

Pengendalian Beban Listrik Laboratorium Berdasarkan Deteksi Manusia dan Jadwal Kuliah

Achmad Safi'i¹, Anik Nur Handayani², Dityo Kreshna Argeshwara³

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | safiiachmad@um.ac.id
2. Universitas Negeri Malang, Indonesia | aniknur.ft@um.ac.id
3. Universitas Negeri Malang, Indonesia | dityo.kreshna354@gmail.com

Abstrak

Peningkatan konsumsi energi listrik di seluruh dunia menjadi permasalahan serius karena keterbatasan sumber daya alam dan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Sebagai pusat pendidikan dan penelitian, perguruan tinggi memiliki tanggung jawab untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di lingkungan kampus. Salah satu area yang perlu mendapatkan perhatian khusus adalah ruang laboratorium, di mana sering kali peralatan listrik masih aktif meskipun tidak digunakan. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang dapat mengendalikan penggunaan beban listrik di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem yang dapat mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di laboratorium dengan mengintegrasikan deteksi manusia dan jadwal kuliah sebagai metode pengendalian beban listrik. Metode penelitian melibatkan tahap observasi, analisis masalah, pembuatan sistem, uji coba sistem, dan evaluasi. Hasil penelitian menunjukkan beban listrik di laboratorium dapat dikendalikan secara otomatis. Sistem yang dikembangkan berhasil menghemat energi listrik sebesar 21,6 kWh (33,3%) setiap bulan.

Kata Kunci

Beban listrik, deteksi manusia, jadwal kuliah, laboratorium, pengendalian

1. Pendahuluan

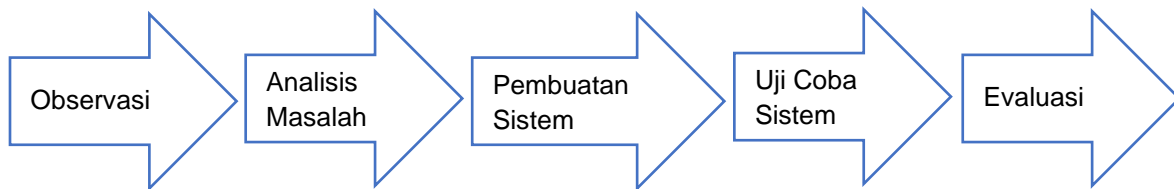
Peningkatan penggunaan energi listrik dalam beberapa dekade terakhir telah mengakibatkan meningkatnya permintaan energi, terutama di sektor komersial dan industri. Penggunaan energi listrik yang tidak efisien dapat menghasilkan biaya tinggi dan dampak negatif pada lingkungan, serta meningkatkan kesadaran tentang keterbatasan sumber daya energi (Andrews et al., 2020). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak efisien dan meningkatkannya secara optimal di berbagai sektor, termasuk di lingkungan kampus (Peraturan Pemerintah, 2009). Perguruan tinggi, sebagai institusi pendidikan dan penelitian, juga mempunyai tanggung jawab untuk aktif berpartisipasi dalam mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak diperlukan di dalam lingkungan kampus.

Salah satu area di lingkungan kampus yang memerlukan manajemen energi listrik yang efektif adalah ruang laboratorium (Despa et al., 2021). Laboratorium, sebagai pusat kegiatan penelitian dan pengembangan, dilengkapi dengan berbagai perangkat yang bergantung pada pasokan energi listrik, termasuk penerangan/lampu, proyektor *Liquid Crystal Display* (LCD), komputer, peralatan pengukuran, dan perangkat lainnya. Namun, sebagian besar laboratorium masih menerapkan sistem pengendalian energi listrik yang kurang efisien (konvensional), yang mengakibatkan peralatan tetap aktif meskipun tidak sedang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat membantu mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di laboratorium.

