

Perancangan Sistem Deteksi Manusia Menggunakan Sensor *PIR*, *RCWL*, dan *Infrared* Pada Sistem Manajemen Lampu Gedung Berbasis *Internet of Things*

Aldi Setia Pramuda^{*1}, Azis Wisnu Widhi Nugraha², Ari Fadli³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia
Email: pramuda0205@gmail.com

Abstrak

Semakin berkembangnya zaman maka berkembang pula teknologi yang digunakan, kita dituntut untuk selalu berkembang menciptakan teknologi yang lebih baik dari pada sebelumnya. Disisi lain penggunaan energy semakin tahun semakin meningkat. Salah satu faktor penyebabnya adalah kelalaian dalam mematikan lampu. Salah satu teknologi yang saat ini banyak digunakan adalah internet of thing, teknologi ini apabila dimanfaatkan dengan baik dapat menyelesaikan masalah yang ada. Salah satunya kelalaian dalam mematikan lampu. Dengan IoT kita bisa merancang sistem yang berjalan secara otomatis dengan memanfaatkan sensor pendeteksi. Salah satu jenis sensor pendeteksi adalah sensor yang mendeteksi berdasarkan gerakan. Hal ini bertujuan untuk mendeteksi keberadaan seseorang disekitar sensor dengan menggunakan deteksi gerakan dari orang tersebut. Jenis dari sensor deteksi berdasar gerakan sendiri ada sensor microwave RCWL-0516 dan juga sensor Pasif Infrared (PIR). Selain berdasar gerakan cara pendeteksian juga bisa berdasarkan pancaran sensor Infrared dan digunakan sensor infrared. Perancangan menggunakan modul Esp 8266 dan Esp 32 sebagai mikrokontroler. Setiap mikrokontroler terhubung ke MQTT Broker untuk menerima dan mengirimkan informasi. Informasi-informasi tersebut diolah ke dalam Node RED untuk mengkondisikan sistem dan mengintegrasikan dengan sistem lain. Sensor PIR dan RCWL terpasang diatas ruangan untuk mendeteksi orang yang ada didalam. Sensor PIR memiliki potensiometer untuk mengatur jarak deteksi dan juga sensitifitas sensor. Sensor infrared digunakan untuk mendeteksi orang yang keluar masuk ruangan dengan sistem satu pintu dan juga menghitung jumlah orang yang ada diruangan.

Kata kunci: *Infrared, Internet of Things, Pasif Infrared, RCWL-0516.*

Design of a Human Detection System Using PIR, RCWL, and INFRARED Sensors in Building Light Management Systems Based on the Internet of Things

Abstract

As the times develop, the technology used also develops, we are required to always develop to create technology that is better than before. On the other hand, the use of energy is increasing every year. One of the contributing factors is negligence in turning off the lights. One technology that is currently widely used is the internet of things, this technology if used properly can solve existing problems. One of them is negligence in turning off the lights. With IoT, we can design systems that run automatically by utilizing detection sensors. One type of detection sensor is a sensor that detects based on motion. It aims to detect the presence of someone around the sensor by using motion detection from that person. The types of motion detection sensors themselves include the RCWL-0516 microwave sensor and the Passive Infrared (PIR) sensor. Apart from being based on motion, the detection method can also be based on infrared sensor emission and infrared sensors are used. The design uses Esp 8266 and Esp 32 modules as microcontrollers. Each microcontroller is connected to MQTT Broker to receive and transmit information. The information is processed into the RED Node to condition the system and integrate with other systems. PIR and RCWL sensors are installed above the room to detect people inside. The PIR sensor has a potentiometer to adjust the detection distance and sensor sensitivity. Infrared sensors are used to detect people entering and leaving the room with a one-door system and also counting the number of people in the room.

