

Analisis Sistem Kendali Pemakaian Energi Listrik Pada Gedung Kuliah A-205 JTE PNB Berbasis *Bidirectional Visitor Counter*

Analysis of Electrical Energy Consumption Control System in A-205 JTE PNB Lecture Building Based on Bidirectional Visitor Counter

I Made Sumerta Yasa^{1*}, I Wayan Teresna², I Wayan Raka Ardana³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Badung Bali Indonesia

Email: *madesumertayasa@gmail.com

Abstrak - Energi listrik sangat dibutuhkan di gedung kuliah A-205 JTE PNB pada saat proses belajar mengajar (PBM). Penggunaan energi listrik tersebut diantaranya untuk beban berupa lampu penerangan, Air Conditioning (AC), komputer, laptop dan LCD proyektor. Penggunaan energi listrik tersebut rata-rata 8 jam per hari. Pengaturan pemakaian energi listrik memerlukan peran serta sumber daya manusia yang terampil supaya pemakai energi listrik menjadi efektif, diantaranya membiasakan perilaku atau budaya hemat energi seperti mematikan AC dan lampu pencahayaan setelah selesai digunakan. Upaya lain dalam penghematan energi listrik adalah meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, memperbaiki power faktor, mengganti peralatan seperti lampu penerangan yang lebih hemat, AC yang lebih efisien. Selain itu, dapat juga dilakukan dengan alat berupa sistem kendali energi listrik berbasis bidirectional visitor counter dengan cara memasang sistem kendali tersebut pada setiap ruang kelas. Sistem kendali ini berfungsi mengatur penggunaan energi listrik yaitu pada saat ruang kelas dipergunakan (masih ada mahasiswa/orang) sistem kendali tersebut bekerja menghubungkan arus listrik ke beban. Sebaliknya pada saat ruang kelas tidak dipakai (tidak ada mahasiswa/orang) sistem kendali tidak bekerja (tidak menyambungkan) arus listrik ke beban. Diperoleh bahwa penggunaan sistem kendali pada ruang kelas A-205 JTE PNB dapat menghemat energi listrik sebesar 0,6935 kWh, yaitu persentase penghematannya sebesar 23%. Ini berarti sistem kendali berbasis bidirectional visitor counter yang dipergunakan pada ruang kelas A-205 lebih efektif untuk mengatur pemakaian energi listrik sehingga dapat menghemat energi listrik.

Kata kunci: Bidirectional visitor counter, energi listrik, efektif, Air Conditioning (AC)

Abstract - Electrical energy is needed in the A-205 JTE PNB lecture building during the teaching and learning process (PBM). The use of electrical energy includes lighting, Air Conditioning (AC), computers, laptops and LCD projectors. The dominant use of electrical energy is about 8 hours a day. The regulation of electrical energy requires high skilled human resources in making effective use of electrical energy, activating energy-saving behaviors or cultures such as turning off air conditioning and lighting after use. Other efforts are to increase the efficiency of the use of electrical energy, improve the power factor, and replace equipment such as more efficient lighting, more efficient air conditioners. In addition, it can also be done with a tool in the form of a bidirectional visitor counter-based electrical energy control system by installing the control system in each classroom. This control system functions on the use of electrical energy, namely when the classroom is used (there are students/people) the control system works to connect the electric current to the load. On the other hand, when the classroom is not used (there are no students/persons) the control system does not work (does not connect) the electric current to the load. It was found that the use of the control system in the A-205 JTE PNB classroom can save electrical energy by 0.6935 kWh, which is a percentage saving of 23%. This means that the control system based on the bidirectional visitor counter used in the A-205 classroom is more effective in regulating the use of electrical energy so that it can save electrical energy.

Keywords: Bidirectional visitor counter, electric energy, effective, Air Conditioning (AC)

