

Manajemen Inovasi Mode Hybrid Menuju Sekolah Kejuruan Mandiri Energi

Muliadi* & Syamsul Hadi

Jurusan pendidikan kejuruan, Pasca Sarjana, Universitas Negeri Malang, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding Author: moelpuji@gmail.com, dan syamsul.hadi.ft@um.ac.id

Article History

Received: September 18th, 2023

Revised: October 21th, 2023

Accepted: November 15th, 2023

Abstract: The issue of new and renewable energy sources in the future will increasingly have a very important role in meeting energy needs. The use of fossil fuels for conventional power plants over a long period of time will deplete petroleum resources. Renewable Energy (RE) is increasingly in demand worldwide due to environmental concerns. The new policy requires power grids to supply a certain percentage of their load with Renewable Energy Sources (RES). The aim of writing this article is to provide an innovative management model to accelerate towards energy independent schools based on renewable energy, hybrid wind and solar energy mode. The method used in this study is a qualitative approach with document study as a data source and descriptive analysis methods. This article discusses the management model in controlling the Hybrid system towards efficiency of system input and output. In addition, there is a discussion about the school community regarding energy sources and its application in schools in protecting the environment. This study found that the renewable energy management system model using a combination of HRES technology using *Homer* and GA, GA-based optimization is more cost-effective than *Homer* with a COE of at least 0.163 \$/kWh and 0% unmet load. This GA based system has more PV penetration and less CO₂ emissions than *Homer*. HRES optimization is mostly achieved using artificial methods or commercial software, the artificial methods used are based on fuzzy. This study also recommends the Home PRO and *Retscreen* control systems as the most widely used commercial software in optimization and *MPPT* as the most widely used control method to ensure stability, protection and power balance of the system. This method is often used based on practical optimization, neural networks and fuzzy logic. Artificial methods are the most widely used methods in optimization because of their higher efficiency, good accuracy, and fast convergence. The disadvantage of this method is that it requires a complicated processing program. High efficiency and speed of classical methods, accuracy. The hybrid method uses the advantages of each method by maximizing performance and minimizing optimization processing time.

Keywords: Hybrid Method, Innovation Management, Renewable Energy.

PENDAHULUAN

Program sekolah hijau untuk mewujudkan warga sekolah yang bertanggung jawab dalam upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup melalui tata kelola sekolah untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Program sekolah hijau dirancang untuk mewujudkan sekolah yang peduli dan berbudaya lingkungan. Latar belakang program sekolah hijau yaitu kekhawatiran pemerintah terhadap penurunan angka kemiskinan kuantitas dan kualitas lingkungan hidup. Program sekolah hijau juga mempercepat pengembangan pendidikan lingkungan hidup dari tingkat sekolah dasar hingga sekolah menengah atas.

Program sekolah hijau memiliki peran strategis dalam meningkatkan kesadaran lingkungan (A. Hidayat et al, 2022). Upaya sekolah untuk melaksanakan kegiatan program *Go Green School* dan mengintegrasikan materi lingkungan hidup pada semua mata pelajaran dan telah dicantumkan dalam setiap RPP dan silabus, serta pengembangan diri dalam aktivitas sehari-hari. Setelah melaksanakan program tersebut, siswa dapat lebih peduli terhadap lingkungannya. Kendala yang dihadapi sekolah dalam pembentukannya perilaku peduli lingkungan adalah pertukaran siswa setiap tahun ajaran baru, sosial ekonomi keadaan, perhatian pendidik. Cara mengatasi kendala yang dilakukan pihak sekolah adalah dengan

menyelenggarakan program sekolah *Go Green* dan workshop bertemakan lingkungan sekolah kepada semua guru, staf, dan siswa (Nur Handayani, et al. 2020).

Makna sekolah hijau adalah tempat yang baik dan ideal dimana segala ilmu pengetahuan dan berbagai norma serta diperoleh etika yang dapat menjadi landasan manusia menuju terciptanya kesejahteraan dan menuju cita-cita pembangunan berkelanjutan. Program Sekolah Hijau harus disusun secara *holistic* menghubungkan program yang ada di sekolah dan mempertimbangkan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi keduanya faktor pendukung dan faktor penghambat. Potensi dalam program ini diharapkan seluruh sekolah warga akan terlibat dalam kegiatan sekolah menuju lingkungan yang sehat dan terhindar dari hal-hal negatif dampak lingkungan (Paryadai, 2008). Lima kegiatan utama program sekolah hijau yaitu: 1) Pengembangan kurikulum berwawasan lingkungan, 2) Pengembangan pendidikan berbasis masyarakat, 3) Peningkatan kualitas kawasan sekolah dan lingkungan sekitar, 4) Pengembangan sistem pendukung yang ramah lingkungan, dan 5) Pengembangan yang ramah lingkungan manajemen sekolah (Kristiawan, 2019).