Keywords: *Infrared, Internet of Things, Pasif Infrared, RCWL-0516.*

1. PENDAHULUAN

Pencahayaan merupakan bagian penting dari bangunan dalam menunjang produktivitas kerja manusia. Pencahayaan buruk dapat mengganggu aktivitas manusia yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan khususnya gangguan mata. Berbagai jenis pencahayaan saat ini beredar di pasaran dengan bermacam pula fungsinya.[1] Disisi lain jumlah populasi umat manusia semakin bertambah dimana berpengaruh ke jumlah pencahayaan yang digunakan. Namun sering kali terjadi keteledoran dalam penggunaan lampu sehingga jarang dimatikan[2]. Oleh karenanya dengan semakin berkembangnya zaman, maka berkembang pula teknologi-teknologi yang digunakan. Teknologi-teknologi tersebut harapannya dapat membantu tugas manusia dan dapat menyelesaikan masalah yang ada. Salah satunya dengan adanya masalah diatas terdapat teknologi yang bernama Internet Of Things, Internet of things (IoT) merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti sensor dan software dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet[3]. Dengan teknologi IoT, maka sistem manajemen lampu dapat dirancang dan dikendalikan secara otomatis dengan memanfaatkan sensor untuk mendeteksi keadaan ruangan yang mana sensor ini dapat saling berkomunikasi dengan lampu melalui jaringan internet, sehingga dapat terciptanya penggunaan energi listrik pada lampu secara efisien[4].

Di dalam Internet of Things sendiri terdapat berbagai lapisan, mulai dari lapisan persepsi, lapisan jaringan, lapisan middleware, sampai lapisan aplikasi[5]. Dimana setiap lapisan mempunyai fungsinya masing-masing. Dalam lapisan persepsi sendiri terbagi menjadi sensing dan juga actuator. Di bagian sensing terdapat berbagai jenis sensor yang memiliki fungsinya masing-masing. Dan dalam hal manajemen lampu gedung cerdas salah satu fungsi dari lapisan sensing adalah untuk mendeteksi keberadaan orang, maka dari itu penulis mengambil judul “Perancangan Sistem Deteksi Manusia Menggunakan Sensor PIR, RCWL, Dan infrared E18-D8onk Pada Sistem manajemen lampu gedung berbasis Internet Of Things” untuk mendeteksi manusia berdasarkan gerakan dan juga mendeteksi orang yang keluar dan masuk kedalam ruangan.

Penelitian ini memiliki tujuan merancang sistem deteksi manusia berdasarkan gerakan dengan sensor RCWL dan sensor PIR, deteksi manusia yang keluar dan masuk ruangan dengan sensor Infrared, serta mengetahui hasil pengujian performa sensor tersebut. Penelitian ini memiliki batasan pada pendeteksian manusia berdasar gerakan dengan sensor PIR dan sensor RCWL, lalu perhitungan dan deteksi orang yang keluar masuk ruangan dengan sensor Infrared, pengujian sensor, dan penggabungan sensor dengan lapisan lain dalam proyek yang dibangun.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, dimulai dari tahap persiapan awal, yaitu menyiapkan alat dan bahan serta studi pustaka, yang dilanjutkan dengan tahap pelaksanaan dengan merancang alat, tahap pengujian dan tahap evaluasi untuk menentukan posisi sensor paling tepat dan meminimalisir galat, hingga tahap terakhir adalah pembuatan laporan.



