

**MANAJEMEN ENERGI LISTRIK PADA BANGUNAN GEDUNG
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (STUDI KASUS PADA
LABORATORIUM TERPADU TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
LAMPUNG)**

(Skripsi)

Oleh
AGUS SURINANTO



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

MANAJEMEN ENERGI LISTRIK PADA BANGUNAN GEDUNG BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (STUDI KASUS PADA LABORATORIUM TERPADU TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS LAMPUNG)

Oleh

AGUS SURINANTO

Manajemen energi listrik penting dilakukan untuk mendukung program penghematan energi listrik, termasuk di gedung Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung. Berbagai teknologi dapat mendukung pelaksanaan manajemen energi listrik, diantaranya adalah teknologi *Internet of Things*. Tugas akhir ini membangun sebuah sistem manajemen energi listrik berbasis *Internet of Things* dengan komponen utama yaitu kWh meter digital, Arduino Mega 2560, Ethernet Shield. Sistem yang dibangun telah diuji di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, dengan hasil pengujian bahwa sistem layak digunakan sebagai alat ukur pada panel distribusi (skala 1,5% sampai 5%). Dari hasil investigasi dan aplikasi sistem *monitoring* pada Laboratorium Terpadu Teknik Elektro diketahui bahwa, perlu ada manajemen khususnya berkenaan dengan Standar Operasional Prosedur (SOP) penggunaan peralatan listrik di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro. Penerapan Standar Operasional Prosedur penggunaan energi listrik di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro dapat menghemat konsumsi energi sebesar 310,073 kWh (dalam jangka waktu 6 hari). Karenanya, penting dilakukan pengoprasian energi listrik sesuai Standar Operasional Prosedur pada Laboratorium Terpadu Teknik Elektro.

Kata kunci: manajemen energi, *Internet of Things*, SOP, Arduino, kWh meter, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro.

ABSTRACT

ELECTRICAL ENERGI MANAGEMENT OF BUILDING BASED ON INTERNET OF THINGS (CASE STUDY THE INTERGRATED LABORATORY OF ELECTRICAL ENGINEERING LAMPUNG UNIVERSITY)

by

AGUS SURINANTO

Electrical energy management is important to be done to support electrical energy saving program, so that at Electrical Engineering Integrated Laboratory of Lampung University. Various technologies can support electrical energy management, one of them is Internet of Things Technology. This thesis aims to build electrical energy management system with Internet of Things based, the primary components are kWh meter digital, Arduino Mega 2560, Ethernet Shield. The built system had been tested at Electrical Engineering Integrated Laboratory of Lampung University, and showed that the system is worth to use as measuring tool on distribution panel (scale 1,5% until 5%). From investigation result and monitoring system application at Electrical Engineering Integrated Laboratory of Lampung University was known that it needs specific management regard to Standard Operating Procedure (SOP) towards the use of electrical equipment at Electrical Engineering Integrated Laboratory. Standard Operating Procedure application of the using electrical energy at Electrical Engineering Integrated Laboratory can decrease energy consumption around 310,073 kWh (whitin six days). So that, it is important to conduct electrical energy operating based on Standard Operating Procedure at Electrical Engineering Integrated Laboratory.

Keywords : energy management, Internet of Things, SOP, Arduino, kWh Meter, Integrated Laboratory of Electrical Engineering.

**MANAJEMEN ENERGI LISTRIK PADA BANGUNAN GEDUNG BERBASIS
INTERNET OF THINGS (STUDI KASUS PADA LABORATORIUM
TERPADU TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS LAMPUNG)**

Oleh

AGUS SURINANTO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2018

Judul Skripsi : MANAJEMEN ENERGI LISTRIK BANGUNAN
GEDUNG BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
(STUDI KASUS PADA LABORATORIUM
TERPADU TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS
LANPUNG)

Nama Mahasiswa : Agus Surlianto

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315031007

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



Pembimbing Pendamping

Pembimbing Utama

Melzano Arifki Muhammad, S.T., M.T.
NIP 19900115 200912 2 002

Dr. Eng. Dikpride Despa, S.T., M.T.
NIP 19720428 199803 2 001

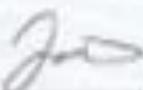
2. Ketua Jurusan Teknik Elektro

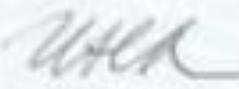
Dr. Ing. Ardian Uhan, S.T., M.Sc.
NIP 19751128 199803 1 005

MENGESARRAN

I. Tim Pengaji

Ketua : Dr. Eng. Dikwede Despa, S.T., M.T. 

