
MENINGKATKAN EFISIENSI PENGGUNAAN LISTRIK *MOTOR CONTROL CENTER* (MCC) PLTP MENGGUNAKAN *SYSTEM AUTOMATIC ELECTRONIC* (SAE) DI PT PGE AREA KARAHA

Mansur Khudhori¹, Ivany Sarief²

^{1,2} Universitas Sangga Buana YPKP

Program Studi Sarjana Teknik Elektro, Fakultas Teknik USB YPKP, Bandung

e-mail: mansur.khudori@gmail.com

Abstrak

Upaya pemerintah dalam menjaga kestabilan energi nasional melalui program peningkatan pasokan dan penghematan energi harus didukung oleh seluruh lapisan masyarakat, dan termasuk di sisi hulu^[1]. Penelitian ini menganalisis tentang potensi persentase penghematan energi listrik disisi hulu yaitu disektor pembangkit. Dalam penelitian ini akan membahas tentang potensi penghematan energi listrik own use di PLTP Karaha 1 Pertamina Geothermal Energy yang berlokasi di kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. Dalam menunjang operasional PLTP Karaha unit 1, diperlukan kegiatan patrol check yang berfungsi untuk memantau kondisi peralatan pembangkit untuk memastikan peralatan penunjang pembangkit dalam kondisi yang optimal. Namun dalam aktualnya, ketika kegiatan patrol check sudah selesai dilaksanakan, lampu ruangan atau indoor lighting dibiarkan menyala selama 24 jam selama terus menerus dikarenakan design engineering lampu saat proses EPC (Engineering Procurement Construction). Maka dirancanglah sebuah sistem kontrol untuk mengoperasikan indoor lighting secara otomatis menggunakan sensor Passive Infra Red (PIR) dan modul Arduino Mega 2560. Pembuatan program pada arduino dilakukan menggunakan aplikasi arduino IDE. Pada aplikasi arduino IDE menunjukkan program inisialisasi library (sensor) dan inisialisasi pin pin yang digunakan pada arduino. Program yang dibuat pada aplikasi arduino IDE adalah program untuk mengontrol On-Off lampu, tampilan LCD meliputi jumlah orang yang masuk ke ruangan MCC, waktu On lampu dan energi total kWh. Dengan menggunakan metode ini diharapkan dapat menjadi solusi penghematan penggunaan energi listrik indoor lighting.

Kata kunci : PLTP, Own use, Indoor Lighting, sensor PIR, Arduino ATMega 2560

Abstract

The government's efforts to maintain national energy stability through programs to increase supply and save energy must be supported by all levels of society[1], including the upstream side. This study analyzes the potential percentage of electrical energy savings on the upstream side, namely the generation sector. In this study, we will discuss the potential for saving electrical energy own use at PLTP Karaha 1 Pertamina Geothermal Energy located in Tasikmalaya district, West Java. In supporting the operation of PLTP Karaha unit 1, patrol check activities are needed which function to monitor the condition of generating equipment to ensure that the supporting equipment of the generator is in optimal condition. But in actual fact, when the patrol check activity has been completed, the room lights or indoor lighting are left on for 24 hours continuously due to the engineering design of the lights during the EPC (Engineering Procurement Construction) process. So a control system is designed to operate indoor lighting automatically using Passive Infra Red (PIR) sensors and Arduino ATMega 2560 module. Programming on Arduino is done using the Arduino IDE application. In the Arduino

IDE application, it shows the library initialization program (sensor) and the initialization of the pins used on the Arduino. The program made on the Arduino IDE application is a program to control the On-Off lights, the LCD display includes the number of people entering the MCC room, the On-Lamp time and the total energy kWh. By using this method, it is hoped that it can be a solution for saving the use of electrical energy for indoor lighting.

Keywords : PLTP, Own use, Indoor Lighting, PIR sensor, Arduino ATmega 2560

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang mempunyai kekayaan alam dan keanekaragaman sumber energi yang melimpah, antara lain energi air, angin, matahari, minyak bumi, gas, batubara, dan energi terbarukan seperti panas bumi. Indonesia dikaruniai potensi panas bumi yang cukup melimpah karena posisi geografisnya yang berada di daerah cincin api yang secara umum menyimpan potensi pemanfaatan panas bumi yang cukup besar sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan tenaga listrik [1].

Penelitian ini dilakukan untuk mendukung program pemerintah dalam penghematan energi listrik, dengan menginventaris potensi penghematan dari beberapa area di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) di PT Pertamina Geothermal Energy Area Karaha dengan melakukan simulasi perhitungan nilai penghematan di area tersebut. Dengan hasil simulasi perhitungan penghematan listrik tersebut, diharapkan program kampanye penghematan konsumsi energi listrik *own use* akan dapat tercapai dengan efektif dan optimal[2][3]. Konsumsi energi listrik *own use* digunakan untuk proses operasional peralatan utama dalam pembangkitan energi listrik dari generator dan juga untuk operasional peralatan pendukung seperti pompa, lampu penerangan dan lain-lain. Salah satu infrastruktur yang dibutuhkan pada sebuah pembangkit yaitu sistem penerangan. Penerangan yang diperlukan ada dua area yaitu penerangan di dalam gedung *indoor* dan penerangan diluar gedung *outdoor*. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem otomatisasi untuk mengoperasikan lampu penerangan *Non Essential* di ruang MCC PLTP menggunakan sensor PIR (*Passive Infra Red*) dan modul Arduino Mega 2560. Serta data yang ditampilkan pada LCD berupa: Jumlah orang yang masuk ke ruangan MCC, Total waktu beroperasinya lampu (*run hours*), Total konsumsi Energi kWh.

