

**OPTIMASI MANAJEMEN SEKOLAH MELALUI
PEMANFAATAN ENERGI LISTRIK YANG OPTIMAL
BERBASIS IoT DAN GENETIC ALGORITHM**

TESIS

*diajukan untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh
gelar Magister Pendidikan pada program studi pendidikan ilmu komputer*



Oleh
Muhammad Syafri Syamsudin
NIM. 2112906

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

LEMBAR HAK CIPTA

**OPTIMASI MANAJEMEN SEKOLAH MELALUI PEMANFAATAN
ENERGI LISTRIK YANG OPTIMAL BERBASIS IoT DAN GENETIC
ALGORITHM**

Oleh

MUHAMMAD SYAFRI SYAMSUDIN

NIM. 2112906

Sebuah tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister
Pendidikan Ilmu Komputer

© Muhammad Syafri Syamsudin

Universitas Pendidikan Indonesia

Januari 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau dengan cara lainnya
tanpa izin dari peneliti

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

**OPTIMASI MANAJEMEN SEKOLAH MELALUI PEMANFAATAN
ENERGI LISTRIK YANG OPTIMAL BERBASIS IoT DAN GENETIC
ALGORITHM**

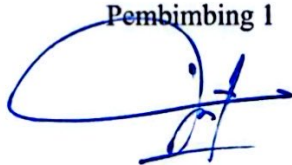
Oleh :

MUHAMMAD SYAFRI SYAMSUDIN

NIM. 2112906

Disetujui dan disahkan oleh:

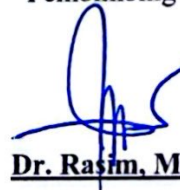
Pembimbing 1



Prof. Dr. Lala Septem Riza, M.T.

NIP. 197809262008121001

Pembimbing 2



Dr. Rasim, M.T.

NIP. 197407252006041002

Penguji 1



Prof. Dr. H. Munir, MIT

NIP. 196603252001121001

Penguji 2



Dr. Yudi Wibisono, M.T

NIP. 197507072003121003

Mengetahui,

Ketua Program Studi Magister Pendidikan Ilmu Komputer



Prof. Dr. Lala Septem Riza, M.T.

NIP. 197809262008121001

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang berjudul “Optimasi Manajemen Sekolah Melalui Pemanfaatan Energi Listrik yang Optimal Berbasis IoT dan Genetic Algorithm” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri serta tidak ada penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini saya bersedia menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan atau adanya klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Kota Bandung, Januari 2025

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Syafri Syamsudin".

Muhammad Syafri Syamsudin

NIM. 2112906

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas kuasa-Nya dan kemurahan hati-Nya penulis akhirnya bisa menyelesaikan tesis dengan judul “Optimasi Manajemen Sekolah Melalui Pemanfaatan Energi Listrik yang Optimal Berbasis Iot dan Genetic Algorithm”. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah limpahkan kepada junjunan Nabi Muhammad SAW. Proses penyelesaian tesis ini mendapat dukungan pemikiran, moril dan materil dari berbagai pihak. Maka dengan kerendahan hati dan penuh ketulusan, Penulis mengucapkan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Prof. Dr. Lala Septem Riza, M.T., sebagai pembimbing pertama sekaligus sebagai Ketua Program Studi Magister Pendidikan Ilmu Komputer di Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memberikan dedikasi yang luar biasa dalam memberikan bimbingan kepada penulis, dengan memberikan waktu, pikiran, dan ilmu pengetahuan yang berharga.
2. Dr. Rasim, M.T., sebagai pembimbing kedua, yang telah memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran. Terima kasih atas berbagi ilmu pengetahuan, pengalaman, dan dukungan moral yang telah diberikan.
3. Dr. Wahyudin, M.T., sebagai dosen pembimbing akademik, atas perhatian dan pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan hingga mencapai tahap akhir.
4. Kedua orang tua yang selalu mendoakan kesuksesan anak mereka, yang tidak henti-hentinya mendoakan serta membri dukungan.
5. Rekan-rekan dan sahabat seperjuangan di Program Studi S2 Pendidikan Ilmu Komputer atas dukungan, doa, dan harapan yang tulus.
6. Rekan-rekan mahasiswa tugas belajar Angkatan 2021 dan 2022 atas segala kebaikan dan motivasi yang telah diberikan selama ini.

ABSTRAK

Efektivitas proses pembelajaran di sekolah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sarana dan prasarana kelistrikan, terutama dengan adanya teknologi pendidikan modern. Optimasi manajemen sekolah melalui energi listrik menjadi fokus utama dalam penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan energi listrik di lingkungan sekolah dengan menggunakan pendekatan Internet of Things (IoT) dan genetic algorithm. Sistem informasi dikembangkan untuk menciptakan pola visualisasi penggunaan energi listrik dan membuat penjadwalan bengkel dan kelas berdasarkan beban yang terukur. Metode penelitian yang diterapkan adalah Research and Development (R&D) yang memberikan kerangka kerja sistematis dan terstruktur dalam mengembangkan produk baru serta menguji keefektifannya. Eksperimen dilakukan di SMK Negeri 1 Cirebon selama enam bulan, dari November 2023 hingga April 2024 dengan memahami pola kelistrikan. Genetic algorithm digunakan untuk menghasilkan jadwal penggunaan energi yang optimal. Hasil eksperimen menunjukkan keberhasilan sistem dalam mengoptimalkan penggunaan energi listrik di lingkungan sekolah. Integrasi antara IoT dan genetic algorithm dalam pengambilan keputusan yang lebih baik terkait manajemen energi yang berdampak positif pada efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional. Pengujian jadwal yang dihasilkan oleh sistem dilakukan uji coba selama enam hari pada tiga program keahlian yang ada di sekolah. Pengujian tersebut menunjukkan penurunan lonjakan daya dengan lonjakan tertinggi 505 KWh setelah dilakukan optimasi pada uji coba di bulan Mei. Sebelum optimasi, lonjakan tertinggi mencapai 944,97 KWh pada bulan Januari dan 927,34 KWh pada bulan Februari. Analisis ini menunjukkan efektivitas perubahan jadwal dalam mengelola dan mengoptimalkan penggunaan energi listrik di sekolah dengan pengurangan lonjakan daya yang signifikan setelah penerapan optimasi.