Sekretaris : Melzani Ardhi Muhammad, S.T., M.T. 

Pengaji
Bulan Pembimbing : Osea Zebua, S.T., M.T. 



Fakultas Teknik


Prof. Des. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lolos Ujian Skripsi : 13 Februari 2018

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agus Setiawan

NPM : 1115011007

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.
Adapun karya orang lain yang terdapat dalam skripsi ini tidak di cantumkan
sumbernya pada daftar pustaka.

Apabila saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum
yang berlaku.

Banda Lampung, 08 Februari 2018


Agus Setiawan
1115011007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bangunrejo, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung pada tanggal 03 Agustus 1994. Penulis merupakan anak keenam dari enam bersaudara dari pasangan Bapak Mitro Utomo dan Ibu Harti.

Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SDN 1 Sidorejo pada tahun 2007, lulus Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Bangunrejo pada tahun 2010, lulus Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Bangunrejo pada tahun 2013, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi di organisasi Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI-FT) sebagai Kepala Departemen MK, Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) Fakultas Teknik sebagai Anggota Pengkaderan, Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik sebagai Anggota Presidium Sumber Daya Mahasiswa, Bina Rohani Mahasiswa (BIROHMAH) UNILA sebagai Anggota KesMas.

PERSEMBAHAN

Bismillaahirrohmaanirrohiim

**Dengan Mengharapkan Ridho Allah dan Syafa'at Nabi Muhammad
Kupersembahkan Karyaku Ini Untuk Kedua Orang Tua yang Selalu
Memberikan Do'a dan Dukungan. Serta Karyaku Ini Untuk yang Selalu
Bertanya:**

“Kapan Skripsimu Selesai?”

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukan sebuah kebodohan, bukan sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kepintaran seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai? Baik itu selesai tepat waktu, maupun tidak tepat waktu.

MOTO

“Ya Tuhanku, lapangkanlah dadaku. Dan mudahkanlah bagiku urusanku. Dan lepaskanlah kekakuan lidahku. (Supaya) mereka memahami perkataanku”.

(Thaha: 25-28)

Katakanlah: “Wahai Tuhan Yang mempunyai kerajaan, Engkau berikan kerajaan kepada orang yang Engkau kehendaki dan Engkau cabut kerajaan dari orang yang Engkau kehendaki. Engkau muliakan orang yang Engkau kehendaki dan Engkau hinakan orang yang Engkau kehendaki. Di tangan Engkaulah segala kebajikan. Sesungguhnya Engkau Maha Kuasa atas segala sesuatu.

Engkau masukkan malam ke dalam siang dan Engkau masukkan siang ke dalam malam. Engkau keluarkan yang hidup dari yang mati, dan Engkau keluarkan yang mati dari yang hidup. Dan Engkau beri rezki siapa yang Engkau kehendaki tanpa perhitungan (batas).”

(Ali-Imran: 26-27).

“Tanamlah pohon di sepanjang jalan hidupmu, meski kelak kamu tidak akan pernah memetik buahnya. Teruslah berbuat baik di setiap nafas hidupmu, meski kamu tidak akan pernah mendapatkan balasan darinya”

SANWACANA

Bismillaahirrohmaanirroohiim

Segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya telah memberikan kekuatan dan kemampuan berpikir kepada penulis dalam penyelesaian penulisan Skripsi ini sehingga laporan ini dapat selesai tepat pada waktunya. Sholawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW karena dengan perantara beliau kita semua dapat merasakan nikmatnya ibadah, nikmatnya bersyukur, dan insya Allah nikmatnya surga.