1. Pendahuluan

Penggunaan energi listrik di gedung Kuliah A-205 Jurusan Teknik Elektro (JTE) Politeknik Negeri Bali (PNB) sangatlah penting pada saat proses belajar mengajar (PBM). Penggunaan energi listrik tersebut

seperti beban listrik berupa lampu penerangan, *Air Conditioning* (AC), komputer dan LCD proyektor. Penggunaan energi listrik yang dominan diatas rata-rata pemakaiannya 8 jam dalam sehari. Pengaturan energi listrik tersebut memerlukan peran serta sumber daya manusia yang terampil supaya pemakai energi listrik efektif, diantaranya membiasakan perilaku atau budaya hemat energi seperti mematikan AC dan lampu pencahayaan setelah selesai digunakan. Upaya lain dalam menghemat energi listrik adalah dengan meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, memperbaiki faktor daya, mengganti peralatan seperti lampu penerangan yang lebih hemat, AC yang lebih efisien. Dari semua upaya penghematan energi listrik yang telah dilakukan masih dapat dilakukan penghematan energi listrik dengan cara memanfaatkan sistem kendali, seperti beberapa penelitian berikut. Mangesh Nikose dkk (2018), melaporkan bahwa berdasarkan kehadiran di ruangan lampu penerangan dan *fan* (kipas angin) dapat dikontrol [1]. Saikat Sarkar dkk (2017) telah melaporkan mengenai pengendalian cahaya ruangan secara otomatis dan sistem keamanan berdasarkan sistem penghitung pengunjung dua arah [2]. Ogherohwo E.P., dkk (2018) melaporkan bahwa kontrol cahaya ruang secara otomatis dapat dilakukan berdasarkan pengunjung dua arah [3]. Rakesh Kumar (2018) juga melaporkan bahwa pegendalian lampu ruangan dan peralatan lainnya secara otomatis dapat dilakukan berdasarkan penghitung pengunjung dua arah [4]. Subhankar Chattoraj, dkk (2016), menyatakan bahwa pengendalian cahaya ruangan secara otomatis dapat dilakukan berdasarkan perhitungan pengunjung dua arah dan arduino sebagai pengontrol utama [5].

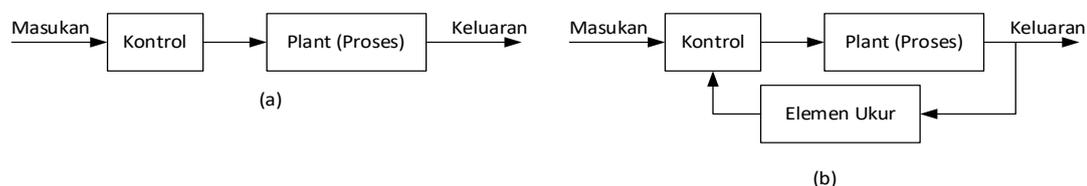
Selain peneliti tersebut di atas, Sarwa Dwipa Pranatha I Kadek (2020) juga telah melaporkan bahwa telah dilakukan pengujian dengan membandingkan intensitas konsumsi energi (IKE), intensitas penerangan dan suhu ruangan pada lampu TL *Fluorescent* 18 W dan lampu TL LED 16 W. Hasil penelitian menunjukkan IKE lampu LED lebih kecil 60% dari lampu TL *Fluorescent*, untuk intensitas penerangan menunjukkan lampu TL LED jauh lebih baik 36% dari lampu TL *Fluorescent*, untuk suhu ruangan setelah diganti lampu TL LED, suhu ruang kuliah A-205 Teknik Elektro turun sebesar 3,4% dari lampu TL *Fluorescent*. Dari hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan lampu TL LED pada ruang kuliah A-205 Teknik Elektro dapat membantu untuk tercapainya *green building* [6].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, maka penulis melakukan penelitian mengenai sistem kendali pemakaian energi listrik pada gedung kuliah A-205 JTE PNB berbasis *bidirectional visitor counter*, dengan tujuan dapat memanfaatkan energi listrik secara lebih efektif pada ruang kelas A-205 berdasarkan perhitungan kunjungan mahasiswa/orang masuk (ada orang) dan ke luar (tidak ada orang).

2. Landasan Teori

2.1 Sistem kendali

Sistem kontrol atau sistem kendali adalah kumpulan dari beberapa komponen yang terhubung satu sama lainnya, sehingga membentuk suatu tujuan tertentu yaitu mengendalikan atau mengatur suatu sistem. Sistem kontrol dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup seperti pada blok diagram Gambar 1 (Ogata 1997) [7].



Gambar 1. Diagram skematik sistem (a) *loop* terbuka dan (b) *loop* tertutup [7].

2.2 Energi listrik

Energi listrik atau tenaga listrik adalah salah satu jenis energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W), seperti yang dipergunakan untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Besarnya energi listrik dapat dihitung berdasarkan persamaan (1) [8].

