



Optimasi Penggunaan Energi melalui Kendali Otomatis Lampu dan Peralatan Listrik

^{1*} **Muhammad Iswal Burhan**

⁽¹⁾Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar

E-mail: ijswal@unm.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan energi listrik yang tidak efisien pada sistem penerangan dan peralatan listrik menjadi tantangan signifikan dalam upaya mencapai keberlanjutan energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem kendali otomatis yang mampu mengoptimalkan penggunaan energi melalui pengendalian lampu penerangan dan peralatan listrik. Sistem ini dirancang dengan memanfaatkan teknologi sensor, mikrokontroler, dan algoritma berbasis logika fuzzy untuk mendeteksi kebutuhan penerangan dan penggunaan peralatan secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis yang dikembangkan mampu mengurangi konsumsi energi hingga 30% dibandingkan dengan sistem manual, terutama di lingkungan perkantoran dan rumah tangga. Sistem ini juga menawarkan kemudahan pengoperasian melalui integrasi dengan perangkat IoT, memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh menggunakan aplikasi berbasis ponsel pintar. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penerapan sistem kendali otomatis pada lampu dan peralatan listrik tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan biaya listrik dan dampak lingkungan. Sistem ini diharapkan dapat diadopsi secara luas sebagai langkah konkret dalam mewujudkan efisiensi energi dan keberlanjutan di berbagai sektor.

Kata Kunci: Optimasi Energi, Kendali Otomatis, Efisiensi Energi, Pengendalian Lampu, Peralatan Listrik

ABSTRACT

Inefficient use of electrical energy in lighting systems and electrical appliances is a significant challenge in the effort to achieve energy sustainability. This research aims to develop and implement an automatic control system capable of optimising energy use through controlling lighting and electrical appliances. The system is designed by utilising sensor technology, microcontrollers, and fuzzy logic-based algorithms to detect lighting needs and equipment usage in real-time. The results show that the developed automatic control system is able to reduce energy consumption by up to 30% compared to manual systems, especially in office and household environments. The system also offers ease of operation through integration with IoT devices, enabling remote monitoring and control using smart phone-based applications. The conclusion of this research is that the implementation of automatic control systems in lights and electrical appliances not only improves energy efficiency, but also contributes to the reduction of electricity costs and environmental impact. The system is expected to be widely adopted as a concrete step in realising energy efficiency and sustainability in various sectors.

Keywords: Energy Optimisation, Automatic Control, Energy Efficiency, Lighting Control, Electrical Equipment

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan wajib bagi manusia saat ini. Semua peralatan sebagian besar memakai listrik sebagai energinya. Kebutuhan akan listrik dari tahun ke tahun semakin besar. Hal ini dikarenakan produsen juga semakin gencar memproduksi berbagai macam peralatan yang fungsinya beragam untuk membantu dan memenuhi kebutuhan manusia, mulai alat-alat elektronik rumah tangga, alat-alat kantor, industri, peralatan olah raga, serta peralatan yang lebih privasi lagi seperti smartphone dan lain sebagainya.

Pemakaian listrik dalam rumah tangga merupakan salah satu aspek penting dalam kehidupan sehari-hari. Di Indonesia, penggunaan listrik di sektor rumah tangga terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kebutuhan akan perangkat elektronik. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan energi listrik di rumah tangga adalah kurangnya kesadaran dan informasi yang akurat mengenai pola konsumsi listrik. Banyak pengguna listrik yang tidak mengetahui berapa besar daya yang digunakan oleh masing-masing perangkat listrik di rumah mereka. Akibatnya, seringkali terjadi pemborosan energi, kerusakan perangkat elektronik, atau bahkan terjadi kecelakaan listrik seperti kebakaran akibat korsleting listrik. Karena perangkat listrik