Kompilasi kegiatan edukasi inovatif untuk menggarap konsep-konsep terkait produksi energi listrik. Untuk mendekati kurikulum pendidikan menengah kehidupan nyata, dikelompokkan untuk dilakukan selama seminggu yang disebut Pekan Energi Terbarukan: sebuah proposal pendidikan yang bertujuan untuk meningkatkan rasa hormat terhadap lingkungan melalui wawasan tentang berkelanjutan tujuan pembangunan (*Sustainable Development Goals*) dan sumber energi terbarukan. Siswa akan membangun dan melakukan eksperimen berbiaya rendah untuk memahami secara mendalam esensi transformasi energi serta pembangkit listrik. Belajar melalui penemuan, pembelajaran kolaboratif dan eksperimen adalah pilar metodologis yang menjadi ciri Pekan Energi Terbarukan, karena telah terbukti demikian metodologi yang efisien untuk meningkatkan pembelajaran siswa. Teknik inovatif untuk evaluasi murid digunakan, termasuk rubrik, *Aplikasi Socratic* dan satu set lembar eksperimen. Melalui proposal pendidikan ini diharapkan siswa dapat mencapai pemahaman yang mendalam beberapa konsep kunci yang berkaitan dengan kelistrikan dan

membangkitkan minat mereka pada mata pelajaran ilmiah, menjadikannya sadar akan transisi menuju pembangunan berkelanjutan yang sangat dibutuhkan oleh planet kita. Pada saat yang sama menawarkan kepada para guru serangkaian eksperimen dan aktivitas inovatif untuk dikerjakan SDG pada mata pelajaran Fisika, Kimia dan Teknologi (Judit et. al. 2021).

Sumber energi baru terbarukan di masa mendatang akan semakin mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang cadangannya semakin lama semakin menipis. Penggunaan bahan bakar fosil terbukti telah menimbulkan masalah yang sangat serius bagi lingkungan yakni pencemaran udara yang berdampak buruk terhadap kualitas kesehatan manusia serta penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*). Salah satu sumber energi yang ketersediaannya sangat melimpah dan ramah lingkungan namun belum digarap secara optimal khususnya di Indonesia adalah energi matahari. Potensi energi matahari di seluruh wilayah Indonesia yang berada di sepanjang garis katulistiwa sangat besar, intensitas radiasi harian matahari rata-rata mencapai 4,8 kWh/m². Potensi energi matahari yang sangat besar ini dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan bantuan teknologi *fotovoltaik*, yakni teknologi yang mampu mengubah sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik (Sugiarta, 2020).

Renewable energy (RE) semakin diminati di seluruh dunia karena masalah lingkungan. Kebijakan baru memerlukan operator jaringan listrik untuk memasok persentase tertentu dari beban mereka *Renewable Energy Source* (RES), Tantangan terbesar bagi operator jaringan listrik dan otoritas penyeimbang wilayah dalam upaya mengintegrasikan lebih banyak energi terbarukan adalah ketidakstabilan dan ketidakpastian keluaran RES, yang diwarisi dari sifat kondisi cuaca. Operator sistem tenaga listrik mendapatkan pasokan listrik dalam jumlah besar cadangan operasi, biasanya melalui generator konvensional (Mohandes, 2019).

Pertumbuhan ekonomi global dibarengi dengan peningkatan permintaan energi, sehingga bahan bakar konvensional seperti batu bara, minyak dan gas, yang merupakan sumber energi utama, secara bertahap semakin berkurang.

Pembakaran bahan bakar konvensional menghasilkan energy produksi menyebabkan dampak buruk yang serius terhadap lingkungan dan berkontribusi terhadap perubahan iklim karena emisi gas rumah kaca. Sebagian besar negara maju dan berkembang khususnya selama beberapa dekade terakhir telah memperkenalkan berbagai insentif untuk semakin besarnya penetrasi sumber energi terbarukan (RES) di semua sektor perekonomian. Mengenai sektor bangunan, ada beberapa langkah-langkah telah diambil, termasuk promosi efisiensi energi dan penghematan energi. Sebagian besar bangunan gudang adalah gedung sekolah tempat siswa dan guru menghabiskan sebagian besar waktu sehari-hari mereka. Sikap guru dan pandangan khususnya para pengelola unit sekolah mengenai penggunaan RES di sekolah menjadi penting dalam upaya rasionalisasi dan pengendalian penggunaan energy dan tentang persepsi lingkungan manajer sekolah dan kebiasaan hemat energy (Dimitrios Drosos et al., 2021)

Laju pemanasan global dan iklim perubahan menjadi lebih parah, menyebabkan kejadian ekstrem di dunia seperti pencairan es laut, banjir besar, badai dan sebagainya. Salah satu penyebab utama pemanasan global adalah emisi karbon dioksida dari konsumsi fosil bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari. Untuk mengurangi masalah ini, penelitian telah dilakukan dengan dua cara berbeda, menemukan lebih banyak sumber energi terbarukan (RES) untuk menggantikannya bahan bakar fosil dan memanfaatkan energi dengan cara yang paling efisien integrasi RES dan sistem penyimpanan energi (ESS). Dengan berkembangnya teknologi baru di bidang energi terbarukan dan baterai, semakin banyak rumah yang dilengkapi dengan *renewable energy sources* (RES) and *energy storage systems* (ESS) untuk mengurangi biaya energi rumah. Rumah-rumah ini biasanya memiliki *Home Energy Management Systems* (HEMS) untuk mengontrol dan menjadwalkan setiap perangkat listrik.

Perekonomian yang lebih hemat energi dapat dibangun dengan cara yang berkelanjutan, sumber daya ramah lingkungan dan terbarukan seperti angin, foto sel, biogas, dan biomassa. Sumber daya terbarukan mengalami sejumlah keterbatasan saat digunakan secara berdiri sendiri, struktur fleksibel. Untuk mengatasi masalah ini, sumber energi surya dan angin digabungkan dengan sumber lain untuk

menghasilkan energi jaringan hibrida energi terbarukan. Dimungkinkan untuk memperoleh yang lebih tinggi efisiensi dalam produksi listrik dengan memanfaatkannya sebaik-baiknya keuntungan untuk mengatasi keterbatasan mereka (Vendoti et al., 2019b; Rajanna dan Saini, 2016b; Vendoti et al., 2018b).

