

## Artikel Hasil Penelitian

# MONITORING DAN KONTROLING BEBAN LISTRIK LABORATORIUM TERINTEGRASI JADWAL DAN DETEKSI MANUSIA UPAYA PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK

Achmad Safi'i<sup>1\*</sup>, Anik Nur Handayani<sup>2</sup>, Ira Kumalasari<sup>3</sup>

<sup>1\*,2,3</sup>Universitas Negeri Malang, Kota Malang, Indonesia

E-mail: [safiiaachmad@um.ac.id](mailto:safiiaachmad@um.ac.id) <sup>1\*</sup>

## Abstrak

Konsumsi energi listrik yang semakin tinggi menjadi masalah global yang semakin serius, mengingat keterbatasan sumber daya alam dan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Perguruan tinggi sebagai pusat pendidikan dan penelitian memiliki peran dalam mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di lingkungan kampus. Ruang laboratorium, sebagai salah satu fasilitas penelitian di kampus, menjadi sasaran penting untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak efisien. Namun, banyak laboratorium masih menggunakan sistem manual dalam mengontrol penggunaan energi listrik, dimana peralatan terus beroperasi bahkan saat tidak digunakan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat mengontrol dan memonitor penggunaan energi listrik secara otomatis di laboratorium. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sebuah sistem dalam mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di laboratorium dengan mengintegrasikan jadwal kuliah dan deteksi manusia sebagai kontrol beban listrik. Metode penelitian yang dilakukan yaitu: 1) Observasi; 2) Analisis Masalah; 3) Pembuatan Sistem; 4) Uji Coba Sistem; 5) Evaluasi dan Laporan. Hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan: 1) Efisiensi energi listrik tercapai dengan menggunakan sistem otomatis yaitu mampu menghemat penggunaan energi listrik sebesar 72kWh (33,3%) tiap bulan; 2) Efisiensi anggaran untuk pembayaran listrik tiap bulan dapat tercapai dengan menggunakan sistem otomatis yaitu mampu menghemat pembayaran listrik sebesar Rp. 109.641,6 (33,3%) tiap bulan.

**Kata Kunci:** beban listrik; deteksi manusia; jadwal kuliah; monitoring; kontroling; penghematan energi listrik

## Abstract

*The growing consumption of electrical energy is becoming an increasingly serious global problem in view of limited natural resources and its negative impact on the environment. Universities, as centres of education and research, have a role to play in reducing the unnecessary use of electrical energy in the campus environment. Laboratories, as one of the research facilities on campus, are an important target for reducing inefficient use of electrical energy. However, many laboratories still use manual systems to control the use of electrical energy, leaving equipment on when not in use. There is therefore a need for a system that can automatically control and monitor the use of electrical energy in the laboratory. The aim of this research is to develop a system to reduce unnecessary use of electrical energy in the laboratory by integrating lecture schedules and human detection as electrical load control. The research methods carried out are: 1) observation; 2) problem analysis; 3) system development; 4) system testing; 5) evaluation and report. The results of the research carried out are: 1) Electric energy efficiency is achieved by using an automatic system that is able to save the use of electric energy by 72kWh (33.3%) per month; 2) Budget efficiency for electricity payments each month can be achieved by using an automatic system that is able to save electricity payments.*

**Keywords:** electrical load; human detection; lecture plan; monitoring; control; electrical energy saving



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi listrik yang semakin meningkat dalam beberapa dekade terakhir telah menyebabkan peningkatan permintaan akan energi, terutama di sektor komersial dan industri. Penggunaan energi yang tidak efisien dapat menyebabkan biaya yang mahal dan dampak negatif pada lingkungan, serta keterbatasan sumber daya energi yang semakin terasa (Andrews et al, 2020). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu dan mengoptimalkan penggunaan energi di berbagai sektor, termasuk di lingkungan kampus (Peraturan Pemerintah, 2009). Perguruan tinggi sebagai pusat pendidikan dan penelitian juga memiliki tanggung jawab untuk berkontribusi dalam pengurangan penggunaan energi listrik yang tidak perlu di lingkungan kampus.

Salah satu fasilitas di kampus yang memerlukan pengelolaan energi listrik yang baik adalah ruang laboratorium. Laboratorium sebagai pusat penelitian dan pengembangan memiliki banyak peralatan yang membutuhkan energi listrik, seperti lampu penerangan, LCD proyektor, komputer, peralatan pengukuran, dan peralatan lainnya. Namun, kebanyakan laboratorium masih menggunakan sistem pengontrolan energi listrik yang kurang efektif (manual), di mana peralatan terus beroperasi bahkan saat tidak digunakan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat membantu mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di laboratorium.