Gambar 1. Flowchart penelitian

Pada penelitian ini menggunakan beberapa tahapan. Pada tahap pertama melakukan pemodelan awal tentang sistem yang akan dirancang. Pemodelan ini berguna untuk mempermudah proses perancangan serta pengembangan oleh pihak lain. Pada tahap kedua adalah melakukan perancangan lapisan persepsi. Lapisan persepsi berfungsi sebagai alat sensing dan actuator. Sensing berfungsi untuk mendapatkan informasi. Sedangkan actuator digunakan untuk menerima atau melakukan perintah. Pada tahap ini dilakukan pemrograman di setiap mikrokontroler dan sensor yang digunakan dengan software PlatformIO[6]. Pada tahap ketiga adalah perancangan lapisan jaringan. Pada tahap ini dilakukan pengaturan jaringan yang digunakan untuk menjalankan sistem. Pengaturan berupa pembuatan program pada software PlatformIO dilanjutkan menghubungkan jaringan yang tersedia di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman dengan mikrokontroler. Pada tahap keempat adalah perancangan lapisan middleware. Lapisan middleware berfungsi untuk mengumpulkan, menganalisa, serta mengolah informasi. Pada sistem yang dirancang menggunakan MQTT Broker sebagai lapisan middleware[7]. Tahap terakhir perancangan lapisan aplikasi. Pada tahap ini perancangan dilakukan pada Node-RED untuk komputasi informasi dari lapisan middleware. Di tahapan ini juga dilakukan penggabungan dengan bagian lain sehingga terjadi sinkronisasi[8].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Sistem

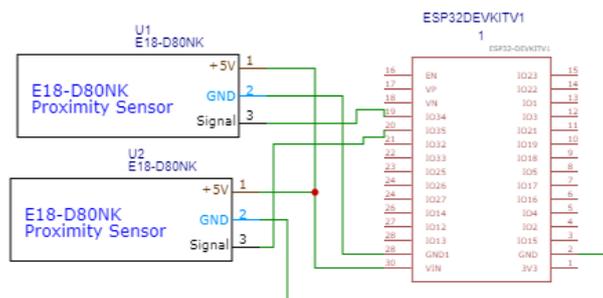
Penelitian perancangan sistem deteksi manusia menggunakan sensor PIR, RCWL ,dan Infrared pada sistem manajemen lampu gedung berbasis Internet of Things merupakan satu pecahan dari proyek manajemen lampu gedung otomatis berbasis Internet of things.

Sistem ini nantinya akan terintegrasi dengan sistem lain untuk membangun suatu ekosistem Internet of Things yang utuh. Antar sistem akan saling melengkapi dan bertukar informasi untuk menjalankan tugasnya. Sistem ini sendiri memiliki fungsi untuk mendeteksi keberadaan dan jumlah manusia yang ada di dalam ruangan. Nantinya hasil pembacaan akan dikirimkan ke sistem lain yang membutuhkannya.

3.2. Hardware Sistem

Hardware sistem merupakan perangkat keras yang terlibat dalam sistem yang dibangun. Hardware sistem ini merupakan bentuk fisik dari sistem dan bekerja secara langsung. Sistem yang dibangun menggunakan tiga jenis sensor, yaitu sensor PIR, sensor RCWL, dan Sensor Infrared. Sensor PIR dan RCWL digunakan pada bagian deteksi manusia berdasarkan gerakan. Sedangkan sensor Infrared digunakan pada penghitung keluar masuk orang ke ruangan. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini adalah mikrokontroler espresif. Mikrokontroler ini memiliki beberapa jenis chip. Di sistem ini sendiri menggunakan jenis ESP8266 dan ESP32 sebagai mikrokontroler nya.

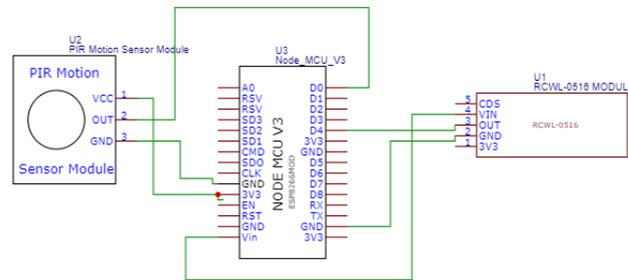
Sebelum merancang sistem lebih jauh dilakukan perancangan schematic. Perancangan ini dilakukan menggunakan Easyeda yang dapat diakses secara gratis. Pada bagian deteksi keluar masuk ruangan menggunakan sensor infrared E18-D80NK sebagai sensing nya. Sensor Infrared E18-D80NK sendiri memiliki 3 buah kaki, yaitu kaki Vin yang terhubung ke tegangan 5v, Ground, dan kaki signal atau out. Kaki ini nantinya terhubung dengan pin yang berada pada mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan pada bagian ini yaitu jenis ESP32. Pin yang digunakan yaitu Vin, Ground, dan signal yang terhubung ke pin 34, dan 35 ESP32. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. schematic deteksi keluar masuk ruangan