2. METODE PENELITIAN

Perencanaan dan pembuatan penelitian ini memerlukan langkah – langkah penyelesaian sebagai berikut:

- a. Studi Literatur
Mempelajari referensi baik dari jurnal maupun internet tentang konsep penghematan energi listrik dan prinsip kerja komponen yang akan digunakan. Dilanjutkan mencari *datasheet* dan karakteristik pada setiap komponen alat yang akan dibuat.
 - b. Perencanaan dan pembuatan
Pada tahapan ini ditentukan tujuan penulisan, tema dan sasaran penelitian yang direncanakan dengan baik. Pemilihan instrumen sensor, modul kontrol dan *wiring diagram hardware* pada rangkaian sistem kontrol lampu penerangan juga dipertimbangkan agar sasaran penelitian tercapai.
 - c. Uji Coba
-

Tahapan uji coba dipilih setelah tahapan perencanaan dilaksanakan dengan baik. Uji coba dilakukan pada modul kontrol. Sehingga dari uji coba ini, penulis mampu mengidentifikasi efektifitas fungsi dari modul kontrol.

d. Implementasi

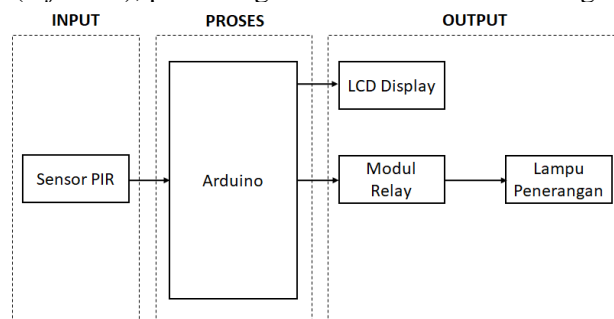
Implementasi dilakukan untuk menguji efektifitas dan fungsi dari alat yang dibuat. Implementasi dilakukan pada ruang MCC PT Pertamina Geothermal Energy Area Karaha, Tasikmalaya.

2.1 Tahapan Review

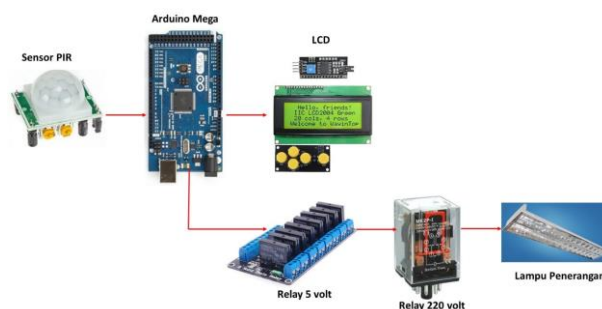
Dalam penelitian ini akan membahas tentang potensi penghematan energy listrik (*own use*) di PLTP Karaha 1 Pertamina Geothermal Energy yang berlokasi di kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. Dalam menunjang operasional PLTP Karaha unit 1, diperlukan kegiatan *patrol check* yang berfungsi untuk memantau kondisi peralatan pembangkit untuk memastikan peralatan penunjang pembangkit dalam kondisi yang optimal. Namun dalam aktualnya, ketika kegiatan patrol check sudah selesai dilaksanakan, lampu ruangan atau *indoor lighting* dibiarkan menyala selama 24 jam selama terus menerus dikarenakan design engineering lampu saat proses EPC (*Engineering Procurement Construction*). Dengan menggunakan system otomatis diharapkan dapat menjadi solusi penghematan penggunaan *indoor lighting*. [4][5].

2. 1.1 Gambar dan tabel

Tahapan awal perancangan alat terdiri dari tahap design, tahap implementasi dan tahap pengujian dan pengambilan data. Pada tahap design digunakan untuk proses perancangan dan pemecahan masalah yang dialami saat perancangan alat. Tahapan tersebut digunakan untuk mendapatkan sebuah solusi pada masalah yang didapat. Desain meliputi perancangan blok diagram, perancangan diagram alir, perancangan rangkaian elektronika (*hardware*), perancangan program (*software*), perancangan elektrik dan denah ruangan.



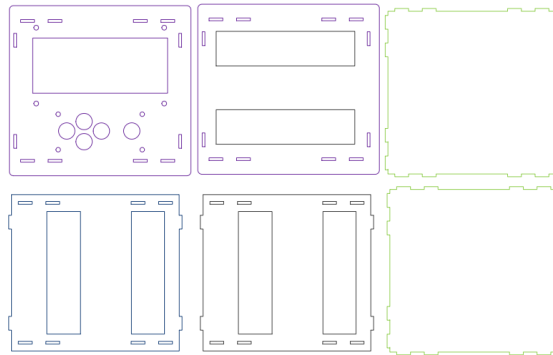
Gambar 1 Blok diagram alat



Gambar 2 Skema System Automatic Electronic (SAE)

Skema *System Automatic Electronic (SAE)* yaitu menggunakan konsep perancangan secara sederhana, konsep perancangan meliputi input, proses dan output[3]

Perancangan mekanik yang dilakukan yaitu pembuatan *cover* modul *Arduino* dan *cover lcd*.

