Lasarus Jehamat⁸

¹²³⁴⁵ Program Studi Sosiologi, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Nusa Cendana

ARTICLE INFO

Article history:

Received Januari, 2026

Revised Januari, 2026

Accepted Januari, 2026

Available Januari, 2026

anjelinapagung04@gmail.com,
endangtunliu@gmail.com,
destyme2005@gmail.com,
ningsineolaka231@gmail.com,
asmanyohana@gmail.com,
christine.e.meka@staf.undana.ac.id,
lalu.apriawan@staf.undana.ac.id,
lasarus.jehamat@staf.undana.ac.id

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.
Copyright © 2023 by Author. Published by Cahaya Ilmu Bangsa Institute

ABSTRAK

Modernisasi energi merupakan prasyarat penting dalam transisi menuju sistem energi berkelanjutan, khususnya di wilayah kepulauan. Pulau-pulau kecil di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki potensi besar energi surya dan mikrohidro, namun pemanfaatannya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi energi terbarukan, kesenjangan implementasi, serta peran modernisasi dalam pengembangannya di pulau-pulau kecil NTT. Metode yang digunakan adalah kualitatif deskriptif melalui studi literatur terhadap jurnal ilmiah dan laporan kebijakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya pemanfaatan energi terbarukan dipengaruhi oleh kendala teknis, geografis, serta lemahnya modernisasi sosial dan kelembagaan. Penelitian ini menegaskan pentingnya pendekatan modernisasi yang terintegrasi untuk mendorong pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan di wilayah kepulauan.

Kata kunci: modernisasi energi, energi terbarukan, pulau kecil, NTT

ABSTRACT

Energy modernization is essential for the transition toward sustainable energy systems, particularly in island regions. Small islands in East Nusa Tenggara (NTT) have significant solar and micro-hydropower potential, yet utilization remains limited. This study analyzes renewable energy potential, implementation gaps, and the role of modernization in small island contexts. Using a descriptive qualitative literature review, the findings indicate that technical and geographical constraints, along with weak social and institutional modernization, hinder renewable energy development. The study highlights the need for an integrated modernization approach to achieve sustainable renewable energy development in island regions.

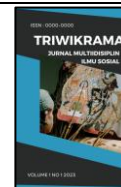
Keywords: energy modernization, renewable energy, small islands, NTT

1. PENDAHULUAN

Modernisasi merupakan proses perubahan sosial yang ditandai oleh pergeseran nilai, sikap, dan pola perilaku masyarakat menuju cara hidup yang lebih rasional, efisien, dan berorientasi pada kemajuan. Dalam konteks kontemporer, modernisasi tidak lagi dipahami semata sebagai transformasi ekonomi dan teknologi, melainkan juga sebagai perubahan pada tingkat individu dan kelembagaan dalam cara berpikir, bekerja, serta berinteraksi dengan lingkungan sosial dan alam. Pada abad ke-21, wacana modernisasi semakin erat kaitannya dengan transisi menuju sistem energi rendah karbon sebagai respons terhadap krisis iklim dan keterbatasan sumber daya energi fosil. Sejumlah kajian mutakhir menegaskan bahwa modernisasi energi menuntut tidak hanya

*Corresponding author

E-mail addresses: anjelinapagung04@gmail.com



inovasi teknologi, tetapi juga perubahan perilaku konsumsi energi, tata kelola kelembagaan, serta pembangunan infrastruktur yang inklusif dan berkelanjutan.

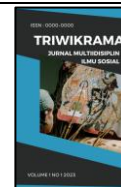
Di Indonesia, transisi energi telah menjadi agenda strategis dalam pembangunan nasional. Pemerintah melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menargetkan peningkatan porsi energi terbarukan dalam bauran energi nasional hingga 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Target tersebut mencerminkan komitmen negara terhadap modernisasi sektor energi dan pembangunan berkelanjutan. Namun, capaian energi terbarukan di tingkat nasional menunjukkan ketimpangan spasial, terutama antara wilayah barat dan timur Indonesia. Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) menjadi salah satu wilayah yang menghadapi tantangan serius dalam pengembangan energi terbarukan akibat keterbatasan infrastruktur, minimnya investasi, kondisi geografis kepulauan, serta rendahnya aksesibilitas layanan energi.