Kebutuhan energi dunia yang terus meningkat, industri terus menghabiskan seluruh sumber daya yang tersedia masa depan. Tahun 2020 konsumsi energi dunia menurun sebesar 5,9% dibandingkan tahun 2019 akibat pandemi virus corona dan *lockdown* penuh pada sektor tenaga listrik, laporan baru tersebut mengungkapkan bahwa perkembangan ekonomi global mengurangi konsumsi listrik di seluruh dunia secara signifikan sebesar 3,8% dibandingkan kuartal pertama tahun 2019 selama kuartal pertama tahun 2020 (Enerdata, 2021), Permintaan energi terbarukan tumbuh sekitar 1,5% pada kuartal pertama tahun 2020. Tambahan produksi tenaga angin dan surya dari proyek-proyek baru diselesaikan selama setahun terakhir. Energi terbarukan paling sering diberikan preferensi dalam jaringan listrik dan tidak diharuskan untuk mengubah produksinya memenuhi permintaan untuk memisahkan mereka dari dampak berkurangnya permintaan energi (IEAG, 2020).

Tujuan penulisan artikel ini adalah memberikan model pengelolaan inovatif dalam mengakselerasi sekolah kejuruan menuju sekolah mandiri energy. System Energi terbarukan yang di sekolah dikelola dengan inovasi mode hybrid untuk mencapai sekolah mandiri energy, berbasis energy terbarukan mode hybrid baik energy angin maupun matahari. Model manajemen energi baru terbarukan dalam dunia pendidikan vokasi di Indonesia masih sangat jarang dilakukan kebanyakan dilakukan didunia produsen energy listrik dengan tujuan komersil. Model pengelolaan yang efektif dan efisien dengan daya maksimal akan menjadi model yang diterapkan disekolah dalam mengelola energy terbarukan yang ada. Model manajemen inovasi ini diharapkan dapat digunakan dalam pengelolaan energy hibryd yang dihasilkan disekolah untuk mengakselerasi terwujudnya sekolah mandiri energy.

METODE

Metode studi yang digunakan adalah pendekatan kualitatif. Studi kualitatif berarti

proses mengeksplorasi dan memahami makna perilaku individu dan kelompok, menggambarkan masalah sosial atau kemanusiaan dengan metode studi dokumen. Studi dokumen adalah digunakan untuk menganalisis dan mengkonfirmasi hasil observasi (Nur Handayani, 2020). Metode studi literatur sistematis dengan menggunakan *Protokol PRISMA*, yaitu prosedur komprehensif yang memungkinkan memilih dengan jelas. Penelitian ini memfilter artikel untuk dianalisis menggunakan *Scopus* dan *database Web of Science* (WoS) melalui pencarian yang dipilih sesuai dengan artikel yang ada kedua database ini berkualitas tinggi dan ditinjau oleh rekan sejawat. Setelah itu, hasilnya adalah mengalami tahap identifikasi dan penyaringan, setelah itu artikel akhir disaring untuk analisis artikel yang relevan dan berkualitas tinggi serta memungkinkan analisis perspektif yang komprehensif peneliti/penulis yang berbeda dan menggabungkannya untuk menjawab pertanyaan spesifik, *Wos Dan Scopus Database* dipilih untuk memastikan kualitas makalah dan ditinjau oleh rekan sejawat. Artikel-artikel yang disertakan dibaca secara menyeluruh dan dianalisis untuk menemukan perspektif penulisnya, hasil dan pendapat mengenai topik dan juga untuk menemukan kesenjangan di dalamnya penelitian untuk topik terkait (Fahimul, 2022).

Metode dalam menentukan kapasitas system pengontrolan sangat penting diketahui dalam manajemen energy listrik. Penentuan ukuran sistem *hybrid* merupakan langkah penting untuk menentukan kapasitas dari generator. Ukuran semua parameter dalam pengontrolan akan mempengaruhi model managemennya. Tanpa ukuran yang tepat, ada risiko sistem menjadi terlalu kecil atau terlalu besar. Kesulitan yang paling banyak dihadapi adalah evaluasi beban nyata dan waktu langkah untuk mengambil fluktuasi secara akurat dengan pertimbangan. sebagian besar peneliti membutuhkan waktu rata-rata berjam-jam, sehari-hari atau bulan sebagai sampel data (Errikson, 2017).

Metode penelitian yang digunakan artikel ini adalah dengan studi literature, yang berkaitan dengan pengelolaan energy terbarukan yang dapat diimplementasikan disekolah. Artikel yang digunakan adalah yang membahas tentang manajemen energy terbarukan dan pengontrolan energy listrik mode hybrid. Hasil penelitian

yang sudah dilakukan tentang manajemen energy terbarukan dijadikan referensi dan menganalisis pembahasan dan model pengelolaan yang digunakan dengan melihat hasil dan kesimpulannya. Hasil studi tentang manajemen inovasi energy terbarukan dijadikan sebagai masukan dan pedoman yang akan digunakan sebagai dasar dalam pengelolaan energy terbarukan disekolah menuju sekolah mandiri energy.

