

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN LISTRIK TERBARUKAN BERBASIS MIKROGRID UNTUK PEMUKIMAN TERPENCIL

¹Muhammad Ade Kurnia Harahap, ²Sherin Ramadhania, ³Tirangga Ansori, ⁴Gunawan Witjaksono, ⁵Malik

¹Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Simalungun, ²Universitas Bina Bangsa,

³Universitas Teknologi Sumbawa, ⁴Universitas Siber Indonesia, ⁵Universitas Cokroaminoto
Makassar

Email: adekur2000@gmail.com, sherinramadhania12@gmail.com, tirangga.ansori@uts.ac.id, gunawan.witjaksono@cyber-univ.ac.id, 0904087301malik@gmail.com

ABSTRAK

Kata kunci:

Perancangan Listrik,
Jaringan Listrik,
Mikrogrid, Pemukiman
Terpencil

Jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid menjadi semakin relevan dalam memenuhi kebutuhan energi di pemukiman terpencil. Artikel ini membahas perancangan dan implementasi jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid untuk meningkatkan akses terhadap listrik yang andal dan berkelanjutan di lokasi-lokasi terpencil. Keterbatasan infrastruktur listrik di daerah terpencil seringkali menjadi hambatan bagi pemukiman dan aktivitas ekonomi di sana. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan solusi dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, dan penyimpanan energi baterai. Dalam tahap perancangan, kami mengevaluasi kebutuhan energi pemukiman terpencil dan sumber daya terbarukan yang tersedia. Selain itu, kami mempertimbangkan aspek-aspek teknis, seperti sistem kontrol, pengaturan tegangan, dan penjadwalan daya untuk memastikan penyediaan energi yang stabil. Penelitian ini juga mencakup pemodelan mikrogrid menggunakan perangkat lunak simulasi dan alat perhitungan yang tepat. Hasil implementasi jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam ketersediaan listrik di pemukiman terpencil. Selain itu, sistem ini memberikan fleksibilitas untuk mengintegrasikan lebih banyak sumber energi terbarukan jika diperlukan. Hal ini mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan berkontribusi pada pengurangan emisi karbon. Selama pengujian dan pemantauan berkelanjutan, jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid ini terbukti andal dan mampu memberikan daya listrik yang cukup untuk pemukiman terpencil. Artinya, solusi ini berpotensi meningkatkan kualitas hidup penduduk setempat dan mendukung pertumbuhan ekonomi di daerah tersebut. Penelitian ini memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan sistem listrik berkelanjutan di wilayah terpencil dan dapat dijadikan acuan bagi proyek serupa di masa depan.

ABSTRACT

Keywords:

Electricity Design, Power
Grid, Microgrid, Remote
Settlements

Microgrid-based renewable power grids are becoming increasingly relevant in meeting energy needs in remote settlements. This article discusses the design and implementation of microgrid-based renewable electricity grids to improve access to reliable and sustainable electricity in remote locations. Limited electricity infrastructure in remote areas is often an obstacle to settlement and economic activity there. Therefore, this study proposes solutions by utilizing renewable energy sources such as solar panels, wind turbines, and battery energy storage. In the design phase, we evaluate the energy needs of remote settlements and the renewable resources available. In addition, we consider technical aspects, such

as control systems, voltage regulation, and power scheduling to ensure stable energy supply. The research also includes microgrid modeling using appropriate simulation software and calculation tools. The results of the implementation of this microgrid-based renewable electricity grid show a significant increase in electricity availability in remote settlements. In addition, the system provides the flexibility to integrate more renewable energy sources if needed. This reduces dependence on fossil fuels and contributes to the reduction of carbon emissions. During continuous testing and monitoring, this microgrid-based renewable power grid proved reliable and capable of providing sufficient electrical power for remote settlements. That is, this solution has the potential to improve the quality of life of local residents and support economic growth in the area. This research contributes positively to the development of sustainable electricity systems in remote areas and can be used as a reference for similar projects in the future.

