

**PERANCANGAN PROTOTIPE PENGENDALIAN KONSUMSI ENERGI
LISTRIK RUANGAN KULIAH MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 BERBASIS JADWAL
KULIAH DAN PENGGUNAAN SENSOR PIR**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata-1 pada jurusan

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas



Oleh:

ROY EBENEZER NAINGGOLAN

NIM. 1410951041

Pembimbing :

Prof. REFIDINAL NAZIR, Ph.D

NIP. 19580928 198603 1 001

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir

**PERANCANGAN PROTOTIPE PENGENDALIAN KONSUMSI ENERGI
LISTRIK RUANGAN KULIAH MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER
ARDUINO MEGA 2560 BERBASIS JADWAL KULIAH DAN PENGGUNAAN
SENSOR PIR**

Oleh

Roy Ebenezer Nainggolan

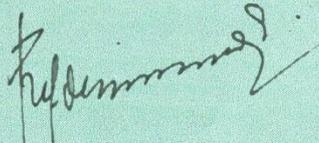
1410951041

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Andalas

Disetujui Pada Tanggal : 17 Oktober 2018

Pembimbing



Prof. Refdinal Nazir, Ph.D

NIP. 19580928 198603 1 001

Mengetahui:

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ariadi Hazmi, Dr. Eng

NIP. 19750314 199903 100 3

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Roy Ebenezer Nainggolan

NIM : 1410951041

Program studi : Teknik Elektro

Perguruan Tinggi : Universitas Andalas

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang telah saya buat dengan judul :

" Perancangan Prototipe Pengendalian Konsumsi Energi Listrik Ruang Kuliah Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Berbasis Jadwal Kuliah dan Penggunaan Sensor PIR " adalah asli (arorisinil) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dan dalam bentuk apapun .

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari ternyata saya memberikan keterangan palsu atau ada pihak lain yang mengklaim bahwa tugas akhir saya buat adalah hasil karya milik seseorang atau badan tertentu, saya bersedia diproses baik secara pidana maupun perdata dan kelulusan saya dari Universitas Andalas dicabut atau dibatalkan.

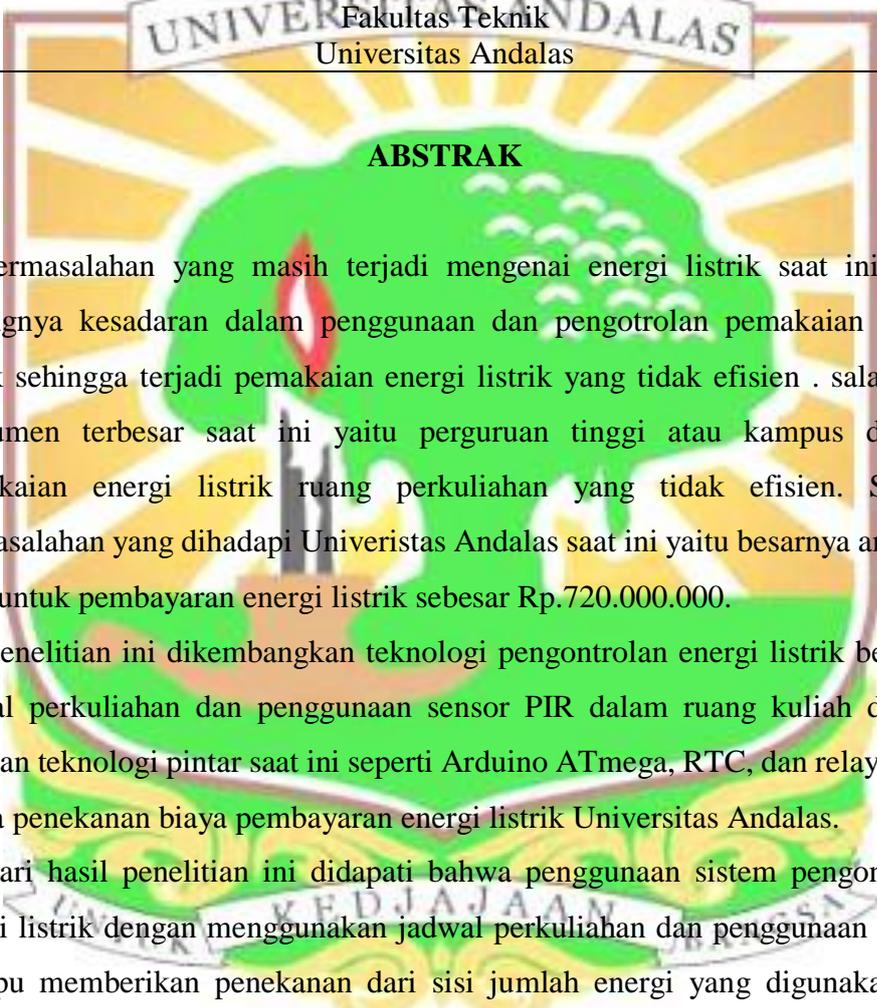
Padang, 17 Oktober 2018

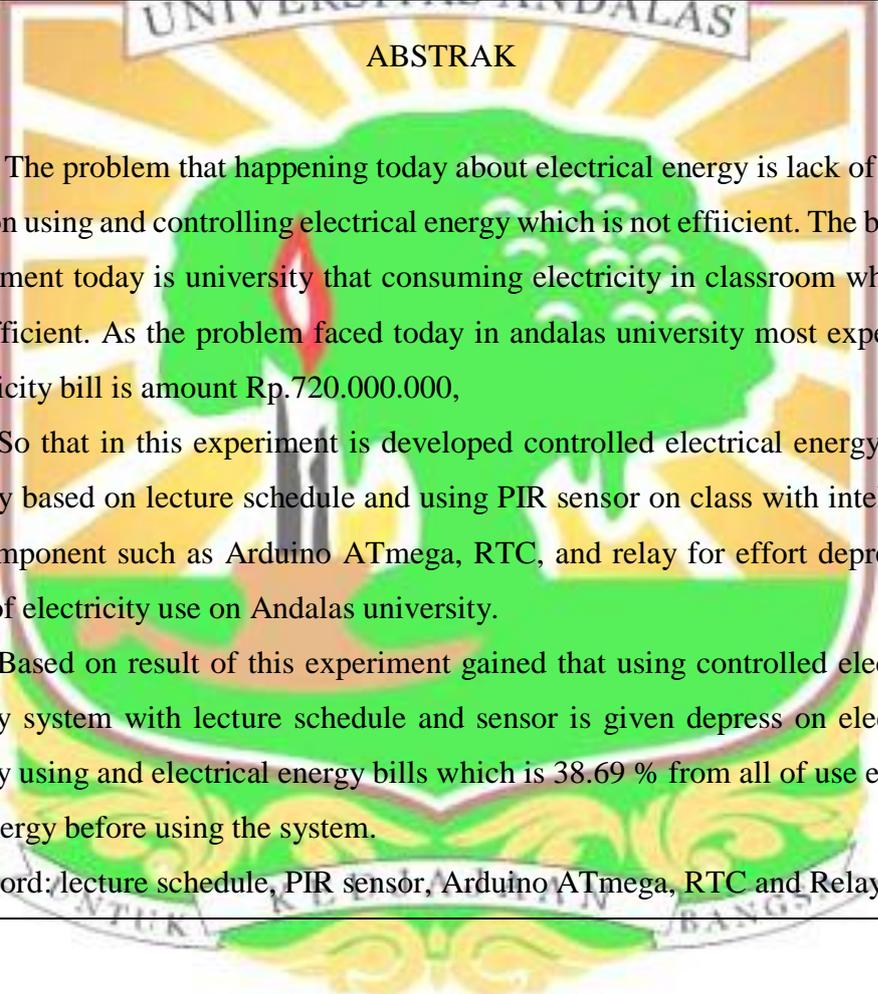
Yang menyatakan



Roy Ebenezer Nainggolan

NIM. 1410951041

Judul	Perancangan Prototipe Pengendalian Konsumsi Energi Listrik Ruang Kuliah Menggunakan Mikrokontroller Arduino ATmega 2560 Berbasis Jadwal Kuliah dan Penggunaan Sensor PIR	Roy Ebenezer Nainggolan
Program Studi	Teknik Elektro	1410951041
 <p>UNIVERSITAS ANDALAS Fakultas Teknik Universitas Andalas</p> <p>ABSTRAK</p> <p>Permasalahan yang masih terjadi mengenai energi listrik saat ini yaitu kurangnya kesadaran dalam penggunaan dan pengontrolan pemakaian energi listrik sehingga terjadi pemakaian energi listrik yang tidak efisien . salah satu konsumen terbesar saat ini yaitu perguruan tinggi atau kampus dimana pemakaian energi listrik ruang perkuliahan yang tidak efisien. Seperti permasalahan yang dihadapi Univeristas Andalas saat ini yaitu besarnya anggaran dana untuk pembayaran energi listrik sebesar Rp.720.000.000.</p> <p>penelitian ini dikembangkan teknologi pengontrolan energi listrik berbasis jadwal perkuliahan dan penggunaan sensor PIR dalam ruang kuliah dengan bantuan teknologi pintar saat ini seperti Arduino ATmega, RTC, dan relay untuk upaya penekanan biaya pembayaran energi listrik Universitas Andalas.</p> <p>Dari hasil penelitian ini didapati bahwa penggunaan sistem pengontrolan energi listrik dengan menggunakan jadwal perkuliahan dan penggunaan sensor mampu memberikan penekanan dari sisi jumlah energi yang digunakan dan pembiayaan energi listrik sebesar 38,69 % dari total penggunaan energi listrik sebelum menggunakan pengontrolan energi listrik tersebut.</p> <p>Kata kunci: Jadwal perkuliahan, Sensor PIR, Arduino ATmega, RTC, dan Relay</p>		

Title	Design prototype controlled electrical energy consume on classroom using Microcontroller ATmega 2560 base on lecture schedule and using PIR sensor	Roy Ebenezer Nainggolan
Major	Electrical Engineering	1410951041
Engineering Faculty Andalas University		
 <p style="text-align: center;">ABSTRAK</p> <p>The problem that happening today about electrical energy is lack of awareness on using and controlling electrical energy which is not efficient. The biggest consumer today is university that consuming electricity in classroom which is not efficient. As the problem faced today in andalas university most expensive electricity bill is amount Rp.720.000.000,</p> <p>So that in this experiment is developed controlled electrical energy technology based on lecture schedule and using PIR sensor on class with intelligence component such as Arduino ATmega, RTC, and relay for effort depressing bills of electricity use on Andalas university.</p> <p>Based on result of this experiment gained that using controlled electrical energy system with lecture schedule and sensor is given depress on electrical energy using and electrical energy bills which is 38.69 % from all of use electrical energy before using the system.</p> <p>Keyword: lecture schedule, PIR sensor, Arduino ATmega, RTC and Relay.</p>		

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR

ABSTRAK i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR GAMBAR vi

DAFTAR TABEL vii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 3

1.3. Batasan Masalah 4

1.4. Tujuan Penelitian 4

1.5. Manfaat Penelitian 4

1.6. Sistematika Penulisan 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1. Sistem 6

2.1.1. Karakteristik Sistem 7

2.2. Energi 7

2.2.1. Manajemen Energi 7

2.2.2. Metode Penghematan Energi 7

2.3. Audit Energi 8

2.3.1. Prosedur Audit Energi 8

2.4. Intensitas Konsumsi Energi 10

2.5. Kebutuhan Energi Listrik 12

2.6. Relay	12
2.7. Mikrokontroler Arduino	15
2.7.1. Jenis-jenis Papan Arduino	16
2.7.2. Arduino ATmega 2560.....	18
2.8. RTC (<i>Real Time Clock</i>)	21
2.9. Sensor PIR	22
2.10. Kipas Angin	22
2.11. Proyektor LCD	23
2.12. Lampu	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1. Diagram Alir	26
3.2. Prosedur Penelitian	27
3.2.1. Pengumpulan Data Parameter dan Melakukan Perhitungan Penggunaan Energi	27
3.2.2. Perancangan Sistem Pengendalian Menggunakan Proteus.....	27
3.2.3. Pembuatan Program Arduino	27
3.2.4. Pembuatan Alat	28
3.2.5. Simulasi Alat	28
3.2.6. Analisa Data dan Pembuatan Laporan	28
3.3. Jenis Penelitian	28
3.4. Desain Penelitian	29
3.5. Pengujian Sistem	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30

