

**STUDI POTENSI SISTEM ENERGI TERBARUKAN HIBRIDA DENGAN
METODE ANALISIS *TECHNO-ECONOMIC* DI KECAMATAN SEPAKU
SEBAGAI KAWASAN IKN NUSANTARA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi Teknik Elektro



Disusun oleh:

Ibnu Hisyam Mubarak

E.5051.1803936

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG**

2022

**STUDI POTENSI SISTEM ENERGI TERBARUKAN HIBRIDA DENGAN
METODE ANALISIS *TECHNO-ECONOMIC* DI KECAMATAN SEPAKU
SEBAGAI KAWASAN IKN NUSANTARA**

Oleh
Ibnu Hisyam Mubarak

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Ibnu Hisyam Mubarak
Universitas Pendidikan Indonesia
Juni 2022

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, *difotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

IBNU HISYAM MUBARAK

E.5051.1803936

**STUDI POTENSI SISTEM ENERGI TERBARUKAN HIBRIDA DENGAN
METODE ANALISIS *TECHNO-ECONOMIC* DI KECAMATAN SEPAKU
SEBAGAI KAWASAN IKN NUSANTARA**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Ade Gafar Abdullah, M.Si.
NIP. 19721113 1999903 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Bambang Trisno, MSIE.
NIP. 19610309 198610 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro



Dr. Yadi Mulyadi, M.T.
NIP. 19630727 199302 1 001

ABSTRAK

Penelitian ini membahas mengenai studi potensi pada sistem energi terbarukan hibrida (HRES) menggunakan perangkat lunak *Hybrid Optimization Model for Electric Renewable* (HOMER) dengan analisis *techno-economic* di Kecamatan Sepaku sebagai wilayah IKN Nusantara. Dalam penelitian ini menggunakan sistem pembangkit listrik dengan mode *grid-connected* dimana dapat diandalkan apabila sumber energi terbarukan mengalami pemeliharaan ataupun perbaikan yang mengharuskan sistem mati. Penelitian ini selaras dengan keinginan pemerintah yang akan menerapkan konsep *green energy* pada IKN Nusantara. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengusulkan desain terbaik HRES yang ekonomis, dimana desain dioptimalkan berdasarkan potensi sumber daya terbarukan pada lokasi penelitian untuk perencanaan pembangunan pembangkit listrik hibrida sektor gedung komersil. Data konsumsi energi listrik diambil dari Kantor Pusat PT. Jasa Marga (Persero) Tbk Jakarta Timur dimana pemakaian rata-rata sebesar 905,3 kWh/hari. Data sumber daya terbarukan yang tersedia pada lokasi penelitian digunakan dalam perangkat lunak HOMER untuk dianalisis seperti paparan radiasi matahari, debit air sungai dan hasil limbah organik. Komponen yang digunakan pada penelitian HRES ini menggunakan PV, Generator Biogas dan Turbin Hidro. Kebaruan pada penelitian ini ada pada penerapan HRES pada kawasan pengembangan baru seperti kawasan IKN Nusantara dimana ini berdampak pada pemilihan sumber daya terbarukan yang digunakan. Metode analisis *techno-economic* digunakan dalam penelitian ini untuk membandingkan kinerja sistem yang layak berdasarkan *Net Present Cost* (NPC) dan *Cost of Electricity* (COE). PV dan Hidro sebagai solusi dengan analisis HOMER dan perhitungan manual dimana total NPC dan COE yang diperoleh yaitu NPC Rp. -11.636.272.415,31 dan COE Rp. -235,16/kWh.

