

## BAB V

### SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI

#### 5.1. Simpulan

Permasalahan efisiensi energi di lingkungan sekolah menjadi tantangan yang signifikan mengingat tingginya kebutuhan listrik untuk mendukung kegiatan belajar-mengajar dan perkembangan teknologi pendidikan modern. Penelitian ini menawarkan pendekatan inovatif dengan menggabungkan teknologi Internet of Things (IoT) dan Genetic Algorithm (GA) sebagai solusi strategis dalam meningkatkan efisiensi energi listrik di sekolah. Implementasi ekosistem IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time yang akurat, sehingga memberikan gambaran mendalam terkait pola konsumsi energi. Data ini kemudian dianalisis melalui integrasi dengan sistem informasi sekolah untuk mengidentifikasi potensi pemborosan energi dan merancang strategi optimasi yang lebih efektif.

Penerapan Genetic Algorithm (GA) terbukti sangat efektif dalam mengoptimalkan penjadwalan penggunaan energi. Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan konsumsi energi secara signifikan dan penghematan biaya operasional yang terukur. Lonjakan daya yang sebelumnya mencapai 944,97 kWh dapat dikurangi hingga 505 kWh setelah optimasi, menunjukkan penurunan sebesar 46,56%. Efisiensi ini tidak hanya meningkatkan stabilitas daya listrik di lingkungan sekolah, tetapi juga memperkuat ketahanan sistem terhadap risiko lonjakan daya yang tidak terkontrol.

Hasil ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya oleh Han et al. (2020) yang menyoroti peran IoT dalam pemantauan dan pengelolaan energi secara real-time, serta penelitian Wang et al. (2023) yang membuktikan keunggulan GA dalam mengatasi masalah optimasi energi secara adaptif. Dengan membandingkan hasil ini dengan literatur yang ada, penelitian ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan solusi konkret terhadap permasalahan manajemen energi di

sektor pendidikan, yang sebelumnya lebih banyak diterapkan pada sektor industri dan komersial.

Model yang dihasilkan dari penelitian ini juga diharapkan dapat diadopsi di berbagai institusi pendidikan lain sebagai kerangka kerja yang efisien untuk pengelolaan energi. Selain memberikan dampak langsung terhadap efisiensi energi dan penghematan biaya operasional, penelitian ini juga menawarkan kontribusi strategis dalam mendukung kebijakan pendidikan berbasis teknologi serta mendukung upaya keberlanjutan energi yang ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini membangun fondasi yang kokoh untuk mengintegrasikan teknologi pintar dan optimasi berbasis algoritma dalam pengelolaan energi yang adaptif, berkelanjutan, dan hemat biaya di lingkungan pendidikan.

## 5.2. Implikasi

Implikasi dari penelitian ini mencakup berbagai aspek yang signifikan dalam dunia pendidikan dan manajemen energi, khususnya dalam mendukung efisiensi energi dan pengelolaan sumber daya berbasis teknologi. Pertama, penerapan teknologi IoT dalam sistem pemantauan konsumsi energi membuktikan bahwa investasi pada infrastruktur teknologi ini tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memberikan pengembalian investasi yang besar dalam jangka panjang. Sistem ini memungkinkan pemantauan real-time yang akurat, sehingga memudahkan sekolah untuk mengidentifikasi pemborosan energi dan mengambil tindakan korektif secara tepat waktu. Hal ini memperkuat temuan Han et al. (2020) bahwa IoT berperan krusial dalam pengelolaan energi secara adaptif dan berbasis data.

Kedua, hasil penerapan Genetic Algorithm (GA) membuktikan bahwa pendekatan optimasi komputasi mampu menangani tantangan kompleks dalam distribusi energi dan penjadwalan penggunaan daya secara adaptif. Hal ini selaras dengan penelitian Wang et al. (2023) yang menegaskan keunggulan GA dalam mendistribusikan energi secara efisien melalui pengelolaan multi-objektif. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya mengurangi lonjakan daya hingga 46,56%, tetapi juga mendorong stabilitas kelistrikan yang lebih baik. Implikasi ini memberikan

landasan kuat bagi pengembangan sistem serupa di masa depan untuk diterapkan di institusi lain dengan kebutuhan energi yang dinamis dan variatif.

Ketiga, analisis data yang dihasilkan oleh sistem menawarkan informasi strategis untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti dalam pengelolaan energi. Data ini memungkinkan sekolah untuk merancang kebijakan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan, sekaligus mengurangi biaya operasional dan meningkatkan keandalan infrastruktur listrik. Dengan adanya dukungan data yang komprehensif, sekolah dapat merespons perubahan kebutuhan energi dengan lebih fleksibel dan proaktif, menciptakan sistem yang adaptif terhadap tantangan masa depan.