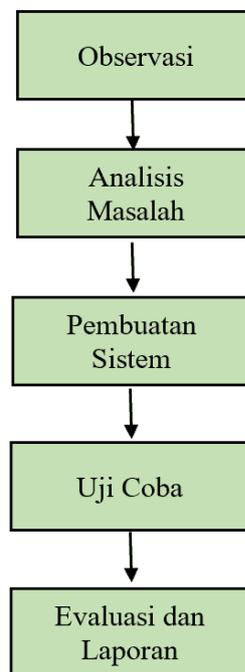
Penelitian sebelumnya telah mengusulkan berbagai cara untuk mengurangi penggunaan energi listrik di lingkungan kampus, seperti penggunaan lampu hemat energi dan sistem pengontrolan energi listrik yang cerdas (Shafiee, 2010), (Wang et al, 2018), (Santoso et al, 2020). Pengontrolan energi listrik berdasarkan jam kerja efektif (Mahbub et al, 2020). Pengontrolan beban Air Conditioner berdasar jam kuliah (Saputra et al, 2021). Namun, masih ada ruang untuk pengembangan sistem kontrol beban listrik yang lebih terintegrasi dan efisien. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, penulis mengembangkan sebuah sistem monitoring dan kontrol beban listrik yang mengintegrasikan jadwal kuliah dan deteksi manusia sebagai acuan kontrol beban listrik di ruang laboratorium. Pada sistem yang penulis ajukan penggunaan beban listrik (lampu, AC dan LCD proyektor) hanya bekerja jika sesuai jadwal perkuliahan dan adanya manusia di dalam laboratorium, selain itu maka beban listrik akan mati secara otomatis. Sistem ini diharapkan dapat membantu mengurangi penggunaan energi listrik yang tidak perlu di laboratorium dan memberikan kontribusi dalam upaya penghematan energi listrik di kampus sekaligus mendukung program penghematan energi yang diluncurkan oleh Universitas Negeri Malang.

Sistem yang dibuat terdiri dari beberapa komponen elektronika yaitu sensor PIR, mikrokontroler ESP32, sensor PZEM 004t, modul relay, *real time clock* (RTC) dan aplikasi Blynk untuk sistem *Internet Of Things* (IoT) monitoring dan kontroling. Sensor *Passive Infrared Receiver* (PIR) adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan manusia (Pramuda et al, 2023). Pada penelitian ini sensor PIR digunakan sebagai salah satu masukan disamping jadwal kuliah untuk mengontrol on/off beban listrik laboratorium. Mikrokontroler ESP 32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* dan merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Kelebihan yang

dimiliki oleh ESP32 adalah sudah terdapat Wifi dan Bluetooth di dalamnya, yang akan sangat mempermudah pembuatan sistem IoT yang memerlukan koneksi wireless (Babiuch et al. 2019). Sensor PZEM 004t adalah sensor yang mampu membaca besaran listrik yaitu tegangan, arus, daya, dan energi listrik (Al Farizi et al, 2023). Modul relay merupakan saklar elektromagnetik yang dikendalikan secara elektrik (Wijayanti, 2022). Pada penelitian ini modul relay berfungsi sebagai pengendali beban listrik. Real time clock DS1307 merupakan komponen yang digunakan untuk melacak dan menampilkan waktu secara akurat dan terus-menerus, bahkan ketika daya listrik terputus (Mehetre et al, 2022). Blynk adalah sebuah *platform Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk memudahkan pengembangan aplikasi perangkat keras dan perangkat lunak. Blynk menyediakan aplikasi seluler yang dapat diunduh untuk Android dan iOS yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat IoT dari jarak jauh (Tamba et al, 2019). Sistem yang dibuat menggunakan kontrol tertutup yang memungkinkan ada *feedback* atau balikan dari keluaran sistem ke input sistem (Siregar et al, 2022).