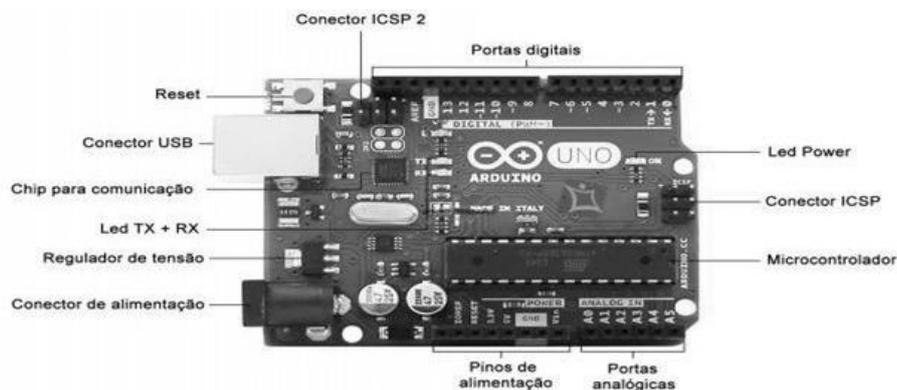
$$W = V.I.t \text{ (J)} = V.Q \text{ (J)} \quad (1)$$

dimana V adalah tegangan listrik (dalam V), I adalah kuat arus (A), t adalah waktu (s), dan Q adalah muatan listrik (C).

Untuk menyatakan jumlah energi, ada beberapa satuan yang digunakan, misalnya joule, kWh, BTU dan sebagainya. Satuan Joule merupakan satuan standart internasional (SI) yang biasa digunakan untuk semua bentuk energi. kWh adalah satuan yang biasa digunakan untuk menyatakan energi listrik. Sedangkan BTU merupakan satuan energi yang memiliki arti "British Thermal Unit" dan biasanya di definisikan dengan per jam yang menjadi satuan BTU/h atau BTU/h. Satuan ini dipergunakan di Britania Raya atau Inggris pada sistem pemanas dan pendingin ruangan. Sekarang satuan BTU tersebut diganti menjadi satuan energi dari unit SI, yaitu Joule (J).

2.3 Arduino UNO

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 seperti terlihat pada Gambar 2. Arduino Uno memiliki 14 pin input atau output digital, dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *Board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang dirubah menjadi DC atau baterai untuk menghidupkannya.



Gambar 2. Board Arduino Uno [2].

Arduino Uno berbeda dengan board lainnya seperti Arduino Due, Arduino Mega dan lainnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board lainnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial. Nama "Uno" berarti *satu* dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian *board* USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk *platform* Arduino, untuk perbandingan dengan versi lainnya,

2.4 Infra red (IR) sensor module

Sensor inframerah berfungsi memancarkan dan mendeteksi radiasi infra merah untuk mendeteksi obyek sekelilingnya. Cara kerja sensor Inframerah berdasakan hukum yaitu Hukum Radiasi Planck, Hukum Stefan-Boltzmann dan Hukum Perpindahan Wien.



Gambar 3. Infra Red (IR) sensor [4].

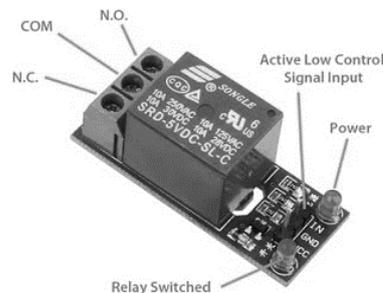
Hukum *Planck* menyatakan bahwa "rapat spektrum radiasi elektromagnetik yang dilepas benda hitam dalam kesetimbangan termal pada temperatur T , ketika tidak ada aliran bersih materi atau energi antara benda dan lingkungannya". Hukum Stefan-Boltzmann menyatakan bahwa "pada semua panjang

gelombang, energi total yang dipancarkan oleh benda hitam sebanding dengan pangkat empat suhu absolut". Menurut hukum Perpindahan Wien, "kurva radiasi benda hitam untuk suhu yang berbeda akan mencapai puncaknya pada panjang gelombang yang berbanding terbalik dengan suhu".

Konsep dasar dari sensor inframerah seperti terlihat pada Gambar 3 digunakan sebagai detektor rintangan yaitu memancarkan sinyal infra merah, dan menerima pantulan sinyal infra merah yang dipantulkan dari permukaan suatu benda.