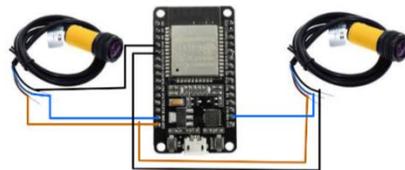
Pada bagian deteksi pergerakan manusia menggunakan sensor RCWL dan sensor passive infrared. Sensor RCWL sendiri memiliki 5 buah kaki, namun pada sistem ini hanya digunakan 3 kaki saja yaitu kaki ground, Vin,

dan Out. Untuk sensor passive infrared sendiri memiliki 3 buah kaki yaitu ground, Vin, dan Out. Pada sistem ini menggunakan mikrokontroler Esp8266. Kaki out RCWL terhubung ke pin D4 dari Esp8266, sedangkan kaki out passive infrared terhubung ke pin D0 Esp8266 seperti terlihat pada Gambar 3.

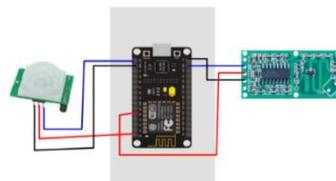


Gambar 3. schematic deteksi pergerakan manusia

Setelah dirancang rangkaian schematic dilanjutkan dengan perancangan wiring. Untuk wiring sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



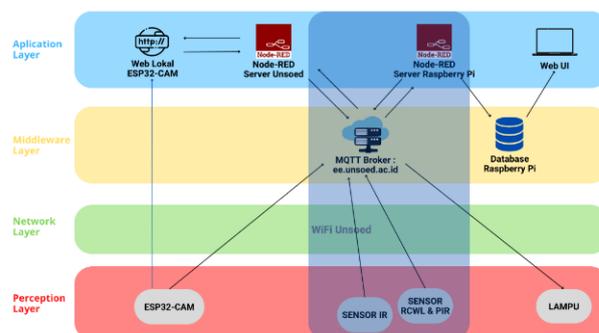
Gambar 4 wiring deteksi keluar masuk ruangan



Gambar 5. wiring deteksi pergerakan manusia

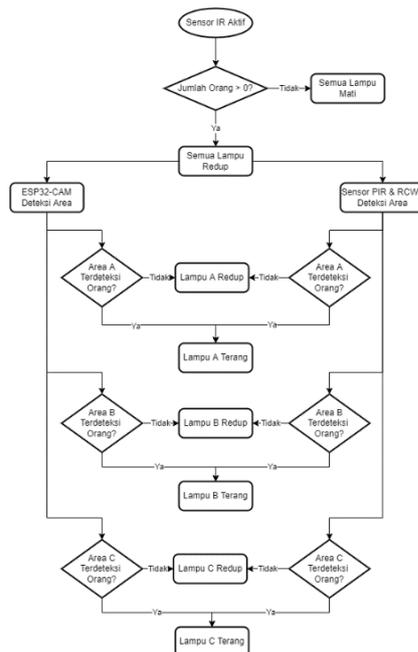
3.3. Software Sistem

Pada arsitekturnya dibagi menjadi beberapa lapisan, sensor infrared, RCWL, PIR, ESP32-CAM, dan lampu masuk ke lapisan persepsi, lalu pada lapisan jaringan terdapat Wi-Fi Unsoed, pada lapisan middleware digunakan MQTT Broker, dan pada lapisan aplikasi digunakan Node Red dan WEB UI seperti terlihat pada Gambar 6.