## METODE PENELITIAN

Pelaksanaan kegiatan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikroprosesor Ruang B12.209 Departemen Teknik Elektro dan Informatika Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu: 1) Observasi; 2) Analisis Masalah; 3) Pembuatan Sistem; 4) Uji Coba Sistem; dan 5) Evaluasi dan Laporan. Alur kegiatan ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

### Observasi

Pada penelitian ini observasi dilakukan dengan 2 cara, yaitu: 1) melakukan observasi dari buku, artikel, referensi yang berhubungan dengan monitoring dan kontroling beban listrik, penjadwalan dan pendeteksian manusia serta langkah-langkah penghematan energi listrik; 2)

melakukan observasi dengan wawancara secara langsung yang dilakukan di Laboratorium Mikroprosesor Gedung B12.209. Dari hasil wawancara didapatkan bahwa penggunaan beban listrik tidak termonitoring sehingga banyak terjadi kasus beban listrik (lampu, AC dan LCD proyektor) masih dalam kondisi menyala tidak ada yang menggunakan (mahasiswa/dosen) didalam laboratorium.

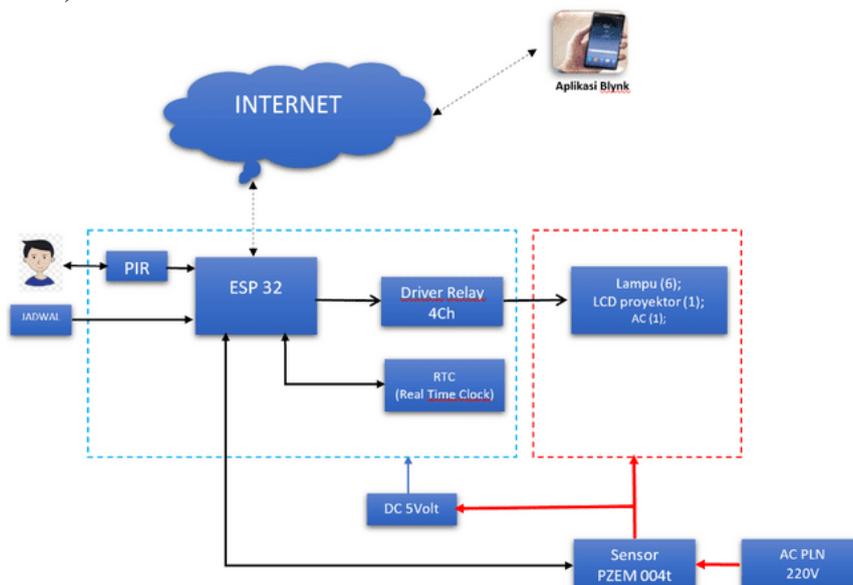
### Analisis Masalah

Hasil observasi yang telah dilakukan menemukan beberapa masalah yang perlu dianalisis dan dicari solusinya yaitu: 1) penggunaan energi listrik yang tidak efisien (peralatan listrik menyala saat tidak ada orang/pengguna; 2) belum adanya integrasi sistem penjadwalan kuliah dan deteksi manusia untuk pengontrolan (mengaktifkan atau menonaktifkan) beban listrik; 3) belum adanya sistem monitoring beban listrik laboratorium.