Kata Kunci : Power meter, Internet of Things, Genetic Algorithm, Sistem Manajemen Sekolah, Energi Listrik

ABSTRACT

The effectiveness of the learning process in schools is significantly influenced by the availability of electrical facilities and infrastructure, especially with the advancement of modern educational technology. Optimizing school management through electrical energy has become the primary focus of this research. This study aims to optimize electrical energy in the school environment using the Internet of Things (IoT) and genetic algorithm approaches. An information system was developed to create a visualization pattern of electrical energy usage and to schedule workshops and classes based on measurable loads. The research methodology applied is Research and Development (R&D), which provides a systematic and structured framework for developing new products and testing their effectiveness. The experiment was conducted at SMK Negeri 1 Cirebon over six months, from November 2023 to April 2024, by analyzing electricity usage patterns. The genetic algorithm was used to generate an optimal energy usage schedule. Experimental results demonstrated the system's success in optimizing electricity usage in the school environment. The integration of IoT and genetic algorithms enabled better decision-making regarding energy management, positively impacting energy efficiency and reducing operational costs. The schedule produced by the system was tested over six days in three vocational programs at the school. The test results showed a reduction in power surges, with the highest surge recorded at 505 KWh after optimization in the May trial. Before optimization, the highest surge reached 944.97 KWh in January and 927.34 KWh in February. This analysis highlights the effectiveness of schedule adjustments in managing and optimizing electricity usage in schools, significantly reducing power surges after implementing optimization.

Keywords: Power meter, Internet of Things, Genetic Algorithm, School Management System, Electrical Energy

MOTO HIDUP DAN PERSEMBAHAN

MOTO HIDUP

Hidup hanya sekali dan buatlah setiap aktivitas kehidupanmu sebaik mungkin sehingga orang lain dapat mengenangmu. Manfaatkan setiap kesempatan untuk memberikan yang terbaik, karena setiap tindakan yang kita lakukan akan membentuk warisan yang kita tinggalkan. Jalani hidup dengan integritas, kerja keras, dan kasih sayang, agar kenangan tentang kita dapat menjadi inspirasi bagi orang lain.

PERSEMBAHAN

*Kedua orang tuaku yang teramat kusayangi, Bapak **Sudin** dan Ibu **Rustini**. Kalian adalah pilar kehidupan dan inspirasi terbesar bagiku. Terima kasih atas cinta, kasih sayang, dan doa-doa yang kalian panjatkan tanpa henti. Kalian telah menjaga, membimbing, dan menyayangiku dengan sepenuh hati dan keikhlasan, memberikan dorongan untuk terus maju dan menyelesaikan setiap tantangan yang ada di hadapanku.*

*Saudaraku tersayang, **Muhammad Azmil'fadhil Syamsudin** dan **Dhibia Rihadatul 'aisy**. Terima kasih atas doa-doa, motivasi, dan dukungan tanpa henti yang kalian berikan. Kalian selalu ada untuk menyemangati dan mendukungku dalam setiap langkah perjalanan ini. Dukungan kalian telah memberikan kekuatan tambahan bagiku untuk mencapai impian dan menyelesaikan karya ini.*

Persembahan ini adalah bentuk rasa syukur dan terima kasihku kepada kalian semua, atas cinta, dukungan, dan kehadiran yang tak ternilai harganya dalam hidupku. Semoga karya ini dapat menjadi kebanggaan kita bersama dan menjadi bukti nyata dari segala usaha dan doa yang telah kalian berikan.

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	II
LEMBAR PENGESAHAN	III
SURAT PERNYATAAN.....	IV
KATA PENGANTAR	V
ABSTRAK	VI
MOTO HIDUP DAN PERSEMBAHAN	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR GAMBAR	XV
DAFTAR LAMPIRAN	XVIII
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Stuktur Organisasi Tesis.....	6
BAB II.....	8
KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1. Landasan Teori	8
2.1.1. Manajemen	8
2.1.2. Sarana Prasarana Pendidikan	8
2.1.3. Penjadwalan Pendidikan	10
2.1.4. Manajemen Sarana Prasarana Pendidikan	11
2.1.5. Standar Nasional Pendidikan tentang Sarana dan Prasarana	12
2.1.6. Sistem Informasi Manajemen Sekolah	13
2.1.7. <i>Internet of Things</i> (IoT)	14
2.1.8. <i>Genetic Algorithm</i> (GA)	24
2.1.9. Mikrokontroler ESP8266.....	36
2.1.10. Power Meter.....	40
2.2. Penelitian yang Relevan	42
BAB III	66
METODE PENELITIAN.....	66
3.1. Metode Penelitian	66
3.2. Tahapan Penelitian	67
3.3. Waktu dan Tempat Penelitian	70
3.4. Prosedur Penelitian	71