Kata Kunci: Sistem Energi Terbarukan Hibrida, COE, NPC, *Techno-Economic*

ABSTRACT

This study discusses the potential study of hybrid renewable energy systems (HRES) using Hybrid Optimization Model for Electric Renewable (HOMER) software with techno-economic analysis in Sepaku District as the IKN Nusantara area. In this study, a power generation system with a grid-connected mode which can be relied upon if renewable energy sources undergo maintenance or repairs that require the system to shut down. This research is in line with the government's desire to apply the concept of green energy to IKN Nusantara. The main objective of this study is to propose the best economical design of HRES, where the design is optimized based on the potential of renewable resources at the research site for planning the construction of hybrid power plants in the commercial building sector. Electrical energy consumption data is taken from the Head Office of PT. Jasa Marga (Persero) Tbk East Jakarta where the average usage is 905.3 kWh / day. The renewable resource data available at the research site is used in HOMER software for analysis such as exposure to solar radiation, river water discharge and organic waste results. The components used in this HRES research use PV, Biogas Generators and Hydro Turbines. The novelty of this study is in the application of HRES in new development areas such as the IKN Nusantara area where this has an impact on the selection of renewable resources used. Techno-economic analysis methods were used in this study to compare feasible system performance based on Net Present Cost (NPC) and Cost of Electricity (COE). PV and Hydro as a solution with HOMER analysis and manual calculations where the total NPC and COE obtained are NPC Rp. -116,362,724,15.31 and COE Rp. -235.16 / kWh.

Keyword: HRES, COE, NPC, Techno-Economic

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat/Signifikan Penelitian	3
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Ibu Kota Negara Nusantara.....	4
2.2 Sistem Energi Terbarukan Hibrida	5
2.3 <i>Geographic Information System</i>	6
2.4 <i>Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources (HOMER)</i>	7
2.5 <i>Techno-Economic</i>	7
BAB III METODE PENELITIAN.....	9
3.1 Prosedur Penelitian	9
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	9
3.3 Metode Pengolahan Data	10
3.3.1 Analisis <i>Techno-Economic</i>	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Potensi Energi Terbarukan di Kecamatan Sepaku Sebagai Kawasan IKN Nusantara	12
4.1.1 Potensi Energi Surya	13
4.1.2 Potensi Energi Air	14
4.1.3 Potensi Energi Biomassa	15

4.1.4 Energi Angin, Panas Bumi dan Arus Laut	16
4.2 Perancangan Sistem Energi Terbarukan Hibrida Melalui HOMER	16
4.2.1 Skema Desain Pemodelan Sistem Energi Terbarukan Hibrida	17
4.2.2 Konsumsi Energi di Lokasi Penelitian	18
4.2.3 Rating Komponen PV	19
4.2.4 Rating Komponen Turbin Air Hidro	20
4.2.5 Rating Komponen Generator Biogas	20
4.2.6 Faktor Economics, Constraints dan Emissions	21
4.3 Analisis Techno-Economic	22
4.3.1 Kasus 1: Sistem Hibrida PV dan Generator Biogas	23
4.3.2 Kasus 2: Sistem Hibrida PV dan Hidro	24
4.3.3 Kasus 3: Sistem Hibrida Generator Biogas dan Hidro	25
4.3.4 Kasus 4: Sistem Hibrida PV, Generator Biogas dan Hidro	25
4.4 Pembahasan Penelitian	29
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Implikasi	32
5.3 Rekomendasi	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	38

DAFTAR PUSTAKA

- Aydin, N. Y., Kentel, E., & Sebnem Duzgun, H. (2013). GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey. *Energy Conversion and Management*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.02.004>
- Bajpai, P., & Dash, V. (2012). Hybrid renewable energy systems for power generation in stand-alone applications: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 16, Issue 5). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.009>
- Baños, R., Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Gil, C., Alcayde, A., & Gómez, J. (2011). Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 15, Issue 4, pp. 1753–1766). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.12.008>
- BBC News Indonesia. (2022, Januari 18). *UU IKN resmi disahkan, Nusantara disetujui jadi nama ibu kota baru*. Retrieved from BBC News Indonesia: <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-60036335>
- Bernal-Agustín, J. L., & Dufo-López, R. (2009). Simulation and optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 13, Issue 8). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.010>
- Chris Burk, P. E. (2018). Techno-economic modeling for new technology development. *Chemical Engineering Progress*, 114(1).
- Das, B. K., Hoque, N., Mandal, S., Pal, T. K., & Raihan, M. A. (2017). A techno-economic feasibility of a stand-alone hybrid power generation for remote area application in Bangladesh. *Energy*, 134. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.024>
- Dewan Perwakilan Rakyat RI. (2022, Januari 17). *Nama IKN Baru 'Nusantara' Miliki Aspek Historis, Sosiologis, dan Filosofis*. Retrieved from Dewan Perwakilan Rakyat RI: <https://www.dpr.go.id/berita/detail/id/37020/t%E2%80%98Nusantara%E2%80%99+Miliki+Aspek+Historis%2C+Sosiologis%2C+dan+Filosofis>