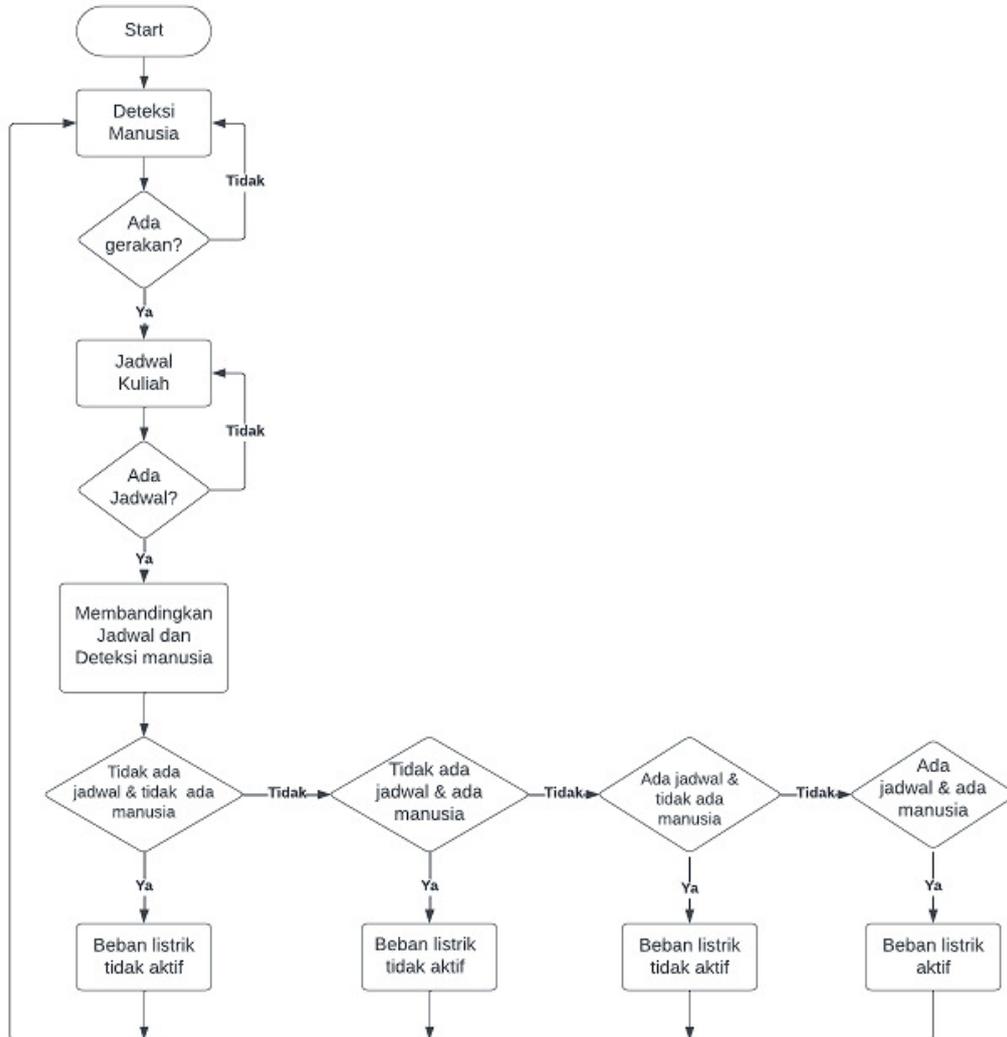
### Pembuatan Sistem

Setelah dilakukan analisis masalah dan didapatkan permasalahan yang terjadi, kegiatan selanjutnya adalah pembuatan sistem. Pada proses pembuatan sistem diharapkan tiga permasalahan yang ada akan dapat terselesaikan dengan baik. Tahap dari pembuatan sistem ini adalah perancangan sistem, pembuatan dan uji coba awal.

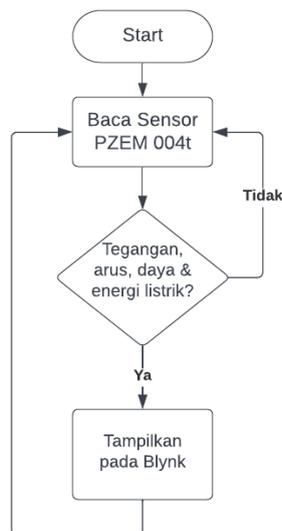
Sistem yang dibuat memiliki 2 fungsi utama yaitu monitoring dan kontroling. Untuk monitoring adalah daya dan energi listrik yang dipakai dalam laboratorium. Untuk kontroling adalah pengontrolan peralatan listrik yang ada di laboratorium yaitu lampu (6 buah), LCD proyektor (1buah) dan AC (1 buah). Pengontrolan beban listrik sesuai dengan jadwal penggunaan laboratorium dan ada tidaknya pengguna di laboratorium. Sistem yang dibuat berbasis IoT (*Internet of Things*) dan dapat diakses menggunakan aplikasi Blynk pada smartphone dan dekstop dimana saja selama ada akses internet. Pada smartphone terdapat tampilan nilai daya listrik, energi listrik dan tombol ON/OFF untuk beban listrik (lampu, LCD proyektor dan AC).



Gambar 2. Blok Diagram



Gambar 3. *Flowchart* Program



Gambar 4. *Flowchart* Program Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Energi Listrik

## Uji Coba

Pada tahap ini, sistem yang sudah dibuat pada kegiatan sebelumnya dilakukan uji coba apakah sudah sesuai dengan harapan atau belum. Jika sudah sesuai maka tidak ada revisi/perbaikan. Jika belum sesuai maka perlu dilakukan revisi atau perbaikan sampai sistem bekerja sesuai dengan harapan.