dibiarkan menyala tanpa pengawasan yang memadai. Pengukuran atau pemantauan penggunaan energi listrik ini merupakan proses sebuah manajemen energi listrik yang sangat penting karena memungkinkan pengawasan dan pengendalian yang efektif terhadap kondisi operasionalnya. Hal ini penting untuk dilakukan agar penggunaan daya listrik terjaga kinerja sistem listrik yang baik. Memonitor juga dapat membantu pengguna untuk mengidentifikasi dan mengatasi area-area di mana energi mungkin diboroskan atau efisiensi energi dapat ditingkatkan. Ini dapat menghasilkan penghematan biaya dalam jangka panjang dan mengurangi dampak lingkungan. Pemantauan dan pengukuran energi saat ini masih mengandalkan sistem konvensional yang memiliki keterbatasan dalam memberikan informasi secara real-time, akurasi pengukuran, dan kemampuan interaksi dengan pengguna. Sistem yang kurang canggih ini dapat mengakibatkan keterlambatan dalam mendeteksi gangguan, kurangnya informasi yang akurat untuk pengambilan keputusan, serta kurangnya kesadaran pengguna tentang pola penggunaan listrik yang efisien. Saat ini untuk menghitung energi listrik perlu adanya kunjungan secara langsung di lapangan. Sistem monitoring konsumsi daya listrik dirancang untuk memperoleh data yang berkaitan dengan pengukuran parameter listrik antara lain arus, tegangan, dan daya secara real-time. Pengukuran parameter daya listrik biasanya dilakukan dengan menggunakan instrumentasi sederhana dan proses pendataan secara manual menggunakan sebuah multimeter, sehingga data yang didapat tidak bisa diperoleh setiap saat dan hasilnya terlalu lama untuk didapatkan.

Seiring dengan berkembangnya konsep Internet of Things (IoT), aplikasi Android dapat digunakan untuk menampilkan parameter daya listrik, khususnya peralatan elektronika. Internet of Things (IoT) mengacu pada penggunaan teknologi informasi, konektivitas jaringan internet dan sensor yang memungkinkan perangkat yang bukan komputer untuk dapat terhubung satu sama lain melalui jaringan internet. Perangkat ini dapat menghasilkan data, mengirim, menerima, mengumpulkan dan saling tukar menukar data. IoT dapat dimanfaatkan untuk mendukung sistem Monitoring daya listrik. Monitoring daya secara real-time juga seharusnya diintegrasikan dengan teknologi IoT agar data yang dicatat dapat dilihat kapan pun dan di mana saja. Oleh karena itu, alat pemantau daya listrik ini menggunakan aplikasi smartphone Blynk bertujuan untuk memberikan informasi pemakaian listrik terkini maupun akumulasi penggunaan listrik selama 1 bulan. Alat ini terdiri dari mikrokontroler ESP 32 yang terkoneksi dengan internet untuk mengirim data dari sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan dan arus dari listrik yang digunakan, dan juga menampilkan hasil pembacaan pada LCD maupun aplikasi smartphone Blynk dari mikrokontroler secara real-time.

Arus listrik adalah aliran muatan listrik dari satu titik ke titik yang lain. Terjadinya arus listrik adalah karena adanya media penghantar antara dua titik yang mempunyai beda potensial. Semakin besar beda potensial listrik antara dua titik tersebut, maka semakin besar pula arus yang mengalir. Dari aliran arus listrik diperoleh tenaga listrik yang disebut dengan daya. Arus listrik adalah suatu hal yang terjadi saat muatan pada tegangan listrik dialirkan melalui beban. Sistem Satuan Internasional menetapkan satuan dari arus listrik adalah Ampere. Ampere merupakan aliran muatan listrik yang melintasi permukaan dengan kecepatan satu coulomb per detik. Ampere (A) adalah unit dasar SI. Satuan kuat arus yang lebih besar bisa dinyatakan dalam kiloAmpere disingkat kA ($1\text{kA}=1000\text{A}$) dan untuk satuan yang lebih kecil bisa dinyatakan dalam miliAmpere disingkat mA ($1\text{mA}=1/1000\text{A}$).

Jenis arus listrik terdiri dari searah atau direct current (DC) dan bolak balik (alternative current/AC). Listrik mengalir dari kutub negatif ke positif, dengan adanya perbedaan potensi (tegangan) dan tahanan atau hambatan. Daya listrik AC dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu: daya aktif, daya semu dan daya reaktif. Segitiga daya atau power triangle adalah sebuah istilah yang menggambarkan hubungan antara 3 jenis daya listrik. Segitiga daya adalah representasi geometris yang digunakan dalam analisis sistem tenaga listrik untuk menggambarkan hubungan antara daya semu (S), daya aktif (P), dan daya reaktif (Q). Pada segitiga daya, panjang sisi segitiga mewakili besar daya semu (S), sisi tegak lurus terhadap sisi yang mewakili daya aktif (P) mewakili daya reaktif (Q), dan sisi yang tersisa mewakili faktor daya ($\cos\phi$). Penggunaan segitiga daya ini memungkinkan untuk menggambarkan dan memahami bagaimana daya listrik diukur dan dibagi dalam sistem tenaga listrik. Daya semu (S) mengukur total daya yang digunakan dalam sistem, sedangkan daya aktif (P) mengukur daya yang benar-benar digunakan untuk melakukan kerja dalam sistem. Daya reaktif (Q) mengukur daya yang dihasilkan atau diserap oleh komponen-komponen reaktif dalam sistem, seperti induktor atau kapasitor.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (mixed methods) yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif.