Pulau-pulau kecil di NTT sesungguhnya memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, khususnya tenaga surya dan mikrohidro. Tingginya intensitas radiasi matahari sepanjang tahun menjadikan wilayah ini sangat prospektif untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga surya, baik skala rumah tangga maupun komunal. Selain itu, kondisi topografi berbukit serta keberadaan aliran sungai kecil membuka peluang pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai sumber energi lokal yang berkelanjutan. Sejalan dengan potensi tersebut, kebijakan nasional melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) secara eksplisit mendorong pengembangan pembangkit energi terbarukan berbasis komunitas, khususnya sistem *off-grid*, untuk meningkatkan rasio elektrifikasi di wilayah terpencil dan kepulauan.

Meskipun potensi dan dukungan kebijakan relatif tersedia, pemanfaatan energi surya dan mikrohidro di pulau-pulau kecil NTT hingga kini masih jauh dari optimal. Kesenjangan yang mencolok antara potensi sumber daya energi dan tingkat pemanfaatannya menunjukkan adanya persoalan mendasar dalam proses modernisasi energi. Hambatan tersebut tidak hanya bersifat teknis, seperti keterbatasan teknologi dan infrastruktur, tetapi juga berkaitan dengan faktor sosial, ekonomi, kelembagaan, serta keberlanjutan program. Rendahnya kapasitas pengelolaan di tingkat lokal, minimnya partisipasi masyarakat, serta lemahnya koordinasi antar pemangku kepentingan sering kali menyebabkan proyek energi terbarukan tidak berumur panjang atau tidak berfungsi secara optimal.

Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa modernisasi energi di wilayah pulau-pulau kecil NTT belum berjalan secara komprehensif dan inklusif. Modernisasi masih cenderung dipahami sebagai pengadaan teknologi semata, tanpa diiringi penguatan aspek sosial dan kelembagaan yang menjadi prasyarat keberlanjutan. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang mampu menjelaskan secara kritis mengapa modernisasi energi terbarukan di kawasan kepulauan dengan potensi besar justru mengalami stagnasi dalam implementasinya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan utama mengenai mengapa pemanfaatan teknologi energi terbarukan, khususnya mikrohidro dan panel surya, di pulau-pulau kecil Nusa Tenggara Timur belum optimal meskipun memiliki potensi yang besar. Sejalan dengan itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis peran modernisasi dalam pengembangan energi terbarukan di wilayah pulau-pulau kecil NTT serta mengidentifikasi faktor-faktor struktural, sosial, dan kelembagaan yang menghambat optimalisasi pemanfaatan energi mikrohidro dan surya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik berupa pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika transisi energi di wilayah kepulauan, sekaligus menjadi rujukan bagi perumusan kebijakan energi terbarukan yang lebih efektif, inklusif, dan berkelanjutan.



2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian deskriptif. Pendekatan ini dipilih karena dianggap paling tepat untuk memahami secara mendalam fenomena sosial yang berkaitan dengan kehidupan pemulung, pola kerja, serta berbagai kendala struktural yang mereka hadapi dalam aktivitas pemilahan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Alak, Kota Kupang. Pendekatan kualitatif memungkinkan peneliti untuk menangkap realitas sosial dari perspektif subjek penelitian secara holistik dan kontekstual, sehingga tidak terbatas pada pengukuran kuantitatif semata.

Lokasi penelitian ditetapkan di TPA Alak, Kota Kupang, yang hingga saat ini masih menerapkan sistem *open dumping* dan menjadi ruang aktivitas utama bagi pemulung statis. Penentuan lokasi dilakukan secara purposif dengan pertimbangan bahwa TPA Alak merupakan pusat pembuangan sampah kota sekaligus tempat berlangsungnya interaksi sosial-ekonomi antara pemulung, sampah, dan sistem pengelolaan formal.