4.1. Pemodelan Sistem Menggunakan Proteus Sebagai Perancangan Simulasi Sistem Pereduksian Energi Listrik Berbasis Jadwal Perkuliahan	30
4.2. Pemodelan Sistem Pereduksian Energi Listrik Menggunakan Mikrokontroler ATmega 2560 Berbasis Jadwal Perkuliahan dalam Bentuk Prototype atau Miniatur Bentuk Ruang Perkuliahan	32
4.3. Hasil keluaran yang diperoleh dari miniatur dan analisa hasil keluaran miniatur	35
4.4. Perhitungan Jumlah Energi yang Digunakan Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pereduksian Energi Sesuai Jadwal Perkuliahan Diruangan Perkuliahan H Universitas Andalas	37
4.4.1. Perhitungan Penggunaan Energi Total pada Gedung Perkuliahan H Universitas Andalas dalam Waktu Satu Bulan Sebelum Dilakukan Pereduksian	38
4.4.2. Perhitungan penggunaan energi total pada gedung perkuliahan H Universitas Andalas dalam waktu satu bulan setelah dilakukan pereduksian menggunakan jadwal perkuliahan	40
4.5. Pereduksian Konsumsi Energi Listrik Berbasis Jadwal Perkuliahan Gedung H Universitas Andalas	44
BAB V PENUTUP	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Alur Audit Energi	10
Gambar 2.2 Relay	13
Gambar 2.3 Rangkaian penggerak relay	14
Gambar 2.4. Konstruksi relay normally open	14
Gambar 2.5 Konstruksi relay normally close	15
Gambar 2.6 Arduino USB (Arduino Uno).....	16
Gambar 2.7 Arduino mega	16
Gambar 2.8 Arduino Serial	17
Gambar 2.9 Arduino Fio	17
Gambar 2.10 Arduino Lilypad	17
Gambar 2.11 Arduino BT	18
Gambar 2.12 Arduino Mini/nano	18
Gambar 2.13 Arduino Mega	19
Gambar 2.14 RTC (Real Time Clock)	21
Gambar 2.15 Sensor PIR	22
Gambar 2.16 Kipas angin	23
Gambar 2.17 Proyektor LCD	24
Gambar 2.18 Lampu Pijar (<i>Incandescent Lamp</i>).....	24
Gambar 2.19 Lampu Lucutan Gas (<i>Gas-discharge Lamp</i>).....	25
Gambar 2.20 Lampu LED (<i>Light Emitting Diode</i>)	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2 Blok diagram perancangan desain sistem kontrol pada gedung	27
Gambar 4.1 Gambar desain sistem pada <i>Software</i> proteus 8 Professional	30
Gambar 4.2 Skema miniatur sistem pereduksian energi listrik	32
Gambar 4.3 Bagian pengontrolan sistem	33
Gambar 4.4 Bagian miniatur ruangan	33
Gambar 4.5 Program alat yang telah dirancang	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 besar daya pada ruangan ber-AC dan tidak ber-AC.....	11
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560	20
Tabel 4.1 Hasil pengujian pada alat dalam waktu satu minggu dengan variasi waktu	35
Tabel 4.2 Jenis beban dan konsumsi energi tiap beban dalam sebuah Ruangan	38
Tabel 4.3 Jadwal perkuliahan ruang kuliah H1.1. dalam satu minggu	40
Tabel 4.4 Perhitungan waktu penggunaan ruang kuliah pada gedung H sesuai jadwal kuliah	41
Tabel 4.5 Besar energi listrik yang digunakan pada setiap ruangan dalam sebulan sesuai jadwal perkuliahan	42



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik pada saat ini sudah menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat masa kini terlebih masyarakat perkotaan yang sangat bergantung pada energi listrik untuk melakukan kegiatan kesehariannya, baik untuk segi penerangan ataupun dari hal lainnya. Bagi sebagian besar negara-negara maju yang memiliki sumber energi listrik besar mungkin tidak akan dilakukan pembatasan penggunaan, namun berbeda dengan Indonesia yang memiliki sumber energi listrik yang kecil sangat perlu dilakukan pengefisienan energi listriknya [1]. Terlihat dari kemajuan teknologi dan kemajuan perekonomian negara, setiap daerah terlebih di daerah perkotaan akan sangat membutuhkan energi listrik sebagai sumber energi untuk menunjang dalam melakukan kegiatan manusia, sebagai contoh salah satunya yaitu universitas merupakan pengguna daya listrik dalam jumlah yang cukup besar dalam setiap kegiatan yang ada atau dilakukan didalamnya, baik dari segi penerangan ruangan maupun penggunaan alat listrik didalamnya seperti *infokus* dan juga kipas atau pendingin lainnya.

Dari permasalahan utama yang dihadapi pada saat ini di Universitas Andalas yaitu besarnya tagihan listrik yang dibayarkan pada perusahaan listrik negara (PLN) untuk penggunaan daya yang digunakan setiap bulannya sekitar Rp.720.000.000 [2]. Hal ini menjadi suatu kerugian besar bagi Universitas Andalas dikarenakan penggunaan daya listrik yang tidak terkontrol baik, sehingga berdampak pada tagihan listrik Universitas Andalas setiap bulannya. Permasalahan yang terjadi dilapangan pada saat ini, terlihat bahwa setiap ruangan perkuliahan banyak menggunakan daya listrik secara tidak terkontrol, terlihat ketika ruangan kuliah yang tidak digunakan pada waktu akademik perkuliahan, ruangan tersebut tetap mengkonsumsi daya listrik dengan menyalanya setiap peralatan listrik yang ada didalam ruangan, seperti lampu, kipas dan lain-lainnya. Sehingga pada saat ruangan tidak dioperasikan untuk kegiatan perkuliahan, ruangan tersebut tetap mengkonsumsi energi yang dapat dikatakan tidak berguna karena energi listrik

yang dikonsumsi ruangan tersebut tidak digunakan untuk membantu pada saat proses belajar mengajar .

Kemajuan teknologi yang berkembang pesat pada saat sekarang ini merupakan suatu peluang yang dapat dimanfaatkan menjadi salah satu cara atau metode dalam menyelesaikan suatu masalah yang dihadapi baik bagi perseorangan maupun suatu negara. Namun hal tersebut akan dapat berjalan dengan baik dengan adanya ilmu pengetahuan yang dapat dikuasai dan diaplikasikan dalam keseharian. Salah satunya yaitu teknologi yang berhubungan dengan pengontrolan yang dapat diterapkan pada semua peralatan maupun suatu sistem dalam membantu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi .

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang telah diciptakan banyak orang dalam sistem pengontrolan baik energi listrik ataupun beban yang ada pada sebuah bangunan, seperti pengontrolan menggunakan penggabungan antara mikrokontroler dan sistem wireless dalam pengontrolan pemakaian waktu penerangan ruangan . Kemudian pengontrolan energi listrik dengan menggunakan logika *fuzzy* dalam pengontrolan pencahayaan ruangan dan pengontrolan peralatan listrik dengan menggunakan komunikasi protocol TCP/IP yang dikontrol oleh mikrokontroler .

Berdasarkan gagasan yang akan dilaksanakan, penelitian ini memiliki perbedaan yang berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya, dimana penelitian ini akan dioperasikan dengan penjadwalan perkuliahan dan pembacaan sensor PIR yang berada pada ruang perkuliahan untuk meningkatkan pereduksian energi listrik yang ada disebuah gedung perkuliahan dan penelitian ini memiliki kelebihan dari sisi sistem pengontrolannya yang lebih mudah diterapkan pada sistem jaringan listrik sebuah gedung dan kelebihannya dari penelitian sebelumnya, sistem pengontrolan ini lebih sedikit membutuhkan biaya sewaktu penerapan dan pemasangannya terhadap jaringan listrik .

Berdasarkan hal tersebut, kebutuhan akan penggunaan energi listrik pada suatu bangunan atau gedung perkuliahan harus diperhatikan secara tepat agar dapat mengurangi penggunaan energi listrik dan pengurangan dari sisi pembayaran daya listrik yang digunakan. Mengingat pentingnya energi listrik dan berkurangnya

sumber energi konvensional setiap tahunnya, maka aktivitas di sebuah kampus disarankan dapat melakukan efisiensi energi listrik. Pada saat sekarang ini banyak cara atau metode dalam melakukan pengefisienan pemakaian energi listrik, konservasi energi merupakan salah satunya. Konservasi energi merupakan suatu cara yang sistematis, terpadu dan terencana dalam melestarikan energi dan meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Pemerintah juga menyarankan dan berusaha melakukan konservasi energi guna mengurangi banyaknya penggunaan daya listrik di setiap daerahnya. Adapun hal tersebut tercantum dalam Peraturan Pemerintah No.70 tahun 2009 pasal 10 [3]. Menjelaskan bahwa setiap perseorangan, badan usaha dan bentuk usaha tetap dalam kegiatan persediaan energi wajib melaksanakan konservasi energi. Dalam proses ini meliputi proses audit energi yaitu suatu metode untuk menghitung tingkat konsumsi energi pada suatu bangunan atau gedung yang dimana tujuan dari pengauditan energi ini nantinya untuk dilakukan perbandingan antara penggunaan energi listrik sebelum dan sesudah dilakukan audit energi dengan standar yang ditetapkan dan dilakukan pencarian solusi dalam melakukan penghematan konsumsi listrik yang digunakan jika tingkat konsumsi energinya melebihi standar baku yang ada.

Berdasarkan tujuan dan dasar pemikiran tersebut, oleh sebab itu penulis bertujuan melakukan penelitian dengan judul **“Perancangan Prototipe Pengendalian Konsumsi Energi Listrik Ruang Kuliah Menggunakan Mikrokontroler Arduino ATmega 2560 Berbasis Jadwal Kuliah dan Penggunaan Sensor PIR ”**. Penelitian ini nantinya diharapkan dapat menjadi suatu rekomendasi dalam penghematan konsumsi energi listrik di Universitas Andalas.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian yang akan dilaksanakan adalah :

1. Seberapa besar rekomendasi penghematan energi listrik pada ruang kuliah melalui pengendalian konsumsi energi listrik ?
2. Bagaimana metode yang efektif untuk pengendalian konsumsi energi listrik pada ruang kuliah di universitas andalas ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan di berikan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di Gedung perkuliahan H Universitas Andalas.
2. Pereduksian energi listrik hanya dilakukan dengan konsep efisiensi melalui penggunaan sistem *real time* penggunaan ruangan kuliah menggunakan sensor RTC , Arduino mega dan sensor PIR

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan adalah :

1. Menghitung potensi penghematan energi listrik pada ruangan kuliah melalui konsep pengendalian konsumsi energi listrik
2. Merekomendasikan langkah penghematan konsumsi energi listrik dari segi pengoptimalan waktu penggunaan di Gedung perkuliahan Universitas Andalas.
3. Merancang prototipe sistem pengendalian konsumsi energi listrik berbasis jadwal perkuliahan dan pembacaan sensor PIR

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai salah satu cara dan upaya dalam penekanan biaya penggunaan daya listrik dan pengoptimalan energi listrik yang digunakan pada ruang perkuliahan Universitas Andalas .



1.6. Sistematika Penulisan

Adapun Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah yang menjadi alasan penulis melakukan penelitian tersebut, tujuan penelitian yang menjadi fokus dilaksanakannya penelitian dan menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi kehidupan manusia kedepannya , Batasan masalah yang diberikan bertujuan agar penelitian terarah dan tidak keluar dari alur permasalahan yang dicari ,rumusan masalah diberikan untuk menerangkan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini, dan sistematika penulisan .

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisikan teori pendukung yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

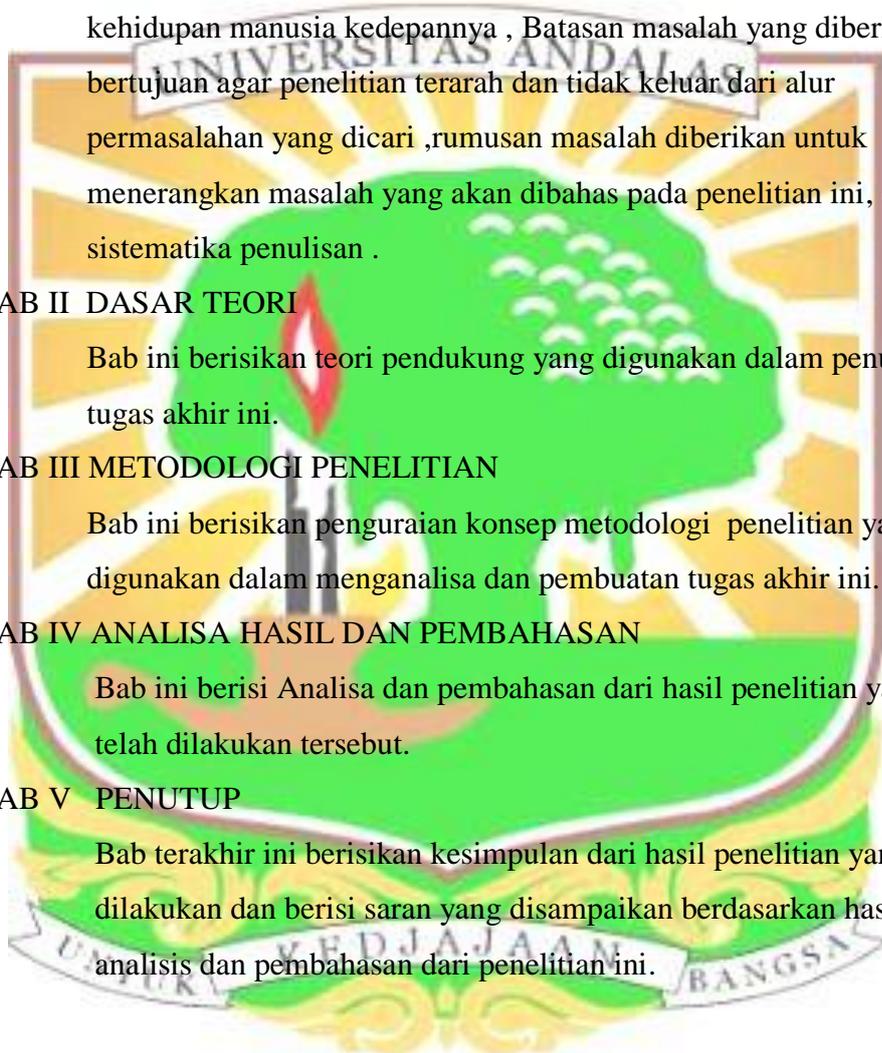
Bab ini berisikan penguraian konsep metodologi penelitian yang digunakan dalam menganalisa dan pembuatan tugas akhir ini.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi Analisa dan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan tersebut.