2.5 Relay module [4]

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* (elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*), seperti terlihat pada Gambar 4. Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh dengan relay yang menggunakan elektromagnet 5 V dan 50 mA mampu menggerakkan *armature* relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220 V 2 A.

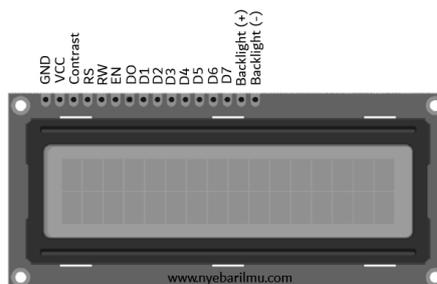


Gambar 4. Relay module [4].

Pada dasarnya, fungsi modul *relay* adalah sebagai saklar elektrik. Dimana ia akan bekerja secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan. Kegunaan relay secara lebih spesifik diantaranya menjalankan fungsi logika dari mikrokontroler, sarana untuk mengendalikan tegangan tinggi hanya dengan menggunakan tegangan rendah, meminimalkan terjadinya penurunan tegangan, memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi *time delay function*, melindungi komponen lainnya dari kelebihan tegangan penyebab *korsleting*, dan menyederhanakan rangkaian agar lebih ringkas.

2.6 Modul display LCD 16×2

LCD 16×2 (*Liquid Crystal Display*) seperti terlihat pada Gambar 5 merupakan modul yang menampilkan data yang mempergunakan kristal cair sebagai bahan untuk menampilkan data yang berupa tulisan maupun gambar. Fungsi dari masing-masing pin diantaranya GND: catu daya 0V DC, VCC: catu daya positif, contrast: untuk kontras tulisan pada LCD. RS atau *Register Select* meliputi *High*: untuk mengirim data dan *Low*: untuk mengirim instruksi. R/W atau *Read/Write* meliputi *High*: mengirim data, *Low*: mengirim instruksi, dan disambungkan dengan *Low* untuk pengiriman data ke layar. E (*enable*): untuk mengontrol ke LCD ketika bernilai *Low*, LCD tidak dapat diakses. D0-D7: Data Bus 0-7. *Backlight +*: disambungkan ke VCC untuk menyalakan lampu latar dan *Backlight -*: disambungkan ke GND untuk menyalakan lampu latar.



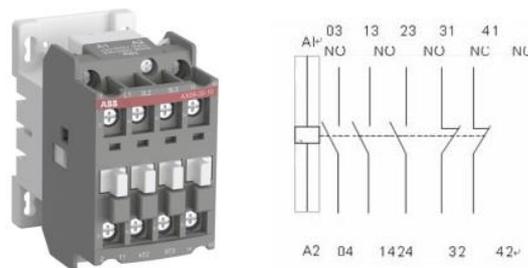
Gambar 5. LCD 16x2 [4].

2.7 Bidirectional counter

Counter (pencacah) merupakan suatu rangkaian *sequensial* yang bekerja menurut suatu urutan yang telah ditentukan berdasarkan pulsa input. Pulsa input, biasanya disebut *count pulse* (pulsa hitung), bisa berupa pulsa digital atau pulsa yang berasal dari sumber lain dan merupakan *interval* waktu tertentu atau acak. Counter ini dapat dijumpai pada hampir semua peralatan yang berisi logika digital. Biasanya digunakan untuk menghitung jumlah suatu kejadian dan juga berguna untuk membangkitkan urutan waktu (*timing sequence*) untuk mengontrol operasi dari suatu sistem digital. *Bidirectional Counter* merupakan suatu rangkaian counter yang mempunyai kemampuan menghitung maju dan mundur (*up/down counter*).

2.8 Kontaktor magnet [12]

Kontaktor magnet merupakan saklar daya yang bekerja berdasarkan kemagnetan, yaitu apabila kumparan magnet (*coil*) dialiri arus listrik, maka inti magnet menjadi jangkar sekaligus menaik kontak-kontak yang bergerak, sehingga kontak NO (*Normally Open*) menjadi tersambung dan kontak NC (*Normally Close*) menjadi terlepas seperti terlihat pada Gambar 6.