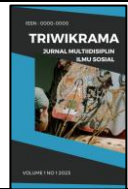
Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan, khususnya terhadap aktivitas pemilahan sampah yang dilakukan pemulung, kondisi lingkungan kerja, pola interaksi antar pemulung, serta hubungan mereka dengan pihak lain yang terlibat dalam rantai pengelolaan sampah. Observasi dilakukan secara non-partisipatif agar peneliti dapat merekam fenomena secara objektif tanpa mengganggu aktivitas subjek penelitian.

Data sekunder diperoleh melalui wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan informan yang dipilih secara purposif, yaitu pemulung yang aktif beroperasi di TPA Alak dan memiliki pengalaman langsung dalam aktivitas pemilahan sampah. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur untuk memberikan ruang bagi informan dalam mengemukakan pengalaman, pandangan, serta strategi bertahan hidup mereka, sekaligus memastikan data yang diperoleh tetap relevan dengan fokus penelitian.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif-analitik. Data yang telah dikumpulkan melalui observasi dan wawancara selanjutnya ditranskripsikan, diklasifikasikan, dan disusun berdasarkan tema-tema utama yang muncul di lapangan, seperti kondisi sosial-ekonomi, praktik kerja, risiko kesehatan dan keselamatan, serta bentuk dukungan yang diterima atau tidak diterima oleh pemulung. Selanjutnya, temuan empiris tersebut dianalisis dengan mengaitkannya pada konsep dan teori yang relevan, khususnya yang berkaitan dengan sektor informal dan pengelolaan sampah perkotaan, guna menarik kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian.

Untuk menjaga keabsahan data, penelitian ini menerapkan teknik triangulasi sumber dan metode, yaitu dengan membandingkan hasil observasi dan wawancara antar informan. Dengan demikian, data yang dihasilkan diharapkan memiliki tingkat validitas dan kredibilitas yang memadai sebagai dasar analisis ilmiah.

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi literatur (*library research*). Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman konseptual dan analitis mengenai modernisasi energi terbarukan di wilayah pulau-pulau kecil Nusa Tenggara Timur melalui penelusuran, penelaahan, dan sintesis sumber-sumber ilmiah yang relevan. Data penelitian bersumber dari literatur sekunder berupa artikel jurnal, buku ilmiah, laporan kebijakan, dan publikasi resmi lembaga nasional maupun internasional, yang diperoleh melalui basis data seperti Google Scholar dan Scopus, serta situs resmi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, International Renewable Energy Agency, dan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis isi (*content analysis*) dengan mengidentifikasi tema, pola, dan hubungan konseptual yang berkaitan dengan modernisasi,



transisi energi, serta pemanfaatan teknologi energi surya dan mikrohidro. Hasil analisis selanjutnya diinterpretasikan secara deskriptif-analitik untuk menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan di pulau-pulau kecil NTT.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Energi Terbarukan di Pulau-Pulau Kecil Nusa Tenggara Timur

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu wilayah dengan potensi energi terbarukan tertinggi di Indonesia, khususnya untuk energi surya dan mikrohidro. Secara teknis, potensi tenaga surya di NTT diperkirakan mencapai 7.728,4 MWp, yang menempatkan provinsi ini sebagai salah satu kawasan paling prospektif dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di tingkat nasional. Tingginya potensi tersebut didukung oleh intensitas penyinaran matahari yang relatif stabil sepanjang tahun, dengan rata-rata radiasi harian di wilayah Kupang dan sekitarnya mencapai 6,0-6,3 kWh/m²/hari, angka yang secara signifikan berada di atas rata-rata nasional. Kondisi ini menjadikan sistem PLTS, baik *off-grid* maupun komunal, sebagai solusi teknis yang sangat relevan bagi pulau-pulau kecil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN.