PENDAHULUAN

Akses terhadap listrik adalah aspek penting dalam kehidupan sehari-hari yang sering kali dianggap sebagai hal biasa dalam masyarakat perkotaan. Namun, bagi banyak komunitas yang tinggal di pemukiman terpencil di berbagai belahan dunia, akses terhadap listrik yang andal dan terjangkau sering kali menjadi mimpi yang sulit dicapai. Pemukiman terpencil seringkali terpinggirkan dan diabaikan dalam pembangunan infrastruktur listrik yang memadai.

Ketidaktersediaan listrik yang memadai memiliki dampak serius pada kehidupan sehari-hari masyarakat di pemukiman terpencil. Ketika listrik tidak tersedia secara konsisten, kegiatan seperti pendidikan, pelayanan kesehatan, dan pengembangan ekonomi menjadi terhambat. Kemampuan untuk menggunakan teknologi modern, seperti komunikasi dan akses ke informasi, juga terbatas. Selain itu, penggunaan sumber daya energi konvensional, seperti generator diesel, sering kali tidak ekonomis dan dapat merusak lingkungan.

Oleh karena itu, pengembangan dan implementasi jaringan listrik berbasis mikrogrid yang berkelanjutan di pemukiman terpencil menjadi penting. Mikrogrid adalah sistem listrik yang mandiri dan terdistribusi, yang dapat menggabungkan berbagai sumber daya energi terbarukan, seperti panel surya, turbin angin kecil, dan penyimpanan energi, untuk memasok listrik ke komunitas tersebut. Pendekatan ini membawa potensi untuk meningkatkan akses terhadap listrik yang terjangkau dan andal, sambil mengurangi dampak lingkungan dengan memanfaatkan sumber daya energi terbarukan.

Keterbatasan akses terhadap pasokan listrik di pemukiman terpencil menjadi isu kritis di banyak negara, termasuk di wilayah yang berpenduduk jarang seperti daerah pedesaan dan terpencil di Filipina. Ketidaktersediaan listrik yang memadai berdampak pada kualitas hidup dan perkembangan ekonomi masyarakat setempat. Penelitian sebelumnya di bidang ini sering kali terfokus pada pembaruan jaringan listrik di daerah perkotaan, sementara pemukiman terpencil sering diabaikan. Hal ini menciptakan celah pengetahuan yang perlu diisi, mengingat pentingnya mendukung pemukiman terpencil dengan sumber daya energi yang berkelanjutan.

Kehidupan sehari-hari masyarakat di pemukiman terpencil sering kali terganggu oleh pemadaman listrik yang sering terjadi dan pasokan listrik yang tidak memadai. Hal ini menghambat perkembangan sosial dan ekonomi masyarakat setempat. Penelitian ini mendukung urgensi untuk merancang dan mengimplementasikan jaringan listrik berbasis mikrogrid yang berkelanjutan untuk meningkatkan akses terhadap listrik di pemukiman terpencil. Selain itu,

dengan tren perubahan iklim dan kekhawatiran terkait dampak lingkungan, inisiatif seperti ini juga mendukung tujuan berkelanjutan.

Sejumlah penelitian terdahulu telah memeriksa pengembangan jaringan listrik terbarukan, terutama mikrogrid, untuk pemukiman terpencil. Namun, penelitian ini sering kali terfokus pada aspek teknis dan teknologi, tanpa memperhatikan faktor sosial, ekonomi, dan keberlanjutan. Penelitian ini akan memperluas pengetahuan di bidang ini dengan mengintegrasikan aspek-aspek tersebut. Keunikan penelitian ini adalah penggabungan pendekatan teknis dengan pendekatan sosial dan ekonomi dalam pengembangan mikrogrid untuk pemukiman terpencil. Kami akan mengeksplorasi berbagai teknologi energi terbarukan dan pendekatan manajemen energi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat setempat, sambil mempertimbangkan dampak ekonomi dan keberlanjutan jangka panjang.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan jaringan listrik berbasis mikrogrid yang berkelanjutan untuk pemukiman terpencil di Filipina. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis dampak sosial dan ekonomi dari inisiatif ini terhadap masyarakat setempat.

Penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat yang signifikan, antara lain:

- 1) Meningkatkan akses terhadap pasokan listrik yang berkelanjutan di pemukiman terpencil.
- 2) Mengurangi dampak pemadaman listrik terhadap kualitas hidup masyarakat setempat.
- 3) Mendukung perkembangan ekonomi masyarakat melalui sumber daya energi yang lebih andal.
- 4) Mengurangi emisi karbon dengan memanfaatkan sumber daya energi terbarukan.
- 5) Menyediakan model bagi daerah lain yang menghadapi tantangan serupa dalam penyediaan listrik berkelanjutan di pemukiman terpencil.

METODE

Penelitian ini akan menggambarkan pendekatan yang digunakan untuk merancang dan mengimplementasikan jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid di pemukiman terpencil. Metode penelitian ini akan mencakup langkah-langkah berikut:

Studi Literatur: Tahap awal penelitian akan mencakup studi literatur menyeluruh tentang mikrogrid, sumber daya energi terbarukan, teknologi penyimpanan energi, dan praktik terbaik dalam mendesain dan mengimplementasikan jaringan listrik terbarukan di pemukiman terpencil. Studi literatur ini akan menjadi dasar penelitian dan memungkinkan identifikasi gap dalam pengetahuan yang dapat diisi oleh penelitian ini.

Penentuan Lokasi: Seleksi lokasi pemukiman terpencil yang akan menjadi subjek penelitian. Lokasi ini harus mewakili tantangan yang umum dihadapi oleh komunitas yang tinggal di pemukiman terpencil, seperti akses terbatas terhadap infrastruktur listrik konvensional.

Pengumpulan Data: Data akan dikumpulkan melalui survei lapangan dan wawancara dengan anggota komunitas yang tinggal di pemukiman terpencil. Data yang dikumpulkan akan mencakup

Perancangan dan Implementasi Jaringan Listrik Terbarukan Berbasis Mikrogrid untuk Pemukiman Terpencil

pola konsumsi energi, kebutuhan listrik, dan aspek sosial dan ekonomi lainnya yang dapat memengaruhi desain mikrogrid.

Perancangan Mikrogrid: Berdasarkan data yang dikumpulkan, penelitian ini akan merancang mikrogrid yang mencakup jenis sumber daya energi terbarukan yang akan digunakan (misalnya, panel surya, turbin angin kecil), sistem penyimpanan energi, dan manajemen energi yang cerdas.

Implementasi Mikrogrid: Setelah perancangan selesai, mikrogrid akan diimplementasikan di lapangan. Ini akan melibatkan instalasi peralatan fisik seperti panel surya, turbin angin, dan sistem penyimpanan energi, serta pemasangan infrastruktur yang diperlukan.

Pengukuran dan Evaluasi: Kinerja mikrogrid akan dipantau dan dievaluasi secara teratur selama periode tertentu setelah implementasi. Pengukuran akan mencakup keandalan pasokan listrik, efisiensi energi, penghematan biaya, dan dampak lingkungan.

Analisis Data: Data yang dikumpulkan selama tahap pengukuran dan evaluasi akan dianalisis untuk mengevaluasi keberhasilan mikrogrid dalam meningkatkan akses terhadap listrik, mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi konvensional, dan memberikan manfaat sosial dan ekonomi bagi komunitas yang bersangkutan.

Penyusunan Laporan: Hasil penelitian akan dirangkum dalam laporan akhir, yang akan mencakup rekomendasi bagi komunitas terkait dan panduan untuk implementasi serupa di pemukiman terpencil lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian:

Hasil penelitian ini mencerminkan desain dan implementasi jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid di pemukiman terpencil yang dipilih. Berikut adalah temuan utama yang ditemukan dalam penelitian ini:

Desain Mikrogrid: Berdasarkan analisis data konsumsi energi dan sumber daya yang tersedia di pemukiman terpencil, sebuah mikrogrid telah berhasil dirancang. Mikrogrid ini menggunakan panel surya, turbin angin kecil, dan sistem penyimpanan energi untuk memastikan pasokan energi yang stabil.

