

PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM OTOMASI PADA RUANGAN

MARIA ERLITA NINDA KIRANA DAN MUNNIK HARYANTI

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta.

ABSTRAK

Peningkatan konsumsi energi listrik tidak sebanding dengan pasokan energi listrik yang disuplai oleh perusahaan listrik. Hal ini menyebabkan adanya kelangkaan energi listrik yang dibuktikan dengan banyaknya desa yang belum teraliri energi listrik. Hal yang dapat kita lakukan sebagai konsumen energi listrik adalah bersikap konservatif dalam menggunakan energi listrik. Salah satu hal sederhana yang dapat dilakukan yaitu menggunakan energi listrik dengan bijak, mematikan alat elektronik saat tidak digunakan, contohnya lampu pada saat siang hari. Dari latar belakang tersebut dibuatlah suatu penelitian tentang prototipe sistem automasi pada ruangan yang mampu untuk mengontrol nyala ataupun mati lampu pada kondisi terang dan gelap serta kipas angin pada saat tidak digunakan. Dengan prototipe ini konsumen energi listrik mampu menghemat listrik dengan cara yang efisien, selain itu juga dapat membiasakan masyarakat untuk bersikap konservatif terhadap energi listrik.

Kata kunci: Konservatif, Hemat, Sistem Automasi, Prototipe.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Di Indonesia, pengguna energy listrik digolongkan menjadi empat sector utama, yaitu sector rumah tangga, komersial, industri dan transportasi. Konsumsi energi pada sector bangunan dapat dikatakan cukup besar untuk penerangan ataupun pendingin ruangan. Penggunaan alat-alat listrik dan elektronik yang canggih tentulah sangat bermanfaat, membuat kehidupan menjadi lebih praktis, efektif dan nyaman. Semakin lama tidak ada satupun alat kebutuhan manusia yang tidak membutuhkan listrik, karena hampir setiap aktivitas manusia sekecil apapun pastilah membutuhkan energi listrik. Penggunaan energy listrik merupakan unsure penting yang menunjang berbagai kegiatan di segala sektor.

Semakin banyak peralatan elektronik yang digunakan maka semakin meningkat pula konsumsi energy listriknya. Rata-rata pertumbuhan kebutuhan energy listrik dari tahun 2012 adalah 2.3 – 2.5%, dan akhir tahun 2030, diperkirakan kebutuhan energy listrik akan menjadi dua kali saat ini yang berkisar sekitar 16000 TWh per tahunnya^[1]. Dari data Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) tahun 2018-2027,

proyeksi rata-rata pertumbuhan kebutuhan energy listrik 2018-2027 adalah 6.86%^[2]. Pada kenyataannya peningkatan konsumsi energy listrik tersebut tidak sebanding dengan jumlah pasokan listrik dari pusat pembangkit, sehingga hal inilah yang kerap kali memicu krisis dan kelangkaan energy listrik.

Dari kondisi tersebut dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2018-2027, Kementerian ESDM telah mengakomodasi salah satunya adalah percepatan elektrifikasi terhadap lebih dari 2.510 desa yang belum berlistrik^[2]. Hal ini membuktikan bahwa kelangkaan energy masih saja terjadi di desa-desa terpencil, sedangkan bagi masyarakat yang tinggal di kota besar bias dengan mudahnya untuk menggunakan energy listrik dengan nyaman.

Hal-hal kecil yang sering dilakukan selama ini, mungkin tanpa disadari telah mengakibatkan dampak besar dan bila terus menerus dilakukan akan mengakibatkan kelangkaan energy listrik. Hal ini dapat terjadi karena sikap manusia yang terkadang kurang peduli dengan hal-hal kecil, boros dan tidak efisien, contoh kecil yang sering terjadi adalah lupa mematikan pendingin ruangan (*Air Conditioner*) maupun kipas angin,

membiarkan lampu menyala pada siang hari yang terang benderang, meninggalkan ruangan terlalu lama sementara pendingin ruangan dan lampu dibiarkan hidup, komputer dan TV dibiarkan hidup sementara tidak digunakan sama sekali. Masalah pemborosan energy listrik ini sebesar 80% disebabkan oleh factor manusia dan 20% disebabkan oleh factor teknis, hal ini dikarenakan banyaknya pemakaian listrik yang berlebihan dan tidak sesuai waktunya^[3]. Bagaimana membuat system otomatisasi di dalam ruangan sehingga dapat mengendalikan pemakaian listrik. Bagaimana cara kerja prototype system otomasi ruangan dan berapakah sensitifitas dari sensor LDR jika di lihat dari tegangan keluaran nya.