Penelitian sebelumnya telah mencetuskan berbagai metode untuk mengurangi konsumsi energi listrik di lingkungan kampus, seperti pemanfaatan lampu hemat energi dan sistem pengendalian energi listrik yang pintar (Shodiq et al., 2021), (Hardianto and Kusuma, 2019), (Santoso et al., 2020). Di antaranya adalah pengendalian energi listrik berdasarkan jam kerja efektif (Mahbub et al., 2020) atau pengaturan beban AC berdasarkan jadwal kuliah (Saputra, 2021). Namun, ketika jam kerja masih berlaku atau terdapat jadwal kuliah di laboratorium, sedangkan tidak ada orang di dalam ruangan, maka pemborosan energi masih terjadi, sistem pengendalian beban listrik tersebut belum efisien. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikembangkan sistem pengendalian beban listrik yang menggabungkan jadwal kuliah dan deteksi kehadiran manusia sebagai dasar pengendalian beban listrik di ruang laboratorium. Dalam sistem yang diajukan, perangkat listrik (seperti lampu dan LCD proyektor) hanya akan aktif jika sesuai dengan jadwal perkuliahan dan ada manusia di dalam laboratorium. Selain itu perangkat listrik tersebut akan secara otomatis dimatikan jika tidak ada manusia dalam laboratorium. Harapannya, sistem ini akan membantu mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di laboratorium dan berkontribusi pada upaya penghematan energi listrik di kampus.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: (1) observasi; (2) analisis masalah; (3) pembuatan sistem; (4) uji coba sistem; dan (5) evaluasi seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

1) Observasi

Dalam penelitian ini, observasi dilakukan melalui wawancara langsung dengan teknisi laboratorium. Hasil wawancara menunjukkan bahwa pemantauan penggunaan daya listrik belum dilakukan secara efektif, yang mengakibatkan banyak kasus energi listrik yang masih terbuang sia-sia, seperti lampu dan proyektor LCD yang tetap menyala tanpa digunakan di dalam laboratorium.

2) Analisis Masalah

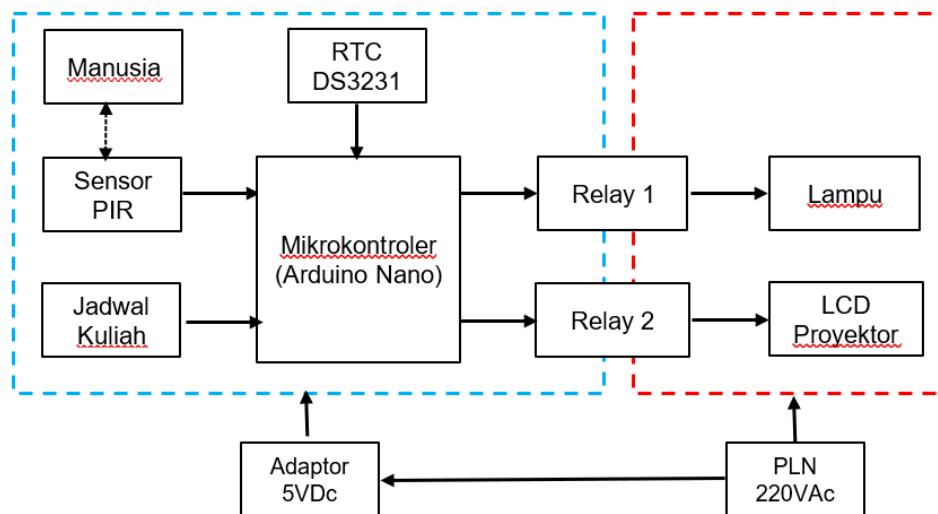
Hasil pengamatan yang telah dilakukan digunakan untuk mengidentifikasi beberapa masalah yang kemudian dianalisis dan dilakukan upaya pencarian solusi. Penyebab pemborosan energi listrik di antaranya disebabkan oleh: (1) penggunaan energi listrik yang tidak efisien (peralatan listrik tetap aktif meskipun tidak ada orang atau pengguna yang berada di sekitarnya) dan (2) kurangnya integrasi sistem penjadwalan kuliah dan teknologi deteksi manusia untuk mengendalikan (menyalakan atau mematikan) beban listrik.