HASIL DAN PEMBAHASAN

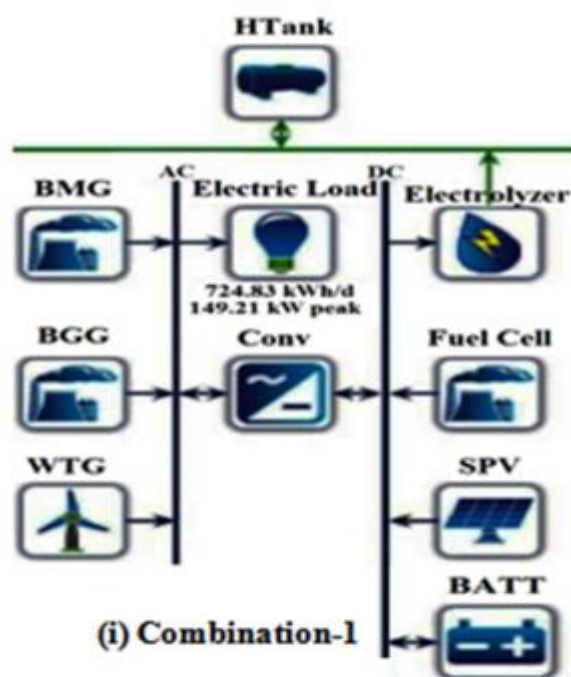
Kegiatan pembelajaran terkadang dilakukan di lingkungan sekolah agar siswa mengetahui bagaimana lingkungan hidup dapat diterapkan secara langsung. Untuk memberikan pemahaman kepada siswa tentang perilaku peduli lingkungan mengajak siswa untuk belajar lebih dekat dengan alam. Guru berusaha untuk menyampaikan materi lingkungan hidup kepada siswa agar dapat diterima dengan lebih menyenangkan, dengan belajar di luar lingkungan kelas. Upaya lain yang dilakukan sekolah dan guru adalah pada saat kegiatan pembelajaran guru berusaha memberikan materi pada saat pembelajaran selalu menyenangkan, dan mendekati siswa pada materi lingkungan tersebut. Tujuannya agar siswa menerima materi tidak hanya secara teoritis saja tetapi siswa dapat mengaplikasikannya secara langsung. Pembentukan perilaku peduli lingkungan pada siswa lebih menyenangkan. Pihak sekolah memberikan contoh perilaku guru atau pihak sekolah dalam memberikan contoh yang baik kepada siswa dengan menunjukkan tindakan yang terpuji, sehingga dapat dijadikan sebagai contoh atau teladan bagi siswa (Nur Handayani et al. 2020).

Program sekolah hijau mempunyai kriteria berdasarkan komponen dan standar. Komponen tersebut antara lain kebijakan ramah lingkungan, penerapan kurikulum berbasis lingkungan hidup, kegiatan perlindungan lingkungan hidup berbasis partisipatif, dan pengelolaan penunjang ramah lingkungan fasilitas. Komponen kebijakan berwawasan lingkungan memuat sub-indikator kurikulum pada upaya perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Berdasarkan survei berbasis kuesioner, 60% siswa menyatakan sekolahnya telah menerapkan kebijakan ramah lingkungan dalam kategori baik. 34% siswa mengatakan sekolahnya telah menerapkan kebijakan ramah

lingkungan dengan kategori sangat baik. Lingkungan indikator kebijakan memuat visi, misi sekolah, serta perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup sasaran. Tujuannya untuk melestarikan fungsi ekologi dan mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup. Kebijakan berwawasan lingkungan hidup tertuang dalam mata pelajaran wajib, muatan lokal, pengembangan diri terkait perlindungan lingkungan hidup, dan kebijakan pengelolaan (A. Hidayat, 2022). Hasil pembelajaran lingkungan hidup dapat disajikan dengan berbagai cara, seperti melalui majalah dinding, buletin sekolah, pameran, website, radio, tv, media massa, dan media elektronik. Hasilnya dapat digunakan sebagai bahan ekspresi siswa dalam melaksanakan kurikulum khususnya yang berbasis lingkungan kurikulum (Harsono, 2005).

Model management pengelolaan energy terbarukan *model hybrid* seperti yang sudah diteliti yaitu sistem energi *hybrid* dihitung berdasarkan per jam simulasi dalam strategi pengisian siklus dan juga dalam strategi mengikuti beban. Beban tersebut disuplai oleh solar PV dan sel bahan bakar generator memasok beban ketika baterai habis. Diagram skema sistem energi *hybrid* yang digunakan adalah kombinasi dari beberapa model dengan hasil ekonomi bahwa dari kombinasi sistem HRES yang berbeda dari *Homer* dengan

memperhitungkan daya yang dikeluarkan, dibandingkan dengan semua kemungkinan konfigurasi lainnya, hasil kombinasi *hybrid* memiliki nilai minimum NPC sebesar \$8,90,013 dan COE paling sedikit sebesar 0,214 \$/kWh pada kapasitas 0% kekurangan. Solar PV menghasilkan energi listrik sebesar 1.63.527 kWh/tahun dari sistem. Dengan total biaya sebesar 3,49,493 kWh/tahun generator sel bahan bakar tinggi dibandingkan dengan biaya baterai. Model tersebut adalah Kombinasi *hybrid*: SPV-WTG-BGG-BMG-FC-BATT. Kombinasi *hybrid*, alokasi sumber energi untuk pertemuan kebutuhan energi yang dibutuhkan di wilayah penelitian adalah SPV, bahan bakar generator sel, biogas, biomassa, dan turbin angin. Berbagai ukuran sistem dianggap sebagai SPV, sel surya, dan generator biogas, biomassa, dan turbin angina 100 kW, 57 kW, 60 kW, 50 kW, dan 50 angka masing-masing, sedangkan kebutuhan energi diperkirakan sebesar 328.266 kWh/tahun, dan ketersediaan kelebihan energi sebesar 6,07%. Hasil simulasi dari *Homer*. dan GA menunjukkan bahwa, optimasi berbasis *Genetic Algoritm* lebih hemat biaya dibandingkan *Homer*. Biaya energi GA adalah 0,163 \$/kWh dan *Homer* adalah 0,214 \$/kWh. Sistem berbasis GA juga memiliki penetrasi PV yang lebih banyak daripada ke *Homer* Selain itu, emisi CO₂ dari GA juga lebih sedikit dibandingkan dengan *Homer* (Vendoti, 2020).