3.5.	Prosedur Pengembangan	73
3.5.1.	<i>Analysis</i>	73
3.5.2.	<i>Design</i>	73
3.5.3.	<i>Development</i>	74
3.5.4.	<i>Implementation</i>	74
3.5.5.	<i>Evaluation</i>	75
3.6.	Teknik Pengumpulan Data	76
3.6.1.	Observasi	77
3.6.2.	Wawancara	78
3.6.3.	Studi Literatur	79
3.6.4.	Data Power Meter	80
3.7.	Analisis data	80
3.7.1.	Kisi-Kisi Validasi Instrumen Ahli Sistem	81
3.7.2.	Analisis Instrumen Validasi Ahli Sistem.....	83
BAB IV		86
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		86
4.1.	Perancangan Arsitektur Sistem Optimasi Manajemen Sekolah Berbasis Internet of Things (IoT) dan Genetic Algorithm (GA).....	86
4.2.	Perencanaan <i>Hardware</i> dan <i>Server Internet of Things</i>	88
4.2.1.	Alat dan Bahan yang dibutuhkan <i>Hardware</i> dan <i>Server Internet of Things</i>	88
4.2.2.	Perancangan <i>Hardware Power Meter</i>	89
4.2.3.	Perancangan Box Panel Power Meter.....	94
4.2.4.	Pemasangan <i>Hardware Power Meter</i> Pada Setiap Bengkel	96
4.2.5.	Perancangan Server Utama, <i>Server Genetic Algorithm (GA)</i> Service, <i>Server Broker RabbitMq MQTT</i> dan <i>AMQ Service</i> ..	98
4.2.6.	Arsitektur <i>Internet of Things</i>	103
4.2.7.	<i>Hardware Power Meter Real Time Networking</i>	106
4.3.	Perancangan <i>Software</i> Sistem Manajemen Sekolah.....	109
4.4.	Perancangan Model Penjadwalan Bengkel dan Kelas dengan <i>Genetic Algorithm</i>	114
4.4.1.	Tahapan <i>Genetic Algorithm</i> Penjadwalan Bengkel dan Kelas	114
4.4.2.	Data Masukan <i>Genetic Algorithm</i>	116
4.4.3.	Software yang digunakan Model <i>Genetic Algorithm (GA)</i>	116
4.5.	Pengembangan Aplikasi Sistem Manajemen Sekolah dan Penjadwalan Berbasis <i>Internet of Things (IoT)</i> dan <i>Genetic Algorithm (GA)</i>	118
4.5.1.	<i>Analysis</i>	118
4.5.2.	<i>Design</i>	119
4.5.3.	<i>Development</i>	137
4.5.4.	<i>Implementation</i>	157

4.5.5. Evaluation	158
4.6. Skenario Eksperimen	158
4.6.1. Pengujian <i>Hardware</i> Power Meter	158
4.6.2. Pengujian <i>Software</i> Sistem Informasi	159
4.6.3. Pengujian <i>Software Genetic Algorithm (GA)</i>	162
4.6.4. Pengujian Pembuatan Jadwal	162
4.6.5. Pengujian Efektifitas Jadwal Terhadap Kelistrikan Yang Optimal	163
4.7. Hasil Eksperimen	164
4.7.1. Hasil Pengujian <i>Hardware</i> Power Meter	164
4.7.2. Hasil Pengujian <i>Software</i> Sistem Informasi	175
4.7.3. Hasil Pengujian Pembuatan Jadwal	191
4.7.4. Hasil Pengujian Efektifitas Jadwal Terhadap Kelistrikan Yang Optimal	191
4.8. Pembahasan	200
4.8.1. Analisis Hasil	200
4.8.2. Kebaharuan Penelitian	209
BAB V	213
SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	213
5.1. Simpulan	214
5.2. Implikasi	215
5.3. Rekomendasi	216
DAFTAR PUSTAKA	219
LAMPIRAN-LAMPIRAN	225

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh Pengkodean Biner	30
Tabel 2. 2 Contoh Pengkodean Permutasi	31
Tabel 2. 3 Contoh Pengkodean Nilai	31
Tabel 2. 4 Seleksi Ranking.....	33
Tabel 2. 5 One Point Crossover	34
Tabel 2. 6 Two Point Crossover.....	35
Tabel 2. 7 Uniform Crossover.....	35
Tabel 2. 8 Aritmetic Crossover	35
Tabel 2. 9 Mutasi.....	36
Tabel 2. 10 Spesifikasi ESP8266	38
Tabel 2. 11 Fungsi Pin GPIO ESP8266	39
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	70
Tabel 3. 2 Prosedur Penelitian	71
Tabel 3. 3 Kisi-kisi Instrumen Observasi Penggunaan Kelistrikan di Sekolah	77
Tabel 3. 4 Kisi-kisi Instrumen Observasi Penggunaan Kelistrikan di Sekolah	82
Tabel 3. 5 Distribusi Nilai Hasil	84
Tabel 4. 1 Penamaan <i>topic</i>	103
Tabel 4. 2 Data Masukan Sensor Power Meter.....	108
Tabel 4. 3 Format Pengiriman Data Sensor Power Meter	109
Tabel 4. 4 Data Masukan <i>Genetic Algorithm</i>	116
Tabel 4. 5 Struktur Data Tabel Activity.....	128
Tabel 4. 6 Struktur Data Tabel User	129
Tabel 4. 7 Struktur Data Tabel Devices	130
Tabel 4. 8 Struktur Data Tabel Classroom.....	130
Tabel 4. 9 Struktur Data Tabel Price.....	131
Tabel 4. 10 Struktur Data Tabel Major	132
Tabel 4. 11 Struktur Data Tabel Course.....	132
Tabel 4. 12 Struktur Data Tabel School_classes.....	133