Skripsi ini berjudul “Rancang Bangun Sistem Rumah Cerdas menggunakan Jaringan Internet“ yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T.,M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Eng. Dikpride Despa, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, terima kasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
5. Bapak Meizano Ardhi Muhammad, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping, terima kasih atas waktu dan bimbingannya selama mengerjakan skripsi.
6. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku Penguji Utama, terima kasih atas masukannya guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas didikannya, arahan dan bimbingan yang telah diberikan.
 8. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan semangat, dukungan, nasihat, dan do'a yang tak henti-hentinya diberikan selama ini.
 9. Seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
 10. TheXontraXan : Hanif, Agus, Iqbal, Reza, Mail, Amir yang telah memberikan semangat ketika penulis banyak masalah.
 11. Seluruh teman-teman 2013 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang kalian semua berikan kepada penulis, mulai penulis masuk kuliah hingga penulis menyelesaikan skripsi ini, terima kasih atas nilai kehidupan yang kalian berikan bagi penulis kalian keluarga Elektro yang luar biasa.
 12. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini.
- Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini

Bandar Lampung, 14 Februari 2017

Penulis,

Agus Surinanto

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	xxiv
ABSTRACT	xxivi
LEMBAR PERSETUJUAN.....	xxivv
LEMBAR PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
PERSEMBAHAN	vixxivi
MOTO.....	ix
SANWACANA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xxviv
DAFTAR TABEL.....	xxxvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Manajemen Energi	6
2.2 Konservasi Energi	7
2.3 Audit Energi	7
2.3.1 Audit Pendahuluan atau Awal.....	10
2.3.2 Audit Rinci	10
2.4 Sistem Pencahayaan	11
2.4.1 Tingkat Pencahayaan	12
2.4.2 Daya Pencahayaan	13
2.5 Sistem Tata Udara	14
2.6 Intensitas Konsumsi Energi (IKE).....	15
2.7 Tarif Dasar Listrik	17
2.8 Akuisisi Data	18
2.9 <i>Internet of Things</i>	19
2.10 Sistem Monitoring	20
2.11 <i>Website</i>	21
2.12 KWh Meter	22
2.13 Konsep Dasar <i>Data Base,MySQL, HTML, dan PHP</i>	24
2.14 Penelitian Terdahulu	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat	28
3.2 Alat dan Bahan	29
3.3 Tahap Penelitian	29
3.4 Blok Diagram Perancangan Sistem.....	34
3.5 Perancangan Sistem.....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Perancangan Sistem.....	37
4.1.1 Perancangan Perangkat Keras	37
4.1.2 Perancangan Perangkat Lunak	45
4.2 Hasil Investigasi	48
4.2.1 Investigasi Terhadap Tegangan.....	49
4.2.2 Investigasi Terhadap Arus.....	50
4.2.3 Investigasi dan Audit Terhadap Sistem Pencahayaan.....	51
4.2.4 Investigasi dan Audit Terhadap Sistem Tata Udara.....	56
4.3 Upaya Perbaikan pada Sistem Pencahayaan dan Tata Udara.....	61
4.3.1 Upaya Perbaikan pada Sistem Pencahayaan	61
4.3.2 Upaya Perbaikan pada Sistem Tata Udara	71
4.4 Upaya Penghematan Energi	73
4.5 Pembahasan	78
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Simpulan.....	81
5.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 : <i>Flowchart</i> Proses Audit Energi	9
Gambar 2.2 : Arduino Mega 2560.....	21
Gambar 2.3 : kWh meter	23
Gambar 2.4 : kWh Meter XTM1250SA.....	23
Gambar 2.5 : <i>Line Diagram</i> XTM1250SA.....	24
Gambar 3.1 : Diagram Penelitian	30
Gambar 3.2 : Diagram Perancangan Perangkat Keras dan Lunak	32
Gambar 3.3 : Blok Diagram Sistem	34
Gambar 3.4 : Rangkaian Unit Utama	35
Gambar 3.5 : Ilustrasi <i>Pulse Outpu</i>	36
Gambar 4.1 : Skema Perancangan Perangkat Keras.....	38
Gambar 4.2 : Hasil Perancangan Perangkat Keras	39
Gambar 4.3 : Hasil Pengujian pada Beban Rumah Tangga	40
Gambar 4.4 : Tampilan Nilai Energi (a, b) dari kWh dan (c) dari Web.....	42
Gambar 4.5 : Hasil Perancangan Perangkat Lunak	47
Gambar 4.6 : Grafik Profil Perubahan Tegangan Saat Jam Operasi.	49
Gambar 4.7 : Grafik Profil Perubahan Arus Saat Jam Operasi	50
Gambar 4.8 : Kondisi Sistem Pencahayaan.....	53
Gambar 4.9 : Kondisi Penggunaan Daya Maksimum	55
Gambar 4.10 : Kondisi Temperatur.....	58
Gambar 4.11 : Kondisi Kelembaban Udara	60
Gambar 4.12 : Meretrofit Lampu yang Mati dengan Lampu yang Sama.....	63
Gambar 4.13 : Meretrofit Lampu yang Mati dengan Lampu LED	65
Gambar 4.14 : Meretrofit Semua Lampu dengan Lampu LED	67
Gambar 4.15 : Meretrofit dan Menambah Jumlah Lampu	69
Gambar 4.16 : Nilai Penggunaan Daya Maksimum	71
Gambar 4.17 : Grafik Perubahan Nilai Penggunaan Energi di Panel Lantai 2	75
Gambar 4.18 : Grafik Perubahan Nilai Penggunaan Energi di Panel Utama.....	77