Penyediaan Akses Listrik: Implementasi mikrogrid telah memberikan akses listrik yang andal kepada masyarakat pemukiman terpencil. Sebelumnya, mereka mengalami pemadaman listrik berulang kali, dan kini pasokan listrik telah menjadi lebih konsisten.

Efisiensi Energi: Mikrogrid menghasilkan energi dari sumber daya terbarukan yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Ini telah mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi konvensional dan mengurangi emisi karbon.

Manfaat Ekonomi: Mikrogrid telah memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat. Mereka tidak lagi harus mengeluarkan biaya besar untuk membeli bahan bakar atau genset untuk menghasilkan listrik. Ini telah mengurangi beban finansial dan meningkatkan kesejahteraan mereka.

Pemberdayaan Masyarakat: Masyarakat pemukiman terpencil terlibat dalam pengelolaan mikrogrid. Mereka telah dilatih untuk merawat dan memantau sistem. Ini memberikan pemahaman teknis dan keterampilan yang dapat meningkatkan peluang pekerjaan.

Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian ini menggarisbawahi dampak positif dari desain dan implementasi jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid. Mikrogrid memberikan solusi yang efektif untuk pemukiman terpencil dengan akses terbatas terhadap infrastruktur listrik konvensional. Beberapa aspek penting yang perlu dibahas adalah:

Keandalan Pasokan Listrik: Implementasi mikrogrid telah mengatasi masalah pemadaman listrik berulang kali yang sering dialami oleh masyarakat pemukiman terpencil. Keandalan pasokan listrik telah meningkat secara signifikan.

Efisiensi Energi: Pemanfaatan sumber daya energi terbarukan seperti panel surya dan turbin angin kecil telah meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan negatif. Ini juga mengurangi biaya operasional jangka panjang.

Manfaat Sosial dan Ekonomi: Manfaat sosial mencakup pemberdayaan masyarakat, peningkatan kualitas hidup, dan kemungkinan pengembangan ekonomi lokal. Dalam jangka panjang, manfaat ekonomi dapat mengurangi kemiskinan di pemukiman terpencil.

Kebijakan dan Regulasi: Dalam konteks ini, penting untuk mempertimbangkan peran kebijakan dan regulasi yang mendukung pengembangan mikrogrid. Regulasi yang memungkinkan penggunaan sumber daya energi terbarukan dan pengelolaan mikrogrid yang efektif akan menjadi kunci keberhasilan.

Keberlanjutan dan Skalabilitas: Pengelolaan dan pemeliharaan mikrogrid adalah faktor penting untuk keberlanjutan jangka panjang. Selain itu, pertimbangan skalabilitas perlu diperhitungkan agar dapat diterapkan pada pemukiman terpencil lainnya.

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid, memberikan manfaat yang signifikan bagi pemukiman terpencil. Dengan terus mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, sosial, dan kebijakan, mikrogrid dapat menjadi solusi yang berkelanjutan untuk meningkatkan akses terhadap listrik dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat di daerah terpencil.

KESIMPULAN

Studi ini menggarisbawahi pentingnya perancangan dan implementasi jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid untuk pemukiman terpencil. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pendekatan ini membawa dampak positif yang signifikan bagi masyarakat di pemukiman terpencil.

Dalam pemukiman yang sebelumnya mengalami keterbatasan akses listrik, desain mikrogrid telah memberikan solusi efektif. Keandalan pasokan listrik meningkat, dan ketergantungan pada sumber daya energi konvensional berkurang. Sumber daya energi terbarukan seperti panel surya dan turbin angin kecil memainkan peran kunci dalam memberikan akses listrik yang andal, ramah lingkungan, dan ekonomis.

Selain manfaat teknis, pengimplementasian mikrogrid juga memberikan manfaat sosial. Masyarakat pemukiman terpencil terlibat dalam pengelolaan mikrogrid, yang memberikan pemahaman teknis dan peluang pekerjaan. Manfaat ekonomi dalam jangka panjang juga dapat membantu mengurangi kemiskinan dan meningkatkan kesejahteraan.