BAB V PENUTUP

Bab terakhir ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan berisi saran yang disampaikan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem

Sistem adalah sebuah satu kesatuan yang saling terikat dan berkesinambungan antara satu dengan yang lainnya dalam proses atau saat melakukan kerjanya. Adapun Beberapa pendapat menurut para ahli yang mendukung tentang pengertian sistem antara lain adalah :

1. Menurut Hall, sistem adalah sekelompok, dua atau lebih komponen - komponen yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan yang sama (common purpose) [5].
2. Menurut McLeod, sistem adalah sekelompok elemen Sling terkoneksi dengan maksud yang sama untuk mencapai suatu tujuan [6].
3. Menurut Lucas, sistem yaitu suatu himpunan komponen atau variabel yang terorganisir , terinteraksi ,dan saling terikat satu sama lain serta terpadu [7].
4. Menurut Wilkinson, sistem merupakan sebuah kerangka kerja terpadu yang mempunyai satu sasaran atau lebih. Sistem ini mengkoordinasikan sumber daya yang dibutuhkan untuk mengubah masukan-masukan menjadi keluaran. [8].

Dalam pendefinisian kata sistem yang ada, terdapat dua bagian besar yang sangat identik yaitu lebih kepada prosedur pelaksanaan dan pada komponen atau elemen yang ada pada sistem tersebut .

Menurut Jerry FitzGerald, Andra F. FitzGerald, Warren D. Stallings, Jr, mengatakan jika suatu sistem adalah suatu jaringan kerja yang saling berhubungan antar satu dengan yang lain dan melakukan suatu kegiatan untuk menyelesaikan suatu target tertentu yang telah ditetapkan [9] .

Sedangkan pengertian sistem yang dikemukakan oleh Jogiyanto yaitu suatu bentuk penguraian suatu sistem informasi yang utuh terhadap bagian-bagian komponen yang ada dengan tujuan dapat mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan, kesempatan-kesempatan, hambatan-hambatan yang

terjadi dan kebutuhan-kebutuhan yang diharapkan sehingga dapat diusulkan perbaikan-perbaikannya [10].

2.1.1. Karakteristik Sistem

Suatu sistem juga memiliki karakteristik atau sifat-sifat yang tertentu didalamnya yaitu :

1. Memiliki komponen (Components)
2. Memiliki batas sistem (Boundary)
3. Memiliki hubungan terhadap sistem luar (Enviroments)
4. Memiliki penghubung (interface)
5. Memiliki input maupun output
6. Dapat melakukan proses
7. Memiliki sasaran atau tujuan yang akan dicapai

2.2. Energi

Suatu Energi memiliki sifat abstrak dan sukar ditentukan, Namun dapat untuk dirasakan keberadaannya. Energi sering sering diibaratkan sebagai suatu tenaga. Menurut Caffal sebuah energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan tetapi energi tersebut dapat dilakukan modifikasi ataupun dilakukan perubahan bentuk fisik terhadap yang lain. Sehingga energi merupakan suatu kemampuan sistem untuk melakukan kerja pada sistem lainnya.

2.2.1. Manajemen Energi

Adapun PERMEN (Peraturan Menteri) ESDM No. 14 Tahun 2012 berisikan mengenai manajemen energi merupakan suatu kegiatan yang bertujuan pengendalian konsumsi energi untuk mencapai keefektifan dan keefisienan suatu keluaran energi melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis, termasuk energi dalam proses produksi maupun konsumsi bahan baku dan pendukung .

2.2.2. Metode Penghematan Energi

Energi merupakan suatu hal yang vital karena dibutuhkan oleh segala pihak, baik masyarakat ataupun perusahaan untuk proses kerjanya dan melihat persediaan

energi yang semakin sedikit, sehingga harus dilakukan penekanan pemakaian secara bijak agar tercapai keefisienan dan produktivitas yang maksimal dan juga harga harga energi yang tergolong mahal, maka diharapkan pemakaian dari energi tersebut lebih diefisienkan lagi pemakaiannya. Jadi dalam pengupayaan dalam menghemat energi dapat diarahkan kepada :

- a. Dapat menurunkan daya terpasang dengan meminimumkan beban peralatan/sistem dengan meningkatkan efisiensi kerjanya.
- b. Dilakukan pengurangan waktu kerja

Kemungkinan peluang penghematan yang dapat dilakukan pada suatu bangunan meliputi yaitu :

1. Memanfaatkan selubung bangunan untuk mengurangi panas didalam ruangan, seperti memanfaatkan jendela dan pintu
2. Pengendalian peluang penghematan energi listrik dengan cara penjadwalan start/stop sistem penerangan dan peralatan listrik lainnya .

2.3. Audit Energi

Audit energi adalah suatu cara yang dipakai untuk menghitung besarnya pemakaian energi dan mencari langkah atau cara penghematannya. Salah satu tujuan dari audit energi yaitu sebagai suatu cara mengetahui seberapa besar penggunaan energi dan pencarian solusi upaya peningkatan efisiensi energi tersebut.

Tahapan audit energi dapat dimulai dari melekaun survey data hingga pengujian data yang ada secara lengkap dan rinci, dilanjutkan dengan uji coba secara khusus yang telah dirancang untuk menghasilkan data baru yang diinginkan .

2.3.1. Prosedur Audit Energi

Menurut [11] kegiatan pada audit energi awal meliputi sebagai berikut :

1. Dokumentasi bangunan yang ada seperti gambar teknik bangunan sesuai pelaksanaan konstruksi .

2. Denah penginstalasian listrik dan cahaya seluruh lantai, *single line diagram* , beserta penggunaan daya listrik dan besarnya sambungan daya ke PLN dan Genset
3. pembayaran tagihan listrik bulanan bangunan gedung

Adapun berikut merupakan beberapa tahapan audit energi yang dapat dilakukan yaitu :

a. Audit energi singkat

Adapun tujuan dilakukannya energi singkat yaitu untuk mengidentifikasi adanya kemungkinan kebocoran energi dan upaya dalam penanganan konversi energi. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data primer dan dilakukan pengukuran sehingga dapat diperoleh titik penggunaan listrik yang terbesar.

Hasil keluaran dari pelaksanaan audit energi singkat ini yaitu :

1. Ditemukannya titik pemborosan energi
2. Besar pemborosan yang terjadi dan cara penghematan yang dapat dilakukan
3. Potensi perbaikan IKE
4. Langkah – langkah yang dilakukan untuk penghematan energi melalui langkah sederhana yaitu unvestasi menengah dan tinggi .

b. Audit Energi Lengkap

Adapun tujuan dilakukannya Audit energi lengkap untuk mengkaji energi dalam studi kelayakan terutama dalam hal investasi untuk mencapai penghematan energi yang optimal. Pada Audit energi lengkap yang ,menjadi fokus yaitu peralatan dan sub-sistem atau seluruh kesatuan sistem.

Beberapa keluaran atau hasil dari audit detail meliputi :

1. memberitahu informasi rinci mengenai keenergiaan yang diteliti
2. mengetahui potensi dan pilihan tindakan konservasi energi
3. spesifikasi peralatan atau teknologi yang akan diinvestasikan

C. Audit energi rinci

Adapun dilakukannya audit energi rinci ini dikarenakan jika nilai IKE lebih besar dari target yang ditetapkan, sehingga perlu dilakukan :

1. Penelitian dan pengukuran pemakaian energi sehingga memberikan nilai gambaran intensitas konsumsi energi (IKE) listrik yang melebihi nilai target yang ditetapkan ;
2. Pengauditan energi rinci supaya mendapatkan bentuk informasi penggunaan energi pada sebuah bangunan dan juga diketahui pula peralatan listrik mana yang mengkonsumsi energi yang besar ; [10].



Gambar 2.1 Proses Alur Audit Energi

2.4. Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE), yaitu besarnya jumlah pemakaian energi dalam pada sebuah gedung yang dapat dinyatakan dalam kWh/m² pertahun. Menurut PERMEN ESDM No.13 Tahun 2012 Tentang penghematan pemakaian energi listrik memiliki spesifikasi perluas lantai ber AC ataupun tanpa AC yaitu sebagai berikut :

1. jika rasio luas lantai ber-AC terhadap luas lantai total gedung kecil dari 10% (rasio < 10%), maka gedung tersebut golongan ruangan tanpa AC, sehingga :

$$IKE = \frac{\text{Total konsumsi energi}}{\text{luas lantai total}} \quad (2.1)$$

2. jika rasio luas lantai ber-AC terhadap luas lantai total gedung besar dari 90% (rasio > 90%), maka gedung tersebut termasuk gedung ber-AC. Sehingga persamaannya :

$$IKE = \frac{\text{konsumsi energi AC}}{\text{luas lantai ber-AC}} + \frac{\text{total konsumsi energi} - \text{konsumsi energi AC}}{\text{luas lantai total}} \quad (2.2)$$

3. jika rasio luas lantai ber-AC terhadap luas lantai total gedung besar dari 10% dan kecil dari 90% (10% < rasio < 90%), maka gedung tersebut termasuk gedung yang ber-AC dan tanpa AC. Sehingga persamaan menjadi :

a. konsumsi energi per luas lantai tanpa AC

$$IKE = \frac{\text{total konsumsi energi} - \text{konsumsi energi AC}}{\text{luas lantai total}} \quad (2.3)$$

b. konsumsi energi per luas lantai ber-AC, persamaannya sama dengan persamaan 2.2 [12].

Menurut buku pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (Teknik Audit Energi Diknas : 2006) untuk menentukan prestasi penghematan energi listrik pada sebuah bangunan dapat berpedoman pada standar IKE yang diperlihatkan oleh tabel berikut :

Tabel 2.1 besar daya pada ruangan ber-AC dan tidak ber-AC [12].

Ruangan dengan AC	(kWh/m ² /bulan)	Ruangan tanpa AC	(kWh/m ² /bulan)
Sangat Efisien	4,17 - 7,92	Sangat Efisien	
Efisien	7,92 - 12,08	Efisien	
Cukup efisien	12,08 - 14,58	Cukup efisien	0,84 - 1,67
Cenderung tidak efisien	14,58 - 19,17	Cenderung tidak efisien	1,67 - 2,50
Tidak efisien	19,17 - 23,75	Tidak efisien	2,50 - 3,34
Sangat tidak efisien	23,75 - 37,50	Sangat tidak efisien	3,34 - 4,17

Adapun berdasarkan SNI 03-6169-2000 untuk menghitung besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dapat diperoleh dengan cara :

1. Spesifikasi luas bangunan dan luas total keseluruhan bangunan (m^2)
2. Besarnya penggunaan energi dalam satu tahun (kWh/tahun)
3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung dalam satu tahun (kWh/tahun)
4. Biaya energi bangunan (Rp/kWh)

2.5 Kebutuhan Energi Listrik

Besarnya Pemakaian energi listrik dinyatakan dalam satuan kilowatt-hours (kWh), penetapan biaya berlangganan energi listrik didasarkan pada besarnya energi listrik yang dipakai selama waktu tertentu [22].

$$W = n \cdot P \cdot t \quad (2.4)$$

Sehingga diperoleh persamaan untuk mengetahui besarnya biaya pemakaian listrik dalam waktu tertentu yaitu :

$$\text{Biaya pemakaian listrik} = W \times \text{tarif listrik per kWh} \quad (2.5)$$

Keterangan :

W = energi listrik (Wh)

n = jumlah peralatan listrik

P = daya listrik (W)

t = waktu penggunaan peralatan listrik (jam)

2.6. Relay

Relay merupakan sebuah saklar otomatis yang dikendalikan oleh arus listrik. Relay memiliki kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada inti yang mempunyai sebuah armatur besi yang akan bergerak menuju inti jika dibeikan arus pada kumparan. Armatur tersebut juga memiliki sebuah tuas pegas yang dimana jika armatur tertarik menuju kumparan maka dengan bersamaan akan berubah posisinya dari kontak normal tertutup menjadi kontak normal terbuka .

Relay dalam rangkaian elektronika dapat dapat berfungsi sebagai sebuah eksekutor dan interface antara sistem kendali dan beban yang ada dengan berbeda sistem powersupplynya.



Gambar 2.2 Relay

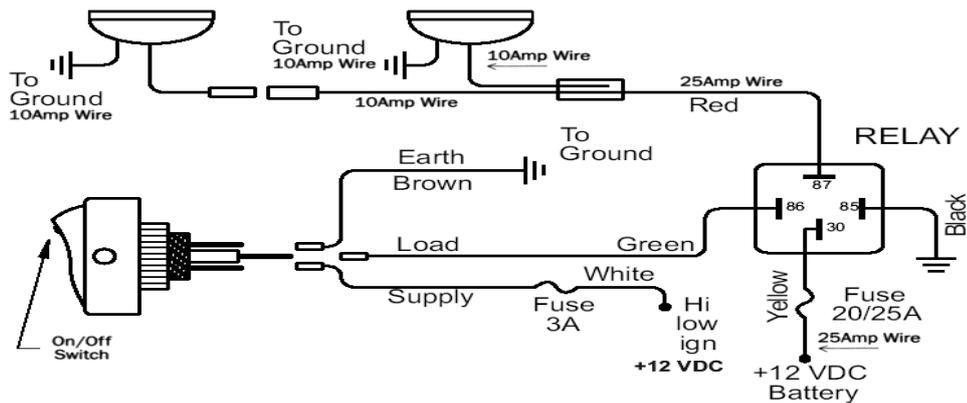
Relay dapat difungsikan dalam pengontrolan motor AC dengan menggunakan rangkaian DC atau beban lainnya dengan syarat tegangan yang berbeda antara tegangan beban dan kontrol.