3) Pembuatan Sistem

Setelah melakukan analisis masalah dan mengidentifikasi penyebab timbulnya permasalahan yang ada, langkah selanjutnya adalah pembuatan sistem. Dalam proses pembuatan sistem ini, diharapkan bahwa masalah yang ada dapat dipecahkan secara efisien. Proses pembuatan sistem melibatkan beberapa tahap, seperti perancangan, pembuatan, dan uji coba awal. Proses awal dalam perancangan adalah membuat blok diagram sistem. Gambar 2 memperlihatkan blok diagram sistem yang direncanakan.

Dalam Gambar 2 terlihat bahwa sistem yang dibuat terdiri dari beberapa komponen masukan yaitu *Real Time Clock* (RTC) DS3231, sensor *Passive Infra Red* (PIR) MS-120. Sensor PIR MS-120 merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia (Setia Pramuda et al., 2023). RTC DS3231 merupakan pewaktu yang digunakan agar sistem bekerja sesuai dengan waktu yang ditentukan (Henrichs and Krupitzer, 2022), (Kharade et al., 2021). Sebagai

pengendali utama sistem, digunakan mikrokontroler Arduino Nano yang merupakan salah satu tipe mikrokontroler Arduino (Triawan and Sardi, 2020), (Riski Rullah and Prebianto, 2020). Untuk mengendalikan nyala dan matinya proyektor LCD dan lampu, digunakan saklar elektromagnetik yang dikendalikan secara elektrik yaitu relai (Mariza Wijayanti, 2022). Relai ini berfungsi sebagai saklar elektrik pemutus dan penyambung beban listrik dengan sumber listrik. Sistem yang dibuat menggunakan sistem kontrol terbuka yang memungkinkan Arduino Nano membaca piranti masukan dan memberi nilai pada piranti luaran, dan tidak memerlukan balikan dari keluaran sistem (Iqbar and Kartika Riyanti, 2020).