- Diaf, S., Diaf, D., Belhamel, M., Haddadi, M., & Louche, A. (2007). A methodology for optimal sizing of autonomous hybrid PV/wind system. *Energy Policy*, 35(11). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.06.020>
- Dinas ESDM Kalimantan Timur. (2019). *Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah Provinsi Kalimantan Timur 2019-2038*. Samarinda: Provinsi Kalimantan Timur.
- Dzakiyah, Y. A. (2020). Analisis Perbandingan Cost Of Energy (CoE) Antara Simulasi Menggunakan Perangkat Lunak HOMER Dengan Perhitungan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Di Fakultas Teknologi Industri UII. *Skripsi*.
- Eroglu, M., Dursun, E., Sevensan, S., Song, J., Yazici, S., & Kilic, O. (2011). A mobile renewable house using PV/wind/fuel cell hybrid power system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(13). <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.01.046>
- Freeman, C. (1991). Innovation, Changes of Techno-Economic Paradigm and Biological Analogies in Economics. *Revue Économique*, 42(2). <https://doi.org/10.2307/3502005>
- Hakim, Fadhiil Ali, D. (2020). PENGELOLAAN OBYEK PARIWISATA MENGHADAPI POTENSI BENCANA DI BALIKPAPAN SEBAGAI PENYANGGA IBUKOTA NEGARA BARU. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 7(2).
- Hatti, M., Meharrar, A., & Tioursi, M. (2011). Power management strategy in the alternative energy photovoltaic/PEM Fuel Cell hybrid system. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 15, Issue 9). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.046>
- Heryadi, E., Hermanto, & Susanty, A. (2021). Potensi Biogas dan Energi Dari Limbah Padat (Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), Serat Mesocarp dan Lumpur Decanter) Industri Kelapa Sawit di Kalimantan Timur. *Jurnal Riset Teknologi Industri Balai Riset dan Standarisasi Industri Samarinda*, 487-495.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI. (2021). *Rencana Strategis KESDM 2020-2024*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI.

- Lazarov VD, N. G. (2005). Hybrid Power Systems with Renewable Energy Sources – Types, Structures, Trends for Research and Development. *ELMA*.
- Li, J., Liu, P., & Li, Z. (2020). Optimal design and techno-economic analysis of a solar-wind-biomass off-grid hybrid power system for remote rural electrification: A case study of west China. *Energy*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118387>
- Lidya, N. D. (2022, Maret 12). *Menanti Lari Kencang Kinerja Otorita IKN Nusantara*. Retrieved from NNC Netralnews.com: <https://www.netralnews.com/menanti-lari-kencang-kinerja-otorita-ikn-nusantara/bjZsenljcmc1N012dEN6WWI2NXhYdz09>
- Ma, W., Xue, X., & Liu, G. (2018). Techno-economic evaluation for hybrid renewable energy system: Application and merits. In *Energy* (Vol. 159). <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.101>
- Mahmud, R., Moni, S. M., High, K., & Carbajales-Dale, M. (2021). Integration of techno-economic analysis and life cycle assessment for sustainable process design – A review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 317). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128247>
- Marpaung, M., Januwarsono, S., & Widyastuti, C. (2020). Kajian Kinerja Listrik PLTS Atap 103 kWp On-Grid di Kantor Pusat PT. JASA MARGA (Persero) Tbk Jakarta Timur. *Pustakawan STT PLN*.
- Moiz, A., Kawasaki, A., Koike, T., & Shrestha, M. (2018). A systematic decision support tool for robust hydropower site selection in poorly gauged basins. *Applied Energy*, 224. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.04.070>
- Murugaperumal, K., & Ajay D Vimal Raj, P. (2019). Feasibility design and techno-economic analysis of hybrid renewable energy system for rural electrification. *Solar Energy*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.07.008>
- Nashrulloh, F., Sulaiman, M., & Budiarto, R. (2021). Analysis of Potential and Feasibility of Hydropower Energy from Sepaku Semoi Dam in Penajam Paser Utara Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 927(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/927/1/012016>
- Nasirun. (2016, Januari 22). *Petakan Wilayah dengan Aplikasi GIS*. Retrieved from Kotaku Kementerian PUPR: <http://kotaku.pu.go.id/view/5445/petakan->