Tabel 4. 13 Struktur Data Tabel Teacher	134
Tabel 4. 14 Struktur Data Tabel Log_sensor	134
Tabel 4. 15 Struktur Data Tabel Result_activites	135
Tabel 4. 16 Struktur Data Tabel Failed_jobs	137
Tabel 4. 17 Mata pelajaran.....	140
Tabel 4. 18 Kelas.....	142
Tabel 4. 19 Ruangan	142
Tabel 4. 20 Jurusan	143
Tabel 4. 21 Guru	143
Tabel 4. 22 Hari KBM	144
Tabel 4. 23 Jam Pelajaran	144
Tabel 4. 24 Penggunaan Wh tiap perangkat.....	145
Tabel 4. 25 Rata-rata Penggunaan Wh per Mata Pelajaran	145
Tabel 4. 26 Kelompok Tugas	146
Tabel 4. 27 Kelompok Waktu	146
Tabel 4. 28 Populasi Awal	148
Tabel 4. 29 Tabel Aturan	150
Tabel 4. 30 Hasil Nilai <i>fitness</i> terbaik.....	152
Tabel 4. 31 Populasi Baru Hasil Seleksi	154
Tabel 4. 32 Proses <i>Crossover</i> Multipoint.....	154
Tabel 4. 33 Tabel Populasi Sebelum Mutasi.....	155
Tabel 4. 34 Setelah Mutasi.....	156
Tabel 4. 35 Tabel Jadwal Akhir	156
Tabel 4. 36 Hasil Baca Sensor Power Meter.....	165
Tabel 4. 37 Bentuk Data JSON Power Meter	167
Tabel 4. 38 Hasil Pengujian Halaman Administrasi Dashboard.....	178
Tabel 4. 39 Hasil Pengujian Halaman Monitoring.....	178
Tabel 4. 40 Hasil Pengujian Halaman Perangkat.....	179
Tabel 4. 41 Hasil Pengujian Halaman Sekolah.....	180
Tabel 4. 42 Hasil Pengujian Halaman Kegiatan	181
Tabel 4. 43 Hasil Pengujian Halaman Jadwal.....	183

Tabel 4. 44 Hasil Pengujian Halaman History	184
Tabel 4. 45 Hasil Pengujian Halaman Pengaturan Harga	184
Tabel 4. 46 Hasil Pengujian Halaman Pengaturan – Pengajar	186
Tabel 4. 47 Hasil Pengujian Halaman Pengaturan – Kelas.....	187
Tabel 4. 48 Hasil Pengujian Halaman Pengaturan – Jurusan.....	188
Tabel 4. 49 Hasil Pengujian Halaman Pengaturan - Pelajaran.....	189
Tabel 4. 50 Hasil Pengujian Halaman Pengaturan – Ruangan.....	190
Tabel 4. 51 Skor Pengujian <i>Functionality</i>	202
Tabel 4. 52 Skor Pengujian <i>Usability</i>	203
Tabel 4. 53 Skor Pengujian Blackbox.....	205
Tabel 4. 54 Perbandingan Harga dan Spesifikasi Sensor.....	212

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Internet of Things</i>	16
Gambar 2. 2 Arsitektur IoT	17
Gambar 2. 3 Protocol IoT pada model TCP/IP	19
Gambar 2. 4 <i>Application dan Device Management</i>	20
Gambar 2. 5 Struktur sistem transmisi data menggunakan protokol MQTT	22
Gambar 2. 6 <i>Flowchart Genetic Algorithm</i>	25
Gambar 2. 7 Struktur Umum <i>Genetic Algorithm</i> (GA).....	29
Gambar 2. 8 Seleksi Roda Roulette	32
Gambar 2. 9 Pin GPIO ESP8266	39
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	68
Gambar 3. 2 Langkah-Langkah Penelitian R&D Dengan Pendekatan ADDIE....	71
Gambar 3. 3 Model ISO 9126 (Rachman et al., 2022)	76
Gambar 4. 1 Arsitektur Sistem Optimasi Manajemen Sekolah Berbasis <i>Internet of Things</i> dan <i>Genetic Algorithm</i>	86
Gambar 4. 2 Skematik Kontroler Power Meter	90
Gambar 4. 3 Desain PCB Power Meter	91
Gambar 4. 4 Skematik Module Sensor PZEM-016	92
Gambar 4. 5 Skema Kontroler Power Meter dengan PZEM 016	92
Gambar 4. 6 Pengkabelan Box panel	93
Gambar 4. 7 Pemograman ESP8266 dengan Arduino IDE	94
Gambar 4. 8 Design box panel	95
Gambar 4. 9 Instalasi Hardware Power Meter	96
Gambar 4. 10 Kontroler power meter untuk logging data	97
Gambar 4. 11 Sebaran Box Panel Power Meter.....	98
Gambar 4. 12 Topologi jaringan server	99
Gambar 4. 13 Router Board Mikrotik 3011	100
Gambar 4. 14 Server Utama <i>Web Services</i>	100
Gambar 4. 15 Server kedua <i>Genetic Algorithm Services</i>	101
Gambar 4. 16 Server ketiga Broker RabbitMq MQTT dan AMQ Service	102