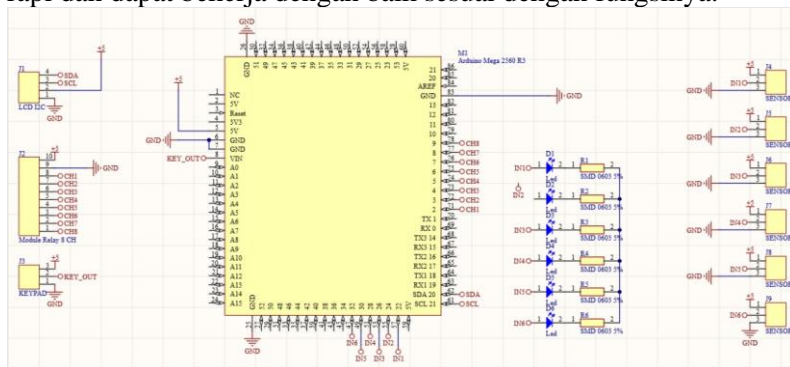


Gambar 3 Desain mekanik modul *Arduino* dan *LCD*



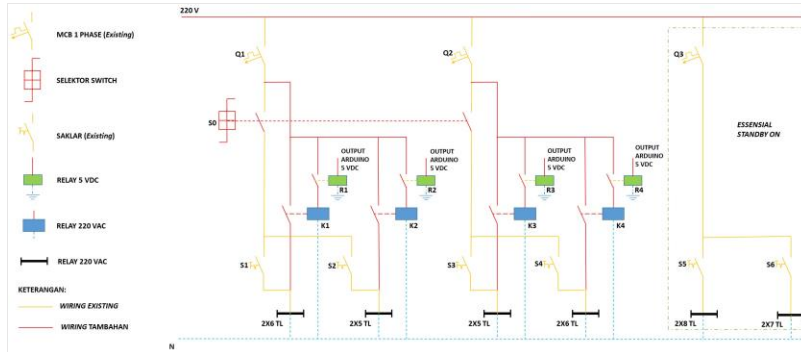
Gambar 4 Modul *Arduino* dan *LCD*

Perancangan elektronik dilakukan untuk menyatukan dan merakit beberapa komponen module elektronik dan mekanik agar dapat berfungsi dengan baik, Adapun perancangan elektroniknya terdiri dari mikrokontroler *Arduino*, *I2C LCD*, *Liquid Crystal Display (LCD)*, relay *SSR 8 channel*, dan sensor *PIR*. Semua langkah tersebut harus dilakukan secara teratur agar alat yang dibuat terlihat rapi dan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya.



Gambar 5 Skematik Perancangan Elektronik

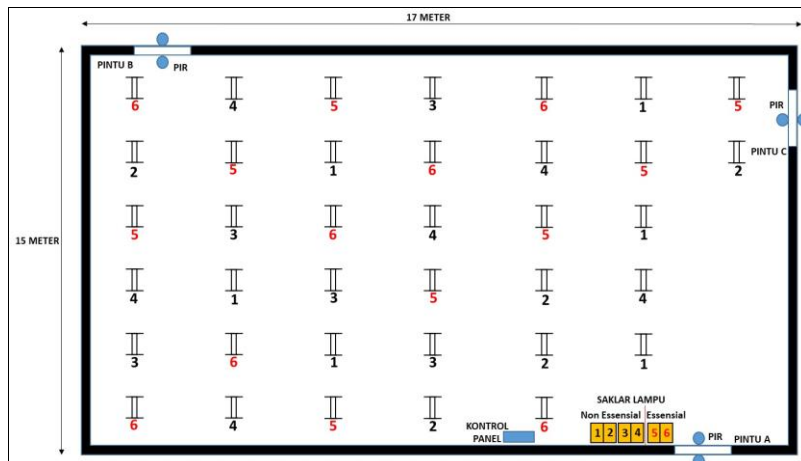
Selain itu ada juga rangkaian kontrol 220 volt yang berfungsi meneruskan perintah dari rangkaian elektronik untuk mengoperasikan lampu penerangan *non essential* di ruang MCC.



Gambar 6 Rangkaian Kontrol 220 volt



Gambar 7 Panel Kontrol 220 V



Gambar 8 Denah ruang MCC

Obyek utama yang menjadi target efisiensi dalam penelitian ini adalah lampu penerangan. Lampu tersebut berjenis *Tube Lamp* atau TL dengan spesifikasi Daya 36 watt, tegangan 220 volt dan $\cos \phi$ 0,85 dengan total 74 lampu dalam 37 armatur yang terbagi dalam 6 grup yaitu:

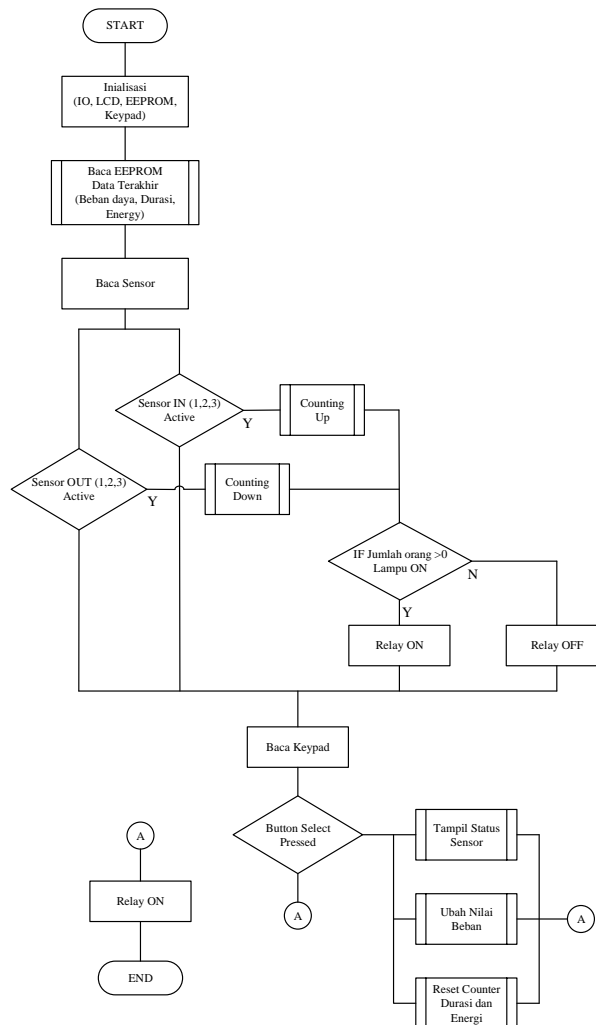
- a. Grup 1, 2, 3 dan 4 untuk penerangan *non essential* dan

b. Grup 5, 6 untuk *essensial*.

Waktu beroperasi dari 74 lampu tersebut adalah 24 jam *non stop* dalam 1 hari.

Penulis akan merencanakan penghematan sebanyak 44 lampu (*non essential*) dengan total waktu beroperasi menjadi 2 jam dalam 1 hari.

Data penelitian diambil dari total konsumsi energi listrik dalam kWh dari lampu sebelum efisiensi dibandingkan dengan setelah efisiensi selama periode Oktober – Desember 2022.