wilayah-dengan-aplikasi-gis-/

- NREL. (2020). *Basic Approach and Methodology for Photovoltaic Module-Level Techno-Economic Analysis*. Retrieved from NREL Transforming Energy: <https://www.nrel.gov/news/video/pv-module-level-tea-tutorial-text.html>
- Odou, O. D. T., Bhandari, R., & Adamou, R. (2020). Hybrid off-grid renewable power system for sustainable rural electrification in Benin. *Renewable Energy*, *145*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.032>
- Pratiwi, I., & Muhammad, H. (2022, Januari 30). *IKN Nusantara Berbasis Green Energy, HIPMI: Perhatikan Peluang dan Tantangan*. Retrieved from Republika.co.id: <https://republika.co.id/berita/r6iatf380/ikn-nusantara-berbasis-green-energy-hipmi-perhatikan-peluang-dan-tantangan>
- Ramadhan, S. G., & Rangkuti, C. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartanto Universitas Trisakti. *Seminar Nasional Cendekiawan 2016*.
- Resch, B., Sagl, G., Trnros, T., Bachmaier, A., Eggers, J. B., Herkel, S., Narmsara, S., & Gündra, H. (2014). GIS-based planning and modeling for renewable energy: Challenges and future research avenues. In *ISPRS International Journal of Geo-Information* (Vol. 3, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/ijgi3020662>
- Ro, K., & Rahman, S. (1998). Two-loop controller for maximizing performance of a grid-connected photovoltaic-fuel cell hybrid power plant. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, *13*(3). <https://doi.org/10.1109/60.707608>
- Sadrul Islam, A. K. M., Rahman, M. M., Mondal, M. A. H., & Alam, F. (2012). Hybrid energy system for St. Martin island, Bangladesh: An optimized model. *Procedia Engineering*, *49*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.10.126>
- Shiroudi, A., Rashidi, R., Gharehpetian, G. B., Mousavifar, S. A., & Akbari Foroud, A. (2012). Case study: Simulation and optimization of photovoltaic-wind-battery hybrid energy system in Taleghan-Iran using homer software. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, *4*(5). <https://doi.org/10.1063/1.4754440>
- Sigarchian, S. G., Malmquist, A., & Fransson, T. (2014). Modeling and control strategy of a hybrid PV/Wind/Engine/Battery system to provide electricity and

- drinkable water for remote applications. *Energy Procedia*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.087>
- Sigarchian, S. G., Paleta, R., Malmquist, A., & Pina, A. (2015). Feasibility study of using a biogas engine as backup in a decentralized hybrid (PV/wind/battery) power generation system - Case study Kenya. *Energy*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.008>
- Singh, A., Baredar, P., & Gupta, B. (2015). Computational Simulation & Optimization of a Solar, Fuel Cell and Biomass Hybrid Energy System Using HOMER Pro Software. *Procedia Engineering*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.408>
- Tiwary, A., Spasova, S., & Williams, I. D. (2019). A community-scale hybrid energy system integrating biomass for localised solid waste and renewable energy solution: Evaluations in UK and Bulgaria. *Renewable Energy*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.129>
- Yang, H., Wei, Z., & Chengzhi, L. (2009). Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid solar-wind power generation system. *Applied Energy*, 86(2). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.03.008>
- Yonata, K. (2017). Analisis Tekno-Ekonomi Terhadap Desain Sistem PLTS pada Bangunan Komersial di Surabaya, Indonesia. *DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Zoulias, E. I., & Lymberopoulos, N. (2007). Techno-economic analysis of the integration of hydrogen energy technologies in renewable energy-based stand-alone power systems. *Renewable Energy*, 32(4). <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.02.005>