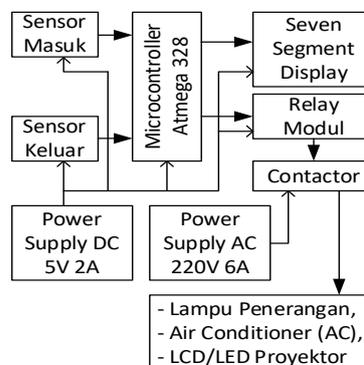
Gambar 6. Magnetic contactor dan simbol [12].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan kajian pustaka tentang rangkaian yaitu : *Infrared module*, Arduino-Uno, *Liquid Crystal Display (LCD) 16x2* dan *Relay Module*. Dilanjutkan dengan pemilihan komponen-komponen yang akan dipakai dan pengumpulan lembaran data dari komponen-komponen elektronik tersebut baik dari *data book* atau dari internet. Perancangan awal dilakukan perblok dan setelah direalisasikan masing-masingblok diuji untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan, selanjutnya dilakukan pengujian secara keseluruhan. Adapun blok-blok rangkaian yang direalisasikan terdiri dari blok sistem Arduino-Uno, *Sensor Infrared module*, LCD Display, *Relay Module* dan *Power Supply DC*.

3.1 Perancangan perangkat keras

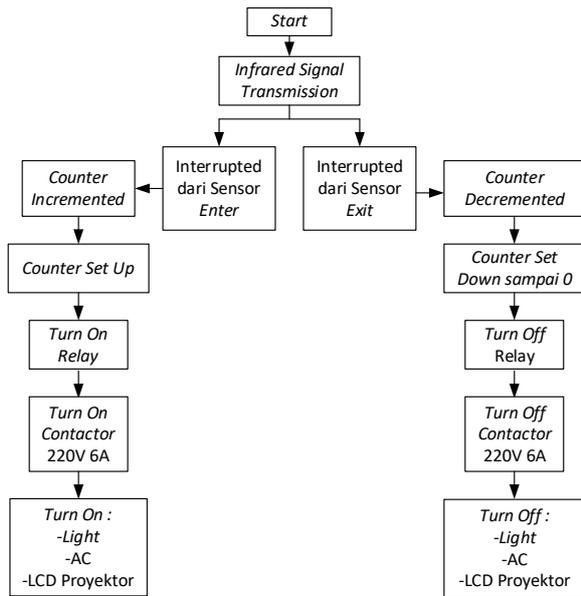
Perangkat keras berupa sistem kendali lampu penerangan, AC dan berbasis *bidirectional visitor counter*, dapat digambarkan bagian-bagiannya secara sistematis seperti terlihat pada blok diagram Gambar 7.



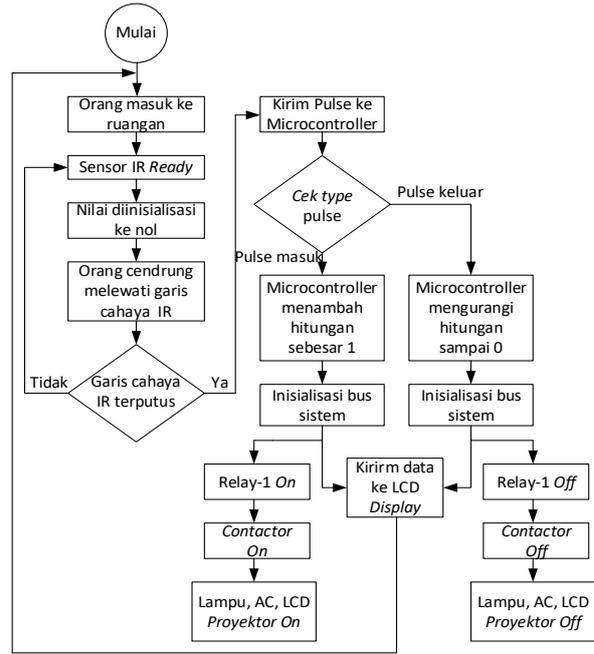
Gambar 7. Blok diagram sistem kendali lampu penerangan, AC dan proyektor.

3.2 Perancangan perangkat lunak

Adapun diagram alir atau *flow chart* sistem kendali lampu penerangan, AC dan proyektor berbasis *bidirectional visitor counter* seperti terlihat pada Gambar 8. Dalam pembuatan program untuk sistem kendali lampu penerangan, AC dan proyektor berbasis *bidirectional visitor counter software* yang digunakan yaitu Arduino IDE dan *flow chart* program seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Diagram alir atau *flow chart* sistem kendali Lampu Penerangan, AC dan Proyektor.