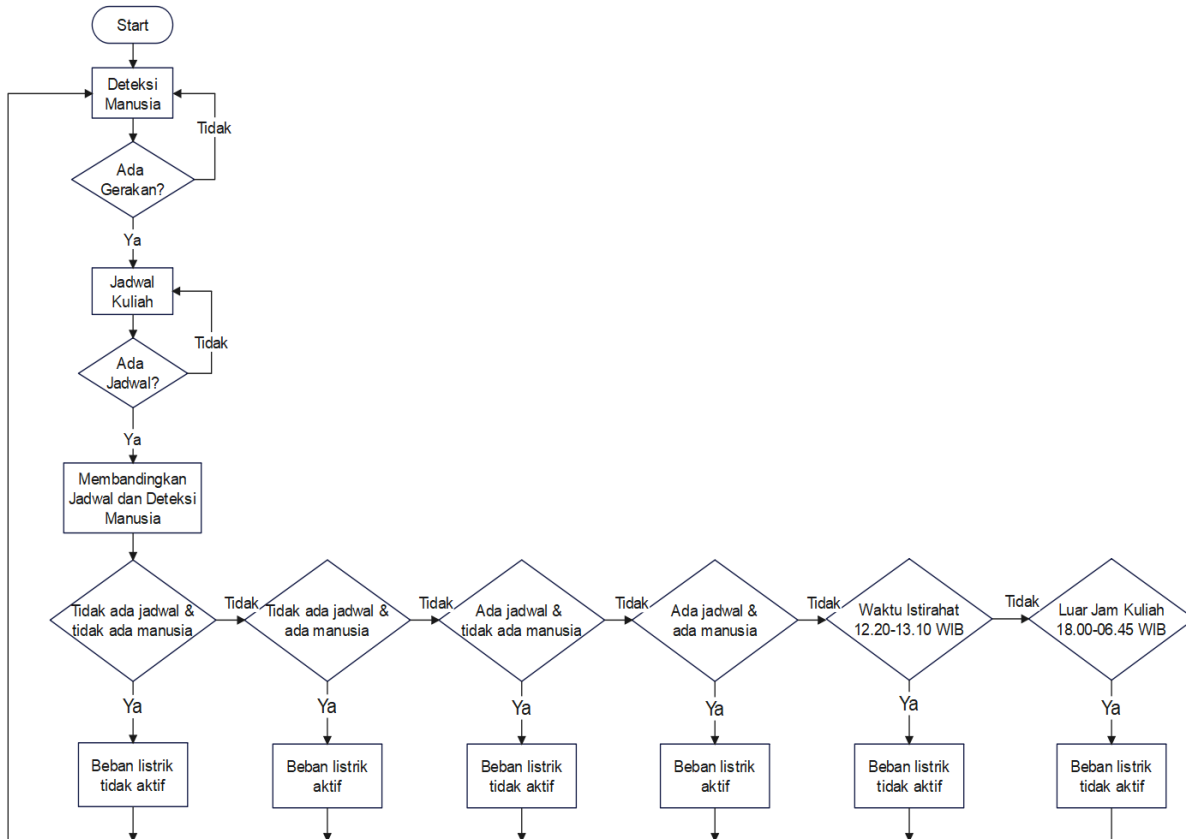


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Sistem yang dikembangkan memiliki fungsi utama yaitu pengendalian. Peralatan yang dikendalikan yaitu peralatan listrik yang ada di laboratorium yaitu lampu (10 buah) dan proyektor LCD (1 buah). Pengendalian beban listrik sesuai dengan jadwal penggunaan laboratorium dan ada tidaknya manusia di laboratorium. Sistem yang dibuat menggunakan pengendalian adaptif dengan histerisis, yaitu varian dari sistem adaptif yang menambahkan elemen histerisis. Hal ini berarti lampu tidak akan mati secara instan setelah sensor PIR tidak lagi mendeteksi gerakan, tetapi lampu akan tetap aktif selama beberapa waktu setelah deteksi terakhir. Hal ini mengurangi risiko lampu nyala dan mati secara berulang karena gerakan yang kecil atau berkelanjutan.

Cara kerja sistem yang dirancang adalah sebagai berikut. Masukan sistem adalah jadwal kuliah dan ada tidaknya manusia. Jadwal kuliah diset sesuai dengan penggunaan laboratorium melalui komponen RTC. Deteksi keberadaan manusia dalam ruangan dilakukan oleh sensor PIR. Dari hasil pembacaan jadwal dan sensor PIR, lalu diolah oleh Arduino Nano yang menerapkan sistem adaptif dengan histerisis untuk mengaktifkan/menonaktifkan relai 1 (beban lampu) dan relai 2 (beban proyektor LCD). Gambar 3 memperlihatkan *flowchart* program yang dibuat untuk

sistem tersebut. Perangkat elektronik dan program yang sudah disusun kemudian digabungkan untuk membentuk sistem secara utuh.



Gambar 3. Flowchart Program

4) Uji Coba

Setelah proses pembuatan sistem langkah selanjutnya adalah uji coba dan pengambilan data di laboratorium. Kegiatan ini dilaksanakan di Laboratorium Mikroprosesor. Data yang diambil yaitu: (1) jangkauan sensor PIR ketika mendeteksi manusia baik dari jarak maupun sudut; (2) ketelitian RTC dengan waktu nyata; dan (3) keandalan sistem dalam mengaktifkan dan menonaktifkan beban listrik berdasar deteksi manusia dan jadwal kuliah.

5) Evaluasi

Evaluasi dilakukan setelah kegiatan uji coba di laboratorium dengan melakukan perbandingan antara sistem konvensional dan otomatis yang telah diterapkan. Dari evaluasi yang dapat dilihat efektivitas dari sistem yang sudah dibuat.