METODE

Energi Listrik dan Manfaatnya

Energi yang banyak dimanfaatkan dalam kebutuhan hidup masyarakat masa kini adalah energi listrik. Pengertian energi listrik sendiri adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/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) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan,

mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi lain. Energi yang dihasilkan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti air, minyak, batu bara, angin, panas bumi, nuklir, matahari dan lainnya. Energi ini besarnya dari beberapa Joule sampai ribuan hingga jutaan Joule^[4].

Dalam ilmu fisika, hukum kekekalan energi menyatakan bahwa jumlah energi dari sebuah sistem tertutup itu tidak berubah, ia akan tetap sama. Energi tersebut tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan oleh manusia, namun ia dapat berubah dari satu bentuk energi ke energi lain. Contohnya, energi kimia dapat diubah menjadi energi kinetik dalam ledakan dinamit, energi gerak, energi cahaya dan masih banyak yang lain^[5]. Energi listrik ini sangat dibutuhkan di berbagai sektor dan pemakaiannya pun sudah sangat luas bahkan dalam kegiatan sehari-hari manusia sangat sulit melepaskan diri dari kebutuhan listrik didorong pula dengan semakin banyaknya teknologi canggih yang menggunakan energi listrik. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama tidak ada satupun alat yang tidak membutuhkan energi listrik.

Besarnya energi listrik ini dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$= \dots\dots\dots (1)$$

dengan

W adalah energi dalam satuan joule

Q adalah besar muatan yang dipindahkan (coulomb)

V adalah beda potensial (V)

Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik).

Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Peranti mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas (seperti pada

pemanas listrik), cahaya (seperti pada bola lampu), energi kinetik (motor listrik) dan suara (*loudspeaker*). Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpan energi seperti baterai.

Daya listrik dilambangkan dengan huruf *P* dalam persamaan listrik. Pada rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan hukum joule, yang pertama kali menunjukkan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik, dan sebaliknya.

$$= \dots\dots\dots (2)$$

di mana

P adalah daya (watt atau W)

I adalah arus (ampere atau A)

V adalah perbedaan potensial (volt atau V)

Hukum joule dapat digabungkan dengan hukum ohm untuk menghasilkan dua persamaan tambahan

$$= = - \dots\dots\dots (3)$$

R adalah hambatan listrik (Ohm atau Ω).

Hukum Ohm adalah suatu pernyataan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi

hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya. Secara matematis hukum Ohm dieskpresikan dengan persamaan:

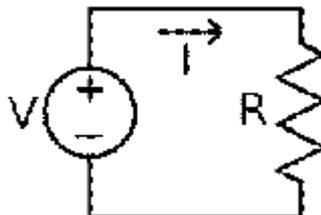
$$= \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

I adalah arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar dalam satuan ampere.

V adalah tegangan listrik yang terdapat pada kedua ujung penghantar dalam satuan volt.

R adalah nilai hambatan listrik (resistansi) yang terdapat pada suatu penghantar dalam satuan ohm.

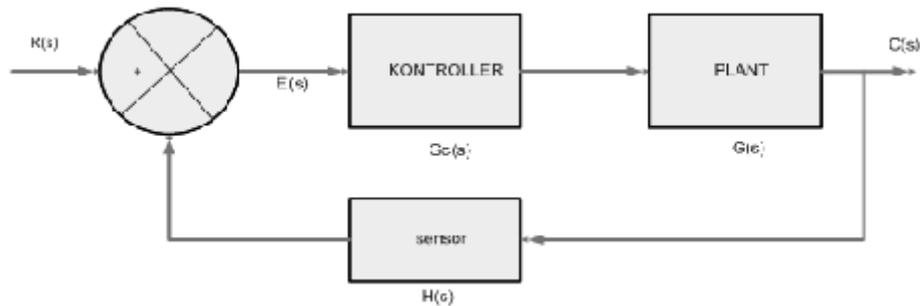


Gambar 1. Rangkaian Listrik (Hukum Ohm)

Sistem Kendali Kalangan Tertutup (Close Loop)

Sistem kendali ini merupakan sistem control yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Jadi sistem kalangan tertutup ini adalah sistem berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan

dn sinyal umpan balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran dan turunannya), diumpankan ke kontroler untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain istilah *loop* tertutup berarti menggunakan aksi umpan baik untuk memperkecil kesalahan sistem.