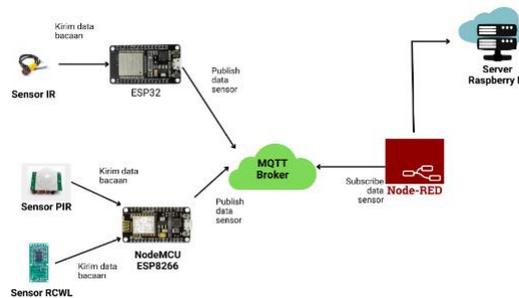
Gambar 6. arsitektur sistem

Untuk penelitian ini sendiri berfokus pada bagian yang ter-arsir dengan warna biru secara vertikal. Selanjutnya dibuat flowchart sistem yang akan dirancang. Flowchart digunakan untuk mempermudah dalam menyusun program. Secara rinci flowchart dapat dilihat pada Gambar 7.



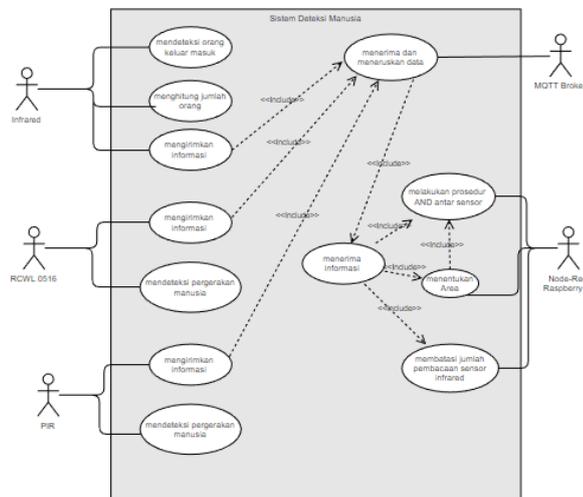
Gambar 7. flowchart sistem

Pada tahap selanjutnya dibangun diagram blok sebagai gambaran sistem yang dibangun. Untuk diagram blok diagram dapat dilihat pada Gambar 8.



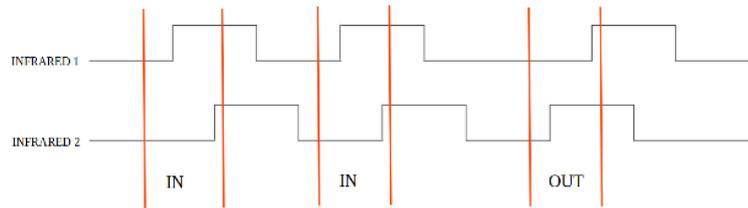
Gambar 8. diagram blok sistem

Selanjutnya ada use case diagram, use case berfungsi sebagai gambaran interaksi antara pengguna dan sistem. Use case diagram yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. use case diagram

Untuk mengetahui cara kerja deteksi keluar masuk ruangan perlu diketahui kondisi sinyal digitalnya. Kondisi sinyal digital dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. sinyal digital deteksi keluar masuk

Ketika kondisi IN maka akan dilakukan perhitungan dengan menambah 1, sedangkan ketika kondisi OUT maka perhitungan akan dikurang 1.

3.4. Perancangan Program

Perancangan program dilakukan dengan software PlatformIO. Program pada PlatformIO digunakan pada bagian deteksi manusia berdasarkan gerakan dan penghitung keluar masuk ruangan. Pada platformIO dibangun program untuk setting board yang digunakan. Dilanjutkan dengan masuk ke program utamanya. Setting topik dan server yang digunakan, callback, reconecr, dilanjutkan pengaturan kondisi dari program. Program nantinya di upload ke masing-masing mikrokontroler sesuai dengan topiknya.

3.5. Pemasangan Alat

Pemasangan alat dilakukan di ruang F119 Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman. Pada bagian deteksi keluar masuk ruangan dirancang box untuk meletakkan sensor infrared dan komponen lain sehingga mudah untuk dipindahkan. Untuk tampilan box nya dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. box deteksi keluar masuk ruangan

Pada bagian deteksi manusia alat diletakkan pada plafon ruangan dengan posisi sejajar. Pemasangan ini berupa sensor PIR dan RCWL yang terhubung ke ESP8266. Untuk penempatannya dapat dilihat pada Gambar 12.