Gambar 9. *Flow chart* program.

Flow chart program yang terlihat pada Gambar 9 merupakan pembuatan *code* alat sistem kendali berbasis *bidirectional visitor counter*. Adapun *code* yang dimaksud adalah sebagai berikut.

Code

```
#include<LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(13,12,11,10,9,8);
define in 14
define out 19
define relay 2
int count=0;
void IN()
{
count++;
lcd.clear();
lcd.print("Person In Room:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(count);
delay(1000);
pinMode(in, INPUT);
pinMode(out, INPUT);
pinMode(relay, OUTPUT);
lcd.clear();
lcd.print("Person In Room:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(count);
}
void loop()
{
if(digitalRead(in))
IN();
if(digitalRead(out))
}
}
void OUT()
{
count--;
lcd.clear();
lcd.print("Person In Room:");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(count);
delay(1000);
}
void setup()
{
lcd.begin(16,2);
lcd.print("Visitor Counter");
delay(2000);
OUT();
if(count<=0)
{
lcd.clear();
digitalWrite(relay, LOW);
lcd.clear();
lcd.print("Nobody In Room");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Light Is Off");
delay(200);
}
else
digitalWrite(relay, HIGH);
}
}
```

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil

Hasil dari penelitian ini berupa satu alat sistem kendali pemakaian energi listrik berdasarkan perhitungan kunjungan masuk dan keluar (*bidirection visitor counter*) serta data pengujian sistem kendali. Adapun alat sistem kendali yang dimaksud seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Sistem kendali pemakaian energi listrik berbasis *bidirection visitor counter*.

Berdasarkan pengujian dan pengukuran sistem kendali yang dibuat diperoleh data seperti Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Data hasil pengukuran kerja sistem kendali.

No	Input		LCD Display	Output Relay/Contactor
	Sensor Enter	Sensor Exit		
1	On	Off	1	On
2	Off	On	1	On
3	Off	On	0	Off

Tabel 2. Data hasil pengukuran kerja sistem berdasarkan jadwal kuliah dengan kondisi tanpa ada mahasiswa/orang yang ke luar ruang kelas.

No	Pukul (WITA)	Sensor		LCD Display	Kondisi Relay + Contactor	Arus yang mengalir melalui anak contactor (A)*
		Sensor Enter	Sensor Exit			
1	Sebelum 08.00	Off	Off	0	Off	0
2	08.00	On	Off	1	On	1,85
3	11.30	Off	On	0	Off	0
4	21.00	On	Off	1	On	1,85
5	15.30	Off	On	0	Off	0

* keterangan lampu penerangan ruang kelas, AC dan proyektor dalam keadaan semua on.

Tabel 3. Data hasil pengukuran kerja sistem berdasarkan jadwal kuliah dengan kondisi ada mahasiswa/orang yang ke luar ruang kelas.

No	Pukul (WITA)	Sensor		LCD Display	Kondisi Relay + Contactor	Arus yang mengalir melalui anak contactor (A)*
		Sensor Enter	Sensor Exit			
1	Sebelum 08.00	Off	Off	0	Off	0
2	08.00	On	Off	1	On	1,85
3	10.00	Off	On	23	On	1,85
4	11.30	Off	On	0	Off	0
5	11.40	On	Off	1	On	1,85
6	15.30	Off	On	0	Off	0

* adalah lampu penerangan ruang kelas, AC dan proyektor dalam keadaan semua on.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1, 2 dan 3 dapat dijelaskan bahwa kondisi sebelum perkuliahan dimulai dengan kondisi ruang kuliah tanpa mahasiswa/orang, LCD display sistem kendali menunjukkan angka 0 dan arus

tidak mengalir pada anak kontak *contactor* yang ditunjukkan oleh alat ukur amper meter. Pada saat mulai ada mahasiswa/orang yang memasuki ruang kelas, LCD display sistem kendali menunjukkan angka 1 dan arus mengalir pada anak kontak *contactor*. Ditengah-tengah perkuliahan ada mahasiswa/orang yang keluar dari ruang kelas maka LCD display sistem kendali menunjukkan angka sesuai dengan hasil hitungan seperti terlihat pada Tabel 3 dan arus tetap mengalir pada anak kontak *contactor*. Pada kondisi terakhir mahasiswa/orang semua keluar dari ruang kelas maka LCD *display* sistem kendali menunjukan angka 0 dan arus tidak mengalir pada anak kontak *contactor*.