Gambar 9 Diagram alir *System Automatic Electronic* (SAE)

Tabel 1 Alat dan Bahan

No	Nama Barang	Jumlah	Harga	Total
1	Kabel Telfon Telpun Telepon Supreme Isi 4 @100meter	1	Rp295.000,00	Rp295.000,00
	ongkos kirim	1	Rp22.000,00	Rp22.000,00
	Asuransi pengiriman	1	Rp1.700,00	Rp1.700,00
2	Arduino mega 2560 ch340 - Dengan Kabel	2	Rp235.000,00	Rp470.000,00
	ongkos kirim	1	Rp1.500,00	Rp1.500,00
	asuransi pengiriman	1	Rp2.500,00	Rp2.500,00

3	Kabel Eterna NYHYH 2x1.5 2x1, 5 mm 50m/roll (tembaga serabut) HITAM	1	Rp506.900,00	Rp506.900,00
	asuransi pengiriman	1	Rp2.800,00	Rp2.800,00
4	Alat Solder Iron Adjustable Temperature 60W - CS-31	1	Rp52.000,00	Rp52.000,00
	Ongkos Kirim	1	Rp0,00	Rp0,00
	Asuransi	1	Rp600,00	Rp600,00
5	SSR Solid State Relay Module 8 Channel 5V DC High Level for Arduino - HIGH Trigger	1	Rp150,00	Rp150,00
	Ongkos Kirim		Rp0,00	Rp0,00
	Asuransi		Rp800,00	Rp0,00
6	LCD 20x4 WITH I2C SERIAL INTERFACE MODULE LCD 2004 I2C LCD 20X04 BLUE - Biru(ARDUINO)	1	Rp64.000,00	Rp64.000,00
	Asuransi pengiriman	1	Rp400,00	Rp400,00
7	DIP Switch 8 pin 8 channel 2.54mm pitch Best Quality DIL Switch	2	Rp3.900,00	Rp7.800,00
	Motion Sensor PIR HCSR501	8	Rp9.400,00	Rp75.200,00
	Ongkos Kirim	1	Rp0,00	Rp0,00
	Asuransi	1	Rp500,00	Rp500,00
8	AD Keyboard Simulasi 5 Tombol Module Analog Button Modul Arduino	1	Rp30.000,00	Rp30.000,00
	Ongkos Kirim	1	Rp20.000,00	Rp20.000,00
	Asuransi	1	Rp300,00	Rp300,00
9	Modul Sensor Gerak Infrared PIR HC-SR501 Arduino - CASING TRANSPRN	6	Rp3.500,00	Rp21.000,00
	Ongkos Kirim	1	Rp11.000,00	Rp11.000,00
	Asuransi	1	200	Rp200,00
10	Elbow 5/8	20	Rp2.000,00	Rp40.000,00
	Pipa 5/8+fischer	2	Rp12.000,00	Rp24.000,00
	Fischer	5	Rp200,00	Rp1.000,00
	Pipa 5/8	10	Rp15.000,00	Rp150.000,00
	Kabel Tis	1	Rp15.000,00	Rp15.000,00
	Rel Aluminium	1	Rp20.000,00	Rp20.000,00
	Socket Relay	5	Rp10.000,00	Rp50.000,00
	Timah Solder	1	Rp30.000,00	Rp30.000,00
	Terminal blok	2	Rp10.000,00	Rp20.000,00
Double Tape	1	Rp25.000,00	Rp25.000,00	
11	baud + fischer	8	Rp2.000,00	Rp16.000,00
12	Shoe Box Full Acrylic Kotak Sepatu Akrilik Box Sepatu Sneakers Box - XL+Box	6	Rp170.000,00	Rp1.020.000,00
	Ongkos Kirim	1	Rp22.000,00	Rp22.000,00
	Asuransi	1	1100	Rp1.100,00
13	Lem tembak	5	3000	Rp15.000,00
14	Terminal blok	1	10000	Rp10.000,00
15	Relay 220 V	1	1000000	1000000
Total				Rp4.044.650,00

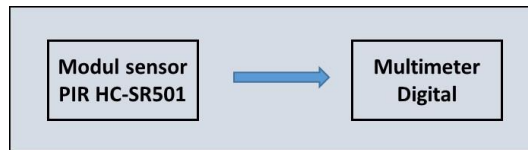
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor PIR HC-SR501

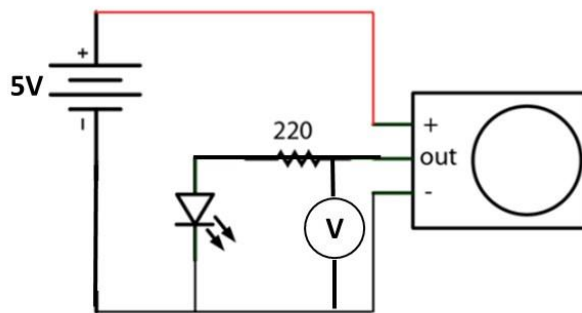
Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan keluaran sensor akibat perubahan jarak detektor dan untuk mengetahui tegangan valid output sensor. Pengujian karakteristik sensor ultrasonik PIR HC-SR501 dilakukan dengan cara menempatkan sensor PIR HC-SR501 di atas pintu masuk ruang MCC, ada 3 pintu masuk dengan ketinggian yang berbeda. Pintu 1 yang digunakan untuk pengambilan data memiliki ukuran lebar 50 cm

dan ketinggian 50 cm. Pintu 2 yang digunakan untuk pengambilan data memiliki ukuran lebar 50 cm dan ketinggian 50 cm. Pintu 3 yang digu ndiakan untuk pengambilan data memiliki ukuran lebar 50 cm dan ketinggian 50 cm. Persiapan pengujian dengan memasang sensor PIR HC-SR501 pada bagian atas pintu masuk ruang MCC. Kemudian untuk menguji sensor dilakukan simulasi dengan cara melakukan aktivitas di sekitar sensor dengan jarak dan sudut yang bervariasi.