(a)



(b)

Gambar 5. a) Uji Coba Rangkaian Monitoring Dan Kontroling Beban Listrik; (b) Implementasi Rangkaian Monitoring dan Kontroling Beban Listrik

## Evaluasi dan Laporan

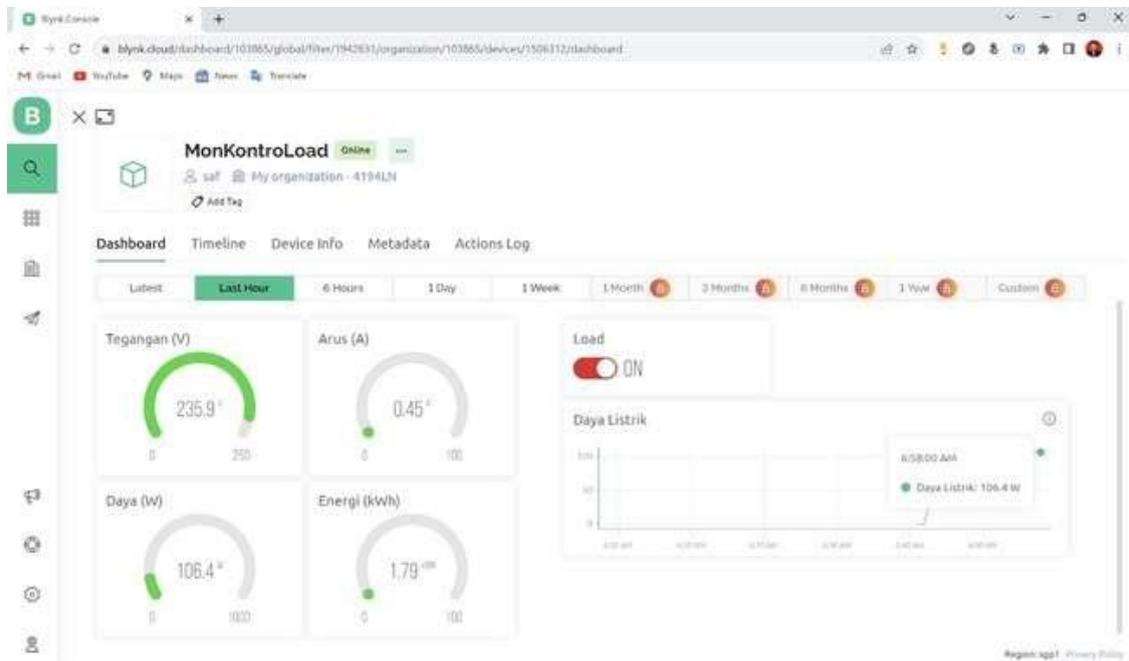
Evaluasi kegiatan dan pelaporan pelaksanaan penelitian akan dilakukan oleh tim penelitian dengan memperhatikan indikator keberhasilan sistem yang disesuaikan dengan tujuan awal pembuatan sistem, apakah sudah tercapai atau belum di tiap tahapnya. Harapan hasil dari penelitian ini, penggunaan energi listrik dapat dioptimalkan, biaya listrik dapat dikurangi, dan efisiensi energi dapat ditingkatkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem yang dibuat terdapat antarmuka pada *smartphone* dan dekstop komputer dengan menggunakan aplikasi *Blynk*. Tampilan yang ada pada *smartphone* dapat dilihat pada Gambar 6 dan tampilan pada *desktop* komputer dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Antarmuka pada *Smartphone*



Gambar 7. Antarmuka pada *Dekstop Komputer*

Fitur yang terdapat pada tampilan tersebut antara lain:

### 1. Fitur Monitoring

Fitur monitoring terdapat tampilan tegangan, arus listrik, daya listrik dan energi listrik yang digunakan pada saat itu (*real time*).

## 2. Fitur Kontroling

Fitur Kontroling terdapat tampilan tombol yang berfungsi mengontrol ON/OFF beban listrik yaitu AC, LCD Proyektor dan Lampu. Ketika fitur tombol ditekan maka akan ada perubahan warna dan keterangan pada tombol, yaitu apakah beban listrik dalam kondisi ON atau OFF. Sehingga laboran atau pengguna dapat mengetahui.

Selain fitur kontroling pada *smartphone dan desktop* komputer, sistem bekerja secara otomatis untuk mengaktifkan (*on*) atau menonaktifkan (*off*) beban listrik berdasarkan deteksi manusia dan jadwal kuliah yang ada. Pada Tabel 1 diperlihatkan kondisi sistem bekerja.