Adapun beberapa bentuk pengaplikasian dari relay sebagai berikut :

1. Sebagai pengontrolan ON/OFF beban dengan sumber tegangan yang berbeda
2. Sebagai selektor
3. Sebagai pengeksekusi rangkaian delay
4. Sebagai proteksi atau pemutus jika arus berlebih pada saat tertentu.

Adapun relay memiliki sifat sebagai berikut :

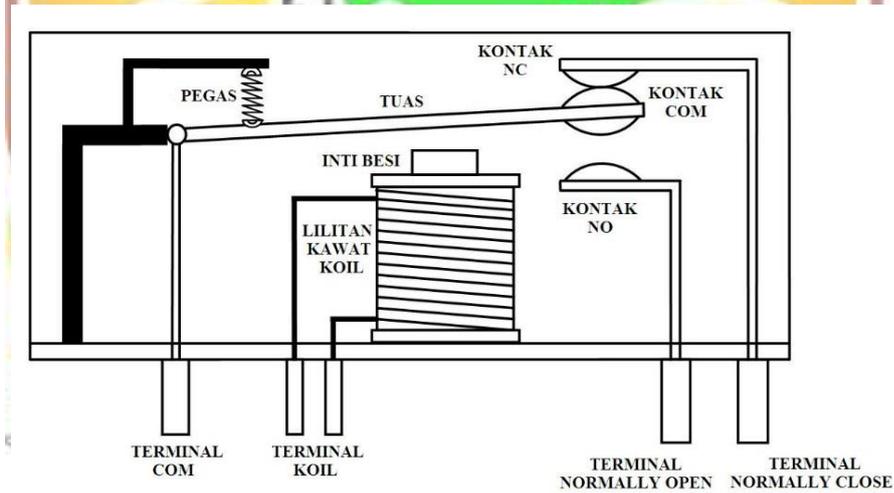
1. Impedansi Kumparan, besarnya sebuah impedansi ditentukan oleh ketebalan kawat yang digunakan dan banyaknya lilitan yang digunakan. Biasanya memiliki nilai 1-50 K Ω untuk menghasilkan daya hantar yang optimal
2. besarnya daya dalam pengoperasiannya sama besarnya dengan nilai tegangan dikalikan arus yang mengalir .
3. banyaknya kontak jangkar yang dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung pada jenis relay. Jarak antara kontak menentukan seberapa besar tegangan maksimum yang diizinkan dapat mengalir [14].



Gambar 2.3 Rangkaian penggerak relay [13]

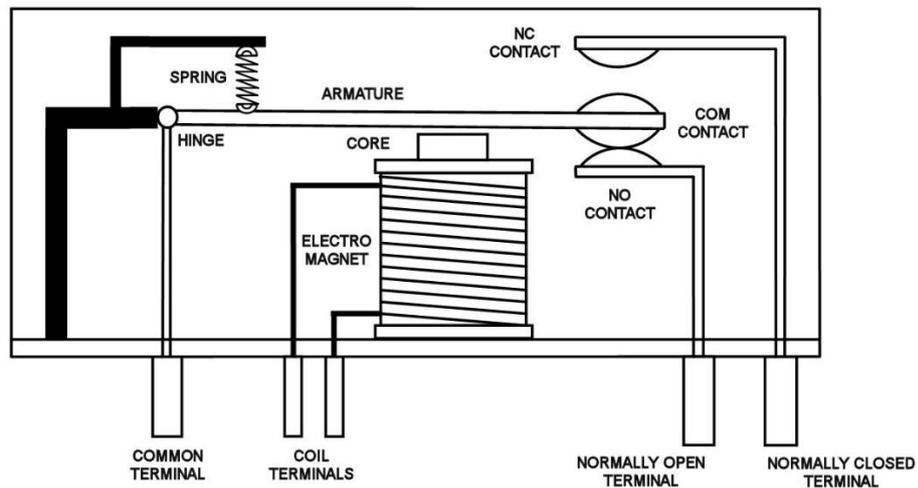
Relay pada dasarnya memiliki 3 kondisi kontaktor, posisi relay ini akan berubah setiap waktu jika pada relay diberikan tegangan pada elektromagnetnya . Adapun ketiga kondisi tersebut yaitu :

1. Posisi *normally open* (NO), ialah pada saat posisi saklar relay terhubung dengan terminal NO



Gambar 2.4. Konstruksi relay normally open

2. Posisi *Normally Close* (NC), ialah pada saat posisi saklar relay terhubung dengan terminal NC . hal ini akan terjadi bila relay tidak dialiri tegangan sumber pada elektromagnetnya .



Gambar 2.5 Konstruksi relay normally close

- Posisi *Change Over* (CO), ialah pada saat posisi terjadi perubahan armatur saklar pada relay dari kondisi NC ke NO maupun sebaliknya . hal ini terjadi pada saat sumber tegangan yang diberikan atau diputuskan pada elektromagnet relay.

2.7. Mikrokontroler Arduino

Arduino merupakan platform dari sebuah physical computing yang bersifat *open source*. Arduino alat sebuah kombinasi dari hardware, *integrated development enviroment* (IDE) dan bahasa pemrograman yang diaplikasikan dalam bentuk sebuah alat yang canggih. IDE merupakan sebuah aplikasi ataupun software yang sangat berperan aktif dalam membuat , mengkompile sebuah program menjadi sebuah kode biner dan memasukkan kedalam memori mikrokontroler. Perkembangan alat saat ini banyak yang menggunakan arduino dan banyak senosr-sensor lainnya yang dibuat untuk dikoneksikan terhadap arduino sebagai sistem kontrolnya .

Komponen utama pada sebuah papan arduino yaitu sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk Atmega yang diciptakan oleh perusahaan Atmel Corporation [17].

2.7.1. Jenis-jenis papan Arduino

Saat ini banyak macam bentuk dari papan arduino yang sudah ada yang dapat disesuaikan untuk kebutuhannya yaitu sebagai berikut :

a. Arduino USB

Arduino ini menggunakan USB sebagai penghubung antar muka pemrograman . contohnya Arduino Uno, Arduino *Duemilanove*, Arduino *Diecimia*, Arduino NG Rev.C, Arduino NG (*Nouva Generazione*), Arduino *Extreme* dan Arduino *Extream v2*, Arduino USB dan Arduino Usb v2.0.



Gambar 2.6 Arduino USB (Arduino Uno)

b. Arduino Mega

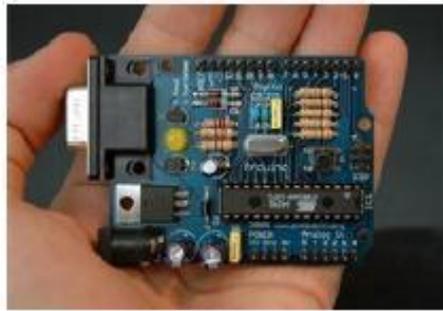
Arduino ini memiliki spesifikasi dengan dilengkapi pin digital dan analog, port serial dan lainnya comtohnya arduino mega dan arduino mega 2560.



Gambar 2.7 Arduino Mega

c. Arduino serial

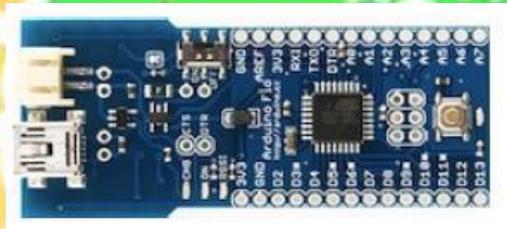
Arduino ini menggunakan RS232 sebagai antar muka dalam proses pengkomunikasian . contohnya, arduino serial dan arduino serial v2.0.



Gambar 2.8 Arduino Serial

d. Arduino FIO

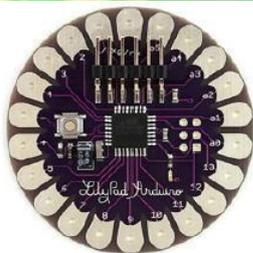
Arduino ini difungsikan untuk penggunaan nirkabel



Gambar 2.9 Arduino Fio

e. arduino Lilypad

sebuah papan arduino berbentuk melingkar . Contoh: Lilypad Arduino 00, Lilypad Arduino 01, Lilypad Arduino 02, Lilypad Arduino 03, Lilypad Arduino 04.



Gambar 2.10 Arduino Lilypad

f. Arduino Bluetooth (BT)

Dalam papan arduino ini terdapat modul bluetooth sebagai pengkomunikasian nirkabel.



Gambar 2.11 Arduino BT

g. Arduino Mini dan arduino nano

Papan arduino yang berbentuk mini dan digunakan didalam breadboard.
Contoh : Arduino nano 3.0, Arduino nano 2.x , arduino mini 04, Arduino mini 03, arduino stamp 02.



Gambar 2.12 Arduino Mini/nano [17]

2.7.2. Arduino Mega 2560

Arduino Mega merupakan suatu jenis *single board mikrokontroler* arduino . Arduino mega atau arduino mega 2560 menggunakan mikrokontroler Atmega 2560 Arduino Mega atau yang sering disebut Arduino Mega 2560 menggunakan mikrokontroler ATmega2560. ATmega2560 merupakan mikrokontroler 8 bit dengan arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computing) produksi Atmel. ATmega2560 juga memiliki beberapa periferal seperti ADC (Analog to Digital Converter) 10 bit, komunikasi USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), komunikasi SPI (Serial Peripheral Interface), dan berbagai periferal lainnya [11]. Memori Atmega 2560 yaitu sebesar 256 KB memori flash dalam penyimpanan kode atau program, 8 KB EEPROM dan 8 KB

SRAM juga memiliki 54 pin masukan ataupun keluaran, menggunakan fungsi `pinmode ()`, `digitalWrite ()`, `digital read ()`. Pemrograman arduino MEGA 2560 dilakukan dengan menggunakan arduino software (IDE). Pada arduino mega 2560 telah diisi dengan bootloader yang mempermudah melakukan pemrograman tanpa menggunakan hardware lain. Hanya cukup dengan menghubungkan arduino mega dengan sebuah komputer atau PC dengan sebuah bantuan kabel USB sebagai perantara untuk mengupload data program yang telah dibuat ke mikrokontrolernya. Mikrokontroler Atmega 2560 juga dilengkapi dengan polyfuse yang dapat direset untuk melindungi port usb dari korsleting arus listrik .

Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

- **Serial**, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh chip USB-to-TTL ATmega16U2
- **External Interrupts**, yaitu pin 2 (untuk interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah interrupt yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi `attachInterrupt()` untuk mengatur interrupt tersebut.
- **PWM**: Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`
- **SPI** : Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI Library
- **LED** : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13. Set HIGH untuk menyalakan led, LOW untuk memadamkan nya.
- **TWI** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan Wire Library

Arduino Mega 2560 R3 memiliki 16 buah input analog. Masing-masing pin analog tersebut memiliki resolusi 10 bits (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara default, pin-pin tersebut diukur dari ground ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi `analogReference()`. Beberapa in lainnya pada board ini adalah :

- AREF. Sebagai referensi tegangan untuk input analog.
- Reset. Hubungkan ke LOW untuk melakukan reset terhadap mikrokontroller. Sama dengan penggunaan tombol reset yang tersedia.

Berikut merupakan tabel spesifikasi dari sebuah arduino Atmega 2560 :

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega 2560 [18]

Mikrokontroler	Atmega2560
Tegangan Operasi	5 Volt
Input Voltage (disarankan)	7 - 12 Volt
Input Voltage (batas akhir)	6 - 20 Volt
Digital I/O Pin	54 buah,6 diantaranya menyediakan pwm output
Analog Input Pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk Bootloader
SRAM	8 KB (Atmega2560)
EEPROM	4 KB (Atmega2560)
Clock Speed	16 MHz

2.8. RTC (*Real Time Clock*)

RTC (*real time clock*) merupakan sebuah chip yang berfungsi sebagai pewaktu yang sama sistem kerjanya dengan jam digital dimulai dari detik hingga tahun dengan akurat dan dapat menyimpan waktu tersebut secara *real time* . salah satu contoh dari RTC tersebut adalah DS3231 dengan menggunakan kompensasi suhu kristal osilator yang terintegrasi (TCX0). TCX0 memberikan tingkat keakuratan pada RTC sekitar +2 menit per tahunnya dan memberikan waktu yang relatif stabil dan akurat. Adapun besar frekuensi kelarannya yaitu 32 kHz [19].