Gambar 1. Model kombinasi hybrid yang optimal

Berbagai penelitian telah dilakukan pada HEMS dan algoritma optimasi untuk biaya energi dan penurunan *Peak-To-Average Ratio* (PAR). Hasil menunjukkan bahwa, dengan sistem HEMS, RES dan ESS dapat membantu menurunkan biaya energi rumah secara signifikan hingga 19,7%, dibandingkan dengan hasil pekerjaan sebelumnya. Meningkatkan tingkat pengisian/pengosongan ESS, biaya energi dapat diturunkan sebesar 4,3% untuk 0,6 kW dan 8,5% untuk 0,9 kW. Dengan menggunakan optimasi multitujuan, sistem dapat melakukannya mencapai PAR yang lebih baik dengan biaya energi yang dapat diterima (Huy Truong Dinh et. al. 2020)

Manajemen sistem hybrid memastikan efisiensi sistem yang tinggi dan keandalan tinggi dengan biaya paling rendah untuk memungkinkan pasokan sistem ke seluruh tahun (Vivas, 2018), peningkatan umur elemen, pengurangan parameter ekonomi dan sebagai hasilnya, memaksimalkan kinerja system. Metode manajemen diklasifikasikan dalam tiga kategori karena strategi objektifnya (Mahes, 2015), Strategi obyektif teknis ada 3 macam yaitu: a) Strategi tujuan ekonomi, tujuan adalah untuk memperhitungkan parameter teknis sistem hybrid untuk memenuhi kebutuhan beban (Zhu, 2019), b) Strategi tekno ekonomi. Tujuannya adalah setiap strategi yang diperhitungkan beberapa parameter yang mempengaruhi keadaan ekonomi sistem terlepas dari situasi teknisnya (Mahes, 2015). c) Strategi objektif teknis. Strategi ini didasarkan pada optimasi nonlinier untuk menyelesaikan fungsi multi tujuan dan mencakup parameter teknis dan ekonomi. Keuntungan dari strategi ini adalah peningkatan parameter teknis seperti kinerja dan masa pakai komponen melalui penurunan parameter ekonomi seperti biaya global (Yuan, 2018).

Metode utama yang digunakan dalam strategi ini didasarkan pada algoritma seperti logika fuzzy (Garcia, 2016). Studi ini menyajikan *Home Automation Energy Management System* (HAEMS) baru dengan *Integrasi Renewable Energy Resources* (RES) dan *Energy Storage Systems* (ESS). Tujuannya adalah meminimalkan biaya energi dan *Peak-To-Average Ratio* (PAR) sistem kami pada siang hari. Algoritma yang kami gunakan di sistem kami adalah kombinasi *The Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *The Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO). HEMS mampu

memanfaatkan listrik dari jaringan utama dengan harga rendah waktu harga untuk menyediakan peralatan rumah tangga pada waktu harga tinggi dengan dukungan ESS dan RES. Selain itu, HEMS mendukung penjualan listrik ke luar. Biaya energi HEMS berkurang secara signifikan menjadi 19,7%, dibandingkan sebelumnya hasil algoritma BPSO (Anvari et. al. 2017). Ketika sistem berfokus pada minimalisasi biaya energi, PAR sistem masih sangat tinggi. Untuk mengurangi PAR, menggunakan metode tertimbang *Multi-Objective Optimization* (MOO). Untuk meminimalkan kedua biaya energy dengan pengembangan HEMS, arsitektur manajemen energi mode pengguna dalam skala global disarankan untuk SG (Alagoz, et. al. 2012). Tanggung jawab utama adalah menjaga efisiensi energi dan keandalan energi dalam kondisi pembangkitan listrik yang tidak menentu dan permintaan konsumen. HEMS perlu bekerja sama dengan sistem ini untuk meningkatkan operasional *Smart Grid* (SG). Sistem masa depan selain biaya listrik dan PAR, Pengoptimalan waktu nyata adalah cara lain untuk melakukannya memperbaiki sistem. Teknologi sistem ini dioptimalkan dengan data penggunaan *real time* (Huy Truong Dinh, et. al. 2020).