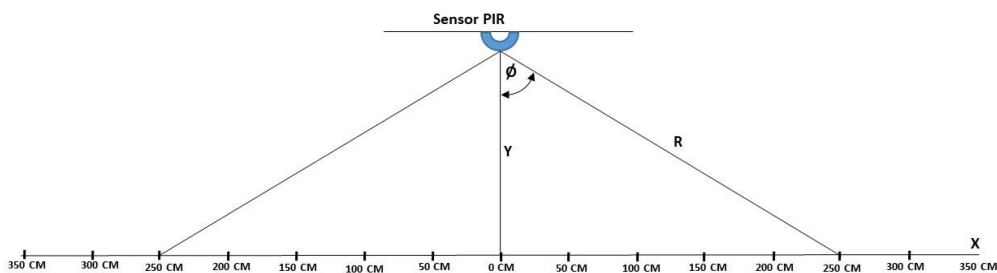
Setelah sensor PIR HC-SR501 terinstal dan catu daya terhubung ke rangkaian sensor PIR maka disusunlah pengukuran sebagai berikut:



Gambar 10 Blok diagram pengukuran sensor



Gambar 11 Rangkaian pengukuran sensor



Gambar 12 Foto Bentuk Gelombang Keluaran Sensor PIR

Keterangan:

X = Jarak dari titik pusat sensor PIR ke objek

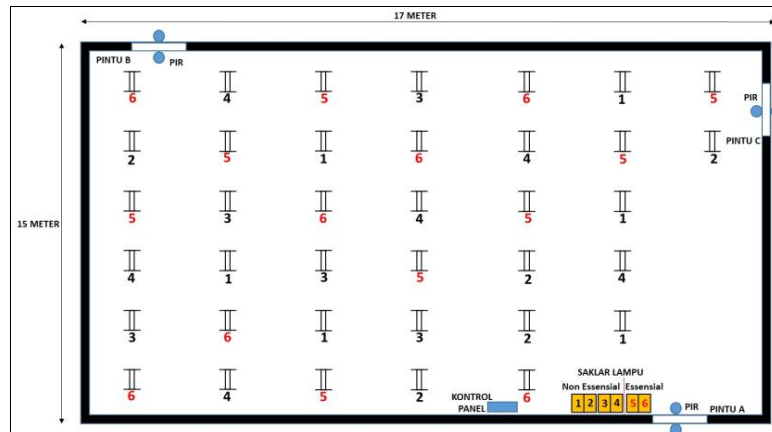
Y = Tinggi dari lantai ke Sensor PIR

R = Panjang sisi miring dari sensor PIR ke objek

θ = Sudut kemiringan pancaran sensor PIR



Gambar 13 Simulasi pengujian sensor PIR HC-SR501



Gambar 14 Denah ruang MCC

Hasil Pengukuran dan Analisa

Tabel 2 Hasil Pengukuran Karakteristik Sensor PIR A1 (arah masuk)

No	Diukur		Dihitung		Tegangan Output Sensor PIR (Volt)	Keterangan
	X (cm)	Y(cm)	θ	R(cm)		
1	0	265	0,00	265,00	3,3	Terdeteksi
2	20	265	4,32	265,75	3,3	Terdeteksi
3	40	265	8,58	268,00	3,2	Terdeteksi
4	60	265	12,76	271,71	3,2	Terdeteksi
5	80	265	16,80	276,81	3,2	Terdeteksi
6	100	265	20,67	283,24	3,3	Terdeteksi
7	120	265	24,36	290,90	3,3	Terdeteksi
8	140	265	27,85	299,71	3,3	Terdeteksi
9	160	265	31,12	309,56	3,2	Terdeteksi
10	180	265	34,19	320,35	3,2	Terdeteksi
11	200	265	37,04	332,00	3,2	Terdeteksi
12	220	265	39,70	344,42	3,2	Terdeteksi
13	240	265	42,17	357,53	3,2	Terdeteksi
14	260	265	44,45	371,25	3,2	Terdeteksi
15	280	265	46,58	385,52	3,2	Terdeteksi
16	300	265	48,54	400,28	3,2	Terdeteksi
17	320	265	50,37	415,48	3,2	Terdeteksi
18	340	265	52,07	431,07	0	Tidak terdeteksi
19	360	265	53,64	447,02	0	Tidak terdeteksi
20	380	265	55,11	463,28	3,2	Terdeteksi
21	400	265	56,48	479,82	0	Tidak terdeteksi

22	420	265	57,75	496,61	0	Tidak terdeteksi
23	440	265	58,94	513,64	0	Tidak terdeteksi
24	460	265	60,05	530,87	0	Tidak terdeteksi

Tabel 3 Hasil Pengukuran Karakteristik Sensor PIR A2 (arah keluar)

No	Diukur		Dihitung		Tegangan Output Sensor PIR (Volt)	Keterangan
	X (cm)	Y (cm)	θ	R(cm)		
1	0	265	0,00	265,00	3,3	Terdeteksi
2	20	265	4,32	265,75	3,3	Terdeteksi
3	40	265	8,58	268,00	3,2	Terdeteksi
4	60	265	12,76	271,71	3,2	Terdeteksi
5	80	265	16,80	276,81	3,2	Terdeteksi
6	100	265	20,67	283,24	3,3	Terdeteksi
7	120	265	24,36	290,90	3,3	Terdeteksi
8	140	265	27,85	299,71	3,3	Terdeteksi
9	160	265	31,12	309,56	3,3	Terdeteksi
10	180	265	34,19	320,35	3,3	Terdeteksi
11	200	265	37,04	332,00	3,3	Terdeteksi
12	220	265	39,70	344,42	3,3	Terdeteksi
13	240	265	42,17	357,53	3,2	Terdeteksi
14	260	265	44,45	371,25	3,3	Terdeteksi
15	280	265	46,58	385,52	3,2	Terdeteksi
16	300	265	48,54	400,28	3,3	Terdeteksi
17	320	265	50,37	415,48	3,3	Terdeteksi
18	340	265	52,07	431,07	3,3	Terdeteksi
19	360	265	53,64	447,02	3,3	Terdeteksi
20	380	265	55,11	463,28	0	Tidak terdeteksi
21	400	265	56,48	479,82	0	Tidak terdeteksi
22	420	265	57,75	496,61	0	Tidak terdeteksi
23	440	265	58,94	513,64	0	Tidak terdeteksi
24	460	265	60,05	530,87	0	Tidak terdeteksi

Berdasarkan data pada Tabel, sensor pada pintu A telah bekerja sesuai perubahan aktivitas manusia di dalam ruangan MCC dengan karakteristik sebagai berikut:

- Tegangan keluaran minimum dan maksimum pada saat ada aktivitas masing-masing sebesar 3,2 dan 3,3 volt, sedangkan pada saat tidak ada aktivitas adalah 0 volt.
- Pada jarak 300 cm sensor A1 tidak menampilkan hasil yang valid artinya tidak ada perubahan nilai tegangan output antara ada dan tidak ada aktivitas. Jarak maksimal yang dapat dijangkau sensor adalah 280 cm.