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 : Kriteria Standar Nilai IKE Tanpa Menggunakan AC	16
Tabel 2.2 : Kriteria Standar Nilai IKE Menggunakan AC	16
Tabel 2.3 : Nilai Standar IKE dari Peraturan Menteri ESDM.....	17
Tabel 2.4 : Tarif Dasar Untuk Seluruh Golongan	17
Tabel 4.1 : Hasil Pengujian pada Panel Listrik	40
Tabel 4.2 : Hasil Audit pada Sistem Pencahayaan	52
Tabel 4.3 : Investigasi Penggunaan Daya pada Sistem Pencahayaan	54
Tabel 4.4 : Hasil Existing Temperatur pada Sistem Tata Udara	57
Tabel 4.5 : Hasil Existing Kelembaban pada Sistem Tata Udara	59
Tabel 4.6 : Tingkat Pencahayaan pada Saat Lampu yang Mati Dioptimalkan	62
Tabel 4.7 : Hasil Meretrofit Lampu yang Mati dengan Lampu LED.....	64
Tabel 4.8 : Hasil Meretrofit Semua Lampu dengan Lampu LED	66
Tabel 4.9 : Hasil Perubahan Nilai Lux dengan Menambah Jumlah Lampu.....	68
Tabel 4.10 : Nilai Penggunaan Daya Maksimum Saat Rekomendasi Dijalankan ...	70
Tabel 4.11 : Jumlah AC yang Harus Terpasang Disetiap Ruang	72
Tabel 4.12 : Hasil Pengambilan Data pada Panel Lantai 2	75
Tabel 4.13 : Hasil Pengambilan Data pada Panel Utama.....	76

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masyarakat pada umumnya menggunakan berbagai sumber energi. Energi listrik adalah salah satu energi yang harus dipenuhi, keberlangsungan hidup masyarakat hampir semua dipengaruhi oleh energi listrik, mulai dari kegiatan rumah tangga, kegiatan pendidikan, kegiatan olahraga, kegiatan industri, kegiatan ekonomi, dan lain-lain. Banyaknya permintaan terhadap energi listrik yang tidak diimbangi dengan jumlah pembangkitan energi listrik, untuk itu perlu ada usaha agar kebutuhan energi listrik tersebut dapat dipenuhi, salah satunya adalah membangun pembangkit listrik untuk menjaga ketersediaan sumber energi listrik terus ada. Tentu saja upaya untuk membangun pembangkit listrik membutuhkan biaya yang cukup besar, disamping upaya membangun pembangkit listrik yang baru diperlukan usaha lain dalam rangka efisiensi dan konservasi energi.

Kebutuhan energi listrik di dunia pendidikan juga menjadi salah satu masalah apabila energi listrik belum terpenuhi secara efektif, mengingat perkembangan jaman sekarang banyak peralatan yang membutuhkan energi listrik guna meningkatkan mutu pendidikan. Fakultas Teknik Universitas Lampung mempunyai jumlah mahasiswa yang cukup banyak, belum lagi ditambah dengan peralatan-peralatan listrik yang berada di ruangan laboratorium, administrasi, dan ruangan

kuliah yang semua membutuhkan energi listrik. Hal ini menjadi alasan untuk menjadikan energi listrik sebagai energi yang sangat penting di Fakultas Teknik Universitas Lampung. Dengan begitu perlu diketahui perubahan-perubahan yang terjadi, misalnya perubahan tegangan, perubahan arus, perubahan daya dan sebagainya, yang dapat mempengaruhi pola konsumsi energi listrik di Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Untuk melihat perubahan-perubahan terhadap besaran energi listrik tersebut, sudah dilakukan penelitian yang bertujuan melakukan *monitoring* secara *real time* besaran listrik dengan memanfaatkan fasilitas jaringan internet yang sudah tersedia di Universitas Lampung [7]. Perlu dilakukan penelitian yang dapat memberikan jawaban terhadap konsumsi energi listrik. Berdasarkan informasi tersebut, direncanakan manajemen energi listrik yang mudah dipakai serta mudah diakses oleh pengelola untuk mencapai efisiensi dan tingkat kenyamanan yang sesuai dengan standar Indonesia dalam penggunaan energi, khususnya energi listrik.