Pertanyaan tentang tingkat pengetahuan sekolah manajer terhadap *Renewable Energy Sources* (RES), sebagian besar responden menurut kategori pengetahuan tinggi atau sangat baik dilaporkan memiliki pengetahuan yang baik tentang energi surya (71,4%), disusul pengetahuan energi angin (64,3%). Sangat sedikit sumber RES yang diketahui adalah biomassa, dengan persentase 34% pada kategori tingkat pengetahuan tinggi atau sangat baik. Sebaliknya sebagian besar responden yaitu 90,4% melaporkan bahwa RES digunakan lebih sedikit di Yunani dibandingkan dengan UE lainnya negara. Apalagi sebagian besar responden (81,2%) melaporkan bahwa sumber utama informasi tentang RES adalah Internet. Pentingnya pendidikan dan energi yang berorientasi pada energi terbarukan menurut pendapat manajer sekolah adalah topiknya dari bagian multidisiplin. Setelah menerapkan uji Friedman ($\chi^2=1053.23$ $df=9$ asymp. Sig=0,000), peringkat pada pertanyaan dan mengurutkannya berdasarkan urutan kepentingannya dan bahwa yang paling penting untuk memberikan pendidikan di sekolah tentang RES, yang memiliki peringkat rata-rata tes Friedman

tertinggi sebesar 7,19. Lagi khususnya, 73,9% sangat setuju, 25,1 setuju, 0,6% tidak setuju dan tidak setuju, hanya 0,4% yang menyatakan tidak setuju (Dimitrios Drosos, et al. 2021).

Kerangka komprehensif untuk desain dan pengoperasian pembangkit energi terbarukan hibrida yang optimal *Hybrid Renewable Energy Plant* (HREP). Keuntungan dari kerangka kerja yang diusulkan dibandingkan kerangka kerja yang ada adalah: teknik perkiraan yang lebih baik, menekan peningkatan antar jam yang ekstrim untuk memitigasi aspek volatilitas RES, menekan penyimpangan dari rencana pengiriman HA ke memitigasi aspek ketidakpastian RES dan terakhir, penggunaan variabel proksi untuk nilai energi yang disimpan dalam penyimpanan baterai mengoptimalkan keterlibatan dalam arbitrase versus penyediaan fleksibilitas. Perkiraan yang lebih baik diperoleh melalui pembelajaran mendalam, dan penggunaan baru metode pembaruan bobot perkalian. Pengiriman ekonomi per jam digunakan untuk mengoptimalkan desain HREP. Filosofi operasi yang diusulkan menghasilkan tingkat pengurangan RES total yang rendah antara 1,2% dan 15%, tergantung pada batas operasi 99% dari semua peristiwa gagal dalam batas kemiringan yang ditentukan (Mohandes, 2021).

Sebuah model dirancang untuk berbagai faktor yang dapat mempengaruhi promosi atau pengenalan ESD yang berpusat pada energi dan dampaknya terhadap persepsi umum siswa tentang RE dan SDGs. Model ini bisa saja digunakan sebagai kerangka konseptual untuk mengembangkan metode baru menuju pendidikan EBT, serta promosi RE di kalangan siswa sekolah menengah. Berdasarkan pandangan berbagai peneliti faktor-faktornya antara lain seperti peran guru dan faktor pribadi siswa, merupakan kunci untuk meningkatkan kesadaran mengenai energi terbarukan dan ESD. Faktor-faktor tersebut harus dipertimbangkan ketika mengembangkan dan memperkenalkan kurikulum untuk pendidikan EBT ke pendidikan menengah. Kurangnya keahlian dan pengetahuan guru mengenai energi terbarukan dan pembangunan berkelanjutan, yang harus diatasi melalui pelatihan pribadi untuk guru dan penyediaan materi rinci untuk guru untuk digunakan sebagai konten untuk pengajaran. Strategi pendidikan, seperti strategi pembelajaran berbasis permainan, berbasis proyek, kolaboratif, dan multidisiplin,

dieksplorasi oleh peneliti untuk melaksanakan proyek, kegiatan, dan tugas di sekolah menengah, dan hasilnya menunjukkan efek positif pada kesadaran, minat, motivasi, dan pengetahuan tentang RE dan ESD; dengan demikian, strategi pendidikan ini dapat dieksplorasi untuk merumuskan kurikulum RE dan ESD yang baru dan memperkenalkannya pada pendidikan menengah tingkat (Fahimul Hoque et. al, 2022)

Masyarakat terus mengalami transformasi, yang menunjukkan bahwa pendidikan harus dilakukan secara bertahap beradaptasi dengan kebutuhan saat ini, di mana model pendidikan tradisional direformasi dan strategi inovatif dihasilkan dalam proses belajar mengajar. Energi terbarukan merupakan keharusan yang meningkatkan kesadaran akan pentingnya penggabungan sumber energi terbarukan dan mempromosikan di kalangan pelajar dan warga negara, pembangunan sikap dan nilai-nilai yang berkontribusi dalam memenuhi tantangan energi masyarakat melalui praktik yang layak secara pendidikan, sosial, dan budaya (Ballesteros, 2019). Implikasi praktis berdampak pada berbagai bidang memungkinkan bahwa guru penting dalam pembentukan siswa, karena cara yang ditempuh seorang guru cara mengajarnya akan sama dengan cara siswa belajar tentang energi terbarukan. Selain itu, memiliki implikasi praktis dalam bidang psikologi pendidikan, temuan dapat menentukan siswa dasar dan menengah di sekolah yang menjadi focus energi terbarukan dapat mempelajari isu-isu terkait SDGs secara reflektif. Mereka tertarik untuk memiliki sudut pandang kritis dan lebih tertarik untuk berhati-hati menyelidiki penyebab dan dampak perubahan iklim. Implikasi praktis yang paling menarik dari penelitian ini terkait dengan Tujuan 4 tahun SDGs yang disebut Pendidikan Berkualitas. Studi ini dapat membantu komunitas pendidikan untuk mengambil keputusan, sehingga memungkinkan untuk menjamin pendidikan inklusif dan berkualitas dan untuk mempromosikan kesempatan belajar dan mengajar sepanjang hidup (Naciones Unidas, 2018).