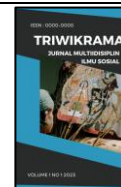
Selain energi surya, NTT juga memiliki potensi mikrohidro yang cukup besar, dengan estimasi potensi teknis mencapai sekitar 369,5 MW. Sebaran potensi ini terutama terdapat di Pulau Flores, Sumba, dan Timor, yang secara geografis memiliki topografi berbukit dan jaringan sungai kecil yang relatif banyak. Studi-studi terbaru menunjukkan bahwa ratusan aliran sungai kecil di wilayah Flores memiliki karakteristik debit dan *head* yang memadai untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) berskala kecil hingga menengah, yaitu antara 5-100 kW. Dalam konteks pulau-pulau kecil, PLTMH memiliki keunggulan sebagai sumber energi berbasis lokal yang relatif stabil dan dapat dikelola oleh komunitas.

Namun demikian, hasil kajian juga mengungkap adanya dinamika lingkungan yang berpotensi mengancam keberlanjutan energi mikrohidro. Perubahan iklim, degradasi hutan, dan alih fungsi lahan telah menyebabkan penurunan debit air di sejumlah wilayah. Di Kabupaten Manggarai Timur, misalnya, data menunjukkan bahwa sebagian besar mata air mengalami penurunan debit signifikan, bahkan beberapa di antaranya tidak lagi berfungsi secara optimal. Kondisi ini mengindikasikan bahwa potensi mikrohidro di NTT tidak dapat dipahami sebagai sumber daya yang statis, melainkan sangat bergantung pada pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Kesenjangan Implementasi dan Faktor-Faktor Penghambat

Meskipun potensi energi terbarukan di NTT tergolong sangat besar, hasil penelitian menunjukkan adanya kesenjangan yang signifikan antara potensi teknis dan tingkat pemanfaatannya. Hingga akhir tahun 2024, kapasitas terpasang PLTS *off-grid* di NTT diperkirakan baru mencapai sekitar 15-20 MWp, sedangkan kapasitas PLTMH yang beroperasi hanya sekitar 12,8 MW. Angka ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan di NTT masih berada pada tahap awal dan belum mencerminkan potensi yang tersedia.

Analisis terhadap berbagai laporan kebijakan dan studi evaluatif menunjukkan bahwa rendahnya tingkat pemanfaatan tersebut tidak hanya disebabkan oleh kendala teknis, tetapi juga oleh faktor kelembagaan dan sosial. Banyak proyek PLTS komunal yang dibangun pada periode 2015-2020 mengalami kegagalan operasional dalam waktu relatif singkat, umumnya kurang dari lima tahun. Penyebab utama kegagalan tersebut meliputi degradasi baterai, kerusakan inverter, serta ketiadaan sistem perawatan rutin yang berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa



pendekatan pembangunan energi terbarukan di wilayah kepulauan masih bersifat proyek jangka pendek dan belum terintegrasi dalam sistem pengelolaan jangka panjang.

PLTMH menghadapi tantangan yang tidak kalah kompleks. Selain masalah teknis seperti fluktuasi debit air musiman dan sedimentasi, kelembagaan pengelola di tingkat desa sering kali tidak memiliki kapasitas manajerial dan teknis yang memadai. Banyak unit PLTMH yang dibangun dengan skema bantuan pemerintah tidak lagi beroperasi karena lemahnya sistem pengelolaan pasca konstruksi. Faktor geografis kepulauan semakin memperparah kondisi ini, mengingat biaya logistik pengadaan material, suku cadang, dan tenaga teknis di NTT dapat mencapai dua hingga empat kali lipat dibandingkan wilayah barat Indonesia. Ketergantungan pada skema bantuan satu kali tanpa dukungan pendanaan operasional jangka panjang juga memperkuat kerentanan keberlanjutan proyek energi terbarukan di wilayah ini.