Berdasarkan sistem kerja peralatan sistem kendali yang dibuat dan jadwal kuliah yang ada yaitu pukul 08.00 sampai 11.20 dalam kondisi PBM, pukul 11.20 sampai 12.00 dalam kondisi istirahat dan 12.00 sampai 15.30 dalam kondisi PBM, maka dapat dihitung besarnya pemakaian energi listrik pada ruang kelas A-205 dengan Persamaan 1. Besar energi listrik (W) pada kondisi tanpa menggunakan sistem kendali adalah 3 kWh, dan energi listrik pada saat menggunakan sistem kendali adalah 2,3065 kWh. Dari hasil perhitungan energi listrik tidak menggunakan sistem kendali dan menggunakan sistem kendali diperoleh selisih energi listrik yang dapat dihemat adalah 0,6935 kWh dan persentase penghematannya adalah 23%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa peralatan bekerja sesuai dengan perencanaan yaitu pada saat tidak ada mahasiswa/orang yang masuk pada ruang kelas maka lampu penerangan, AC dan LCD proyektor tidak menyala. Pada saat ada mahasiswa/orang masuk pada ruang kelas maka lampu penerangan, AC dan LCD proyektor menyala dan pada saat mahasiswa/orang semua ke luar dari ruang kelas maka lampu penerangan, AC dan LCD proyektor tidak menyala. Dengan menggunakan sistem kendali berbasis *bidirection visitor counter* pada ruang kelas A-205 diperoleh penghematan energi listrik sebesar 0,6935 kWh dengan persentase 23%. Ini berarti sistem kendali berbasis *bidirection visitor counter* yang dipergunakan pada ruang kelas A-205 lebih efektif untuk mengatur pemakaian energi listrik sehingga dapat menghemat energi listrik.

Daftar Pustaka

- [1] Mangesh Nikose, Krutika Gaikwad, Priyanka Gamne, et al., A Survey on Bidirectional Visitor Counter with Automaticlight and Fan Control for Room, *IJAREEIE*, vol. 7, Issue 3, March 2018, pp. 1282-1285.
- [2] Saikat Sarkar, Satyaki Nan, Pryanikar Ghosh, et al., Bidirectional Visitor Counter with security system and Automated Room Light Controller, *IJISRT*, v. 2, issue 5, May 2017, pp. 733-736.
- [3] Ogherohwo E.P., Igbekele O. J., Jangfa T. Zhimwang, et al., A Bidirectional Automatic Room Light Controller Using Visitor Counter, *Nigerian Journal of Physics*, vol. 27, 2018.
- [4] Rakesh Kumar, Shubhashish Goswami, Digvijay Singh, et al., Automatic Room Light And Other Appliances Controller With Bidirectional Visitor Counter, *IJCRT*, April 6-7, 2018, pp. 194-208
- [5] Subhankar Chattoraj, Aditya Chakraborty, Bidirectional Visitor Counter with Automatic Room Light Controller and Arduino as the master controller, *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 6, Issue 7, July 2016, pp. 357-359.
- [6] Sarwa Dwipa Pranatha I Kadek, Perencanaan Pemasangan Lampu TL LED Di Ruang Kuliah Teknik Elektro Kelas 205 dan Dampaknya Terhadap Kualitas Pencahayaan, *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali, 2020.
- [7] Ogata K., *Moderen Control Engineering*, 3rd Edition, *Prentice Hall International. Inc.* 1997.
- [8] Widjayanti, Profil Konsumsi Energi Listrik Pada Hunian Rumah Tinggal, *Enclosure*, vol. 6, no. 2, Juni, 2007.
- [9] Nur R. Iskandar, Prosedur Audit Energi di Industri, *BPPT*, 2015.
- [10] Djiteng Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik Edisi 2*, Penerbit: *Erlangga*, Jakarta, 2011.
- [11] Zuriman Anthony, Penggunaan Kontaktor Sebagai Sistem Pengaman Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Kehilangan 1-Fasa Sistem Tenaga, *Jurnal Momentum*, vol. 11, no. 2, 2011.
- [12] ABB Low Voltage Components Industrial and Commercial Applications Version 0113. <http://www.abb.co.uk/lowvoltage>, [Cited 2020 May 10].