Konsumsi energi listrik adalah hal penting yang harus diketahui pada sebuah gedung. Hal ini berhubungan dengan berapa besar energi yang dibayar, seberapa efisien penggunaan energi listrik, serta apakah penggunaan energi listrik tersebut sudah memberikan tingkat kenyamanan sesuai standar.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat digunakan untuk mengakses informasi mengenai besarnya konsumsi energi listrik dengan memanfaatkan fasilitas internet yang ada, hal ini menjadi solusi yang ditawarkan pada penelitian tugas akhir ini. Harapannya dengan dibangunnya sebuah manajemen energi listrik berbasis IoT untuk dapat memberikan kontribusi bagi pengelola gedung dalam hal manajemen energi listrik tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk membangun sebuah manajemen penggunaan energi listrik pada suatu gedung agar optimal dan nyaman serta dapat memberikan informasi perubahan mengenai konsumsi energi listrik secara *real time*.

1.3 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tersedianya sistem *monitoring* pada penggunaan energi di Gedung Laboratorium Terpadu Teknik Elektro.
2. Tersedianya sebuah sistem manajemen energi listrik untuk bangunan gedung.
3. Tersedianya Standar Operasional Prosedur dalam menggunakan energi.

1.4 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang dipaparkan pada latar belakang, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah tentang bagaimana melakukan manajemen penggunaan energi dari hasil investigasi yang dilakukan, serta bagaimana membangun suatu prototype yang mampu melakukan *monitoring* perubahan penggunaan energi secara *real time* dan mampu diakses secara *online*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada gedung Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung,
2. Penelitian ini hanya melakukan *monitoring* besarnya nilai konsumsi energi dari kWh meter yang terpasang di panel listrik,
3. Penelitian ini hanya membahas manajemen energi pada gedung Laboratorium Terpadu Teknik Elektro.

1.6 Sistematik Penulisan

Berikut ini adalah sistematik penulisan penelitian yang dilakukan:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan yang berkaitan dengan pendahuluan seperti latar belakang, tujuan penulisan, manfaat penulisan, rumusan masalah, batasan masalah dan sistematika dalam penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan tentang tinjauan berupa literatur dari berbagai macam jenis hasil penelitian yang membahas tentang topik berkaitan dengan sistem IoT dalam melakukan *monitoring*.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat tentang langkah-langkah penelitian yang dilakukan, seperti perancangan, pengambilan data, analisis dan pengujian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat tentang hasil dari perancangan sistem, pengambilan data audit, pengambilan data penerapan SOP, dan memuat rekomendasi perbaikan pada sektor yang diteliti.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat simpulan tentang keseluruhan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan berisi saran untuk perbaikan di masa yang datang..

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Energi

Program yang disusun secara sistematis dalam penggunaan energi dengan melakukan pencatatan, perencanaan, pengawasan dan evaluasi secara kontinu tanpa harus mengurangi kualitas produksi dan pelayanan merupakan suatu pengertian dari manajemen energi[1]. Manajemen energi perlu dilakukan dikarenakan dampak positif yang ditimbulkan oleh program manajemen energi sendiri adalah konsumen dapat dengan mudah untuk mendapatkan akses terhadap energi sesuai dengan kebutuhan mereka.

Permasalahan pada penggunaan energi faktor teknis dan non teknis, 80 persen penyebab penggunaan listrik menjadi boros adalah faktor dari manusia dan 20 persen penyebab penggunaan energi listrik menjadi boros adalah dari faktor teknis[19]. Permasalahan dalam penggunaan energi listrik yang boros dapat diatasi dengan menerapkan suatu solusi yang nyata yaitu melakukan efisiensi energi. Dalam melakukan program efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh, kebiasaan, kedisiplinan, perilaku dan kesadaran hemat energi. Selain itu, efisiensi energi dapat dilakukan dengan cara melakukan perbaikan dan perawatan terhadap peralatan

yang mengonsumsi energi, menerapkan teknologi yang mampu menghemat energi dan lain-lain.