Gambar 2. Sistem Close Loop

Pencatu Daya (Power Supply)

Sebuah peranti elektronika yang berguna sebagai sumber daya untuk peranti lain, terutama daya listrik. Pada dasarnya pencatu daya bukanlah sebuah alat yang menghasilkan energi listrik saja, namun ada beberapa pencatu daya yang menghasilkan energi mekanik, dan energi yang lain.

a. Pencatu Daya tak distabilkan

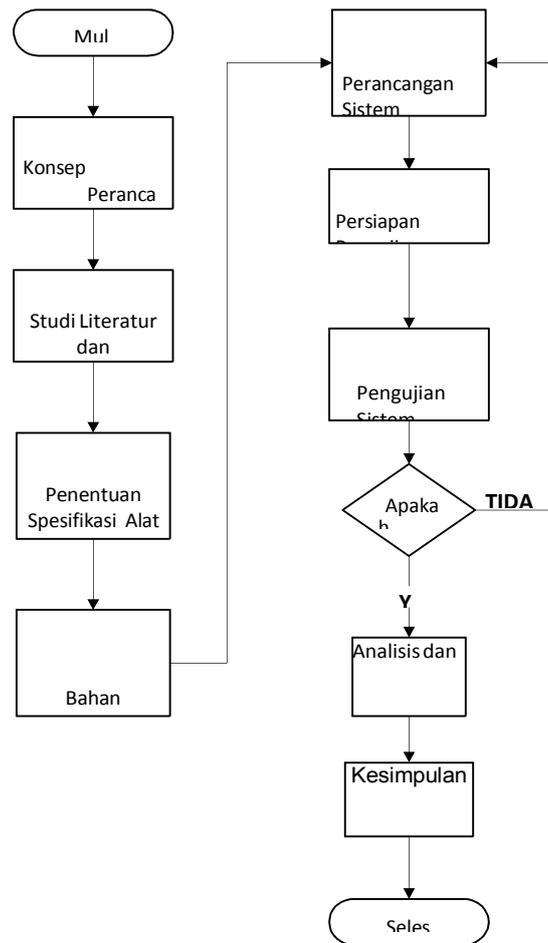
Pencatu daya tak distabilkan merupakan jenis pencatu daya yang paling sederhana. Pada pencatu daya jenis ini, tegangan maupun arus keluaran dari pencatu daya tidak distabilkan, sehingga berubah-ubah sesuai keadaan tegangan masukan dan beban pada keluaran. Pencatu daya jenis ini biasanya digunakan pada peranti elektronika sederhana yang tidak sensitif akan perubahan tegangan. Pencatu jenis ini juga banyak digunakan pada penguat daya tinggi untuk mengkompensasi lonjakan tegangan keluaran pada penguat.

b. Pencatu Daya distabilkan

Pencatu daya distabilkan pencatu jenis ini menggunakan suatu mekanisme loh balik untuk menstabilkan tegangan keluarannya, bebas dari variasi tegangan masukan, beban keluaran, maupun dengung. Loh balik atau umpan balik adalah suatu proses dimana sebagian dari output di loh balikkan ke bagian input. Hal ini sering dipakai untuk pengendalian suatu sistem yang bersifat dinamis sehingga sistem tersebut dapat diatur untuk mencapai keadaan yang stabil yang diinginkan.

Alur Penelitian

Gambar 3 di bawah merupakan alur dari penelitian yang dilakukan. Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai konsumsi energi listrik, pemilihan komponen yang akan digunakan serta pemrograman prototipe dengan arduino. Selain itu, melakukan studi literatur mengenai sistem automasi pada ruang pertemuan.



Gambar 3. Alur Penelitian

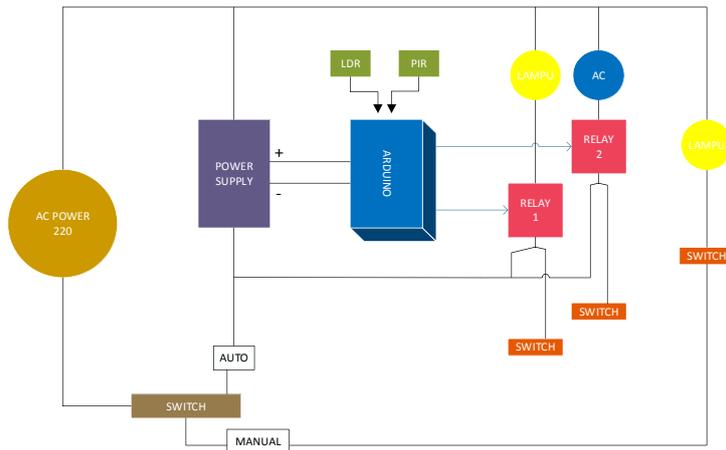
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Sistem