KESIMPULAN

Program sekolah hijau memiliki peran strategis dalam meningkatkan kesadaran lingkungan dan pendidikan lingkungan hidup

dari tingkat sekolah dasar hingga sekolah menengah atas. Model manajemen inovatif dalam pengelolaan energi terbarukan di sekolah untuk mencapai sekolah mandiri energy berbasis energi terbarukan mode hybrid. Mengemennya menggunakan piranti teknologi *Homer* dan HEMS untuk mendapatkan efisiensi biaya dan mengoptimalkan daya terbangkitkan. Analisis komparatif membandingkan keempat kombinasi HRES menggunakan *Homer* dan GA, optimasi berbasis GA lebih hemat biaya dibandingkan *Homer* dengan COE paling sedikit 0,163 \$/kWh dan 0% beban belum terpenuhi. GA sistem berbasis ini memiliki lebih banyak penetrasi PV dan lebih sedikit emisi co^2 daripada ke *Homer*. Sistem energi terbarukan hibrida dapat secara efektif menutupi konsumsi energi di daerah terpencil bila dioptimalkan secara teknis dan secara ekonomis menggunakan metode buatan. Optimalisasi HRES sebagian besar dicapai dengan menggunakan metode buatan atau perangkat lunak komersial, metode buatan yang digunakan didasarkan pada fuzzy, logika, algoritma genetika atau jaringan syaraf tiruan. *Home PRO* dan *Retscreen* adalah perangkat lunak komersial yang paling banyak digunakan dalam pengoptimalan. Algoritma kombinasi PSO dan BPSO telah membuat HEMS mampu memanfaatkan listrik dari jaringan utama dengan harga rendah untuk menyediakan peralatan rumah tangga pada waktu harga tinggi dengan dukungan ESS dan RES. HEMS mendukung penjualan listrik ke luar. Dengan fungsi baru, biaya energi HEMS berkurang secara signifikan menjadi 19,7%, dibandingkan sebelumnya hasil algoritma BPSO. Sistem berfokus pada minimalisasi biaya energi, PAR sistem masih sangat tinggi. Sistem masa depan, biaya listrik dan PAR, kenyamanan termal akan dipertimbangkan. Pengoptimalan waktu nyata adalah cara lain untuk melakukannya memperbaiki sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dan terima kasih kami sampaikan kepada Allah SWT, Rasa terima kasih penulis yang tulus kami kepada dosen pengajar yang telah membimbing dengan sabar dan teliti sehingga artikel ini dapat selesai tepat pada waktunya, semua pihak yang membantu, tim review, editor, dan penerbit jurnal atas kerjasamanya dalam penerbitan artikel ini. Kepada teman seperjuangan mahasiswa S3

Pendidikan kejuruan angkatan 2023 UM atas kemurahan hati dan perhatiannya telah meninggalkan kesan mendalam pada penulis, dan penulis sangat berterima kasih atas kebaikan semuanya. Pihak BPI yang telah membiayai studi ini sampai selesai dan terus bekerja keras demi kemajuan bangsa Indonesia dan edukasi serta keluarga yang sabar membantu dengan doa.

REFERENCES

- Alagoz B., A. Kaygusuz, & A. Karabiber (2012). A User-Mode Distributed Energy Management Architecture for Smart Grid Applications. *Energy*, 44(1), pp. 167–177.
- Anvari A. Moghaddam, A. Rahimi Kian, M. S. Mirian, & J. M. Guerrero (2017). A Multi-Agent Based Energy Management Solution for Integrated Buildings and Microgrid System. *Appl. Energy*, vol. 203, pp. 41–56.
- Ballesteros, V., Gallego & Torres (2019). A. Modelo De Educación En Energías Renovables Desde El Compromiso Público y La Actitud Energética. *Rev. Fac. Ing.* 28, 27–42.
- Colmenares Quintero, R.F.; Barbosa-Granados, S.; Rojas, N. Stansfield, K.E.; Colmenares Quintero, J.C.; Ruiz Candamil, M.; & Cano Perdomo, P. (2022). Learning And Teaching Styles in A Public School with A Focus on Renewable Energies. *Sustainability*, 14, 15545. <https://doi.org/10.3390/su142315545>
- Drosos, D., Kyriakopoulos, G.L, Ntanos, S., & Parissi, A. (2021). School Managers Perceptions towards Energy Efficiency and Renewable Energy Sources. *Int. Journal of Renewable Energy Development*, 10(3), 573-584, doi: 10.14710/ijred.2021.36704
- Enerdata, Global Energy Trends (online)" *Total Power Use.*, (2021). "<https://www.enerdata.net/publications/reports-presentations/world-energy-trends.html>." Consulted in
- Eriksson E.L.V., & E. M. A. Gray, (2017). Optimization and Integration of Hybrid Renewable Energy Hydrogen Fuel Cell Energy Systems A Critical Review. *Appl. Energy* 202 348–364, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.03.132.