2.2 Konservasi Energi

Konservasi energi memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat karena konservasi energi adalah suatu pemanfaatan energi atau sumber daya energi secara rasional dan efisien tanpa harus mengurangi jumlah penggunaan energi yang diperlukan tetapi mempunyai nilai ekonomi yang serendah mungkin sehingga dapat diterima oleh masyarakat dan tanpa mengganggu keadaan lingkungan[3]. Istilah konservasi energi yang lebih sederhana adalah perlakuan untuk menghemat energi listrik.

Upaya yang sering dilakukan untuk konservasi energi listrik adalah dapat dilakukan di sisi penyedia energi listrik atau di sisi konsumsi energi listrik. Pada sisi konsumsi energi listrik metode yang digunakan untuk mendapatkan efisiensi biasanya disebut dengan *Demand Side Management* (DSM) yang salah satunya adalah konservasi energi itu sendiri.

2.3 Audit Energi

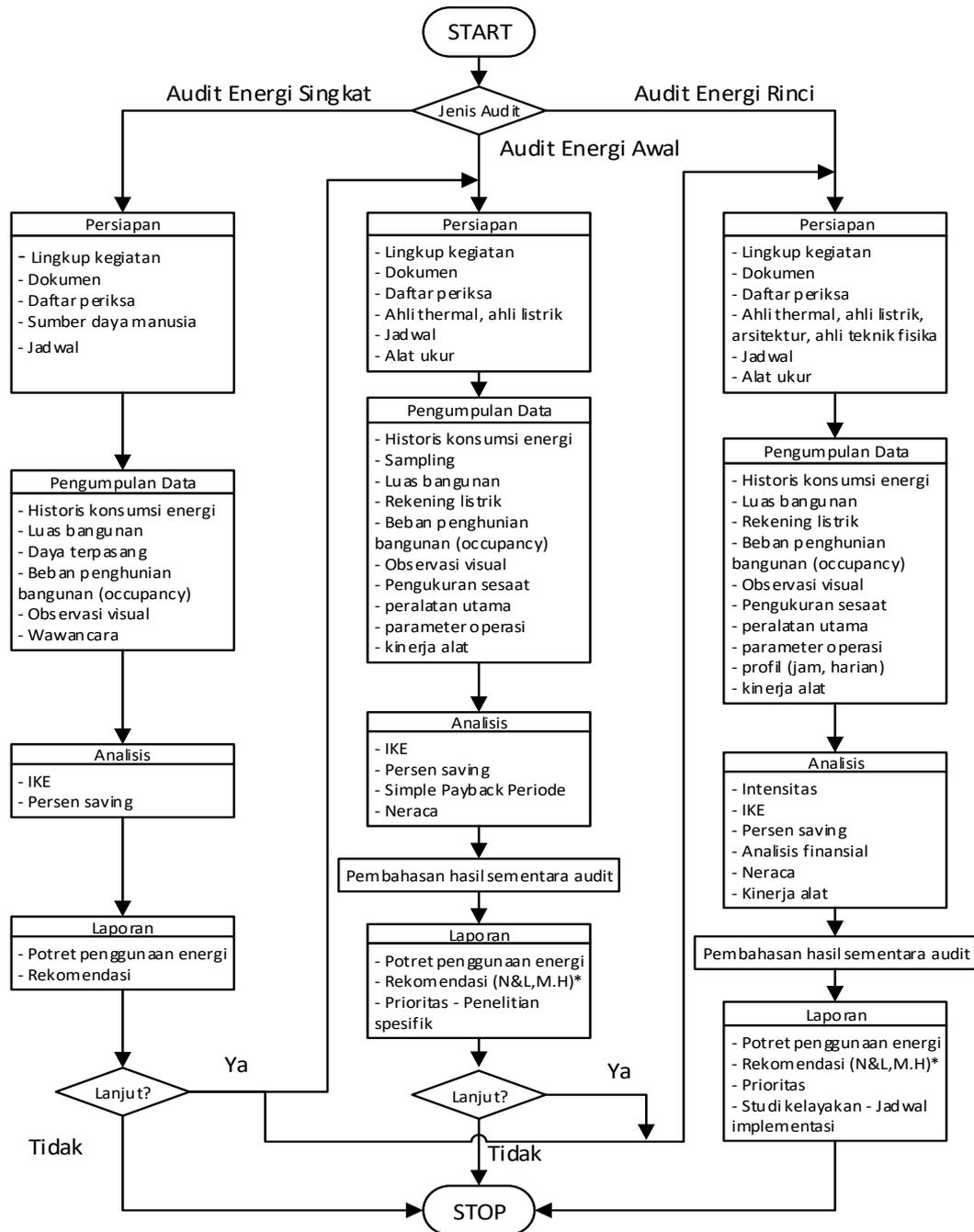
Untuk mengetahui sekaligus mengevaluasi efisiensi dan efektivitas penggunaan energi listrik pada suatu tempat diperlukan suatu metode yang dinamakan dengan audit energi. Di negara Indonesia audit energi pada suatu bangunan gedung sudah dibakukan dalam SNI 03-6196-2011 yang merupakan revisi dari SNI 03-6196-2000 membahas “Proses Audit Energi”[1]. Efisiensi energi di gedung difokuskan pada pemeliharaan dan operasional gedung serta perbaikan sistem. Audit energi pada