Gambar 4. 17 Blok Diagram Arsitektur <i>Protocol</i> MQTT.....	104
Gambar 4. 18 Arsitektur <i>Internet of Things</i> (IoT)	105
Gambar 4. 19 Flowchart real time networking pada MQTT.....	106
Gambar 4. 20 Flowchart publish data power meter ke MQTT Broker.....	107
Gambar 4. 21 Flowchart subscribe data power meter ke MQTT Broker.....	108
Gambar 4. 22 Model-View-Controller (MVC) Laravel.....	110
Gambar 4. 23 Controller Laravel	111
Gambar 4. 24 View Laravel	112
Gambar 4. 25 Model Laravel	113
Gambar 4. 26 Flowchart Tahapan <i>Genetic Algorithm</i>	114
Gambar 4. 27 <i>Software</i> PyCharm.....	117
Gambar 4. 28 Flowchart Arsitektur Aplikasi.....	120
Gambar 4. 29 <i>Diagram Use Case Sistem</i>	121
Gambar 4. 30 Halaman Dashboard real-time power meter.....	123
Gambar 4. 31 Halaman Monitoring power meter	124
Gambar 4. 32 Halaman Perangkat power meter	125
Gambar 4. 33 ERD Database Penjadwalan.....	127
Gambar 4. 34 Tampilan Halaman Dashboard.....	139
Gambar 4. 35 Tampilan Halaman Monitoring.....	139
Gambar 4. 36 Ilustrasi Model Kromosom.....	147
Gambar 4. 37 <i>Black Box Testing</i>	161
Gambar 4. 38 Pengujian Komunikasi Serial Power Meter ke Komputer	164
Gambar 4. 39 Pengujian koneksi power meter ke RabbitMq	170
Gambar 4. 40 Pengujian kirim data melalui Protocol MQTT.....	171
Gambar 4. 41 Pengujian data Payload RabbitMq	172
Gambar 4. 42 Pengujian koneksi power meter dengan WiFi dan internet saat terhubung	173
Gambar 4. 43 Pengujian koneksi power meter dengan WiFi dan internet saat tidak terhubung	174
Gambar 4. 44 Hasil pengujian <i>Reliability</i> dengan WAPT v10.1	175
Gambar 4. 45 Performa web power meter testing.....	176

Gambar 4. 46 Pengujian Halaman Dashboard	177
Gambar 4. 47 Pengujian Halaman Monitoring Kelistrikan	178
Gambar 4. 48 Pengujian Halaman Perangkat	179
Gambar 4. 49 Pengujian Halaman Sekolah.....	180
Gambar 4. 50 Pengujian Halaman Kegiatan	181
Gambar 4. 51 Pengujian Halaman Jadwal	182
Gambar 4. 52 Pengujian Halaman History	183
Gambar 4. 53 Pengujian Pengaturan Harga	184
Gambar 4. 54 Pengujian Halaman Pengaturan - Pengajar	185
Gambar 4. 55 Pengujian Halaman Pengaturan – Kelas	186
Gambar 4. 56 Pengujian Halaman Pengaturan - Jurusan.....	187
Gambar 4. 57 Pengujian Halaman Pengaturan - Pelajaran	189
Gambar 4. 58 Pengujian Halaman Pengaturan - Ruangan.....	190
Gambar 4. 59 Database Log Sensor	192
Gambar 4. 60 Analisis beban konsumsi bulan November 2023	193
Gambar 4. 61 Analisis beban konsumsi bulan Desember 2023.....	194
Gambar 4. 62 Analisis beban konsumsi bulan Januari 2024	195
Gambar 4. 63 Analisis beban konsumsi bulan Februari 2024	196
Gambar 4. 64 Analisis beban konsumsi bulan Maret 2024	197
Gambar 4. 65 Analisis beban konsumsi bulan April 2024.....	198
Gambar 4. 66 Grafik Analisis konsumsi pada bulan November 2023 hingga April 2024.....	199
Gambar 4. 67 Analisis Hasil Pengujian Optimasi.....	200
Gambar 4. 68 Analisis Skor Pengujian <i>Functionality</i>	201
Gambar 4. 69 Analisis Skor Pengujian <i>Usability</i>	202
Gambar 4. 70 Grafik Lonjakan Kwh Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	206

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Observasi	226
Lampiran 2 Data Hasil Wawancara	237
Lampiran 3 Data kegiatan belajar mengajar di SMK Negeri 1 Cirebon.....	244
Lampiran 4 Jadwal Keluaran Sistem di SMK Negeri 1 Cirebon.....	249
Lampiran 5 Data JSON Kegiatan Belajar Mengajar dan Power Meter	254
Lampiran 6 Data JSON Hasil Penjadwalan oleh sistem	255
Lampiran 7 Program Power Meter .ino	256
Lampiran 8 Instrumen Penelitian Validasi Ahli Sistem.....	259
Lampiran 9 Instrumen Penelitian Validasi Ahli Manajemen.....	263
Lampiran 10 Instrumen Penelitian Uji Blackbox.....	267
Lampiran 11 Lembar Hasil Judgment Instrument Soal oleh Ahli Manajemen ..	275
Lampiran 12 Lembar Hasil Judgment Instrument Soal oleh Ahli Sistem	279
Lampiran 13 Lembar Hasil Uji Coba Blacbox	283
Lampiran 14 Desain Perancangan Antarmuka.....	291
Lampiran 15 Pengembangan Halaman Sistem Informasi Manajemen Sekolah .	304
Lampiran 16 Pengembangan Genetic Algorithm.....	311
Lampiran 17 Dokumentasi Penelitian.....	314