Rancangan prototipe sistem automasi ruangan ini diprogram oleh Arduino, yang mendapat input dari sensor PIR dan sensor LDR. Sensor PIR ini bekerja untuk mendeteksi adanya gerakan. Diasumsikan dengan terdeteksinya gerakan ini, maka ada manusia di dalam ruangan tersebut. Sensor ini bersifat pasif, jadi hanya merespon energi dari pancaran sinar infra merah pasif yang dimiliki setiap benda yang terdeteksi. Sensor LDR dalam prototipe ini bekerja mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Nilai resistansi LDR dapat berubah sesuai perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Jika cahaya yang

mengenainya memiliki frekuensi yang cukup tinggi, foton yang diserap oleh semikonduktor akan menyebabkan electron memiliki energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Electron bebas yang dihasilkan dan pasangan lubangnya akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya.

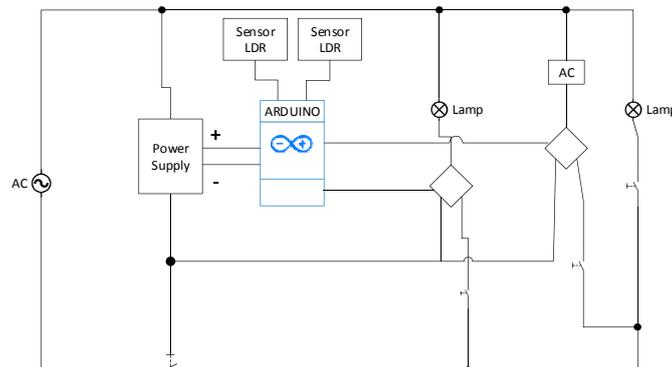
Pada saat sensor LDR mendeteksi cahaya, maka lampu pada prototipe ini tidak akan menyala, apabila kondisi sebaliknya, pada keadaan gelap dan sensor LDR tidak mendeteksi cahaya maka lampu akan menyala. Begitu pula dengan sensor PIR yang memicu bekerjanya *fan*, pada saat sensor PIR mendeteksi pancaran sinar *infrared* melalui gelombang dari tubuh manusia, maka *fan* pada prototipe ini akan menyala.



Gambar 4. Diagram Sistem Rancangan Alat

Prototipe sistem automasi ruangan ini juga terdapat sensor PIR yang berfungsi sebagai pendeteksi gerak di ruang pertemuan tersebut. Terdapat juga sensor LDR yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Jika banyak cahaya yang masuk, maka lampu otomatis akan mati. Saklar yang terdapat di prototipe ini juga berfungsi apabila ingin *override* ke

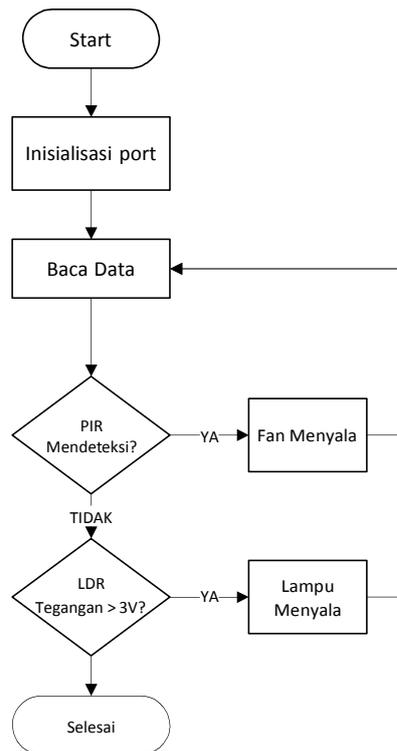
sistem manual. Pada gambar 5 di bawah ini arduino mendapat input dari sensor LDR dan PIR di pin 3 dan pin 4. Dari Pin tersebut akan mengatur kerja *fan blower* dan lampu sesuai dengan perintah dari Arduino. Arduino ini mendapat tegangan kerja sebesar 5VDC untuk menyalakan lampu dan Fan Blower.