gedung mencakup pada sistem operasional seperti *heating, air conditioning, ventilating*. Langkah-langkah yang dapat diterapkan untuk mendapatkan kenyamanan dan mencapai efisiensi energi adalah sebagai berikut[13]:

1. *Upgrade* teknologi, misalnya menggunakan jenis lampu LED yang diterapkan pada *upgrade* teknologi sistem pencahayaan.
2. *Retrofitting*, yaitu proses perombakan baik keseluruhan atau sebagian dari bangunan gedung. Tujuan melakukan proses perombakan adalah meningkatkan performanya, kegiatan ini menerapkan berbagai ilmu seperti desain interior, arsitektur, mekanikal elektrik, serta keahlian lainnya. Sebagai contoh dari segi interior, gedung dapat dirombak guna meningkatkan pemanfaatan cahaya alami sebagai sumber pencahayaan.
3. Perilaku hemat energi yang dapat dilakukan adalah dengan mencabut kabel semua peralatan listrik dari stop kontak ketika peralatan tersebut sudah tidak digunakan, mengubah kondisi komputer pada *standby mode* saat tidak digunakan, menggunakan *smart power strip* pada peralatan listrik.

Dengan melakukan audit energi diharapkan mampu menentukan langkah-langkah yang harus dilakukan guna meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik oleh konsumen. Audit energi ini salah satu metode penunjang penerapan program konservasi energi yang mendorong efisiensi penggunaan energi. Analisa dari audit energi ini dilakukan dari perbandingan antara masukan dan keluaran pada suatu sistem penggunaan energi listrik. Audit energi memiliki dua tingkatan yang biasanya dikerjakan, yaitu audit pendahuluan atau awal (*preliminary*) dan audit rinci (*detailed*)[2].

Proses audit dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



*)N&L,M,H : No & Low cost, Medium cost, High cost

Gambar 2.1 Flowchart Proses Audit Energi.

2.3.1 Audit Pendahuluan atau Awal (*Preliminary*)

Audit awal ini hanya mengumpulkan data yang tersedia. Audit awal adalah pengumpulan data awal seperti di mana, berapa, bagaimana, serta jenis energi yang digunakan. Pelaksanaan audit awal menghasilkan berupa pemborosan penggunaan energi yang nyata, serta langkah-langkah yang rendah biaya. Hasil dari audit awal ini memberikan petunjuk perlunya dilakukan audit rinci. Tahap-tahap pelaksanaan pada audit awal ini terbagi menjadi

- a. Melaksanakan identifikasi penggunaan energi per bagian yang ada pada bangunan serta kelengkapannya,
- b. Melakukan koreksi pada intensitas energi yaitu yang berupa masukan dan keluaran dari energi,
- c. Melaksanakan identifikasi terhadap jumlah dan biaya energi yang digunakan berdasarkan jenis energi dan gedung serta kelengkapannya.