Tabel 1. Kondisi Sistem Bekerja.

No.	Kondisi Laboratorium		Beban Listrik (on/off)
	Jadwal Kuliah (ada/tidak)	Orang (ada/tidak)	
1	tidak	tidak	<i>off</i>
2	tidak	ada	<i>off</i>
3	ada	tidak	<i>off</i>
4	ada	ada	<i>on</i>

Ketika sistem ini diterapkan pada laboratorium dengan waktu pengujian satu bulan (20 hari kerja), durasi jam kerja sistem manual adalah 9jam (8jam+1jam istirahat); sedang durasi jam sistem otomatis (ON berdasar jadwal dan sensor PIR) adalah 6jam. Dari data tersebut dapat dilakukan proses analisis konsumsi energi dan analisis ekonomi. Rumus yang digunakan adalah perhitungan daya listrik dan energi listrik.

$$P = I \times V \quad (\text{Rumus Daya Listrik})$$

Keterangan:

P: Daya Listrik (Watt)

I: Arus Listrik (A)

V: Tegangan Listrik (V)

$$E = P \times t \quad (\text{Rumus Energi Listrik})$$

Keterangan:

E: Energi Listrik (kWh)

P: Daya Listrik (Watt)

t: Waktu Penggunaan Listrik (jam)

Tabel 2. Hasil Analisis Konsumsi Energi Listrik.

Sistem	Beban	Daya (Watt)	Lama Kerja (jam)	Konsumsi Energi Wh (per hari)	Konsumsi Energi kWh (per hari)	Konsumsi Energi kWh (per bulan atau 20 hari kerja)
Manual	Lampu neon LED (6x16W)	96	9	864	0,864	17,28
	LCD Proyektor (1x264W)	264	9	2376	2,376	47,52
	AC 1pk (1x840W)	840	9	7560	7,56	151,2
<b>Total</b>						<b>216</b>

Sistem	Beban	Daya (Watt)	Lama Kerja (jam)	Konsumsi Energi Wh (per hari)	Konsumsi Energi kWh (per hari)	Konsumsi Energi kWh (per bulan atau 20 hari kerja)
Otomatis (Jadwal+Sensor PIR)	Lampu neon LED (6x16W)	96	6	576	0,576	11,52
	LCD Proyektor (1x264W)	264	6	1584	1,584	31,68
	AC 1pk (1x840W)	840	6	5040	5,04	100,8
<b>Total</b>						<b>144</b>

Analisis konsumsi energi listrik: menggunakan sistem manual didapatkan penggunaan energi listrik sebesar 216 kWh dan menggunakan sistem otomatis (Jadwal+Sensor PIR) didapatkan penggunaan energi listrik sebesar 144kWh. Dari kedua sistem tersebut efisiensi energi dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem otomatis (Jadwal+Sensor PIR) yaitu mampu menghemat penggunaan energi listrik sebesar  $216-144= 72\text{kWh}$  atau menghemat 33,3% dari sistem manual.

Tabel 3. Hasil Analisis Ekonomi.

Sistem	Beban	Harga Listrik per kWh (Rp)	Konsumsi Energi kWh (per bulan atau 20 hari kerja)	Biaya Listrik Per Bulan (Rp)
Manual	Lampu neon LED (6x16W)	1522,8	17,28	26313,98
	LCD Proyektor (1x264W)	1522,8	47,52	72363,46
	AC 1pk (1x840W)	1522,8	151,2	230247,36
<b>Total</b>				<b>328924,80</b>

Sistem	Beban	Harga Listrik per kWh (Rp)	Konsumsi Energi kWh (per bulan atau 20 hari kerja)	Biaya Listrik Per Bulan (Rp)
Otomatis (Jadwal+Sensor PIR)	Lampu neon LED (6x16W)	1522,8	11,52	17542,66
	LCD Proyektor (1x264W)	1522,8	31,68	48242,30
	AC 1pk (1x840W)	1522,8	100,8	153498,24
<b>Total</b>				<b>219283,20</b>