ESP 32



Gambar 1. ESP 32

ESP 32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, dikenal karena kemampuannya yang kuat dan fitur konektivitas yang luas. ESP 32 salah satu mikrokontroler yang memiliki fasilitas tambahan berupa bluetooth, *wi-fi*, kamera, bahkan sampai ke slot mikroSD. Esp 32 ini biasanya digunakan untuk project IoT (*Internet of Things*) yang membutuhkan fitur kamera. ESP 32 memiliki lebih sedikit pin I/O dibandingkan ESP 32 produk sebelumnya, yaitu ESP 32 Wroom. ESP 32 memiliki 2 sisi dalam rangkaian modulnya. Di bagian atas terdapat modul kamera yang dapat dibongkar pasang dan ada microSD yang dapat diisi, serta flash sebagai lampu tambahan untuk kamera jika diperlukan. Di bagian belakang modul, terdapat antena internal, konektor untuk antena eksternal, pin male untuk I/O dan ESP 32 sebagai otaknyanya. Berikut spesifikasi ESP 32 :

- 802.11b/g/n Wi-Fi.
- Bluetooth 4.2 with BLE.
- UART, SPI, I2C and PWM interfaces.
- Clock speed up to 160 MHz.
- Computing power up to 600 DMIPS.
- 520 KB SRAM plus 4 MB PSRAM.
- Supports Wi-Fi Image Upload.
- Multiple Sleep modes.
- Firmware Over the Air (FOTA) upgrades possible.
- 9 GPIO ports.
- Built-in Flash LED.
- Kamera.

LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan rangkaian elektronika yang digunakan untuk menampilkan keterangan atau indikator yang diberikan ke dalam mikrokontroler. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. LCD berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. LCD terbagi menjadi dua macam berdasarkan bentuk tampilannya, yaitu *Text-LCD* dan *Graphic-LCD*. Berupa huruf atau angka. Sedangkan bentuk tampilan pada *Graphic-LCD* berupa titik, garis dan gambar. Dalam LCD, setiap karakter ditampilkan dalam matriks 5x7 *pixel*.



Gambar 2. LCD

Sensor PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi dan *power factor*. Sensor ini sangat populer dalam proyek-proyek monitoring daya listrik karena kemampuannya untuk menyediakan data akurat dan kemudahan integrasi dengan mikrokontroler seperti ESP 32. Sensor ini memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan dalam rentang 80 hingga 260 volt AC dengan akurasi tinggi. Pengukuran arus dilakukan melalui transformator arus (*Current Transformer/CT*) yang mendukung rentang hingga 100 *ampere*. Daya aktif yang dapat diukur oleh sensor ini mencapai 22 kilowatt, sementara energi yang terukur dapat mencapai 9999 kilowatt-jam. Selain itu, sensor juga mampu mengukur frekuensi listrik antara 45 hingga 65 *hertz* dan faktor daya dari 0 hingga 1.0, memberikan informasi lengkap mengenai kualitas daya listrik yang dikonsumsi. Sensor ini berkomunikasi melalui antarmuka UART, dengan konverter RS-485 yang memungkinkan integrasi mudah dengan mikrokontroler seperti ESP 32. Fitur tambahan termasuk proteksi terhadap *overvoltage* dan *overcurrent*, memastikan sensor ini bekerja secara stabil dan handal dalam aplikasi monitoring daya listrik jangka panjang. Dengan kelengkapan fungsi ini, maka sensor sangat ideal untuk digunakan sebagai proyek maupun eksperimen alat pengukur daya pada sebuah jaringan listrik seperti rumah atau gedung.