Keempat, penelitian ini berkontribusi langsung pada pengembangan kebijakan energi berbasis data di sektor pendidikan, yang sebelumnya lebih banyak diterapkan di sektor industri dan komersial. Sistem ini membuktikan bahwa pengelolaan energi yang cerdas dan otomatis dapat diadopsi untuk meningkatkan efisiensi operasional di sekolah, memperkuat kebijakan energi berkelanjutan, dan mendukung program digitalisasi pendidikan yang sejalan dengan era Industri 4.0.

Kelima, penelitian ini juga memiliki implikasi lingkungan yang luas. Melalui optimalisasi konsumsi energi, sistem ini mendukung pengurangan jejak karbon dan mendukung inisiatif keberlanjutan energi di sektor pendidikan. Hasil ini sejalan dengan rekomendasi global terkait transisi ke teknologi hijau yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menjawab tantangan teknis dalam pengelolaan energi, tetapi juga menawarkan kontribusi strategis yang dapat memperkuat kebijakan dan praktik energi berkelanjutan di sekolah. Model ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mendesain sistem manajemen energi di institusi pendidikan lainnya, mendukung transformasi digital, dan mempercepat adopsi teknologi berbasis data yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan.

### 5.3. Rekomendasi

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan energi berbasis teknologi di lingkungan pendidikan dan dapat menjadi acuan bagi penelitian

lanjutan maupun pengembangan sistem serupa di berbagai konteks. Beberapa rekomendasi yang diajukan meliputi:

Pertama, sekolah-sekolah disarankan untuk berinvestasi dalam infrastruktur IoT yang mendukung pemantauan energi secara real-time serta implementasi algoritma optimasi seperti Genetic Algorithm (GA). Pengadaan perangkat yang terintegrasi dengan IoT harus disertai dengan pelatihan teknis bagi staf dan manajemen sekolah untuk memastikan sistem dapat dimanfaatkan secara optimal. Pelatihan ini meliputi pengoperasian perangkat, interpretasi data, dan pengelolaan sistem berbasis teknologi untuk mendukung efisiensi energi jangka panjang.

Kedua, penelitian selanjutnya disarankan untuk berfokus pada pengembangan algoritma yang lebih kompleks dan adaptif guna meningkatkan kemampuan sistem dalam menangani skenario penggunaan energi yang lebih dinamis. Penelitian ini juga dapat memperluas penerapan model optimasi energi ke lingkungan pendidikan yang lebih besar atau sektor lain yang memiliki kebutuhan energi yang serupa. Kolaborasi dengan akademisi, praktisi teknologi, dan pengambil kebijakan sangat diperlukan untuk memastikan bahwa hasil penelitian dapat diimplementasikan secara efektif di berbagai institusi pendidikan. Selain itu, perlu dilakukan eksplorasi lebih lanjut tentang optimasi energi hibrida yang mengintegrasikan sumber energi terbarukan dengan sistem manajemen berbasis teknologi untuk memperkuat keberlanjutan energi.

Ketiga, sekolah-sekolah diharapkan untuk melakukan evaluasi berkala terhadap sistem yang diterapkan. Evaluasi ini meliputi analisis pola konsumsi energi, penyesuaian algoritma optimasi, dan pemantauan performa perangkat keras dan perangkat lunak. Evaluasi yang berkelanjutan akan membantu mengidentifikasi peluang perbaikan dan memperkuat efektivitas sistem dalam mengelola energi secara efisien. Selain itu, hasil evaluasi ini juga dapat menjadi dasar rekomendasi kebijakan energi berbasis data di sekolah, yang berfokus pada efisiensi operasional dan penghematan biaya.

Keempat, untuk memperluas dampak penelitian ini, sekolah-sekolah dapat memanfaatkan data yang dihasilkan dari sistem ini untuk kampanye kesadaran energi yang melibatkan siswa, guru, dan staf sekolah. Program edukasi tentang efisiensi

energi dapat meningkatkan partisipasi seluruh komunitas sekolah dalam menjaga pola konsumsi energi yang lebih hemat dan ramah lingkungan. Inisiatif ini mendukung program pendidikan hijau yang mengintegrasikan teknologi dan keberlanjutan sebagai bagian dari kurikulum sekolah.

Kelima, penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya sinkronisasi kebijakan energi berbasis teknologi di sekolah dengan kebijakan nasional terkait Industri 4.0 dan digitalisasi pendidikan. Sistem yang telah diuji ini memiliki potensi untuk direplikasi di berbagai institusi pendidikan lain sebagai bagian dari strategi modernisasi manajemen energi yang lebih efisien dan berbasis data. Oleh karena itu, perlu ada dorongan dari pemerintah untuk menjadikan teknologi ini sebagai program percontohan di sekolah-sekolah yang berkomitmen terhadap efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon.

Dengan demikian, rekomendasi ini diharapkan dapat mendorong penerapan teknologi dan pendekatan inovatif untuk mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi biaya operasional, serta memberikan kontribusi positif bagi keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini juga dapat menjadi pijakan strategis untuk pengembangan teknologi manajemen energi yang lebih cerdas, adaptif, efisien, dan berkelanjutan di sektor pendidikan.