3. Hasil dan Pembahasan

1) Jangkauan Sensor PIR ketika Mendeteksi Manusia

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor PIR ketika mendeteksi manusia dengan variasi jarak. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian sensor PIR ketika mendeteksi manusia dengan variasi sudut.

Tabel 1. Kemampuan Sensor PIR dalam Mendeteksi Manusia Berdasar Jarak

No	Jarak Manusia dengan PIR (cm)	PIR
1	100	Aktif
2	150	Aktif
3	200	Aktif
4	250	Aktif
5	300	Aktif
6	350	Aktif
7	400	Aktif
8	450	Aktif
9	500	Non-Aktif

Tabel 2. Kemampuan Sensor PIR dalam Mendeteksi Manusia Berdasar Sudut

No	Sudut Manusia dengan PIR (°)	PIR
1	45	Aktif
2	90	Aktif
3	135	Aktif
4	180	Aktif
5	225	Aktif
6	270	Aktif
7	315	Aktif
8	>360	Non-Aktif

Karakteristik sensor PIR didesain hanya mendeteksi pancaran infra merah dengan panjang gelombang 8 s/d 14 mikrometer. Manusia memiliki suhu badan yang dapat menghasilkan pancaran infra merah dengan panjang gelombang antara 9 s/d 10 mikrometer. Dalam Tabel 1 terlihat bahwa sensor PIR MS-120 dapat mendeteksi objek manusia dengan jarak maksimal adalah kurang dari 450 cm. Mulai 500 cm, sensor PIR tidak akan dapat mendeteksi keberadaan manusia. Dalam Tabel 2 terlihat bahwa sensor PIR MS-120 dapat mendeteksi objek manusia dengan sudut kurang dari 360° (< 360°). Lebih dari 360° maka sensor PIR tidak dapat mendeteksi keberadaan manusia.

2) Ketelitian RTC dengan Waktu Nyata

Tabel 3 memperlihatkan hasil pembacaan waktu dengan RTC dan dengan waktu nyata dengan menggunakan jam. Dalam Tabel 3 terlihat bahwa ketelitian RTC DS3231 dibandingkan dengan waktu nyata selisihnya adalah 0, sehingga RTC DS3231 ini akurat dan dapat digunakan dalam sistem yang dibuat.

Tabel 3. Pembacaan Waktu pada Sistem

No	RTC	Waktu Nyata	Selisih
1	07:00:01	07:00:01	0
2	07:00:02	07:00:02	0
3	07:00:03	07:00:03	0
4	07:00:04	07:00:04	0
5	07:00:05	07:00:05	0
6	07:00:06	07:00:06	0
7	07:00:07	07:00:07	0
8	07:00:08	07:00:08	0
9	07:00:09	07:00:09	0
10	07:00:10	07:00:10	0

3) Keandalan Sistem dalam Mengaktifkan dan Menonaktifkan Beban Listrik Berdasarkan Deteksi Manusia dan Jadwal Kuliah

Tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian sistem dalam mengaktifkan dan menonaktifkan peralatan listrik di laboratorium. Dalam Tabel 4 dapat diperlihatkan bahwa beban listrik akan aktif (ON) jika: (1) ada jadwal kuliah dan ada manusia, dan (2) tidak ada jadwal kuliah dan ada manusia. Sedangkan, beban listrik tidak aktif (OFF) jika: (1) tidak ada jadwal kuliah dan tidak ada manusia; (2) ada jadwal kuliah dan tidak ada manusia; (3) waktu istirahat 12.10 s/d 13.10 WIB; dan (4) di luar jam kuliah 18.00 s/d 06.45 WIB. Gambar 4 memperlihatkan kondisi sistem pada saat proses pengujian.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kondisi Sistem Bekerja