Gambar 3. Sensor PZEM 004T

Relay

Relay adalah komponen elektromekanis yang berfungsi sebagai sakelar listrik yang dioperasikan secara elektrik. *Relay* digunakan untuk mengendalikan aliran listrik dalam suatu rangkaian dengan cara memutus dan menyambungkan *arus* listrik tanpa harus terhubung langsung dengan beban yang dikendalikan. Ini memungkinkan *relay* untuk mengontrol perangkat berdaya besar menggunakan sinyal listrik yang lebih kecil. Prinsip kerja *relay* yaitu ketika arus listrik kecil mengalir melalui kumparan elektromagnet, medan magnet yang dihasilkan menarik *armature*. Gerakan *armature* ini menyebabkan kontak bergerak, sehingga menghubungkan atau memutuskan arus pada rangkaian yang dikendalikan oleh *relay*. Setelah arus pada kumparan diputus, medan magnet hilang, dan *armature* kembali ke posisi awalnya dengan bantuan pegas. *Relay* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem otomasi industri, kontrol lampu, sistem keamanan, proteksi peralatan listrik, dan perangkat elektronik rumah tangga.



Gambar 4. Relay

Arduino IDE

IDE Arduino (*Integrated Development Environment*). IDE Arduino adalah bagian *software opensource* untuk memprogram bahasa Arduino dalam bahasa C. IDE, memungkinkan untuk menulis sebuah program secara *step by step* kemudian instruksi tersebut di-*upload* ke papan Arduino. Arduino menggunakan *Software Processing* yang digunakan untuk menulis program ke dalam Arduino. *Processing* sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman, dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* mikrokontroler. *Software* IDE Arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian :

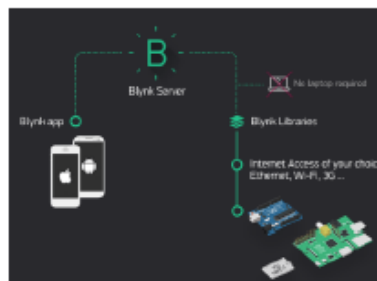
- Editor program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. *Listing* program pada Arduino disebut *sketch*.
- Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner, karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
- Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.



Gambar 5. Arduino IDE

Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk iOS dan *Android* untuk mengontrol Arduino, NodeMCU, *Raspberry Pi* dan sejenisnya melalui Internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat *hardware*, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi, dan lain-lain. Aplikasi *Blynk* memiliki 3 komponen utama, yaitu Aplikasi, Server, dan *Libraries*. *Blynk* server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara *smartphone* dan *hardware*. *Widget* yang tersedia pada *Blynk* diantaranya adalah *Button*, *Value Display*, *History Graph*, *Twitter*, dan *Email*. *Blynk* tidak terikat dengan beberapa jenis mikrokontroler namun harus didukung *hardware* yang dipilih. NodeMCU dikontrol dengan Internet melalui *Wi-Fi*, chip ESP8266, *Blynk* akan dibuat *online* dan siap untuk *Internet of Things*.