DAFTAR PUSTAKA

- A. Sobandi, Yuniarsih, Rasto, & Adman. (2020). *Learning Facilities: Can It Improve the Vocational School Productivity?* 146–155.
- Abdurachman, Idie, D., Songbes, A. M. H., Arrang, R., Wahyudi, M., & Manuhutu, M. A. (2024). Peran Teknologi dalam Transformasi Pendidikan: Perspektif dari Studi Kepustakaan. *Journal on Education*, 06(02), 11359–11368.
- Achyanadia, S. (2016). Peran Teknologi Pendidikan Dalam Meningkatkan Kualitas Sdm. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 5(1), 11–21. <https://doi.org/10.32832/tek.pend.v5i1.486>
- Al-Masri, E., Kalyanam, K. R., Batts, J., Kim, J., Singh, S., Vo, T., & Yan, C. (2020). Investigating Messaging Protocols for the Internet of Things (IoT). *IEEE Access*, 8, 94880–94911. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2993363>
- Ananda, R., & Banurea, O. K. (2017a). Manajemen Sarana Dan Prasarana Pendidikan. In CV. Widya Puspita.
- Ananda, R., & Banurea, O. K. (2017b). *MANAJEMEN SARANA DAN PRASARANA PENDIDIKAN* (Issue 1).
- Ayanoglu, E., Aytaş, Y., & Nahum, D. (2016). *Mastering RabbitMQ*.
- Bafadal, I. (2003). *Manajemen Perlengkapan Sekolah: Teori dan Aplikasinya*.
- Carratu, M., Ferro, M., Pietrosanto, A., & Paciello, V. (2018). Smart Power Meter for the IoT. *Proceedings - IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2018*, 514–519. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2018.8472018>
- Darmastuti, H. dan K. (2014). Manajemen Sarana dan Prasarana Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Pembelajaran Pada Jurusan Teknik Komputer dan Informatika di SMK Negeri 2 Surabaya. *Inspirasi Manajemen Pendidikan*, 3(3), 9–20.
- Dastanpour, A., Ibrahim, S., & Mashinchi, R. (2014). Using Genetic Algorithm to Supporting Artificial Neural Network for Intrusion Detection System. *The International Conference on Computer Security and Digital Investigation (ComSec2014), March*, 1–13.
- Devadhanishini, A. Y., Malasri, R. K., Nandinipriya, N., Subashini, V., & Padma Gowri, P. G. (2019). Smart Power Monitoring System Using Iot. *2019 5th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2019, Icaccs*, 813–816. <https://doi.org/10.1109/ICACCS.2019.8728311>
- Erwin, E., Datya, A. I., Nurohim, N., Sepriano, S., Waryono, W., Adhichandra, I., Budihartono, E., & Ni Wayan Purnawati. (2023). *PENGANTAR & PENERAPAN INTERNET OF THINGS: Konsep dasar & Penerapan IoT di berbagai sektor*.
- Fadil, M. ., & Muskhir, M. (2024). Implementation of Early Warning System on SMART VU SCADA PT PLN (Persero) With LED Warning Lights. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 5(1), 195–210.

<https://doi.org/10.24036/jtein.v5i1.663>

- Ghanjati, C., & Tnani, S. (2023). Optimal sizing and energy management of a stand-alone photovoltaic/pumped storage hydropower/battery hybrid system using Genetic Algorithm for reducing cost and increasing reliability. *Energy & Environment*, 2186–2203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0958305X221110529>
- Ginting, R. V., & Fasha, F. (2017). Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus : SMK Negeri 7 Baleendah). *Jurnal LPKIA*, 10(2), 14–18.
- Han, D., Liu, T., & Qi, Y. (2020). Optimization of mixed energy supply of IoT network based on matching game and convex optimization. *Sensors (Switzerland)*, 20(19), 1–21. <https://doi.org/10.3390/s20195458>
- Hariyanto, N., & Prihatmanto, A. S. (2021). Manajemen Energi Listrik Smarthome Menggunakan Non-Intrusive Appliance Load Monitoring (NILM). *Journal of Software Engineering ...*, 2(1), 48–54. <https://ejournal.upi.edu/index.php/SEICT/article/view/34572/0%0Ahttps://ejournal.upi.edu/index.php/SEICT/article/download/34572/15418>
- Hasanah, R., Hifdil, M., & Poppy, I. (2024). Peran Kepala Tatausaha Sebagai Administrator Dalam Meningkatkan Kualitas Pengelolaan Layanan Administrasi di Madrasah Tsanawiyah Sunan Kalijaga Tiris. 8(1), 119–129. <https://journal.upy.ac.id/index.php/pkn/article/view/6032/3567>
- Herawati Neti Missriani, T. (2020). Analisis Pengelolaan Sarana dan Prasarana Pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 20 Tanjung Raja Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 4(2), 1684–1690. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/633>
- Ionescu, V. M. (2015). *The analysis of the performance of RabbitMQ and ActiveMQ*. 11–16.
- Ismail, F., Pawero, A. M. D., & Bempah, A. (2022). Probelmatika Manajemen Sarana Dan Prasarana di Madrasah Swasta. *Journal of Islamic Education Leadership*, 1(2), 108–124. <https://doi.org/10.30984/jmpi.v1i2.155>
- Jamal, S., Pasupuleti, J., & Ekanayake, J. (2024). A rule-based energy management system for hybrid renewable energy sources with battery bank optimized by genetic algorithm optimization. *Scientific Reports*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54333-0>
- Jeffin, M. J., Madhu, G. M., Rao, A., Singh, G., & Vyjayanthi, C. (2020). Internet of Things Enabled Power Theft Detection and Smart Meter Monitoring System. *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2020*, 262–267. <https://doi.org/10.1109/ICCSP48568.2020.9182144>
- Kamatagi, M. A. P., Umadi, M. R. B., & sujit, M. S. (2020). Development of Energy Meter Monitoring System (EMMS) for Data Acquisition and Tampering Detection using IoT. *Proceedings of CONECCT 2020 - 6th IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CONECCT50063.2020.9198495>
- Kartini, K., Sobar, A., & Karyaningtyas, K. (2023). Pengelolaan Sarana Dan Prasarana Pendidikan Di Sekolah. *Thawalib: Jurnal Kependidikan Islam*, 4(2),