No	Jadwal Kuliah (Ada/Tidak)	Manusia (Ada/Tidak)	Beban Listrik (On/Off)
1	tidak	tidak	off
2	tidak	ada	on
3	ada	tidak	off
4	ada	ada	on



Gambar 4. Uji Coba Sistem

Tabel 5 menunjukkan analisis konsumsi energi ketika sistem ini diterapkan pada laboratorium. Dengan waktu pengujian satu bulan (20 hari kerja), durasi jam kerja sistem konvensional adalah 9 jam (8 jam+1 jam istirahat), sedang durasi jam sistem otomatis (ON berdasar jadwal dan sensor PIR) adalah 6 jam. Dari data tersebut dapat dilakukan proses analisis konsumsi energi. Pers. (1) dan Pers. (2) digunakan untuk menghitung daya listrik dan energi listrik.

$$P = I \times V \quad \text{Pers. (1)}$$

Keterangan:

- P : Daya listrik (Watt)
- I : Arus listrik (Ampere)
- V : Tegangan listrik (Volt)

$$E = P \times t \quad \text{Pers. (2)}$$

Keterangan:

- E : Energi listrik (kWh)
- P : Daya listrik (Watt)
- t : Waktu penggunaan listrik (jam)

Tabel 5. Hasil Analisis Konsumsi Energi

Sistem	Beban	Daya (Watt)	Lama Kerja (jam)	Konsumsi Energi per Hari (Wh)	Konsumsi Energi per Hari (kWh)	Konsumsi Energi per bulan/20hari kerja (kWh)
Konvensional	Lampu neon LED (6x16W)	96	9	864	0,864	17,28
	LCD Proyektor (1x264W)	264	9	2376	2,376	47,52
	Total					64,86
Otomatis	Lampu neon LED (6x16W)	96	6	576	0,576	11,52
	LCD Proyektor (1x264W)	264	6	1585	1,584	31,68
	Total					43,2

Dari Tabel 5 terlihat bahwa konsumsi energi listrik ketika menggunakan sistem konvensional adalah sebesar 64,86 kWh. Konsumsi energi listrik ketika menggunakan sistem otomatis (Jadwal+Sensor PIR) didapatkan 43,2 kWh. Dari perhitungan konsumsi energi listrik dengan menerapkan kedua sistem tersebut, dapat dihitung efisiensi energi sebesar 64,86 kWh - 43,2 kWh = 21,6 kWh. Dapat dikatakan bahwa penerapan sistem otomatis (Jadwal + Sensor PIR) mampu menghemat penggunaan energi listrik sebesar 33,3% dari sistem konvensional.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa beban listrik akan aktif berdasarkan kondisi ada jadwal dan ada manusia serta tidak ada jadwal dan ada manusia. Beban listrik tidak aktif jika tidak ada jadwal kuliah dan tidak ada manusia, ada jadwal kuliah dan tidak ada manusia, waktu istirahat, serta di luar jam kuliah. Efisiensi energi listrik dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem otomatis di mana dengan sistem yang dibuat dapat dilakukan penghematan penggunaan energi listrik sebesar 21,6 kWh (33,3%) dari sistem konvensional.