Gambar 5. Rangkaian Sistem Otomasi

Ketika manusia berada dalam jangkauan sensor PIR, maka sensor ini akan mendeteksi gelombang yang dipancarkan oleh manusia. Sensor ini berfungsi juga sebagai *motion detector*. Jika sensor ini mendeteksi adanya manusia di ruang tersebut maka kontroler akan mengatur waktu tunda mati (*off delay*) selama 3 menit. Jika tidak mendeteksi adanya manusia maka kontroler tidak akan mengatur waktu tunda, *fan* dan lampu akan tetap mati. Sensor LDR mendeteksi ada tidaknya

cahaya, jika mendeteksi adanya cahaya, maka hanya *fan* yang akan menyala. Jika tidak mendeteksi adanya cahaya, maka lampu dan *fan* akan menyala. Pada saat sensor PIR tidak lagi mendeteksi keberadaan manusia di ruangan tersebut, maka kontroler menjalankan waktu delay yang telah diatur di awal pada saat PIR mendeteksi cahaya selama 3 menit baru setelah itu sistem akan mati. Adapun flowchart dari system otomasi seperti gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Flowchart Sistem Otomasi

Gambar 6 menunjukkan *Flowchart* sistem automasi ruangan bekerja. Dimulai dari inisialisasi port-port yang digunakan pada saat program berjalan, lalu dilanjutkan baca data, yaitu membaca data dari sensor PIR dan sensor LDR dengan nilai-nilai yang sudah ditentukan untuk memberikan perintah kepada komponen yang dijalankan di dalam program ini.

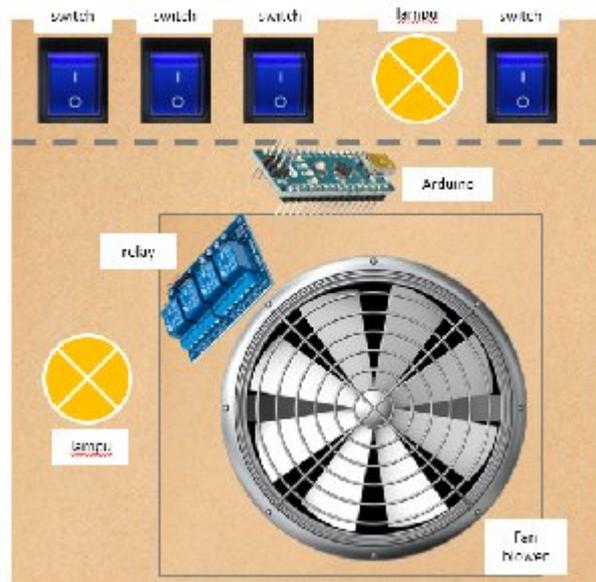
Trigger utama dalam sistem ini adalah keberadaan manusia di dalam suatu ruangan, dengan menggunakan sensor PIR maka keberadaan manusia di dalam suatu ruangan tersebut dapat terdeteksi. Setelah menerima input dari sensor PIR dan mendeteksi adanya manusia, sensor LDR akan memberikan sinyal ke kontroler berupa besar tegangan dari input intensitas cahaya yang diterima sensor LDR ini. dari sinyal kedua sensor tersebut, Arduino akan memberikan perintah kepada lampu dan fan untuk bekerja sesuai fungsinya.

Apabila mendeteksi adanya manusia maka fan akan menyala, apabila sensor LDR menerima tegangan lebih besar dari 3V maka lampu akan menyala, karena kondisi ruangan gelap.

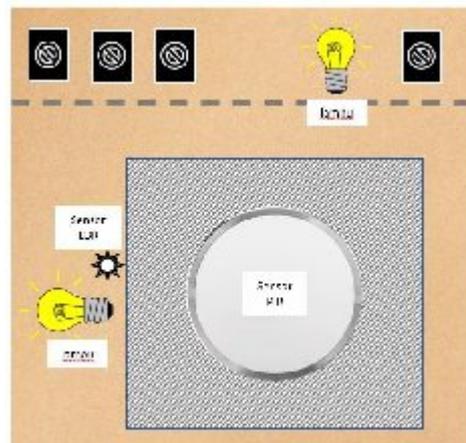
Hasil Rancangan

Gambar 7 di bawah ini merupakan hasil rancangan system tampak atas. Perancangan ini diletakkan dalam satu karton untuk dipasang pada bagian atas. Di bagian atas terdapat *Fan Blower* dan bulb. Kerja prototipe ini dikendalikan oleh kontroler yang telah di *coding* menggunakan perangkat lunak.

Prototipe sistem automasi ruangan ini juga terdapat sensor PIR yang berfungsi sebagai pendeteksi gerak di ruangan tersebut. Terdapat juga sensor LDR yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya. Jika banyak cahaya yang masuk, maka lampu otomatis akan mati. Saklar yang terdapat di prototipe ini juga berfungsi apabila ingin *override* ke sistem manual.