- 115–123. <https://doi.org/10.54150/thawalib.v4i2.238>
- Kawani, G. P. (2019). Implementasi Metode Klasifikasi Naïve Bayes Dalam Memprediksi Besarnya Penggunaan Listrik Rumah Tangga. *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications (INISTA)*, 1(2), 73–81. <https://doi.org/10.20895/inista.v1i2.73>
- Khatri, K. C. A., Shah, K. B., Logeshwaran, J., & Shrestha, A. (2023). Genetic Algorithm Based Techno-Economic Optimization of an Isolated Hybrid Energy System. *Online) Ictact Journal on Microelectronics*, January, 4. <https://doi.org/10.21917/ijme.2023.0249>
- Kodali, R. K., & Mahesh, K. S. (2016). Low cost ambient monitoring using ESP8266. *Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2016, December 2016*, 779–782. <https://doi.org/10.1109/IC3I.2016.7918788>
- Liang, B. (2023). Research on the High-Quality Development of Vocational Education in the Era of Mathematics and Wisdom under the “Three Educational Reform.” *Frontiers in Educational Research*, 6(28), 200–207. <https://doi.org/10.25236/fer.2023.062828>
- Liang, R., Xing, Y., & Hu, L. (2023). Enhancing Energy Efficiency by Improving Internet of Things Devices Security in Intelligent Buildings via Niche Genetic Algorithm-Based Control Technology. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/app131910717>
- Maulani, S., Panjaitan, D. H., Serungke, M., Rambe, N., Natasya, A., Negeri, I., & Utara, S. (2024). Peningkatan Kualitas Pembelajaran Melalui Pemanfaatan Sarana dan Prasarana yang Tersedia di Sekolah MIS . *Ikhlasiyah Tuamang*. 8, 1957–1963.
- Mohammed, S. A., Awad, O. A., & Radhi, A. M. (2020). Optimization of energy consumption and thermal comfort for intelligent building management system using genetic algorithm. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 20(3), 1613–1625. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v20.i3.pp1613-1625>
- Mohebi, S., Parham, M., Sharifirad, G., & Gharlipour, Z. (2023). *Perception of Nepalese nursing students toward E-learning in Nepal*. January, 1–6. <https://doi.org/10.4103/jehp.jehp>
- Mudaliar, M. D., & Sivakumar, N. (2020). IoT based real time energy monitoring system using Raspberry Pi. *Internet of Things (Netherlands)*, 12, 100292. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100292>
- Munandar, D. S., Maman, M., Nurasa, A., Supiana, S., & Zaqiah, Q. Y. (2022). Menciptakan Teknologi Pendidikan Dan Implementasinya Pada Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 6(1), 1239–1247. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v6i1.3557>
- Nasruddin, Sholahudin, Satrio, P., Mahlia, T. M. I., Giannetti, N., & Saito, K. (2019). Optimization of HVAC system energy consumption in a building using artificial neural network and multi-objective genetic algorithm. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 35(October 2018), 48–57. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.06.002>
- Nurdiyansyah, A. W. (2017). Manajemen Sekolah Berbasis ICT. In *Nizamia*

Learning Center.