Analisis ekonomi: tarif listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) per kWh untuk instansi Pemerintah Golongan P-2/TM adalah Rp. 1.522,8 (Pln.co.id, 2022). Sehingga jika menggunakan sistem manual pembayaran listrik selama satu bulan Rp. 328.924,80; menggunakan sistem otomatis (Jadwal+Sensor PIR) pembayaran listrik selama satu bulan Rp. 219.283,20. Dari kedua sistem tersebut efisiensi anggaran untuk pembayaran listrik tiap bulan dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem otomatis (Jadwal+Sensor PIR) yaitu mampu menghemat pembayaran listrik sebesar Rp.  $328.924,80 - \text{Rp. } 219.283,20 = \text{Rp. } 109.641,6$  atau menghemat 33,3% dari sistem manual yang ada.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa: 1) beban listrik akan aktif berdasarkan kondisi ada jadwal dan ada orang; 2) penggunaan aplikasi *blynk* pada smartphone dapat memudahkan pengguna (laboran) untuk proses monitoring dan kontroling beban listrik di laboratorium dari manapun selama ada internet; 3) efisiensi energi listrik dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem otomatis yaitu mampu menghemat penggunaan energi listrik sebesar  $216-144=72\text{kWh}$  (33,3%) dari sistem manual; 4) efisiensi anggaran untuk pembayaran listrik tiap bulan dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem otomatis yaitu mampu menghemat pembayaran listrik sebesar Rp. 328.924,80–Rp. 219.283,20 = Rp. 109.641,6 (33,3%) tiap bulan dari sistem manual yang ada.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Negeri Malang atas pendanaan yang diberikan dan semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Farizi, A. M., & Widyartono, M. (2023). Monitoring Energi Listrik Generator Tenaga Surya Portabel Berbasis IoT Untuk Kebutuhan Listrik Didaerah Bencana. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(2), 92-97.
- Babiuch, M., Foltýnek, P., & Smutný, P. (2019, May). *Using the ESP32 microcontroller for data processing*. In *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)* (pp. 1-6). IEEE.
- J. Andrews, M. Kowsika, A. Wakil and J. Li. (2020). A Motion Induced Passive Infrared (PIR) Sensor for Stationary Human Occupancy Detection. *IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)*, Portland, OR, USA, 2020, pp. 1295-1304, doi: 10.1109/PLANS46316.2020.9109909.
- Mahbub, M., Hossain, M. M., & Gazi, M. S. A. (2020). *IoT-Cognizant cloud-assisted energy efficient embedded system for indoor intelligent lighting, air quality monitoring, and ventilation*. Internet of things, 11, 100266.
- Mehetre, V. V., Chaurasia, U., Sundram, N., & Kumar, P. (2022). *Automation in Load Shedding Using Microcontroller*.
- Peraturan Pemerintah. (2009). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi. Diakses pada 10 Februari 2023, dari <https://jdih.esdm.go.id/peraturan/PP%20No.%2070%20Thn%202009.pdf>.
- PLN. (2022). Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (Tarif Adjustment) Januari-Maret 2023. Diakses 4 Mei 2023, dari <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2022/12/ttl-jan-mar-2023.jpg>.
- Pramuda, A. S., Nugraha, A. W. W., & Fadli, A. (2023). Perancangan Sistem Deteksi Manusia Menggunakan Sensor PIR, RCWL, dan Infrared Pada Sistem Manajemen Lampu Gedung Berbasis Internet of Things. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 3(1), 1-11.
- 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.
- Saputra, M. M., Wedaswhara, I. G. P. W., & Zubaidi, A. (2021). Sistem Penjadwalan Air

Conditioner (AC) Ruang Berdasarkan Jadwal Mata Kuliah Menggunakan ESP8266, PIR Sensor Dan Android. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTika)*, 3(1), 133-145.

- Shafiee, M., & Topal, E. (2010). A review on energy management and conservation in universities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 722-729.
- Siregar, A., Setiawan, D., & Iswan, M. (2022). Kontrol Rumah Pintar Dengan Google Assistant Berbasis IOT (Internet of Things). *Jurnal Cyber Tech*, 1(4).
- Tamba, S. P., Nasution, A. H. M., Indriani, S., Fadhilah, N., & Arifin, C. (2019). Pengontrolan lampu jarak jauh dengan nodemcu menggunakan blynk. *Jurnal Tekinkom (Teknik Informasi Dan Komputer)*, 2(1), 93-98.
- Wang, Q., Li, Y., & Li, H. (2018). Design and Implementation of a Campus Energy Management System Based on Internet of Things. *Journal of Physics: Conference Series*, 1065, 012037.
- Wijayanti, M. (2022). Prototype Smart Home Dengan Nodemcu Esp8266 Berbasis Iot. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(2), 101-107.