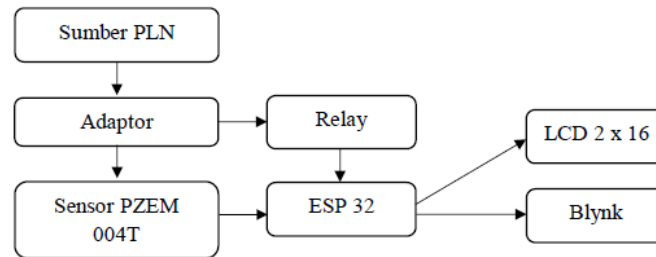


Gambar 6. Blynk

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

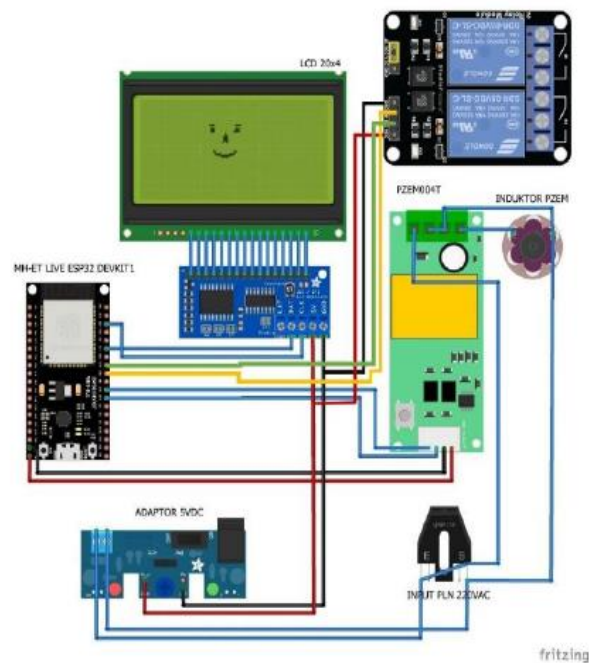
3.1. Deskripsi hasil penelitian

Rangkaian

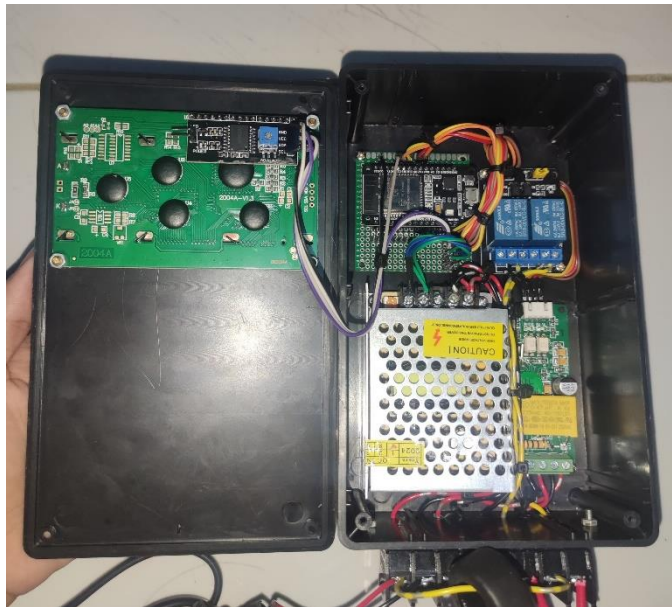


Gambar 7. Diagram Blok Sistem

Alat monitoring daya listrik berbasis IoT yang dirancang menggunakan ESP 32 dan sensor PZEM-004T bekerja dengan mengukur tegangan, arus, dan daya listrik secara *real-time*, mengirimkan data tersebut melalui koneksi *WiFi* ke aplikasi *Blynk*, serta memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan konsumsi daya melalui fitur pengontrolan jarak jauh (*On/Off*) dengan relay, sambil memberikan notifikasi, merekam, dan menyimpan data untuk akses di kemudian hari, sehingga membantu pengguna dalam mengelola konsumsi listrik secara efisien dan efektif. Berikut ini merupakan gambaran rancangan dan hasil rangkaian dari alat yang dibuat:



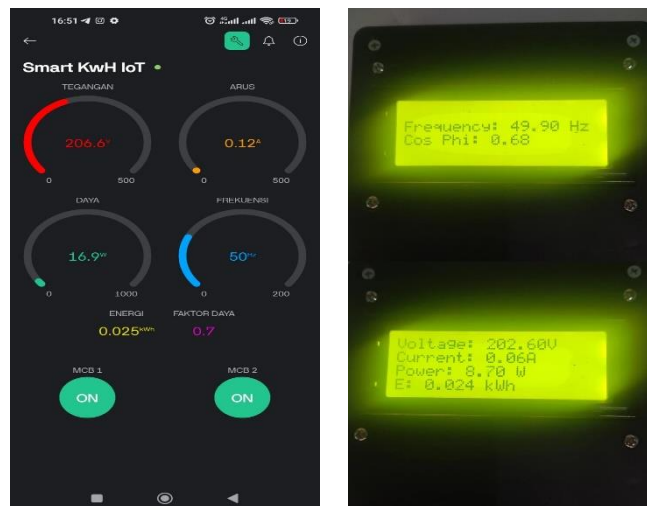
Gambar 8. Rancangan Rangkaian Sistem



Gambar 8. Rangkaian *Hardware* Sistem

Hasil Output

Percobaan yang dilakukan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya listrik pada dua buah beban berupa lampu yang memiliki daya sebesar 8 watt. Pengukuran dilakukan menggunakan sensor PZEM-004T yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 dan data dikirimkan serta ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi *Blynk*.