Gambar 15 Titik pemasangan sensor PIR HC-SR501 pintu A

Tabel 4 Hasil Pengukuran Karakteristik Sensor PIR B1 (arah masuk)

No	Diukur		Dihitung		Tegangan Output Sensor PIR (Volt)	Keterangan
	X (cm)	Y(cm)	θ	R(cm)		
1	0	265	0,00	265,00	3,3	Terdeteksi
2	20	265	4,32	265,75	3,3	Terdeteksi
3	40	265	8,58	268,00	3,3	Terdeteksi
4	60	265	12,76	271,71	3,3	Terdeteksi
5	80	265	16,80	276,81	3,2	Terdeteksi
6	100	265	20,67	283,24	3,3	Terdeteksi
7	120	265	24,36	290,90	3,3	Terdeteksi
8	140	265	27,85	299,71	3,3	Terdeteksi
9	160	265	31,12	309,56	3,2	Terdeteksi
10	180	265	34,19	320,35	3,2	Terdeteksi
11	200	265	37,04	332,00	3,3	Terdeteksi
12	220	265	39,70	344,42	3,3	Terdeteksi
13	240	265	42,17	357,53	3,3	Terdeteksi
14	260	265	44,45	371,25	3,3	Terdeteksi
15	280	265	46,58	385,52	3,3	Terdeteksi
16	300	265	48,54	400,28	3,2	Terdeteksi
17	320	265	50,37	415,48	3,2	Terdeteksi
18	340	265	52,07	431,07	0	Tidak terdeteksi
19	360	265	53,64	447,02	0	Tidak terdeteksi
20	380	265	55,11	463,28	0	Tidak terdeteksi
21	400	265	56,48	479,82	0	Tidak terdeteksi
22	420	265	57,75	496,61	0	Tidak terdeteksi
23	440	265	58,94	513,64	0	Tidak terdeteksi
24	460	265	60,05	530,87	0	Tidak terdeteksi

Tabel 5 Hasil Pengukuran Karakteristik Sensor PIR B2 (arah keluar)

No	Diukur		Dihitung		Tegangan Output Sensor PIR (Volt)	Keterangan
	X (cm)	Y(cm)	θ	R(cm)		
1	0	265	0,00	265,00	3,3	Terdeteksi
2	20	265	4,32	265,75	3,3	Terdeteksi
3	40	265	8,58	268,00	3,3	Terdeteksi
4	60	265	12,76	271,71	3,3	Terdeteksi
5	80	265	16,80	276,81	3,2	Terdeteksi
6	100	265	20,67	283,24	3,3	Terdeteksi
7	120	265	24,36	290,90	3,3	Terdeteksi
8	140	265	27,85	299,71	3,3	Terdeteksi
9	160	265	31,12	309,56	3,2	Terdeteksi
10	180	265	34,19	320,35	3,2	Terdeteksi
11	200	265	37,04	332,00	3,2	Terdeteksi
12	220	265	39,70	344,42	3,2	Terdeteksi
13	240	265	42,17	357,53	3,2	Terdeteksi
14	260	265	44,45	371,25	3,2	Terdeteksi
15	280	265	46,58	385,52	3,2	Terdeteksi
16	300	265	48,54	400,28	3,2	Terdeteksi
17	320	265	50,37	415,48	0	Tidak terdeteksi
18	340	265	52,07	431,07	0	Tidak terdeteksi
19	360	265	53,64	447,02	0	Tidak terdeteksi
20	380	265	55,11	463,28	0	Tidak terdeteksi
21	400	265	56,48	479,82	0	Tidak terdeteksi
22	420	265	57,75	496,61	0	Tidak terdeteksi
23	440	265	58,94	513,64	0	Tidak terdeteksi
24	460	265	60,05	530,87	0	Tidak terdeteksi

Berdasarkan data pada Tabel, sensor pada pintu B telah bekerja sesuai perubahan aktivitas manusia di dalam ruangan MCC dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. Tegangan keluaran minimum dan maksimum pada saat ada aktivitas masing-masing sebesar 3,2 dan 3,3 volt, sedangkan pada saat tidak ada aktivitas adalah 0 volt.
- b. Pada jarak 320 cm sensor B2 tidak menampilkan hasil yang valid artinya tidak ada perubahan nilai tegangan output antara ada dan tidak ada aktivitas. Jarak maksimal yang dapat dijangkau sensor adalah 300 cm.