Gambar 2.14 RTC (Real Time Clock)

Adapun spesifikasi dari RTC (*real time clock*) :

- a. Jam Real Time Menghitung Detik, Menit, Jam, Tanggal Bulan, Bulan, Hari dalam Seminggu, dan tahun, dengan Kompensasi Tahun Lawan Berlaku Hingga 2100
- b. Tegangan operasi: 3,3-5,55 V
- c. Akurasi $\pm 2\text{ppm}$ dari 0°C sampai $+40^\circ\text{C}$
- d. Akurasi $\pm 3.5\text{ppm}$ dari -40°C sampai $+85^\circ\text{C}$
- e. Digital Temp Sensor Output: $\pm 3^\circ\text{C}$ Akurasi
- f. Active-Low RST Output / Pushbutton Reset Debounce Input
- g. Output Programmable Square-Wave Output
- h. Kecepatan data transfer I2C Interface (400kHz)
- i. Low Power Operation Memperpanjang Waktu Jalankan Baterai-Cadangan
- j. Rentang Suhu Operasional: Komersial (0°C sampai $+70^\circ\text{C}$) dan Industri (-40°C sampai $+85^\circ\text{C}$)
- k. Chip jam: chip clock presisi tinggi DS3231
- l. Ketepatan Jam: Kisaran 0-40, akurasi 2ppm, kesalahannya sekitar 1 menit
- m. Output gelombang persegi yang dapat diprogram Chip memori: AT24C32 (kapasitas penyimpanan 32K)

- n. Antarmuka bus IIC, kecepatan transmisi maksimal 400KHz (tegangan kerja 5V)
- o. Dengan baterai isi ulang CR2032, untuk memastikan sistem setelah power

2.9. Sensor PIR (*passive infrared receiver*)

Sensor PIR (*passive infrared receiver*) merupakan sebuah komponen elektronika yang berbasis infrared . Sensor PIR hanya bekerja dengan cara merespon energi atau pancaran sinar infrared pasif yang dimiliki sebuah benda yang dideteksi olehnya seperti tubuh manusia. Pada sensor PIR terdapat beberapa komponen yang memiliki fungsinya masing-masing yaitu IR filter , *pyroelectric* sensor, amplifier fresnel lens dan juga komparator. Sensor PIR juga bekerja dengan menangkap energi panas yang dihasilkan oleh benda yang melewatinya dengan suhu benda diatas nol mutlak. Kemudian suhu tersebut ditangkap oleh *pyroelectric* sensor yang merupakan suatu bagian inti dari sensor PIR sehingga dihasilkan listrik dari kandungan yang ada didalamnya yaitu *galium nitrida*, *caesium nitrat* dan *litium tantalate* proses ini disebabkan energi panas yang dihasilkan benda yang memancarkan infrared dan mengenai sensor *pyroelectric* proses tersebut hampir serupa dengan proses perubahan energi panas pada solar cell. Kemampuan sensor PIR dalam menangkap atau menyaring panjang gelombang infrared sekitar 8 sampai 14 mikrometer dan jarak jangkauan sensor PIR sekitar 30 centimeter hingga 10 meter



Gambar 2.15. sensor PIR

2.10. Kipas Angin

kipas angin merupakan suatu alat listrik yang menggunakan motor dalam pengoperasiannya yang berfungsi sebagai penghasil angin dan penyebar

ruangan, maupun pengering . perkembangan kemajuan teknologi juga mempengaruhi bentuk dan ukuran kipas angin hingga saat ini ditemukan kipas angin mini portabel yang dapat dipegang dan dibawa kemana saja dengan menggunakan prinsip penyimpanan energi pada baterai litium dan banyak jenis kipas lainnya yang berfungsi sebagai penghasil angin untuk menjaga suhu udara .

kipas angin dapat dikendalikan kecepatannya melalui 3 cara yang umum yaitu dengan menggunakan pemutar pada kipas atau saklar , tari penali ataupun remote control dan juga perputaran kipas angin dapat digolongkan menjadi 2 bagian yaitu berbentuk arah centrifugal dan axial.



Gambar 2.16 Kipas Angin

2.11. Proyektor LCD

Proyektor LCD merupakan alat proyeksi atau menampilkan sebuah unsur media dalam bentuk gambar, teks, video, animasi maupun lainnya yang dapat dikoneksikan dengan perangkat lainnya .

Menurut [20], Proyektor LCD merupakan suatu alat yang difungsikan untuk mempresentasikan suatu media dengan tampilan gambar maupun teks .

Sehingga Proyektor LCD merupakan sebuah alat yang mampu menampilkan suatu unsur yang berjenis gambar, teks , video, animasi dan juga dapat dikoneksikan dengan perangkat digital lainnya .



Gambar 2.17 proyektor

2.12. Lampu

Lampu merupakan suatu alat listrik yang dapat menghasilkan cahaya buatan saat dialiri listrik. Adapun beberapa jenis listrik yang digunakan pada sekarang ini yaitu [21] :

a. Lampu Pijar (*Incandescent Lamp*)

lampu pijar merupakan jenis lampu yang dapat menghasilkan cahaya dengan cara memanaskan kawat filamen yang ada didalam bola kaca yang berisi gas nitrogen, argon, kripton ataupun hidrogen . lampu pijar yang ada memiliki tegangan listrik berkisar 1,5 hingga 300 V. Lampu jenis ini dapat bekerja pada arus DC maupun AC dan banyak digunakan dalam penerangan jalan maupun pada lampu mobil . Pada umumnya umur pakai lampu pijar selama 1000 jam dan memerlukan energi listrik yang lebih besar dibandingkan dengan jenis lampu lainnya. Salah satu contoh lampu pijar yaitu lampu halogen .



Gambar 2.18 Lampu Pijar (*Incandescent lamp*)

b. Lampu Lucutan Gas (*Gas- discharge lamp*)

Lampu lucutan gas merupakan lampu listrik yang mampu menghasilkan cahaya dengan mengirimkan lucutan listrik melalui gas yang terorganisir. Gas

yang digunakan adalah gas mulia seperti argon, neon, kripton dan xenon. Lampu lucutan ini juga menggunakan bahan tambahan seperti merkuri, Natrium dan Halida logam. Adapun contoh jenis lampu ini yaitu lampu Fluorescent, Lampu Neon, Lampu Xenon Arc dan Mercury Vapor Lamp.



Gambar 2.19 Lampu Lucutan Gas (*Gas-discharge Lamp*)

c. Lampu LED (*light emitting diode*)

Lampu LED merupakan lampu listrik yang bekerja dengan menggunakan komponen elektronika LED untuk menghasilkan cahaya . LED merupakan sebuah Dioda yang dapat memancarkan cahaya monokratik sewaktu diberi tegangan bias maju. Kelebihan dari penggunaan lampu LED ini yaitu lebih hemat (*saving*) energi, lebih lama waktu kerjanya dan tidak megandung bahan berbahaya didalamnya. Namun harga dari sebuah lampu LED masih cukup mahal dibandingkan dengan lampu lainnya. Lampu LED memiliki daya tahan hingga 25.000 jam .



Gambar 2.20 Lampu LED (*Light Emitting Diode*)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Metodologi yang akan penulis gunakan dalam tugas akhir ini adalah, sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

ruangan tersebut yang telah diinput dan diatur menggunakan program yang ada menggunakan *software* Arduino.

3.2.4. Pembuatan Alat

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan atau perancangan alat sederhana sebagai pensimulasian langsung untuk mengetahui bekerja atau tidaknya perancangan sistem dan program yang telah dibuat .

3.2.5. Simulasi Alat

Pengujian ini dilakukan untuk melihat program dan desain sistem yang telah dibuat dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana .

3.2.6. Analisa Data dan Pembuatan Laporan

Hasil dari perancangan sistem dan program dianalisis serta dilakukan evaluasi dan disempurnakan baik tampilan dan hasilnya , kemudian dilakukan pembuatan laporan hasil dari simulasi sistem tersebut .

3.3. Jenis Penelitian

Berdasarkan tujuan dan manfaat tugas akhir ini, maka penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian yang bersifat aplikatif (pengaplikasian), dimana penelitian ini merupakan pemecahan terhadap suatu masalah tertentu dan merupakan sebuah sistem yang dirancang dengan dasar pemrograman dan jaringan distribusi listrik dalam sebuah gedung perkuliahan dan dengan berpedoman pada data primer yang relevan. Aplikasi yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu dapat digunakan sebagai salah satu metode dalam mereduksi penggunaan energi listrik pada sebuah gedung perkuliahan ataupun tempat lainnya. Adapun jika ditinjau dari sifat-sifat masalah yang akan dihadapi maka dapat dikatakan penelitian ini bersifat studi kasus dan eksperimen.

3.4. Desain Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi penggunaan energi listrik pada gedung perkuliahan di universitas andalas dengan menggunakan metode pengontrolan konsumsi energi listrik berdasarkan waktu penggunaan setiap ruangan.

3.5. Pengujian Sistem

Output dari pengujian sistem berikut yaitu berupa sistem yang dapat mengatur kinerja daya listrik yang mengalir pada setiap ruangan yang terhubung dengan beban yang ada didalamnya sesuai dengan waktu atau jam akademik penggunaan ruangan tersebut menggunakan program yang telah dirancang.

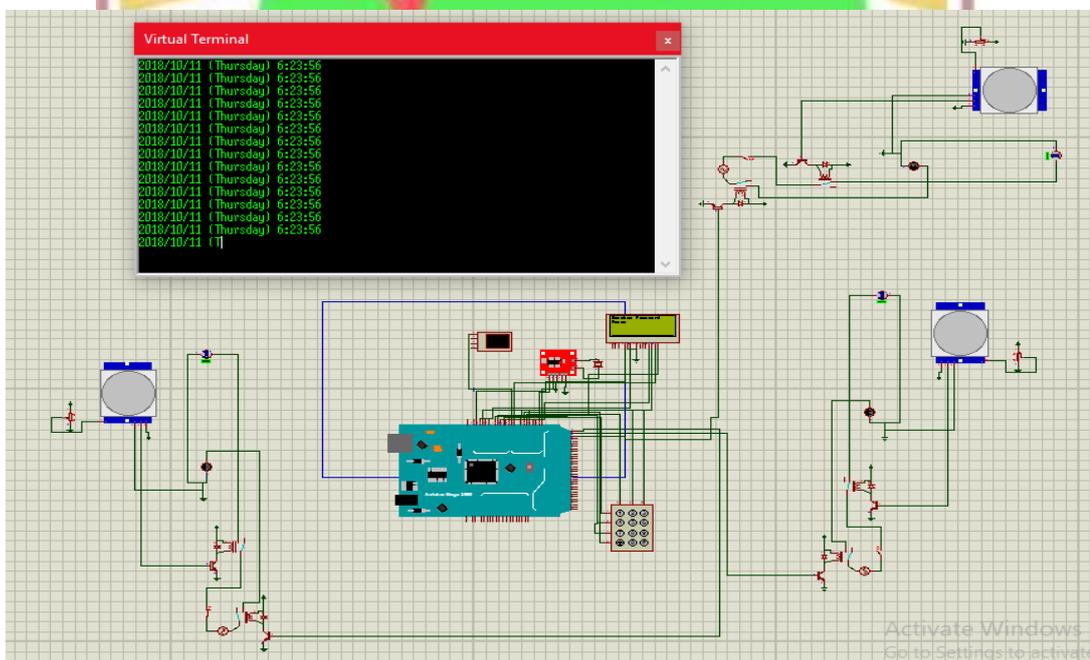


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan mengenai hasil dan pembahasan dari penelitian mengenai Perancangan Model Pengendalian Konsumsi Energi Listrik Ruang Kuliah Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Jadwal Kuliah .