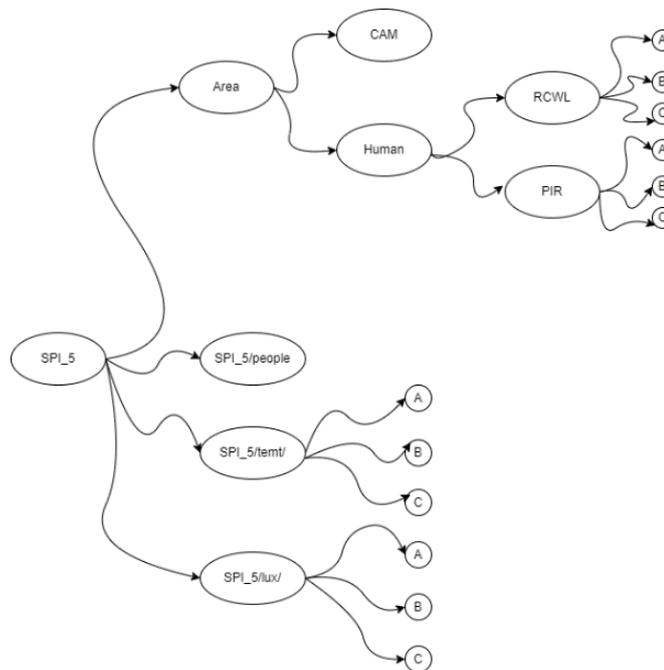
Gambar 12. penempatan sensor deteksi pergerakan

3.6. Perancangan Network Layer

Network layer atau lapisan jaringan pada sistem ini adalah dengan menggunakan jaringan yang tersedia di lingkungan Universitas Jenderal Soedirman yaitu jaringan bernama “Unsoed”.

3.7. Perancangan Middleware Layer

Middleware layer merupakan tempat proses pertukaran data dan informasi. Pada lapisan ini digunakan MQTT protocol, MQTT protocol digunakan untuk pertukaran informasi antar elemen komponen yang saling terintegrasi. Pertukaran informasi antar komponen tersebut memerlukan “topik” untuk nantinya broker mengkoordinasikan informasi yang diterima maupun dikirimkan. Topik-topik tersebut sudah ditentukan dalam program di dalam setiap mikrokontroler untuk nantinya dihubungkan dengan broker. Untuk topic tree dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. topic tree

3.8. Perancangan Application Layer

Sistem pengkondisian antar elemen, monitoring, dan antarmuka pengguna lampu gedung cerdas berbasis Internet of Things dibangun pada perangkat lunak node-RED . Node-RED akan dijalankan pada server lokal dari Raspberry-pi yang nantinya digunakan. Seperti kita ketahui, sistem ini tersusun atas beberapa komponen yang terhubung pada masing-masing mikrokontroler. Mikrokontroler akan mengirimkan dan menerima informasi melalui MQTT Broker untuk nantinya diolah oleh Node-RED. Pada sistem ini node-RED merupakan komponen yang sangat penting karena mengkondisikan supaya antar komponen dan mikrokontroler dapat berjalan sesuai fungsinya.

3.9. Pengujian Sistem

Pengujian pertama menguji jarak deteksi sensor Infrared E18-D80NK. Sensor dapat mendeteksi jarak maksimal hingga 80 cm ke objek. Adapun data percobaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. jarak deteksi infrared E18-D80NK

No	Jarak (cm)	Sensor1	Sensor2
1	10	Mendeteksi	Mendeteksi
2	20	Mendeteksi	Mendeteksi
3	30	Mendeteksi	Mendeteksi
4	40	Mendeteksi	Mendeteksi
5	50	Mendeteksi	Mendeteksi
6	60	Mendeteksi	Mendeteksi
7	70	Mendeteksi	Mendeteksi
8	80	Mendeteksi	Mendeteksi
9	90	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi
10	100	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi

Pengujian kedua untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap performa sensor infrared E18-D80NK. Dari hasil pengujian intensitas cahaya tidak terlalu berpengaruh terhadap performa dari sensor Infrared. Adapun hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. pengaruh intensitas cahaya

No	Kondisi Cahaya	Sensor 1	Sensor 2
1	Gelap	Terdeteksi	Terdeteksi
2	Redup	Terdeteksi	Terdeteksi
3	Cahaya Ruangan	Terdeteksi	Terdeteksi
4	Terang Sekali	Terdeteksi	Terdeteksi

Pengujian ketiga mengukur area deteksi sensor pir dan RCWL. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan kursi di posisi seperti pada Gambar 14.

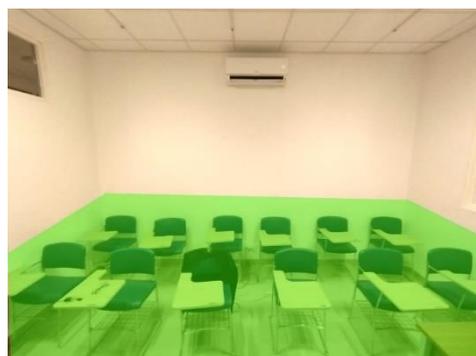


Gambar 14. posisi tempat duduk

Pada sensor PIR terdapat hasil deteksi seperti terlihat pada Tabel 3. Dan secara visual deteksi sensor dapat dilihat pada Gambar 15, Gambar 16, dan Gambar 17

Tabel 3. Area deteksi sensor PIR

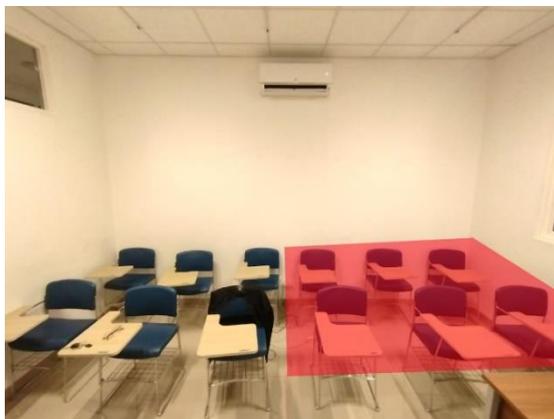
No	Posisi	PIR A	PIR B	PIR C
1	A	Mendeteksi	Terdeteksi	Tidak mendeteksi
2	B	Mendeteksi	mendeteksi	Tidak mendeteksi
3	C	Mendeteksi	mendeteksi	Tidak terdeteksi
4	D	Mendeteksi	mendeteksi	Mendeteksi
5	E	Mendeteksi	mendeteksi	Mendeteksi
6	F	Mendeteksi	mendeteksi	Mendeteksi
7	G	Mendeteksi	mendeteksi	Tidak mendeteksi
8	H	Mendeteksi	mendeteksi	Kadang mendeteksi
9	I	Mendeteksi	mendeteksi	Kadang mendeteksi
10	J	Mendeteksi	mendeteksi	Kadang mendeteksi
11	K	Mendeteksi	mendeteksi	mendeteksi
12	L	Mendeteksi	mendeteksi	Mendeteksi



Gambar 15. deteksi PIR A



Gambar 16. Area deteksi PIR B



Gambar 17. Area deteksi PIR C

Berdasarkan hasil deteksi, sensor PIR A dan Sensor PIR B dapat mendeteksi seluruh ruangan, sedangkan sensor C hanya sebagian sisi saja. Hal ini karena pengaturan pada sensor PIR, sensor PIR sendiri memiliki 2 buah potensiometer untuk mengatur delay dan jarak deteksi[9]. Dan berdasar pengujian juga semakin besar jarak deteksi maka sensitivitas sensor semakin tinggi. Sehingga sensor PIR A dan PIR B memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sensor PIR C. Selanjutnya pengujian sensor RCWL memiliki hasil pengujian seperti terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Area deteksi sensor RCWL