Peran Modernisasi dalam Menjembatani Kesenjangan Potensi dan Realisasi

Temuan penelitian ini menegaskan bahwa modernisasi energi di pulau-pulau kecil NTT tidak dapat dipahami semata sebagai pengadaan teknologi pembangkit listrik. Modernisasi harus dipandang sebagai proses multidimensi yang mencakup perubahan pola pikir, perilaku konsumsi energi, serta penguatan kapasitas kelembagaan masyarakat lokal. Literatur menunjukkan bahwa kegagalan banyak proyek energi terbarukan di wilayah kepulauan bukan disebabkan oleh ketidaksesuaian teknologi, melainkan oleh absennya modernisasi sosial dan kelembagaan yang menyertainya.

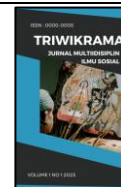
Beberapa praktik modernisasi yang mulai menunjukkan hasil positif di NTT antara lain pemanfaatan teknologi monitoring berbasis Internet of Things (IoT) serta penggunaan baterai lithium-ion pada sistem PLTS. Teknologi ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi sistem hingga 35-40 persen sekaligus mempermudah deteksi dini terhadap gangguan operasional. Selain itu, pembentukan koperasi energi desa atau Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) sebagai pengelola PLTMH secara profesional telah menunjukkan keberhasilan di beberapa wilayah di Flores. Model ini memperkuat rasa kepemilikan masyarakat dan meningkatkan akuntabilitas pengelolaan energi.

Modernisasi juga tercermin dalam upaya peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan teknis lokal serta penerapan mekanisme pembayaran listrik berbasis konsumsi. Skema ini tidak hanya meningkatkan keberlanjutan finansial sistem energi, tetapi juga mendorong perubahan perilaku masyarakat menuju penggunaan energi yang lebih efisien dan bertanggung jawab. Tanpa pendekatan modernisasi yang holistik, kesenjangan antara potensi energi terbarukan dan tingkat pemanfaatannya di NTT diperkirakan akan terus berlanjut.

Implikasi dan Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan hasil sintesis literatur dan analisis konseptual, modernisasi energi di pulau-pulau kecil NTT memerlukan pendekatan kebijakan yang terpadu dan berjangka panjang. Pengembangan energi terbarukan harus disertai dengan investasi pada kapasitas manusia, kelembagaan lokal, dan sistem pendanaan yang berkelanjutan. Rekomendasi kebijakan utama meliputi pengembangan program pelatihan teknis lokal berbasis kompetensi nasional, penerapan skema pendanaan *blended finance* yang mengombinasikan hibah, pinjaman lunak, dan partisipasi masyarakat, serta pemanfaatan teknologi GIS dan pemantauan debit air secara real-time untuk meningkatkan akurasi perencanaan.

Selain itu, penguatan regulasi yang memberikan peran strategis bagi BUMDes atau koperasi desa sebagai pengelola resmi energi terbarukan menjadi krusial. Upaya ini perlu dilengkapi dengan kampanye perubahan perilaku untuk mengurangi ketergantungan pada genset diesel dan



meningkatkan kesadaran akan manfaat energi bersih. Integrasi data antara lembaga pemerintah, PLN, dan lembaga riset energi juga diperlukan untuk mendukung monitoring dan evaluasi capaian bauran energi secara berkelanjutan. Implementasi rekomendasi ini diharapkan dapat mempercepat transisi energi di NTT, mendukung pencapaian target bauran energi terbarukan daerah, serta berkontribusi pada pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan ketujuh terkait energi bersih dan terjangkau.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