Gambar 16 Titik pemasangan sensor PIR HC-SR501 pintu B

Tabel 6 Hasil Pengukuran Karakteristik Sensor PIR C1 (arah masuk)

No	Diukur		Dihitung		Tegangan Output Sensor PIR (Volt)	Keterangan
	X (cm)	Y(cm)	θ	R(cm)		
1	0	225	0,00	225,00	3,3	Terdeteksi
2	20	225	5,08	225,89	3,3	Terdeteksi
3	40	225	10,08	228,53	3,3	Terdeteksi
4	60	225	14,93	232,86	3,3	Terdeteksi
5	80	225	19,57	238,80	3,3	Terdeteksi
6	100	225	23,96	246,22	3,3	Terdeteksi
7	120	225	28,07	255,00	3,3	Terdeteksi
8	140	225	31,89	265,00	3,3	Terdeteksi
9	160	225	35,42	276,09	3,2	Terdeteksi
10	180	225	38,66	288,14	3,3	Terdeteksi
11	200	225	41,63	301,04	3,3	Terdeteksi
12	220	225	44,36	314,68	3,3	Terdeteksi
13	240	225	46,85	328,98	3,3	Terdeteksi
14	260	225	49,13	343,84	3,3	Terdeteksi
15	280	225	51,22	359,20	3,3	Terdeteksi
16	300	225	53,13	375,00	3,3	Terdeteksi
17	320	225	54,89	391,18	3,3	Terdeteksi
18	340	225	56,50	407,71	3,3	Terdeteksi
19	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
20	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
21	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
22	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
23	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
24	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi

Tabel 7 Hasil Pengukuran Karakteristik Sensor PIR C2 (arah keluar)

No	Diukur		Dihitung		Tegangan Output Sensor PIR (Volt)	Keterangan
	X (cm)	Y(cm)	θ	R(cm)		
1	0	225	0,00	225,00	3,3	Terdeteksi

2	20	225	5,08	225,89	3,3	Terdeteksi
3	40	225	10,08	228,53	3,3	Terdeteksi
4	60	225	14,93	232,86	3,3	Terdeteksi
5	80	225	19,57	238,80	3,3	Terdeteksi
6	100	225	23,96	246,22	3,2	Terdeteksi
7	120	225	28,07	255,00	3,3	Terdeteksi
8	140	225	31,89	265,00	3,3	Terdeteksi
9	160	225	35,42	276,09	3,3	Terdeteksi
10	180	225	38,66	288,14	3,3	Terdeteksi
11	200	225	41,63	301,04	3,3	Terdeteksi
12	220	225	44,36	314,68	3,2	Terdeteksi
13	240	225	46,85	328,98	3,3	Terdeteksi
14	260	225	49,13	343,84	3,3	Terdeteksi
15	280	225	51,22	359,20	3,3	Terdeteksi
16	300	225	53,13	375,00	3,3	Terdeteksi
17	320	225	54,89	391,18	3,3	Terdeteksi
18	340	225	56,50	407,71	3,4	Terdeteksi
19	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
20	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
21	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
22	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
23	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi
24	360	225	57,99	424,53	0	Tidak terdeteksi

Berdasarkan data pada Tabel, sensor telah bekerja sesuai perubahan aktivitas manusia di dalam ruangan MCC dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. Tegangan keluaran minimum dan maksimum pada saat ada aktivitas masing-masing sebesar 3,2 dan 3,3 volt, sedangkan pada saat tidak ada aktivitas adalah 0 volt.
- b. Pada jarak 360 cm sensor PIR HC-SR501 tidak menampilkan hasil yang valid artinya tidak ada perubahan nilai tegangan output antara ada dan tidak ada aktivitas. Jarak maksimal yang dapat dijangkau sensor adalah 340 cm.



Gambar 17 Titik pemasangan sensor PIR HC-SR501 pintu C

3.2 Pengambilan Data Konsumsi Energi Listrik Lampu Penerangan

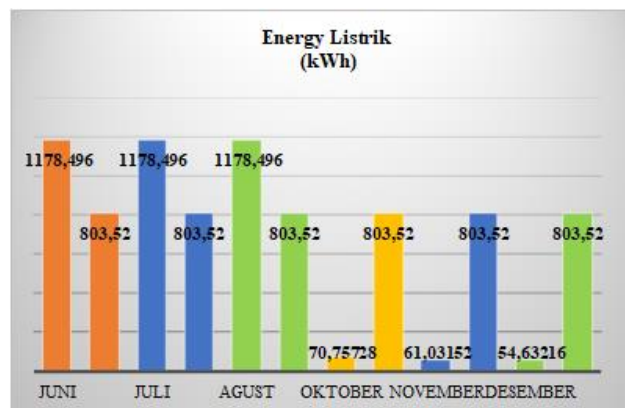
Tabel 8 Data Konsumsi Energi Listrik Lampu Penerangan

BULAN	KONDISI	STATUS LAMPU	DAYA LAMPU	JUMLAH LAMPU	RUNNING HOURS	kWh/HARI	kWh/BULAN
JUNI	SEBELUM PENELITIAN	Non Essential	36	44	24	38,016	1178,496
		Essential	36	30	24	25,92	803,52
JULI		Non Essential	36	44	24	38,016	1178,496

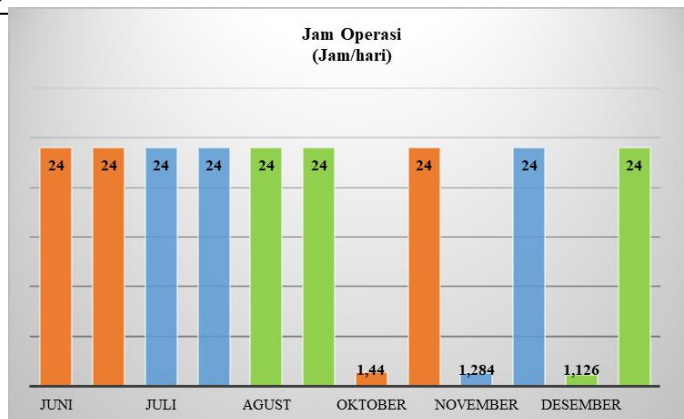
		Essential	36	30	24	25,92	803,52
AGUST		Non Essential	36	44	24	38,016	1178,496
		Essential	36	30	24	25,92	803,52
OKTOBER	SETELAH PENELITIAN	Non Essential	36	44	1,44	2,28096	70,75728
		Essential	36	30	24	25,92	803,52
Non Essential		36	44	1,284	2,033856	61,03152	
Essential		36	30	24	25,92	803,52	
Non Essential		36	44	1,126	1,783584	54,63216	
Essential		36	30	24	25,92	803,52	
TOTAL SEBELUM PENELITIAN							5.946
TOTAL SETELAH PENELITIAN							2.597
PENGHEMATAN							3.349
PROSENTASE PENURUNAN (%)							56