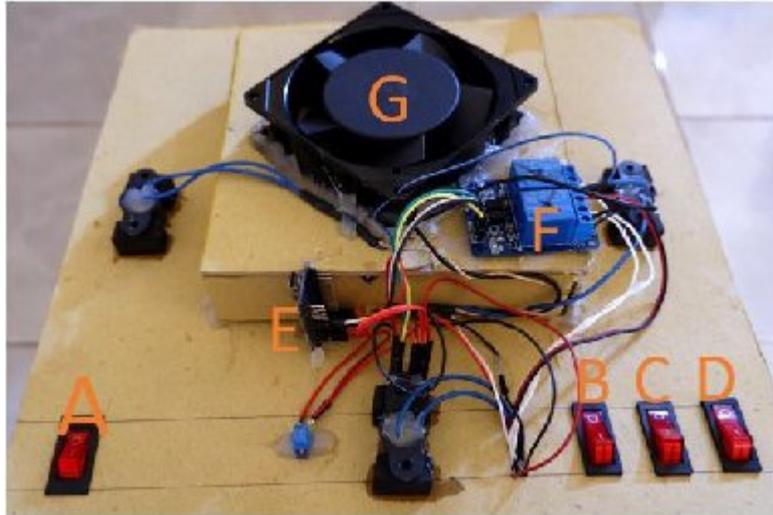


Gambar 7. Rancangan Sistem Tampak Atas

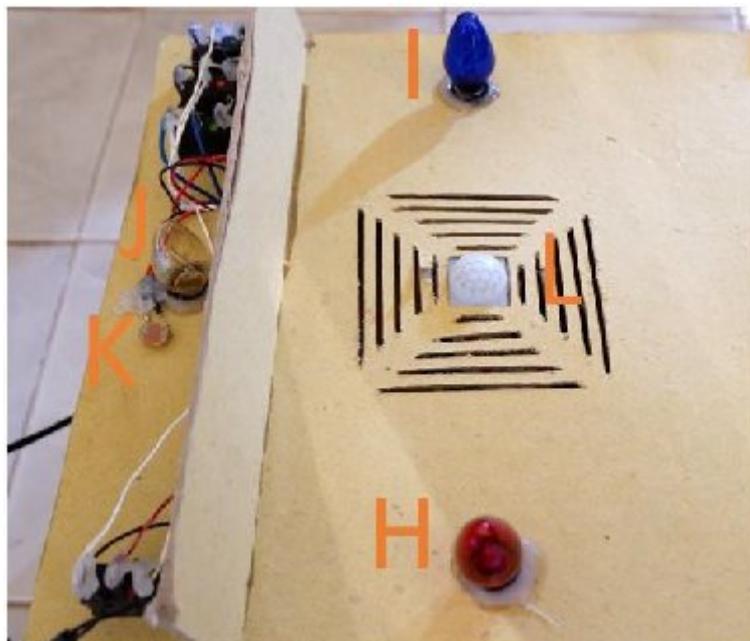


Gambar 8. Rancangan Sistem Tampak Bawah

Selain perangkat keras, bagian yang penting dalam penelitian ini adalah perangkat lunak yang dapat membantu mikrokontroler menjalankan sistem secara keseluruhan. Arduino *Sketch* adalah perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 9. Foto Alat (A)



Gambar 10. Foto Alat (B)

Hasil rancangan prototipe sistem automasi ruangan dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 di atas.

Pengujian Perangkat Keras Prototipe Sistem Automasi

Untuk memberikan kondisi tertentu (*high* atau *low*) pada pada input sehingga *fan blower* dan lampu dapat menyala. Di bawah ini adalah tabel pengujian untuk sistem automasi ruangan.

Tabel1. Data Logika Sistem

Sensor PIR	Sensor LDR	Lampu	Fan
1	0	1	1
1	1	0	1
0	0	0	0

Tabel 2. Data Sampel Pengujian

Kondisi	Komponen yang bekerja		Off Delay (sec)
	Lampu	Fan	
Gelap	ON	ON	180
Terang	OFF	ON	180

Berdasarkan hasil pengujian, untuk mengendalikan rancangan dari prototipe sistem Automasi Ruangan ini, jika disimulasikan dalam kondisi terang maka *fan* akan menyala setelah sensor PIR mendeteksi gerakan, melalui pengujian yang telah dilakukan, sistem bekerja dengan baik sesuai rancangan dan perintah kontroler.