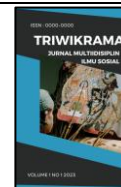
Penelitian ini menunjukkan bahwa pulau-pulau kecil di Nusa Tenggara Timur memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, khususnya energi surya dan mikrohidro, namun pemanfaatannya masih jauh dari optimal. Kesenjangan antara potensi teknis dan tingkat implementasi disebabkan tidak hanya oleh kendala teknologi dan geografis, tetapi juga oleh lemahnya modernisasi sosial dan kelembagaan, keterbatasan kapasitas pengelolaan lokal, serta tidak berkelanjutannya skema pendanaan dan pemeliharaan. Dengan demikian, modernisasi energi di wilayah kepulauan NTT perlu dipahami sebagai proses multidimensi yang mencakup inovasi teknologi, perubahan perilaku konsumsi energi, dan penguatan kelembagaan masyarakat agar transisi energi dapat berjalan efektif dan berkelanjutan.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar pengembangan energi terbarukan di pulau-pulau kecil NTT diarahkan pada pendekatan terpadu yang mengombinasikan penyediaan teknologi dengan peningkatan kapasitas sumber daya manusia dan kelembagaan lokal. Pemerintah dan pemangku kepentingan terkait perlu mendorong pelatihan teknisi lokal, memperkuat peran BUMDes atau koperasi desa sebagai pengelola energi, serta menerapkan skema pendanaan jangka panjang yang berkelanjutan. Selain itu, pemanfaatan teknologi pemantauan dan perencanaan berbasis data perlu diperluas untuk memastikan keberlanjutan sistem energi terbarukan dan mendukung percepatan transisi energi di wilayah kepulauan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Araújo, K. M. (Ed.). (2023). *Routledge handbook of energy transitions*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003183020>
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2023). *Laporan kinerja Kementerian PPN/Bappenas tahun 2023*. Bappenas. <https://www.bappenas.go.id/id/publikasi/laporan-kinerja>
- BBC Indonesia. (2021, 21 Juli). Setengah juta rumah tangga Indonesia hidup tanpa listrik. <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-57766814>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Institute for Essential Services Reform. (2024). *Indonesia energy transition outlook 2024*. IESR. <https://iesr.or.id/pustaka/indonesia-energy-transition-outlook-ieto-2024>
- International Renewable Energy Agency. (2022). *Renewable energy statistics 2022*. IRENA. <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2022>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2020a). *Rencana umum energi nasional (RUEN)*. Kementerian ESDM.



<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-rencana-umum-energi-nasional-ruen.pdf>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2020b). *Rencana strategis Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan tahun 2020-2024*. Kementerian ESDM. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/5b982-renstra-djk-2020-2024.pdf

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2025). Program merdeka dari kegelapan: Pemanfaatan energi terbarukan di NTT. <https://ebtke.esdm.go.id>

Kusumawardhani, A. (2022). *Bisnis Indonesia: Pengelolaan PLTMH dan kelembagaan di Flores*. <https://pubhtml5.com/owkc/zmws/basic/>

Pratiwi, D., & Purnomo, E. P. (2021). *Ecomasjid dan kontribusinya dalam pengelolaan lingkungan*. UAD Press. <https://eprints.uad.ac.id/54594/>

Rahman, A. (2022). Pembangunan desa mandiri energi melalui BUM Desa di NTT. *Rechtsvinding*, 11(2), 1-20. <https://rechtsvinding.bphn.go.id/ejournal/index.php/jrv/article/download/1023/312>

Schreier, M. (2020). *Qualitative content analysis in practice*. SAGE Publications.

Sovacool, B. K., Hess, D. J., & Cantoni, R. (2022). Energy transitions from the cradle to the grave: A meta-theoretical framework integrating responsible innovation, social practices, and energy justice. *Energy Research & Social Science*, 75, Article 102007. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102007>

UPTD SPAM Manggarai Timur. (2024, 9 Oktober). Debit mata air Waenaru Mukun menurun drastis. *Tribun Flores*. <https://flores.tribunnews.com/2024/10/09/kepala-uptd-spam-manggarai-timur-sebut-debit-mata-air-waenaru-mukun-menurun-drastis>

Wahyudi, S., Pratama, R., Suryanto, H., & Nugroho, A. (2024). Pemilihan lokasi potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur. *Repository ITS*. <https://repository.its.ac.id/view/divisions/MMT/2024.html>

Wijaya, A. (2023). Analisis spasial temporal hotspot dengan parameter meteorologi: Radiasi matahari di Kupang, NTT. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran Geografi*, 5(1), 1-10. <https://jppg.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/455>.