4.1. Pemodelan Sistem Menggunakan Proteus Sebagai Perancangan Simulasi Sistem Pereduksian Energi Listrik Berbasis Jadwal Perkuliahan

Pada penelitian ini dilakukan pensimulasian sistem pereduksian energi listrik berbasis jadwal perkuliahan menggunakan *software* Proteus 8 professional sebagai *software* untuk mendesain sistem yang akan dilakukan dan *software* Arduino untuk media pemrograman sistem tersebut. Adapun bentuk desain yang telah dirancang seperti gambar berikut :



Gambar 4.1. Gambar desain sistem pada *Software* proteus 8 professional

Pada gambar desain simulasi tersebut terdapat sebuah Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Sebagai pusat pengontrolan sistem yang akan menjalankan sistem dari program yang telah dirancang, kemudian sebuah RTC sebagai pewaktu digital yang akan menjadi pengontrol waktu dari program yang ada, kemudian

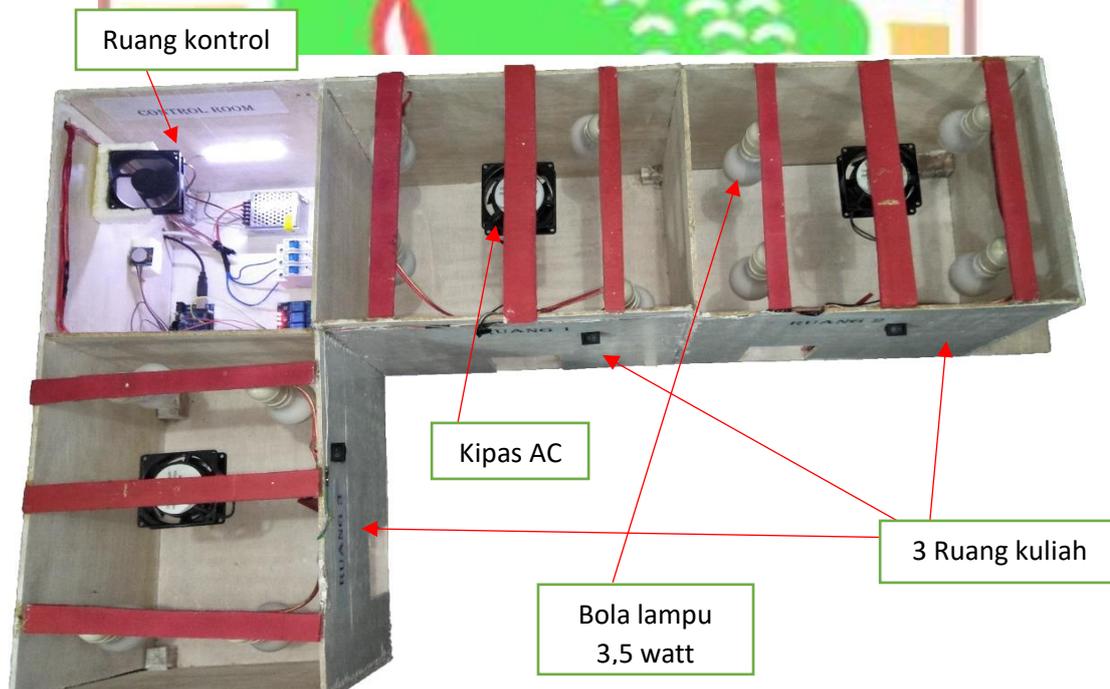
terdapat dua buah relay sebagai penghubung dan pemutus jaringan yang dikontrol kerjanya oleh Arduino Mega 2560, kemudian adanya sensor PIR yang berfungsi sebagai pendeteksi adanya sinyal infrared yang dipantulkan oleh makhluk hidup (manusia) yang berfungsi sebagai tambahan sensor pengerak kerja relay untuk menghubungkan jaringan ke beban dan penambahan motor DC, lampu sebagai pengganti kipas angin dan lampu pada desain simulasi *proteus* .

Kemudian desain tersebut akan dimasukkan program yang telah dirancang pada *software* Arduino sesuai jadwal perkuliahan yang ditentukan setiap ruangan. Program Arduino yang telah dirancang berfokus pada penginputan waktu jadwal perkuliahan yang dibaca oleh RTC dan pembacaan sinyal infrared terhadap sensor PIR untuk menjalankan relay dan menghubungkan sistem ke jaringan atau beban .

Dari pendesainan dengan menggunakan *software proteus* dan Arduino ini dapat dilihat sistem kerja dari pengontrolan yaitu pada panel jaringan listrik dilakukan penambahan sistem pengontrolan yang dapat menggerakkan sebuah relay untuk menghubungkan jaringan listrik sesuai jadwal perkuliahan kemudian jaringan listrik yang telah terhubung akan disambungkan kembali terhadap sensor pir yang dipasang seri terhadap jaringan listrik ruang perkuliahan yang berfungsi untuk membaca ada tidaknya pergerakan dan sinyal infrared pada ruang perkuliahan dan berfungsi untuk memberikan masukan dan menggerakkan relay kedua untuk menghubungkan jaringan listrik terhadap beban yang terdapat diruangan perkuliahan. Sensor PIR akan membaca setiap saat keadaan ruangan perkuliahan untuk mempertahankan relay agar tetap memnghubungkan jaringan dengan beban yang ada, sehingga pada sistem ini akan bekerja 2 relay yang bernilai logika sama atau terhubung agar jaringan dapat terhubung kepada beban. Jika salah satu relay tidak terhubung atau bekerja maka jaringan akan terputus kepada beban. Pada perancangan simulasi juga diberikan tambahan panel keypad sebagai inputan manual untuk menghubungkan jaringan secara langsung tanpa menggunakan penjadwalan perkuliahan yang berguna untuk penggunaan ruang kuliah diluar jadwal dan waktu perkuliahan.

4.2. Pemodelan Sistem Pereduksian Energi Listrik Menggunakan Mikrokontroler ATmega 2560 Berbasis Jadwal Perkuliahan dalam Bentuk Prototype atau Miniatur Bentuk Ruang Perkuliahan

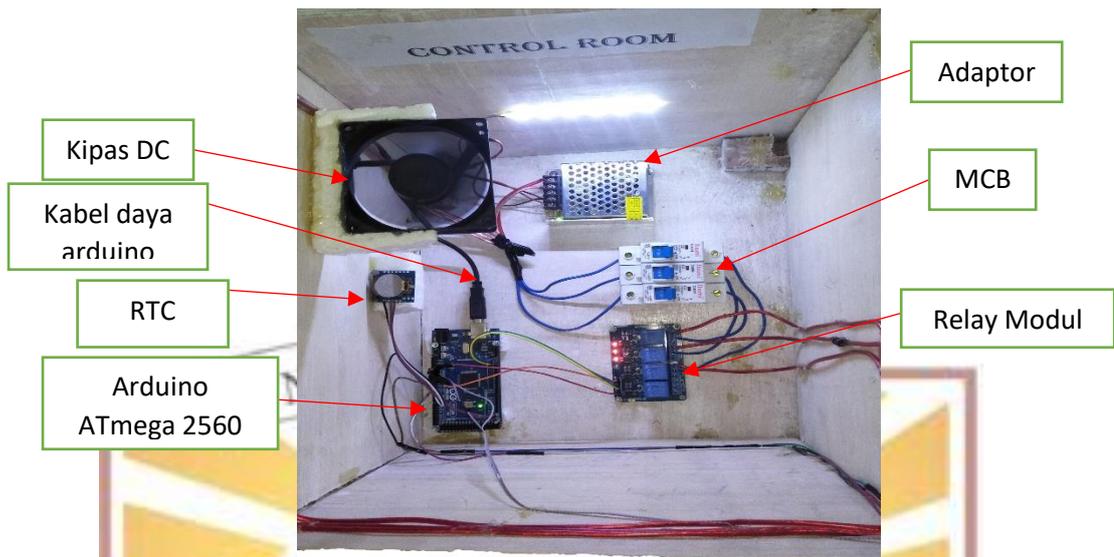
Setelah dilakukan perancangan desain dan pemrograman menggunakan *software proteus* dan *software arduino* maka dilakukan pengaplikasian perancangan tersebut terhadap sebuah prototype atau model berbentuk miniatur berupa jaringan listrik sebuah gedung, ruang perkuliahan dengan beban listrik yang terdapat didalamnya dan bentuk sistem pereduksian yang telah dirancang untuk memperlihatkan cara kerja sistem yang telah dirancang berjalan secara *real* dalam bentuk miniatur. Berikut merupakan bentuk dan desain ruang perkuliahan yang telah dirancang menggunakan sistem dalam wujud miniatur .



Gambar 4.2. skema miniatur sistem pereduksian energi listrik

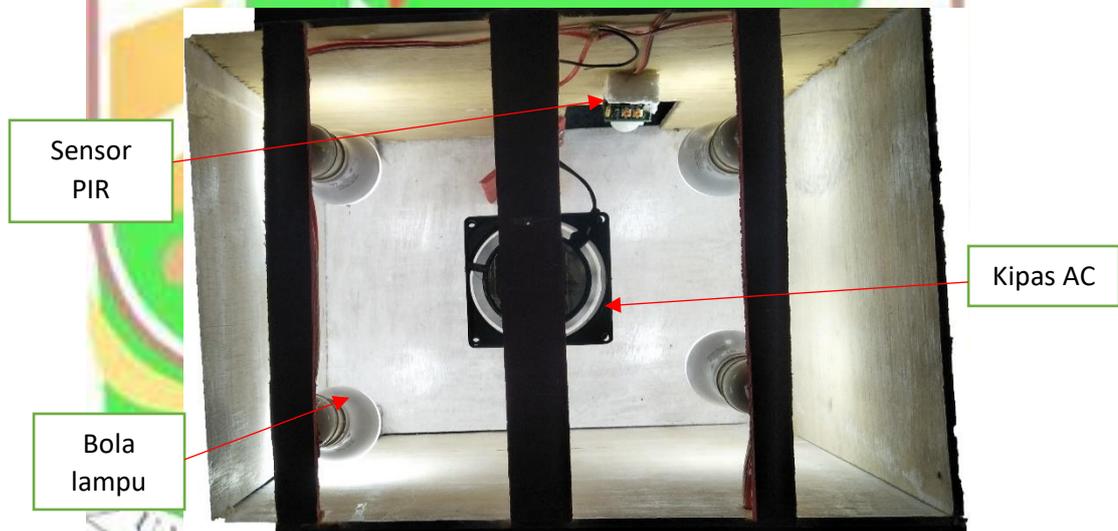
Pada miniatur terlihat dua bagian penting yang menjadi fokus dari sistem pereduksian yang dilakukan yaitu :

1. Bagian pengontrolan sistem (*control room*) yang terdiri dari masukan sumber listrik 220 V, mikrokontroler Arduino mega 2560, RTC (*real time clock*), MCB, dan relay dan powersuplay.



Gambar 4.3 Bagian pengontrolan sistem

2. Bagian desain ruang kuliah yang terdiri dari beban-beban listrik seperti kipas AC, lampu LED 3,5 Watt 4 buah dan sensor PIR



Gambar 4.4 Bagian miniatur ruangan

Dari hasil perancangan sistem secara *real* dalam bentuk miniatur tersebut diperoleh hasil bahwasannya desain dan program yang telah dirancang terlebih dahulu pada *software* dapat berjalan dengan baik sesuai yang diharapkan dengan jadwal waktu perkuliahan yang diinputkan pada program yang dirancang dan pembacaan sensor PIR yang diletakkan pada setiap ruang perkuliahan untuk mendeteksi pergerakan manusia diruangan tersebut dan berhasil dirancang serta diterapkan secara nyata dalam bentuk miniatur, Sehingga dari hasil perancangan

yang digunakan untuk memperlihatkan sistem jaringan yang terhubung dan terkontrol sesuai waktu yang ditetapkan. Setelah data di *upload* pada Arduino ATmega 2560 yang berfungsi sebagai pengendali dan merupakan pengeksekusian program yang diberikan, maka arduino akan menerima waktu yang dibaca RTC. Setelah itu akan dilakukan pengiriman perintah kepada relay sebagai penghubung jaringan terhadap beban yang ada sesuai program yang telah dibaca oleh Arduino ATmega tersebut dan PIR akan memberikan perintah kembali terhadap relay kedua untuk bekerja. Sehingga setelah perintah diberikan kepada relay, maka jaringan listrik yang terputus dari MCB akan terhubung kembali terhadap beban pada ruangan kuliah.

4.3. Hasil keluaran yang diperoleh dari miniatur dan analisa hasil keluaran miniatur

Setelah dilakukannya perancangan dan pembuatan alat pereduksian energi listrik berbasis jadwal perkuliahan dan pembacaan sensor PIR, maka dilakukan pengujian alat atau miniatur untuk memperoleh hasil keluaran yang dapat dilihat dari alat tersebut. Dari pengamatan yang dilakukan pada alat yang sudah dirancang, diperoleh data yang dapat diambil yaitu pengujian beberapa variasi waktu percobaan setiap harinya dalam satu minggu dalam bentuk pengskalaan waktu untuk melihat kinerja alat yang dirancang. Adapun data yang diperoleh dalam pengujian alat sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil pengujian pada alat dalam waktu satu minggu dengan variasi waktu

Hari	Ruangan dan waktu mulai – waktu selesai					
	Ruang 1		Ruang 2		Ruang 3	
	Waktu mulai - waktu selesai	Beban On/off	Waktu mulai - waktu selesai	Beban On/off	Waktu mulai - waktu selesai	Beban On/off
Senin	Jam 09.20 -	On	Jam 13.30 -	On	Jam 18.00 -	Off
	Jam 09.23	Off	Jam 13.35	Off	Jam 18.05	Off

Selasa	Jam 08.00 -	On	Jam 16.00 -	On	Jam 18.03 -	Off
	Jam 08.05	Off	Jam 16.03	Off	Jam 18.06	Off
Rabu	Jam 13.30 -	On	Jam 13.32 -	On	Jam 13.34 -	On
	Jam 13.34	Off	Jam 13.35	Off	Jam 13.35	Off
Kamis	Jam 11.24 -	On	Jam 11.25 -	On	Jam 11.26 -	On
	Jam 11.26	Off	Jam 11.26	Off	Jam 11.27	Off
Jumat	Jam 11.20 -	On	Jam 11.22 -	On	Jam 11.24 -	On
	Jam 11.25	Off	Jam 11.24	Off	Jam 11.25	Off
Sabtu	Jam 10.30 -	Off	Jam 10.33 -	Off	Jam 10.35 -	Off
	Jam 10.34	Off	Jam 10.35	Off	Jam 10.37	Off
Minggu	Jam 13.30 -	Off	Jam 13.33 -	Off	Jam 10.34 -	Off
	Jam 13.32	Off	Jam 13.35	Off	Jam 10.37	Off

Dari hasil pengujian yang dilakukan terlihat hasil yang diperoleh telah sesuai dengan program yang di *setting* sesuai jadwal perkuliahan dan hari perkuliahan sesuai metode pereduksian energi listrik yang diinginkan, dimana tabel hasil pengujian alat yang diperoleh memperlihatkan bahwa setiap ruangan yang diuji pada waktu perkuliahan hari senin hingga jumat pada pukul 07.30 hingga pukul 18.00, maka sistem yang dirancang akan bekerja sesuai yang diharapkan dan jaringan dapat terhubung ataupun terputus sesuai waktu yang di *setting* pada program dan terlihat pada tabel hasil pengujian alat yang dilakukan lewat pukul 18.00 (pada hari senin dan selasa) maka sistem jaringan listrik tidak akan terhubung ke sumber listrik sehingga program yang telah di *setting* pada sistem tersebut berjalan sesuai perintah yang diinginkan. Selanjutnya pengujian dilakukan terhadap alat pada hari sabtu dan minggu. Setelah dilakukan pengujian pada alat diluar waktu hari perkuliahan diperoleh hasil sistem pada setiap ruangan tidak terhubung atau akan tetap terputus dari sumber seperti yang terlihat pada data yang diperoleh pada tabel, sehingga sistem pereduksian yang diinginkan telah dapat berjalan dan sesuai setting waktu program yang diberikan pada mikrokontroler Arduino ATmega 2560 sebagai pengerak atau pemberi perintah kepada relay untuk emnghubung dan memutuskan jaringan listrik sesuai waktu yang di *setting* .