Daftar Rujukan

- Andrews, J., Kowsika, M., Vakil, A., Li, J., 2020. A Motion Induced Passive Infrared (PIR) Sensor for Stationary Human Occupancy Detection, in: 2020 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS). Presented at the 2020 IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS), IEEE, Portland, OR, USA, pp. 1295–1304. <https://doi.org/10.1109/PLANS46316.2020.9109909>
- Despa, D., Nama, G.F., Septiana, T., Saputra, M.B., 2021. Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik pada Gedung A Fakultas Teknik Unila. *Electrician* 15, 33–38. <https://doi.org/10.23960/elc.v15n1.2180>
- Hardianto, R., Kusuma, C., 2019. Rancang Bangun Smart Lamp Menggunakan Micro Controller Arduino UNO. *ZONAsi J. Sist. Inf.* 1, 28–37. <https://doi.org/10.31849/zn.v1i1.2353>
- Henrichs, E., Krupitzer, C., 2022. Towards Adaptive, Real-Time Monitoring of Food Quality Using Smart Sensors, in: 2022 IEEE International Conference on Autonomic Computing and Self-Organizing Systems Companion (ACSOS-C). Presented at the 2022 IEEE International Conference on Autonomic Computing and Self-Organizing Systems Companion (ACSOS-C), IEEE, CA, USA, pp. 70–71. <https://doi.org/10.1109/ACSOSC56246.2022.00034>
- Iqbar, M.Y., Kartika Riyanti, K.P., 2020. RANCANG BANGUN LAMPU PORTABLE OTOMATIS MENGGUNAKAN RTC BERBASIS ARDUINO. *Antivirus J. Ilm. Tek. Inform.* 14, 61–72. <https://doi.org/10.35457/antivirus.v14i1.1115>
- Kharade, P., Padhi, P.P., Vivek, M.G., Reddy, P.S., Prajwal, B., 2021. Automatic Load shedding Time management using Arduino, in: 2021 Sixth International Conference on Image Information Processing (ICIIP). Presented at the 2021 Sixth International Conference on Image Information Processing (ICIIP), IEEE, Shimla, India, pp. 47–51. <https://doi.org/10.1109/ICIIP53038.2021.9702633>
- Mahbub, M., Hossain, M.M., Gazi, Md.S.A., 2020. IoT-Cognizant cloud-assisted energy efficient embedded system for indoor intelligent lighting, air quality monitoring, and ventilation. *Internet Things* 11, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100266>
- Mariza Wijayanti, 2022. PROTOTYPE SMART HOME DENGAN NODEMCU ESP8266 BERBASIS IOT. *J. Ilm. Tek.* 1, 101–107. <https://doi.org/10.56127/juit.v1i2.169>
- Peraturan, P., 2009. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi. Diakses pada 10 Februari 2023, dari

<https://peraturan.bpk.go.id/Details/4996>.

- Riski Rullah, S.F., Prebianto, N.F., 2020. Lampu Cerdas Multimode Menggunakan Arduino dengan Kontrol Fuzzy Berbasis Android. *J. Appl. Electr. Eng.* 4, 10–15. <https://doi.org/10.30871/jaee.v4i1.2093>
- Santoso, B., Rusanti, N., Habibi, A.R., Fitria, V.A., 2020. Santoso, B., Rusanti, N., Habibi, A. R., & Fitria, V. A. (2020). Implementasi Smart Class Berbasis IoT di Institut Teknologi Dan Bisnis Asia Malang. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 14(2), 109-118. <https://doi.org/10.32815/jitika.v14i2.489>
- Saputra, M.M., 2021. SISTEM PENJADWALAN AIR CONDITIONER (AC) RUANGAN BERDASARKAN JADWAL MATAKULIAH MENGGUNAKAN ESP8266, PIR SENSOR DAN ANDROID. *J. Teknol. Inf. Komput. Dan Apl. JTIKA* 3. <https://doi.org/10.29303/jtika.v3i1.137>
- Setia Pramuda, A., Widhi Nugraha, A.W., Fadli, A., 2023. Perancangan Sistem Deteksi Manusia Menggunakan Sensor PIR, RCWL, dan Infrared Pada Sistem Manajemen Lampu Gedung Berbasis Internet of Things. *J. Pendidik. Dan Teknol. Indones.* 3, 1–11. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.224>
- Shodiq, A., Baqaruzi, S., Muhtar, A., 2021. Perancangan Sistem Monitoring dan Kontrol Daya Berbasis Internet Of Things. *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro* 2, 18–26. <https://doi.org/10.33019/electron.v2i1.2368>
- Triawan, Y., Sardi, J., 2020. Perancangan Sistem Otomatisasi Pada Aquascape Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano. *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.* 1, 76–83. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.30>