No	Posisi	RCWL A	RCWL B	RCWL C
1	A	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
2	B	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
3	C	Kadang Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
4	D	Tidak mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
5	E	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
6	F	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
7	G	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
8	H	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
9	I	Kadang Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
10	J	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
11	K	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
12	L	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi

Berdasarkan hasil pengujian terdapat perbedaan antara sensor RCWL A dan RCWL C. berbeda dengan sensor PIR yang terdapat potensiometer untuk mengatur area deteksi, sensor RCWL tidak mempunyai pengaturan tersebut. Maka dari itu ada dua kemungkinan yaitu sensor mengalami kerusakan atau pengaruh lingkungan sekitar.

Maka dari itu dilakukan pengujian ulang dengan menukar posisi sensor. Sehingga didapat hasil seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian ulang area RCWL

No	Posisi	RCWL A	RCWL B	RCWL C
1	A	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
2	B	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
3	C	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
4	D	Tidak mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
5	E	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
6	F	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
7	G	Kadang Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
8	H	Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
9	I	Kadang Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
10	J	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
11	K	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi
12	L	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Mendeteksi

Dari hasil pengujian ulang ternyata kemungkinan pertama yaitu sensor mengalami kerusakan tidak terbukti. Jadi yang menyebabkan perbedaan adalah pengaruh lingkungan sekitar. Dimana di sebelah area A terdapat lorong yang berisi instalasi gedung dan akses point ke internet. Sehingga memungkinkan sinyal mengalami gangguan pembacaan. Sehingga kemungkinan pengaruh lingkungan sekitar menjadi alasan paling memungkinkan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir ini diantaranya yaitu sistem deteksi keluar masuk ruangan menggunakan 2 buah sensor infrared dimana ketika sensor 1 mendeteksi terdahulu maka terdeteksi kondisi masuk dan sebaliknya maka kondisi keluar, sensor PIR, dan RCWL bekerja sama dengan ESP32 CAM, jarak deteksi sensor PIR dapat diatur pada potensiometranya, dan sensor RCWL memiliki area deteksi yang luas namun mudah terganggu dengan gangguan sinyal lain. Saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah merancang sistem secara desentralisasi penuh, lalu dapat mengkombinasikan dengan sensor termal untuk pendeteksian, dan mengembangkan sistem secara lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. H. Milaningrum, "Optimalisasi Pencahayaan Alami dalam Efisiensi Energi di Perpustakaan UGM," *Pros. Seminar Top. Khusus 2015*, pp. 1–10, 2015.
- [2] K. Maslichah, "Hemat Energi Listrik: Studi Kasus di Badan Diklat Provinsi Banten," *J. Lingk. Widyaiswara*, vol. 3, no. 1, pp. 47–52, 2016, [Online]. Available: http://juliwi.com/published/E0301/Juliwi0301_47-52.pdf.
- [3] D. Team, "Panduan lengkap Internet of Things." <https://www.dewaweb.com/blog/internet-of-things/>.
- [4] Z. D. Dewi Lusita Hidayati Nurul, Rohmah F mimin, "Prototipe Smart Home Dengan Modul Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet of Things (Iot)," *J. Tek. Inform.*, p. 3, 2019.
- [5] P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2017. Hindawi Publishing Corporation, 2017, doi: 10.1155/2017/9324035.
- [6] J. Fisika and F. Universitas, "Perancangan Dimer Lampu Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Penerangan Dalam Ruangan," *Transmisi*, vol. 15, no. 4, pp. 186–190, 2014, doi: 10.12777/transmisi.15.4.186-190.
- [7] "Node-RED - Pengiriman dan Penerimaan Data," *Antares*. <https://antares.id/id/node-red.html> (accessed Jan. 22, 2022).
- [8] Epitran.IT, "HC-SR501 Passive Infrared (PIR) Motion Sensor," *Epitranit.com*, pp. 1–1, 2020, [Online]. Available: <https://www.epitran.it/ebayDrive/datasheet/44.pdf>.