Sehingga dari hasil pengujian yang telah diperoleh, maka sistem yang telah dirancang terlebih dahulu pada *software* dan telah diterapkan pada alat berbentuk miniatur sistem jaringan pada ruangan kuliah telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan untuk proses pereduksian energi listrik pada ruangan perkuliahan dan dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem yang diciptakan dapat diaplikasikan terhadap jaringan pada gedung perkuliahan untuk mencapai penggunaan energi listrik yang baik dan terkontrol sehingga diperoleh pereduksian energi listrik untuk menekan angka pemakaian daya listrik pada gedung tersebut.

4.4. Perhitungan Jumlah Energi yang Digunakan Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pereduksian Energi Sesuai Jadwal Perkuliahan Diruangan Perkuliahan H Universitas Andalas

Pada saat dilakukan pengamatan secara langsung dan dilakukan pengambilan data pada setiap ruang kuliah di gedung perkuliahan H Universitas Andalas, pengambilan data yang dilakukan berupa banyaknya jumlah beban yang ada pada suatu ruangan dan besar energi yang dibutuhkan setiap beban yang ada pada ruangan tersebut dan dilakukan penggabungan serta penjumlahan total energi yang dibutuhkan setiap ruangan yang ada untuk mengetahui total keseluruhan energi yang dibutuhkan suatu ruangan pada gedung perkuliahan H, setelah dilakukan penghitungan energi pada sebuah ruangan perkuliahan H maka dilakukan penghitungan keseluruhan besar energi pada satu gedung perkuliahan H (terdapat 20 ruangan pada gedung perkuliahan dengan ukuran dan jumlah energi yang digunakan dalam setiap ruangan sama) . Adapun jenis dan energi yang digunakan dalam sebuah ruangan kuliah yang diperoleh menggunakan persamaan 2.4 seperti terdapat dalam tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.2. Jenis beban dan konsumsi energi tiap beban dalam sebuah ruangan

No	Jenis beban	Jumlah beban	Daya tiap beban	Total Daya
1	Bola lampu TLD 36 watt	12 buah bola lampu	36 Watt	432 Watt
2	Kipas angin	2 buah	64 Watt	128 Watt
3	Proyektor	1 buah	221 Watt	221 Watt
Total energi dalam satu ruangan				781 Watt = 0,781 kWatt

Dari tabel 4.1 yang telah diperoleh, maka dapat didapatkan besarnya energi yang digunakan dalam sebuah ruangan perkuliahan. Dari data ini, maka akan dilakukan perhitungan energi total dalam satu gedung perkuliahan untuk mengetahui besarnya energi yang dikonsumsi sebuah gedung perkuliahan H dalam satu bulan pemakaian untuk mengetahui berapa besar total energi yang dapat direduksi setelah dilakukan perhitungan energi menggunakan sistem pengontrolan pemakaian energi berdasarkan jadwal perkuliahan yang ada pada gedung tersebut .

4.4.1. Perhitungan Penggunaan Energi Total pada Gedung Perkuliahan H Universitas Andalas dalam Waktu Satu Bulan Sebelum Dilakukan Pereduksian

Setelah dilakukan penghitungan energi dalam sebuah ruangan perkuliahan, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi listrik dalam sebuah gedung perkuliahan H dalam satu bulan. Adapun perhitungan yang dilakukan sebagai berikut :

Perhitungan total energi yang digunakan dalam sebulan sebelum dilakukan pereduksian :

- Estimasi penggunaan ruangan kuliah dalam satu hari = 8 jam dalam sehari
- Estimasi penggunaan ruangan kuliah dalam satu minggu = 40 jam dalam seminggu (5 hari kerja)
- Estimasi penggunaan ruangan kuliah dalam satu bulan = 160 jam dalam sebulan (4 minggu)

Hal ini diestimasikan sama pada setiap ruangan perkuliahan .

Maka diperoleh perhitungan energi dalam sebulan yaitu :

1 ruang perkuliahan H mengkonsumsi energi sebesar = 781 Watt

Pemakaian energi dalam satu bulan pada sebuah ruangan yaitu :

$$= 160 \text{ jam} \times 781 \text{ Watt}$$

$$= 124.960 \text{ Wh (Dalam satu bulan)}$$

Sehingga pada sebuah gedung perkuliahan H terdapat 20 buah ruangan kuliah, diperoleh energi total adalah :

$$\text{Pada sebuah gedung kuliah H (20 ruangan)} = 124.960 \text{ Wh} \times 20 \text{ ruangan}$$

$$= 2.499.200 \text{ Wh (Dalam sebulan)}$$

$$= 2.499 \text{ kWh (Dalam sebulan)}$$

$$\text{Total biaya listrik dalam 1 bulan (Rp. 1.300,- / kWh)} = \text{Rp. 3.248.700}$$

Perhitungan total energi sebelum dilakukan pereduksian energi listrik menggunakan sistem yang dirancang masih belum menjadi total keseluruhan waktu pemakaian energi listrik pada gedung perkuliahan tersebut karena bahwasannya perhitungan yang dilakukan merupakan waktu pemakaian energi listrik pada siang hari, namun pemakaian energi listrik yang digunakan malam hari belum termasuk kedalam perhitungan dasar penggunaan energi listrik menggunakan sistem tersebut karena pada kondisi sebenarnya masih banyak ditemukan pemakaian energi listrik pada malam hari di gedung tersebut. Sehingga energi listrik yang digunakan dalam perhitungan belum sepenuhnya menjadi total pemakaian energi listrik sebenarnya.

Kondisi dilapangan saat ini , ditemukan penggunaan energi listrik yang kurang terkontrol pada beberapa ruangan seperti penggunaan energi pada saat tidak adanya waktu perkuliahan sehingga menyebabkan pemborosan energi. Sebaiknya energi digunakan dengan bijak untuk menekan besarnya energi yang digunakan dan biaya yang akan dibayarkan ke Perusahaan Listrik Negara sebagai penyedia energi listrik pada Universitas Andalas

4.4.2. Perhitungan penggunaan energi total pada gedung perkuliahan H Universitas Andalas dalam waktu satu bulan setelah dilakukan pereduksian menggunakan jadwal perkuliahan

Setelah melakukan perhitungan konsumsi energi listrik sebuah gedung perkuliahan tanpa dilakukan pereduksian, maka dapat dilakukan perbandingan total besar energi listrik yang digunakan pada sebuah gedung perkuliahan H Universitas Andalas. Perhitungan penggunaan energi listrik setelah direduksi lebih berfokus pada jadwal perkuliahan yang telah ditetapkan pada setiap ruangnya, sehingga sistem yang telah dirancang akan mereduksi pemakaian energi listrik sesuai jadwal perkuliahan dengan sistem outomasi yang akan diterapkan, sehingga diperoleh pengontrolan energi listrik yang digunakan dengan baik. Adapun perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui besar pereduksian yang diperoleh berupa perhitungan waktu penggunaan tiap ruangan dan besar energi setiap ruangan sesuai waktu jadwal perkuliahan dalam satu bulan. Berikut perhitungan waktu dan energi penggunaan ruang kuliah setelah dilakukan pereduksian energi dengan sistem pengontrolan energi listrik menggunakan penjadwalan perkuliahan di gedung H Universitas Andalas yaitu :

Salah satu sampel ruang kuliah untuk memperlihatkan waktu operasi dan besar energi yang digunakan sesuai jadwal perkuliahan setelah direduksi (Ruang H.1.1)

Tabel 4.3. Jadwal perkuliahan ruang kuliah H1.1. dalam satu minggu

Kelas	Waktu kuliah	Hari	Jurusan
H1.1	07.30 - 09.30	Senin	D3 EKONOMI
H1.1	11.10 -13.00	Senin	Ilmu Hukum
H1.1	07.30 - 10.10	Selasa	D3 EKONOMI
H1.1	10.10 - 12.00	Selasa	D3 EKONOMI
H1.1	07.30 - 09.30	Rabu	D3 EKONOMI
H1.1	13.30 - 16.10	Rabu	Teknik Elektro
H1.1	10.00 - 12.40	Kamis	Teknik Elektro
H1.1	13.30 - 16.10	Kamis	Teknik Elektro
H1.1	07.30 - 10.20	Jumat	A1 / Akuntansi
H1.1	13.30 - 15.20	Jumat	D3 EKONOMI

Dari data jadwal perkuliahan dapat diperoleh waktu yang digunakan dalam satu minggu yaitu sebesar 1340 Menit atau 22,33 jam dalam satu minggu dan dalam

satu bulan diperoleh sebesar 89,32 jam. Dari data yang diperoleh maka dapat diperoleh besar energi pada setiap ruang perkuliahan dalam gedung perkuliahan H seperti pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4. Perhitungan waktu penggunaan ruang kuliah pada gedung H sesuai jadwal kuliah

No	Ruangan	Waktu yang digunakan setelah direduksi	
		Dalam satu minggu (Jam)	Dalam satu bulan (4 minggu) (Jam)
1	H.1.1	22,33	89,32
2	H.1.2	27,16	108,64
3	H.1.3	24,167	96,668
4	H.1.4	22,167	88,668
5	H.1.5	24,167	96,668
6	H.1.6	11	44
7	H.1.7	27,667	110,668
8	H.1.8	34,33	137,32
9	H.1.9	24,667	98,668
10	H.1.10	20	80
11	H.2.1	26,83	107,32
12	H.2.2	24,33	97,32
13	H.2.3	27,667	110,668
14	H.2.4	24,5	98
15	H.2.5	31,167	124,668
16	H.2.6	24,167	96,668
17	H.2.7	28,667	114,668
18	H.2.8	22,167	88,668
19	H.2.9	25,167	100,668
20	H.2.10	18,167	72,668

Dari hasil penghitungan data waktu perkuliahan yang diperoleh, maka dapat dilakukan perhitungan besar energi yang digunakan pada setiap ruangan dalam satu bulan pemakaian dan diperoleh total keseluruhan energi pada sebuah gedung perkuliahan H dalam sebulan setelah dilakukan pereduksian energi menggunakan sistem pengontrolan sesuai jadwal perkuliahan setiap ruangan seperti dalam tabel 4.5 berikut :

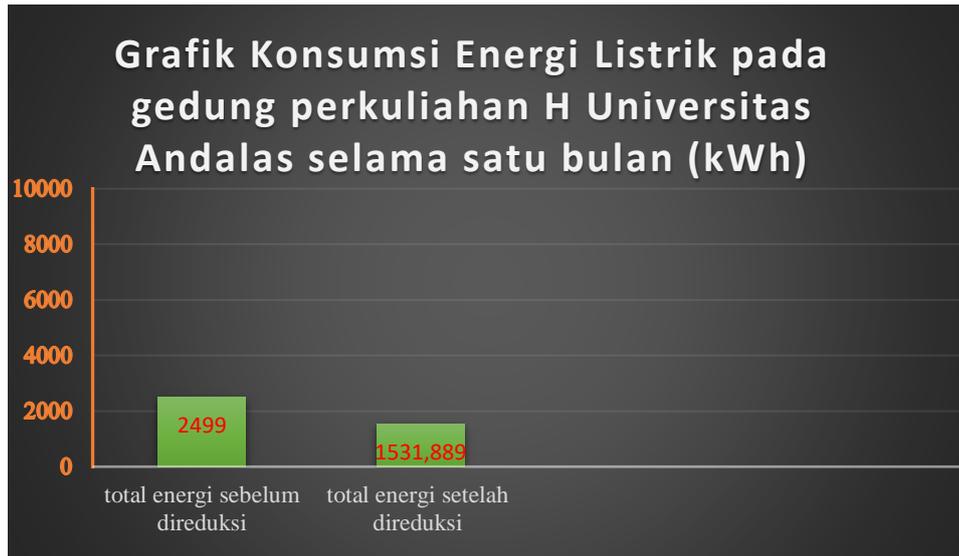
Tabel 4.5. Besar energi listrik yang digunakan pada setiap ruangan dalam sebulan sesuai jadwal perkuliahan

(Dalam satu ruangan mengkonsumsi energi listrik sebesar 781 Watt pemakaian maksimum beban ruangan)