- Pakpahan, P. L., & Hidayati, W. (2021). Implementation of Total Quality Management in Facilities To Improve Institution Quality School. *MANAGERIA: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 6(1), 97–124. <https://doi.org/10.14421/manageria.2021.61-07>
- Patel, K., & Keyur. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *Universidad Iberoamericana Ciudad de México, May*, 6123,6131. <http://www.opjstamnar.com/download/Worksheet/Day-110/IP-XI.pdf>
- Pujić, D., Jelić, M., Tomašević, N., & Batić, M. (2020). Case study from the energy domain. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12072 LNCS(August), 165–180. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53199-7_10
- Rachman, A., Prayoga, H. T., & Sulistyowati, S. (2022). Pemanfaatan Model ISO 9126 Dalam Pengukuran Kualitas Perangkat Lunak Sistem Pengolahan E-Surat. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(6), 2218. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i6.5251>
- Rajković, M., Zrnić, N., Kosanić, N., Borovinšek, M., & Lerher, T. (2017). A Multi-objective optimization model for minimizing cost, travel time and CO2 emission in an AS/RS. *FME Transactions*, 45(4), 620–629. <https://doi.org/10.5937/fmet1704620R>
- Rama, A., Ambiyar, A., Lapisa, R., & Verawardina, U. (2024). Vocational Technology Education Innovation: Building a Generation of Experts in the Digital Age. *Jurnal EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 9(2), 1079. <https://doi.org/10.29210/1202323361>
- Riniwati, H. (2016). *Manajemen sumberdaya manusia : (aktivitas utama dan pengembangan SDM)*. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1142613#>
- Risqiwahid, M., Nurcahyawati, V., & Arrosyidi, A. (2023). Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran menggunakan Constraint Programming. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*, 1(2). <https://doi.org/10.56854/jt.v1i2.134>
- Rohiat. (2010). *Manajemen Sekolah*. PT Refika Aditama.
- Roy, G. M. (2018). *RabbitMQ in Depth*.
- Rukmana, A. Y., Rahman, R., Afriyadi, H., Moeis, D., Setiawan, Z., Subchan, N., Magdalena, L., Singadji, M., Rayeb, A. El, & Kusuma, A. T. A. P. (2023). *Pengantar Sistem Informasi*.
- Sari, N. D. (2021). *Manajemen Saran dan Prasarana Pendidikan*. 6.
- Sayed, H. A., William, A., & Said, A. M. (2023). Smart Electricity Meter Load Prediction in Dubai Using MLR, ANN, RF, and ARIMA. *Electronics (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/electronics12020389>
- Scrucca, L. (2013). GA: A package for genetic algorithms in R. *Journal of Statistical Software*, 53(4), 1–37. <https://doi.org/10.18637/jss.v053.i04>
- Shukla, A. K., Pippal, S. K., & Chauhan, S. S. (2023). An empirical evaluation of teaching–learning–based optimization, genetic algorithm and particle swarm optimization. *International Journal of Computers and Applications*, 45(1), 36–50. <https://doi.org/10.1080/1206212X.2019.1686562>

- Stefanov, G., Kukuseva Paneva, M., & Stefanova, S. (2023). *3-PHASE SMART POWER METER IMPLEMENTED IN AN RF NETWORK*. VI(August).
- Sudipa, I. G. I., Rahman, R., Fauzi, M., Pongpalilu, F., Setiawan, Z., Huda, M., Kusuma, A. S., Putra, D. M. D. U., Burhan, M. I., Anzani, Y. M., Azahra, S. D., & Wildoms Sahusilawane. (2023). *PENERAPAN SISTEM INFORMASI DI BERBAGAI BIDANG*.
- Sulfemi, W. B. (2018). *Modul Manajemen Pendidikan Non Formal*. STKIP Muhammadiyah Bogor.
- Suprianto, G., & Wirawan. (2018). Implementation of Distributed Consensus Algorithms for Wireless Sensor Network Using NodeMCU ESP8266. *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar, EECCIS 2018, October 2018*, 192–196. <https://doi.org/10.1109/EECCIS.2018.8692952>
- Sutisna, N. W., & Effane, A. (2018). Fungsi Manajemen Sarana dan Prasarana. *Al-Afkar : Manajemen Pendidikan Islam*, 6(1), 30–50. <https://doi.org/10.32520/afkar.v6i1.190>
- Syamsudin, M. S., Riza, L. S., & Rasim. (2024). *Energy Management of a Low-Cost Power Meter using ESP8266 and PZEM-016*. 1–8.
- Uy, N. Q., & Nam, V. H. (2019). A comparison of AMQP and MQTT protocols for Internet of Things. *Proceedings - 2019 6th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science, NICS 2019*, 292–297.
- Vermesan, O., & Friess, P. (2013). Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems (River Publishers Series in Communications). In *Internet of Things* (Issue January). https://riverpublishers.com/book_details.php?book_id=176%0Ahttp://files/12127/vermesan_et_al_2014_internet_of_things_-_converging_technologies_for_smart_environments_and.pdf
- Vukadinović, A., Radosavljević, J., Đorđević, A., Protić, M., & Petrović, N. (2021). Multi-objective optimization of energy performance for a detached residential building with a sunspace using the NSGA-II genetic algorithm. *Solar Energy*, 224(July), 1426–1444. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.06.082>
- Wajdi, F., Putra, Z., & Arif, A. (2023). Management of Educational Facilities and Infrastructure in Improving Learning Productivity in Elementary Schools. In *Proceedings of the International Conference on Educational Management and Technology (ICEMT 2022)* (Vol. 1). Atlantis Press SARL. <https://doi.org/10.2991/978-2-494069-95-4>
- Wang, W. C., Dwijendra, N. K. A., Sayed, B. T., Alvarez, J. R. N., Al-Bahrani, M., Alviz-Meza, A., & Cárdenas-Escrocia, Y. (2023). Internet of Things Energy Consumption Optimization in Buildings: A Step toward Sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 15(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su15086475>
- Wijaya, A. R., Siregar, M., & Kartika, D. (2023). Perencanaan Strategis Sistem Informasi sebagai Pendukung Optimalisasi Layanan Pendidikan di Sekolah Dasar. *Dirasisi*, 1(1), 1–18.
- Wisaksono, A., Purwanti, Y., Ariyanti, N., & Masruchin, M. (2020). Design of Monitoring and Control of Energy Use in Multi-storey Buildings based on IoT. *IEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 4(2),

128–135. <https://doi.org/10.21070/jeeeu.v4i2.539>

Xuan, H. (2024). Quality development of vocational education in the context of big data. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.2478/amns.2023.2.01640>

Yoshino, D., Watanobe, Y., & Naruse, K. (2021). A Highly Reliable Communication System for Internet of Robotic Things and Implementation in RT-Middleware with AMQP Communication Interfaces. *IEEE Access*, 9, 167229–167241. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3136855>