Gambar 9. Hasil Output

Untuk mengetahui daya aktif (*real power*) dapat dilakukan perhitungan secara manual dengan rumus $P=V.I.\cos\phi$. Berikut hasil perhitungan secara manual dengan rumus, yaitu:

a) Tanpa Beban

Keterangan:

V : 208,7 Volt

I : 0 Ampere

$$\cos \varphi : 0$$

Ditanyakan: $P : \dots ?$

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

$$P = 208,7 \times 0 \times 0$$

$$P = 0 \text{ Watt}$$

b) Dengan Satu Beban

Keterangan:

$$V : 202,6 \text{ Volt}$$

$$I : 0,06 \text{ Ampere}$$

$$\cos \varphi : 0,7$$

Ditanyakan: $P : \dots ?$

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

$$P = 202,6 \times 0,06 \times 0,7$$

$$P = 8,50 \text{ Watt}$$

c) Dengan Dua Beban

Keterangan:

$$V : 206,6 \text{ Volt}$$

$$I : 0,12 \text{ Ampere}$$

$$\cos \varphi : 0,7$$

Ditanyakan: $P : \dots ?$

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

$$P = 206,6 \times 0,12 \times 0,7$$

$$P = 17,35 \text{ Watt}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan dalam praktikum otomasi gedung dan industri dengan judul “Sistem Kendali Otomatis Lampu Penerangan Dan Pengontrolan Penggunaan Listrik” perlu diperhatikan beberapa hal diantaranya adalah perancangan alat otomasi listrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga dalam kerja normal tidak membahayakan atau merusak, komponen-komponen pada alat harus dipasang dengan baik dan tidak ada korsleting atau koneksi yang longgar. Ketika melakukan pengukuran, pastikan anda memahami cara menggunakan alat tersebut dengan benar. Pastikan juga bahwa alat yang dirancang dalam kondisi yang baik sehingga hasil pengukuran yang didapatkan maksimal. Saya berharap laporan ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pembaca dalam memahami dan mengembangkan pengetahuan terkait otomasi gedung dan industri, khususnya pada sistem kendali otomatis lampu penerangan dan pengontrolan penggunaan listrik. Dengan memanfaatkan laporan ini secara efektif, diharapkan pembaca tidak hanya memperoleh wawasan baru, tetapi juga mampu menerapkannya dalam proyek atau penelitian serupa di masa mendatang. Lebih dari itu, saya juga berharap laporan ini dapat dijadikan acuan oleh banyak pihak lainnya, sehingga manfaatnya dapat terus berkembang dan memberikan kontribusi positif dalam berbagai bidang, baik akademik maupun praktis.

REFERENSI

- [1] Abdi. H., (Maret 2023). *Arus Listrik adalah aliran muatan Listrik dari satu titik ke titik lainnya, kenali jenisnya*. Diakses 2 februari 2024 pada <https://www.liputan6.com/hot/read/5237434/arus-listrik-adalah-aliran-muatan-listrik-dari-satu-titik-ke-titik-lainnya-kenali-jenisnya?page=5>.
- [2] Hidayat. A., Fitrianingrum. L., & Hudiwasono. K., (2021). *Penerapan Prinsip Efektif dan Efisien dalam Pelaksanaan Monitoring Kegiatan Penelitian*. Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian Dan Pengembangan Kota Bandung, Vol.2. No.1. Hal 42–50.
- [3] Yulizar, Y., Sara, I. D., & Syukri, M. (2016). *Prototype pengukuran pemakaian energi Listrik pada kamar kos dalam satu hunian berbasis arduino uni R3 dan GSM shield SIM900*. Banda Aceh: universitas Syiah Kuala. Vol.1. No.3. Hal 47-56.



- [4] Yulizar, Y., Sara, I. D., & Syukri, M. (2016). *Prototype pengukuran pemakaian energi Listrik pada kamar kos dalam satu hunian berbasis arduino uni R3 dan GSM shield SIM900*. Banda Aceh: universitas Syiah Kuala. Vol.1. No.3. Hal 47-56.
- [5] Yasin., Muhammad. (2013). *Perancangan cos phi meter digital berbasis mikrokontroler atmega16*. Bogor: Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor. Vol.1. No.1.
- [6] Adriansyah. A., Hidyatama. O. (2013). *Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino Atmega 328p*. Jurnal Teknologi Elektro. Vol.4. No.3. Hal 100-112.
- [7] Ibrahim, R. R., & Yulianti, B. (2022). *Rancang Bangun Monitoring Pemakaian Arus Listrik PIn Berbasis Iot*. Jurnal Teknologi Industr. Vol.11. No.2. Hal 43-51.