Dengan menggunakan simulasi kondisi gelap, pada saat sensor PIR mendeteksi adanya gerakan, maka secara otomatis sensor PIR dan LDR akan mengirimkan sinyal input ke kontroler untuk memproses data. Setelah sensor LDR dan PIR memberikan sinyal ke kontroler, maka lampu dan *fan blower* akan menyala. Hasil pengujian

ini sesuai dengan rancangan yang sebelumnya telah dibuat. Setelah PIR tidak mendeteksi adanya gerakan, maka dari timer yang telah di atur di awal selama 3 menit, lampu dan *fan* akan mati dengan waktu tunda *off* 180 detik.

Waktu tunda 3 menit ini di atur pada saat setelah sensor mendeteksi suatu pergerakan di ruangan. Kontroler akan membuat perintah set timer *off* 180 detik. Setelah berjalannya sistem mendeteksi gerakan, apabila tidak mendeteksi kembali adanya gerakan selama tiga menit sistem ini akan mati, dan akan terus berlanjut kembali apabila terdeteksi suatu gerakan oleh sensor PIR.

Tabel 3. Output Tegangan Sensor LDR

Kondisi Cahaya	Output Voltage (V)
Terang	< 1.5V
Gelap	> 3V

Tabel 4. Pengujian Sensor LDR

Output Voltage (V)	Lampu Ruangan
0.378	Tidak Menyala
1.703	Menyala
4.850	Menyala

Tabel 5. Pengujian Sensor PIR

Jarak (cm)	Mendeteksi (1) Tidak Mendeteksi (0)
2	1
4	1
6	1
8	1
10	1

Hasil Pengujian Prototipe Sistem Automasi

Pengujian sistem dilakukan dua

kali yaitu, 10 menit dan 20 menit untuk mengetahui respon masing-masing komponen.

Tabel 6. Uji Respon Sistem Selama 10 menit

Pengujian ke-	Respon sistem	
	ON (s)	OFF (min)
1	1.05	3.06
2	1.06	3.05

Tabel 7. Uji Respon Sistem Selama 20 menit

Pengujian ke-	Respon sistem	
	ON (s)	OFF (min)
1	1.07	3.05
2	2.11	3.07
3	1.05	3.03
4	2.15	3.05

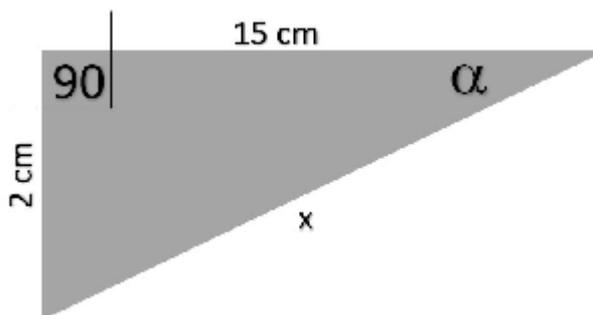
Tabel 8. Sensitifitas Sensor

Kondisi Cahaya	Output Voltage (V)	Keterangan
Terang	0.378 – 1.500	Lampu tidak menyala
Gelap	3.000 – 4.850	Lampu menyala

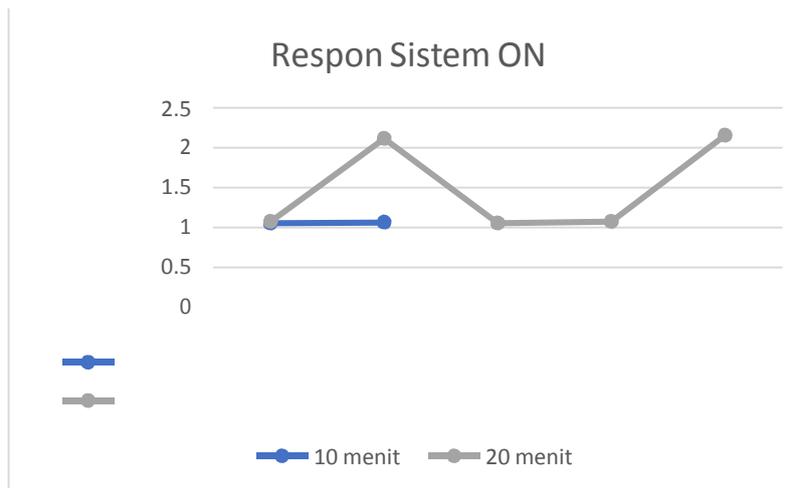
Analisis

Dari data hasil pengujian di atas (tabel 4.5) sensitivitas sensor PIR yang digunakan di dalam prototipe ini dapat mendeteksi adanya gerakan bahkan