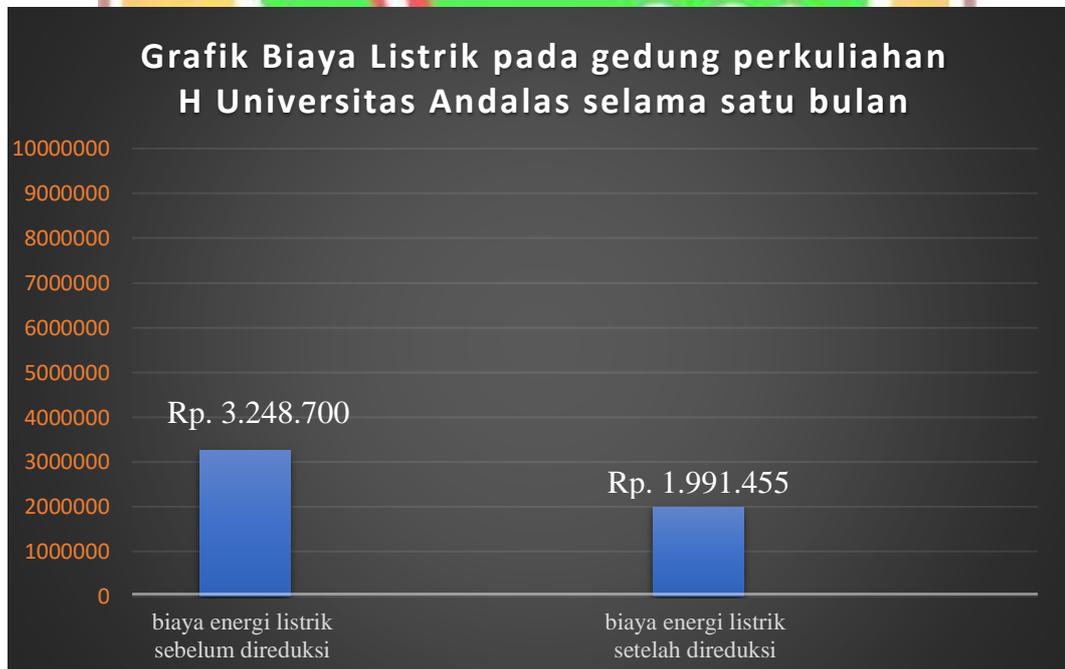
No	Ruangan	Energi yang digunakan selama sebulan (kWh)
1	H.1.1	69,758
2	H.1.2	84,847
3	H.1.3	75,497
4	H.1.4	69,249
5	H.1.5	75,497
6	H.1.6	34,364
7	H.1.7	86,431
8	H.1.8	107,246
9	H.1.9	77,059
10	H.1.10	62,480
11	H.2.1	83,816
12	H.2.2	76,006
13	H.2.3	86,431
14	H.2.4	76,538
15	H.2.5	97,365
16	H.2.6	75,497
17	H.2.7	89,555
18	H.2.8	69,249
19	H.2.9	78,621
20	H.2.10	56,753

Sehingga diperoleh total keseluruhan energi yang digunakan dalam gedung perkuliahan H dalam satu bulan setelah dilakukan pereduksian energi listrik menggunakan sistem berbasis jadwal perkuliahan adalah sebesar 1.531.889 Wh atau sebesar 1.531,889 kWh .

Setelah mengetahui jumlah konsumsi energi listrik dan biaya listrik pada setiap gedung perkuliahan H Universitas Andalas selama satu bulan, maka bisa dibandingkan jumlah pemakaian konsumsi energi listrik sebelum pereduksian menggunakan sistem dan sesudah pereduksian energi menggunakan sistem pada gambar 4.6 dan 4.7



Gambar 4.6. Grafik perbandingan konsumsi energi listrik pada gedung perkuliahan H Universitas Andalas selama satu bulan (kWh)



Gambar 4.7. Grafik perbandingan Biaya Listrik pada gedung perkuliahan H Universitas Andalas selama satu bulan

4.5. Pereduksian Konsumsi Energi Listrik Berbasis Jadwal Perkuliahan Gedung H Universitas Andalas

Potensi penghematan konsumsi energi listrik, terkhusus pada ruang perkuliahan yang merupakan salah satu pengonsumsi energi listrik terbesar dengan menggunakan pemodelan pengendalian konsumsi energi listrik berbasis jadwal perkuliahan. Adapun besar potensi pereduksian energi listrik yang diperoleh sebagai berikut :

4.5.1. Pereduksian konsumsi energi listrik :

$$2.499 \text{ kWh} - 1.531,889 \text{ kWh} = 967,111 \text{ kWh}$$

$$\frac{967,111}{2.499} \times 100 \% = 38,69 \%$$

4.5.2. Pereduksian biaya listrik :

$$\text{Rp. } 3.248.700 - \text{Rp. } 1.991.455 = \text{Rp. } 1.257.245$$

$$\frac{\text{Rp. } 1.257.245}{\text{Rp. } 3.248.700} \times 100 \% = 38,69 \%$$

Dari hasil perhitungan data yang telah diperoleh setelah dilakukan pereduksian, maka dihasilkan besarnya pereduksian energi listrik yang dapat dilakukan yaitu sebesar 38,69 % dari penggunaan energi listrik sebelum dilakukan pereduksian menggunakan sistem yang berbasis jadwal perkuliahan.

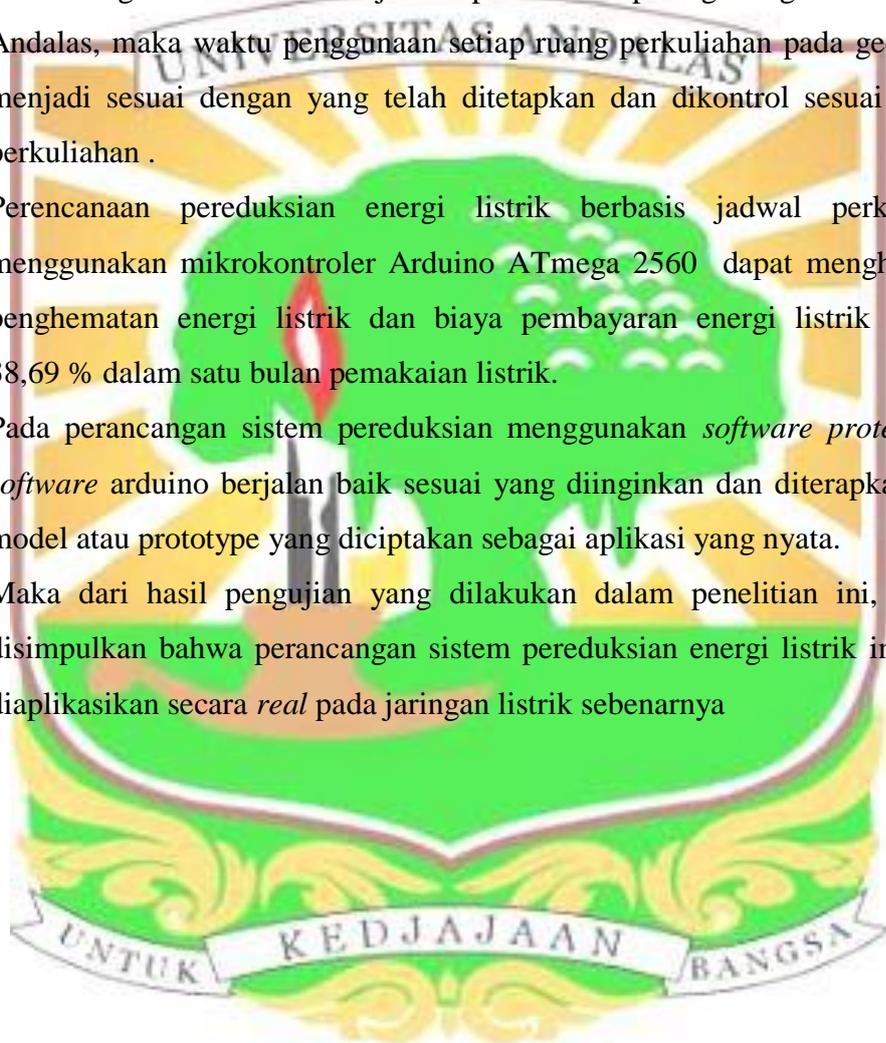


BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pada pembahasan , maka diperoleh kesimpulan pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan penghitungan menggunakan sistem pereduksian energi listrik dengan sistem berbasis jadwal perkuliahan pada gedung H Universitas Andalas, maka waktu penggunaan setiap ruang perkuliahan pada gedung H menjadi sesuai dengan yang telah ditetapkan dan dikontrol sesuai jadwal perkuliahan .
2. Perencanaan pereduksian energi listrik berbasis jadwal perkuliahan menggunakan mikrokontroler Arduino ATmega 2560 dapat menghasilkan penghematan energi listrik dan biaya pembayaran energi listrik sebesar 38,69 % dalam satu bulan pemakaian listrik.
3. Pada perancangan sistem pereduksian menggunakan *software proteus* dan *software arduino* berjalan baik sesuai yang diinginkan dan diterapkan pada model atau prototype yang diciptakan sebagai aplikasi yang nyata.
4. Maka dari hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perancangan sistem pereduksian energi listrik ini dapat diaplikasikan secara *real* pada jaringan listrik sebenarnya



5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian kali ini yaitu :

1. Pada prototipe yang telah dirancang disarankan agar menggunakan sensor PIR yang telah berbentuk modul agar kinerja sensor dapat berjalan baik.
2. Perlu dilakuakn pertimbangan untuk peletakan sensor PIR agar dapat bekerja dengan baik
3. Diharapkan dalam perancangan sistem yang dilakukan agar lebih disesuaikan terhadap bentuk jaringan listrik sebenarnya.
4. Diharapkan penelitian ini dapat diterapkan pada setiap jenis ruangan yang ada di Universitas Andalas sebagai rekomendasi penghematan energi listrik.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] PERDANAHAARI, E, ."Kebijakan Pengembangan Ketenagalistrikan Nasional", Seminar Sosialisasi peningIatan Pemahaman Masyarakat Terhadap PLTN Sebagai Pembangkit Listrik yang Aman Bagi Masyarakat, Yogyakarta. 2006
- [2] Konsumsi Listrik Unand Capai 720 Juta Perbulan – Genta Andalas
<https://www.gentaandalas.com/konsumsi-listrik-unand-capai-720-juta-perbulan/> (diakses 20 Maret 2018)
- [3] Presiden Republik Indonesia, 2009. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2009 Tentang Konservasi Energi. Jakarta.
- [4] beza negash getu, hussasin A. Attia. "electricity audit and reduction of consumption". 2016
- [5] Hall, James A., 2001, Sistem Informasi Akuntansi, Edisi Ketiiga, Salemba Empat, Jakarta.
- [6] Raymond McLeod, Jr., Sistem Informasi Edisi 7 Jilid 2, Prenhallindo, Jakarta. 2001
- [7] Henry C., Lucas. Jr., Anasis Desain dan Implementasi Sistem Informasi, edisi ke-3, Erlangga, Jakarta. 1993
- [8] Wilkinson, Joseph W., Sistem Akuntansi dan Informasi, edisi ke-3, Jilid-1, Binarupa Aksara, Jakarta. 1993
- [9] Jerry FitzGerald, Ardra F.FitzGerald, Warren D. Stallings, Jr., Fundamentals of System Analysis, edisi kedua, John Willey & Sons, New York. 1981
- [10] HM, Jogiyanto, 1999, Analisis dan Desain Sistem Informasi : Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis, ANDI, Yogyakarta.

- [11] Raharjo, muhammad aris dan selamat riadi, Audit Konsumsi Energi Untuk Mengetahui Peluang Penghematan Energi Pada Gedung PT. Indonesia Caps And Closures, teknik industri Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2016.
- [12] Badan standarisasi nasional. Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan (SNI 03-6197-2000). Jakarta. Badan Standarisasi Nasional. 2000
- [13] SNI 03-6196-2000, Prosedur Audit Energi pada Bangunan. Badan Standarisasi Nasional.
- [14] Bishop, Judith & Horspool, Nigel, C# Concisely, Addison Wesley, London, 2004
- [15] <http://elektronika-dasar.web.id/teori-relay-elektro-mekanik/>, diakses tanggal 4 mei 2018
- [16] M. Fezari, R. Rasras, I. M. Emary. Ambulatory Health Monitoring System Using Wireless Sensors Node. *Procedia Computer Science*, 65, (2015). pp. 86-94.
- [17] Dinata, Yuwono Marta. Arduino Itu Mudah. Jakarta : PT. Alex Media Komputindo. 2015
- [18] <http://ecadio.com/belajar-dan-mengenal-arduino-mega> (4 Mei 2018)
- [19] (Sainsmart 2015) (Sainsmart. *Datasheet RTC*, Lenexa, Kansas. Amerika serikat.).2015
- [20] Asnawir , M. basyiruddin Usman, Media Pembelajaran, (Jakarta : Ciputat Pers,2002), hal. 11
- [21] <https://sakhadaya.com/2017/09/22/jenis-dan-pengertian-lampu-listrik/> diakses 7 mei 2018

[22] Hartanto, Hendri. *Mini Smart Book Fisika SMA*. Yogyakarta : PT Indonesia Tera. 2014.

[23] <http://eprints.polsri.ac.id/190/3/BAB%20II.pdf>





LAMPIRAN