3.3 Analisa Hasil Pengambilan Data Konsumsi Energi Listrik Lampu Penerangan Non Essential

Dari data yang diambil, kemudian dilakukan analisa data untuk dapat mengetahui nilai penghematan dari konsumsi energi listrik lampu penerangan di ruang MCC. Dari data diatas didapatkan hasil bahwa penghematan konsumsi energi listrik penerangan di ruanag MCC adalah sebesar 3.349 kWh atau 56 % dalam periode 3 bulan digambarkan pada grafik 4.13. Dari data tersebut didapatkan hasil rata-rata jam operasi lampu adalah 1,1 - 1,4 jam perhari digambarkan pada gambar 4.14



Gambar 18 Grafik Konsumsi Energi listrik Bulanan



Gambar 19 Grafik Jumlah Jam Operasi Perhari

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Implementasi System Automatic Electronic (SAE) mampu mengatasi permasalahan dalam penghematan konsumsi energi listrik dengan cara mengganti pengoperasian penerangan di ruang MCC dari metode manual menjadi metode otomatis.
2. Penggunaan sensor PIR HC-SR501 pada jarak atau radius 0 - 360 cm adalah menunjukkan hasil yang baik sehingga sensor PIR HC-SR501 dapat menjadi solusi terkait metode sistem penghematan konsumsi energi listrik yang akurat dan handal.
3. Jarak terjauh dari titik pemasangan sensor PIR HC-SR501 ke panel modul adalah 35 meter, pada jarak ini sensor masih memberikan respon yang baik dengan tegangan keluaran 3,2 - 3,3 VDC.
4. Terdapat nilai fluktuasi nilai deviasi dari jam operasi harian lampu penerangan non essential di ruang MCC. Fluktuasi deviasi yang terjadi disebabkan karena perbedaan waktu yang dibutuhkan dari setiap patrol check dan adanya kegiatan lain di ruang MCC seperti *preventive maintenance*, *routine operation test*, *house keeping* dan kegiatan lainnya.
5. Penghematan konsumsi energi listrik penerangan di ruanag MCC adalah sebesar 3.349 kWh atau 56 % dalam periode 3 bulan atau potensi penghematan 13.396 kWh/tahun.
6. Jenis lampu yang digunakan merk Philips dengan *lifetime* pabrikan 10.000 jam pemakaian. Dari hasil rata-rata jam operasi lampu yang sebelumnya 24 jam *non stop* menjadi 1,1 - 1,4 jam perhari, estimasi pemakaian lampu penerangan *non essential* dapat meningkat dari 1,2 tahun menjadi 19 tahun. Sehingga ini berdampak pada berkurangnya limbah lampu.
7. Waktu yang diperlukan untuk mengoperasikan lampu dari 10 detik menjadi 3 Detik.
8. Ikut peran serta dalam pencapaian target *Key Performance Indicator* (KPI) perusahaan PT. Pertamina Geothermal Energy area Karaha terkait optimalisasi penggunaan *own use*.

5. SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk peningkatan dan pengembangan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Modul Arduino dapat diintegrasikan dengan smartphone android yang sudah ter-install aplikasi *blynk* yang menggunakan perangkat tambahan berupa ESP8266 sehingga dapat terhubung melalui koneksi internet agar proses monitoring menjadi lebih mudah/nirkabel.

2. Perlu dilakukan kalibrasi dan pengujian sensor PIR HC-SR501 secara berkala untuk mengetahui respon dan kualitas pengiriman tegangan keluaran (*output*) ke modul arduino.
3. Untuk pengujian sensor PIR HC-SR501 direkomendasikan diambil sampel data sebanyak sepuluh kali, ini bertujuan untuk meminimalisir data *error* dari hasil pengujian sensor.
4. Dengan luas ruang MCC 17 x 15 m² direkomendasikan untuk penambahan sensor di titik tengah ruang MCC sebagai sensor *backup* untuk memastikan kembali bahwa memang ada atau tidak ada aktivitas di dalam ruangan tersebut.
5. Perlu dilakukan pemasangan *Power Meter* pada panel utama 400 V yang men-supply energi listrik ke penerangan ruang MCC dengan tujuan sebagai data pembandingan agar data yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Teknologi Lingkungan, B. Gedung, K. Puspipstek Serpong, and T. Selatan, "Penghematan Listrik Rumah Tangga dalam Menunjang Kestabilan Energi Nasional dan Kelestarian Lingkungan Household Electricity Savings to Support National Energy Stability and Environmental Sustainability ARIF DWI SANTOSO, MUHAMMAD AGUS SALIM," 2019.
- [2] H. Meilani, D. Wuryandani, P. Panas Bumi, K. Kunci, E. Panas Bumi, and K. Pemerintah, "POTENSI PANAS BUMI SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PENGGANTI BAHAN BAKAR FOSIL UNTUK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI INDONESIA." [Online]. Available: <http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/3271-pelaksanaan-program-prioritas->
- [3] A. Rohmatika Dwi Mardika and Z. Satrio Nugroho, "RANCANG BANGUN OTOMATISASI SISTEM PENERANGAN PADA GEDUNG INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK," vol. 14, no. 1, 2022, doi: 10.5281/zenodo.64.
- [4] A. Sjah Lamtari, D. Suryadi, J. Teknik Elektro, and F. Teknik Universitas Tanjungpura, "Rancang Bangun Penerangan Otomatis Berdasarkan Gerak Tubuh Manusia."
- [5] D. Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia and E. Juni, "KONSERVASI ENERGI 2020 EnMS 12 340 59359 TMS ISO 50001 : 2018."
- [6] Jurnal_Rezaldi_Lagongan_13021103011, "Studi Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Di Perseroan Terbatas Multi Nabati Sulawesi Unit Maleo," E-journal Teknik Elektro dan Komputer Vol. No. (2020).
- [7] P. Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro, "ANALISIS EFISIENSI PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK DENGAN AUDIT ENERGI Shalahuddin Miqrad."