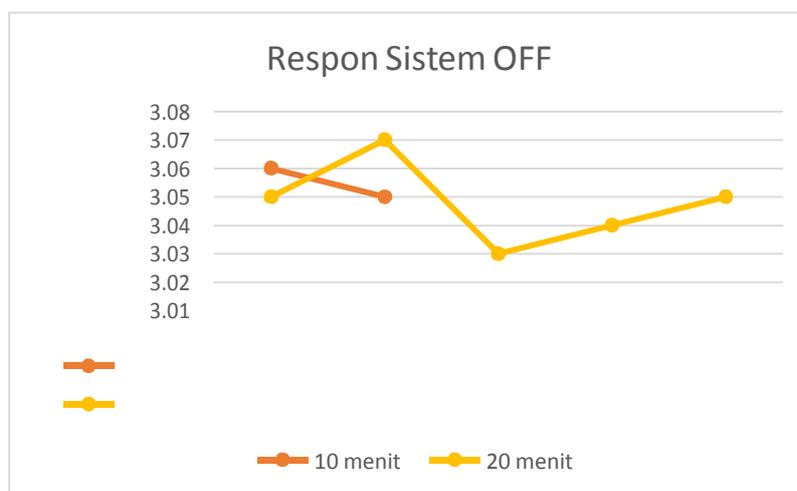
dalam radius 2 cm atau dalam sudut 7.58° .



Gambar 11. Sudut Deteksi Sensor PIR



Gambar 12. Grafik otomasi ON



Gambar 13. Grafik Otomasi OFF

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan alat hingga pengujian dan pembahasan sistem maka dapat ditarik kesimpulan, antara lain:

- a. Sistem automasi pada ruang pertemuan dibuat dengan menggunakan kontroler Arduino Nano dengan komponen pendukung sensor PIR dan sensor LDR. Sensor PIR ini bekerja untuk mendeteksi adanya gerakan. Ketika manusia berada di depan sensor PIR dengan kondisi diam, maka sensor PIR akan menghitung panjang gelombang yang dihasilkan oleh tubuh manusia tersebut. Sensor LDR dalam prototipe ini bekerja mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Nilai resistansi LDR dapat berubah sesuai perubahan intensitas cahaya yang mengenainya.
- b. Pada saat sensor LDR mendeteksi cahaya, maka lampu pada prototipe ini tidak akan menyala, apabila kondisi sebaliknya, pada keadaan gelap dan sensor LDR tidak mendeteksi cahaya maka lampu akan menyala. Begitu pula dengan sensor PIR yang memicu bekerjanya fan, pada saat sensor PIR mendeteksi adanya gerakan, maka fan pada prototipe ini akan menyala. Setelah memberikan sinyal ke Arduino maka sistem akan berjalan, dengan mengatur waktu tunda 3 menit untuk mematikan sistem ini apabila

sensor PIR tidak lagi mendeteksi gelombang pada tubuh manusia atau mendeteksi pergerakan manusia di dalam ruangan tersebut.

- c. Pada tegangan 0.378 – 1.500 V lampu tidak menyala karena kondisi Terang, sedangkan tegangan 3.000 – 4.850 V lampu menyala karena kondisi Gelap.

DAFTAR PUSTAKA

- Adini, G. D. (2012). *Analisis Potensi Pemborosan Konsumsi Energi Listrik pada Gedung Kelas Fakultas Teknik Universitas Indonesia*. Depok: Universitas Indonesia.
- Arduino. (2019). *Language Reference*. Retrieved from Arduino: <https://www.arduino.cc/reference/en/>
- Dahono, P. A. (2012). *Konversi ITB. Menghemat Energi dengan Menggunakan Listrik*. Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- (2015). *Statistik Ketenagalistrikan 2015*.
- ESDM, Kementrian. (2018, Maret 14). *RUPTL PT PLN 2018–2027: Pertumbuhan yang Realistis dan Meningkatkan Target EBT*. Retrieved from Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi (EBTKE): <http://ebtke.esdm.go.id/post/2018/03/14/1908/ruptl.pt.pln.20182027.pertumbuhan.yang.realistis.dan.meningkatkan.target.ebt?lang=en>
- Kadir, A. (2018). *Arduino dan Sensor*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Kementrian ESDM. (2012, Mei 20). *Konservasi Energi*. Retrieved from Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi: <http://www.ebtke.esdm.go.id/energi/konservasi-energi/251-pemborosanenergi->
- Prasetya, Y. (2014). *Analisis Peningkatan Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Sistem Pencahayaan dan AC di Gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Republik Indonesia. (n.d.). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi*.
- Richard Blocher, D. P. (2007). *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: Andi Publisher.