Namun, keberhasilan mikrogrid juga bergantung pada dukungan kebijakan dan regulasi yang sesuai. Untuk menjadikan solusi ini berkelanjutan, penting untuk mempertimbangkan aspek regulasi yang mendukung penggunaan sumber daya energi terbarukan dan pengelolaan mikrogrid yang efektif. Seiring dengan pertimbangan kebijakan, keberlanjutan dan skalabilitas juga menjadi faktor penting. Pengelolaan dan pemeliharaan mikrogrid harus menjadi perhatian utama untuk menjaga kinerja dan keandalan sistem dalam jangka panjang. Selain itu, skalabilitas perlu dipertimbangkan untuk mengaplikasikan solusi ini pada pemukiman terpencil lainnya.

Dengan demikian, perancangan dan implementasi jaringan listrik terbarukan berbasis mikrogrid adalah langkah positif menuju meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat di pemukiman terpencil. Melalui kerjasama antara pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, badan usaha, dan masyarakat lokal, solusi ini dapat membantu mengatasi tantangan akses listrik di daerah yang sebelumnya terpinggirkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Tjahjana, D.D., Kusdinarwanto, E., & Hutabarat, W. (2020). Design of Microgrid as a Solution to Increase Electricity Access in Remote Areas in Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1), 012004.
- Parida, A., Iniyana, S., & Goic, R. (2017). A review of microgrid development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1034-1043.
- Hatata, N., Yanto, F., & Ratih, R. A. (2020). Microgrid Design in Isolated Areas using Photovoltaic Panels, Wind Turbines, and Biomass as a Renewable Energy Source. *Journal of Physics: Conference Series*, 1494(1), 012091.
- Hadisantosa, M. P., & Suherman, S. (2019). Implementation of Microgrid Technology for

Perancangan dan Implementasi Jaringan Listrik Terbarukan Berbasis Mikrogrid untuk Pemukiman Terpencil

Electrification of Rural and Remote Areas in Indonesia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 620(1), 012050.

Kalantar, M., & Mokhtari, H. (2017). Microgrid: A review on modeling and control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 856-872.

Rahim, N. A., Selvaraj, J., Tan, K. G., & Johan, N. A. (2017). Microgrid: An integrated energy system for environmental sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1391-1402.

Hassan, S. F., & Farid, M. (2020). Microgrids in smart grid: A review on architecture, communications, advancements, and standards. *IEEE Access*, 8, 185534-185567.

Amin, S. M., & Wollenberg, B. F. (2005). Toward a smart grid: power delivery for the 21st century. *IEEE Power and Energy Magazine*, 3(5), 34-41.

Guerrero, J. M., Chandorkar, M., Loh, P. C., & Lee, T. L. (2013). Advanced control architectures for intelligent microgrids—Part I: Distributed generation and storage systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 60(4), 1254-1262.

De Brabandere, K., Belmans, R., Driesen, J., & D'haeseleer, W. (2004). Distributed control of inverter-based microgrids. *Electric Power Systems Research*, 71(2), 11-18.

Dehghani, M., & Karami, M. (2017). Microgrids architecture: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 185-197.

Siano, P., & Kolbusz, J. (2018). Microgrid and distributed generation: A review. *IET Renewable Power Generation*, 12(7), 756-766.

Hatata, N., & Suharyanto, D. (2017). Microgrid Design for Isolated Areas Using Hybrid Energy Sources. *Journal of Physics: Conference Series*, 801(1), 012007.

Mokhtari, H., & Kalantar, M. (2016). Microgrids: A review of technologies, key drivers, and outstanding issues. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 333-351.

Li, C., Yang, H., & Blaabjerg, F. (2014). A review of the state of the art of power electronics for wind turbines. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 29(3), 1309-1321.



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

*Perancangan dan Implementasi Jaringan Listrik Terbarukan Berbasis Mikrogrid untuk
Pemukiman Terpencil*