- García P. Triviño, L.M. Fernández-Ramírez, A.J. Gil-Mena, F. Llorens-Iborra, C.A. García-Vázquez, & F. Jurado, (2016). Optimized Operation Combining Costs, Efficiency and Lifetime of A Hybrid Renewable Energy System With Energy Storage By Battery And Hydrogen In Grid-Connected Applications. *Int. J. Hydrogen Energy* 41 (48) 23132–23144
- García-Ferrero, J.; Merchán, R.P.; Mateos Roco, J.M.; Medina, A.; & Santos, M.J., (2021). Towards a Sustainable Future through Renewable Energies at Secondary School: An Educational Proposal. *Sustainability*, 13, 12904. <https://doi.org/10.3390/su132212904>
- Harsono (2005). *Implementasi Nilai Kearifan dalam Proses Pembelajaran Berorientasi student centered learning*. Makalah disajikan pada seminar di Balai Senat UGM Yogyakarta Indonesia 30 November 2004 (access 4 Agustus 2022).
- Hidayat A., R Utomowati, S Nugraha, B S Amanto, A Adiatuti, & O. P. Astirin (2022). Students' Perception of The Green School Program: An Evaluation for Improving Environmental Management In Schools. The 1st International Conference On Environmental Management. (ICEM 2022) IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science* 1180. 012029. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1180/1/012029
- Hoque, F.; Yasin, R.M.; & Sopian, K. (2022). Revisiting Education for Sustainable Development: Methods to Inspire Secondary School Students toward Renewable Energy. *Sustainability*, 14, 8296. <https://doi.org/10.3390/su14148296>
- Huy Truong Dinh, Jaeseok Yun, Dong Min Kim, Kyu-Haeng Lee, & Daehee Kim. (2020). A Home Energy Management System with Renewable Energy and Energy Storage Utilizing Main Grid and Electricity Selling. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> Volume 8, 2020
- Kristiawan M, Maryanti, N & Fitria H., (2019). Membangun Karakter Peserta Didik Melalui Green School Di SMK Negeri 2 Muara Enim. *JMKSP Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, dan Supervisi Pendidikan* 4(2) 210-217
- Mahesh A., & K.S. Sandhu., (2015). Hybrid Wind and Photovoltaic Energy System Developments: Critical Review and Findings *Renew. Sustain. Energy Rev.* 52 1135–1147, doi: 10.1016/j.rser.2015.08.008.
- Mangun wijaya (2020). *Sekolah Merdeka: Pendidikan Pemerdekaan*. Jakarta: Kompas.
- Mohandes B., M. S. E. Moursi, N. Hatziargyriou, & S. El-Khatib., (2019). A Review of Power System Flexibility with High Penetration of Renewables. *IEEE Trans. Power Syst.*, 34(4), pp. 3140–3155.
- Naciones Unidas (2018). *La Agenda 2030 y Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una Oportunidad Para América Latina y El Caribe*; Naciones Unidas: Santiago, Chile, ISBN 978-92-1-058643-6.
- Nur Handayani, Hasan Hariri, Sowiyah, & Ridwan (2020). The Shaping of The Student Character Caring for The School Environment Through The Green School Movement In SMP Negeri 2 Adiluwih. URICSE 2020. *Journal of Physics: Conference Series* 1655, 012115 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1655/1/012115
- Nyoman Sugiarta I, I N. Suparta, & I W. Teresna (2020). Perbandingan Suplai Energi Panel Surya Polycrystalline Pada PLTS On-Grid. Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6 *ISAS Publishing Series: Engineering and Science* Vol. 6 No. 1 E-ISSN: 2621-9794, P-ISSN: 2477-2097
- OECD (2020). *International Energy Agency Global energy review, Publishing 2020*, “<https://webstore.iea.org/download/direct/2995>”. Consulted in (February, 2020).
- Paryadi S., (2008). *Konsep Pengelolaan Lingkungan Sekolah (Green School)*. Modul. Dinas Pendidikan Cianjur
- Rajanna S., Saini & R.P., (2016b). Employing Demand Side Management for Selection of Suitable Scenario-Wise Isolated Integrated Renewal Energy Models In An Indian Remote Rural Area. *Renew. Energy* 99, 1161–1180.
- Vendoti, Suresh, Muralidhar, M., & Kiranmayi, R., (2018b). Homer Based Optimization of Solar-Wind-Diesel Hybrid System for Electrification In A Rural Village. In: 2018 *International Conference on*

- Computer Communication and Informatics* (ICCCI), Coimbatore, 2018, pp. 1-6.
- Vendoti, Suresh, Muralidhar, M., & Kiranmayi, R., (2019b). Performance Analysis of Hybrid Power System Along with Conventional Energy Sources for Sustainable Development In Rural Areas. *Int. J. Recent Technol. Eng.* 8 (3), 5971–5977
- Vendoti, Suresh, Muralidhar, M., & Kiranmayi, R., (2020). Techno Economic Analysis of Off-Grid Solar/Wind/Biogas/Biomass/Fuel Cell/Battery System for Electrification In A Cluster Of Villages By *Homer* Software. *Environ. Dev. Sustain.* <http://dx.doi.org/10.1007/s10668-019-00583-2>.
- Vivas F.J., A. De Heras, F. Segura, & J.M Andújar, (2018). A Review of Energy Management Strategies for Renewable Hybrid Energy Systems with Hydrogen Backup, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 82 126–155 September 20172017.09.014, doi: 10.1016/j.rser.
- Yuan Y., J. Wang, X. Yan, Q. Li, & T. Long (2018). A Design and Experimental Investigation of a Large-Scale Solar Energy/Diesel Generator Powered Hybrid Ship, *Energy* 165 965–978.
- Zhu J., Y. Yuan, & W. Wang, (2019). Multi Stage Active Management of Renewable-Rich Power Distribution Network to Promote The Renewable Energy Consumption and Mitigate The System Uncertainty. *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 111 436–446, Doi: 10.1016/j.ijepes.2019.04.028.