2.3.2 Audit Rinci (*Detailed*)

Berbeda dengan audit awal, pada audit rinci ini menggunakan instrumen guna mengidentifikasi peralatan yang menggunakan energi listrik yang kemudian dilakukan analisa terperinci terhadap jumlah energi yang digunakan, peralatan-peralatan yang terdapat pada bangunan, yang nantinya menghasilkan laporan berupa aliran energi secara keseluruhan. Berikut ini adalah langkah-langkah pada audit rinci yang meliputi:

1. Melakukan perencanaan,
2. Melakukan pengumpulan data awal seperti pemanfaatan energi, waktu pemakaian gedung,

3. Melakukan uji data peralatan dengan operasi yang sebenarnya,
4. Melakukan analisa pada data yang dikumpulkan,
5. Melakukan identifikasi berkaitan cara operasi peralatan, pemeliharaan untuk memberikan suatu rekomendasi agar dapat meningkatkan efisiensi,
6. Melakukan identifikasi terhadap investasi modal guna mendapatkan penghematan energi,
7. Membuat laporan yang berisikan kesimpulan, temuan pada audit serta rekomendasi-rekomendasi untuk penghematan penggunaan energi.

2.4 Sistem Pencahayaan

Kegiatan konservasi energi yang lebih membahas pada sistem pencahayaan pada setiap gedung mempunyai tujuan utama yaitu untuk mendapatkan nilai penggunaan energi pada sistem pencahayaan yang meliputi pada bagian penghematan atau pada bagian memaksimalkan dalam penggunaannya. Hal ini harus diperoleh agar dalam penerapan program konservasi energi dapat berjalan dengan mudah. Sistem pencahayaan sendiri dapat dikelompokkan dalam beberapa jenis:

a.) Sistem Pencahayaan Merata

Pencahayaan yang merata dapat memberikan pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, sistem pencahayaan merata diperoleh dengan cara memasang armatur secara merata. Ruangan yang biasanya menggunakan pencahayaan yang merata adalah ruangan yang digunakan untuk mengerjakan tugas visual dengan membutuhkan pencahayaan yang merata.

b.) Sistem Pencahayaan Setempat.

Pencahayaan ini digunakan untuk melakukan tugas visual yang membutuhkan pencahayaan yang tinggi dan memberikan pencahayaan yang lebih di titik tersebut. Pencahayaan setempat dapat diperoleh dengan memasang armatur di atas titik bekerja.

c.) Sistem Pencahayaan Gabungan.

Sistem pencahayaan gabungan digunakan pada:

1. Ruangan yang digunakan untuk mengerjakan tugas visual dengan keperluan tingkat pencahayaan yang tinggi.
2. Ruangan yang membutuhkan pencahayaan lebih tinggi untuk orang-orang dengan kemampuan penglihatan pada suatu objek sudah berkurang.
3. Tempat yang pencahayaan meratanya terhalang.
4. Tempat yang digunakan untuk memperlihatkan tekstur ruangan tersebut.

2.4.1 Tingkat Pencahayaan

Dalam sebuah kondisi dimana sebuah fluks cahaya mengenai suatu permukaan, peristiwa ini dinamakan sebagai iluminasi, dimana tingkat pencahayaan dapat ditentukan dengan membagi fluks cahaya dengan luas permukaan yang disinari. Satuan untuk tingkat pencahayaan dinyatakan dengan satuan lux. Setiap ruangan yang digunakan untuk beraktivitas memiliki nilai Standar Nasional yang berbeda-beda. Sesuai Standar SNI 6197-2011, ruangan untuk kerja memiliki tingkat pencahayaan 300-350 lux, sedangkan untuk loby memiliki tingkat pencahayaan 100-150 lux. Tingkat pencahayaan yang direkomendasikan sesuai SNI dapat

diperoleh dengan menentukan jumlah titik lampu di ruangan tersebut, dengan persamaan:

$$N = \frac{E \times A}{\phi \times LLf \times Cu \times n} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- N : Jumlah Titik Lampu
 E : Kuat Pencahayaan yang diinginkan (Lux)
 A : Luas Ruangan
 ϕ : Total Lumen
 L_{Lf} : Faktor Rugi Cahaya (0,7 – 0,8)
 C_u : Faktor Pemanfaatan (0,5 - 0,6)
 n : Jumlah Lampu pada Satu Titik

2.4.2 Daya Pencahayaan

Sesuai dengan standar SNI 6197-2011, di setiap ruangan memiliki ketetapan penggunaan daya yang berbeda-beda, nilai yang ditetapkan oleh BSNI bertujuan untuk menerapkan program konservasi energi. Penggunaan daya listrik di setiap ruangan dapat ditentukan dengan langkah-langkah berikut ini:

1. Menentukan Jumlah Lampu

$$N_{\text{Lampu}} = N_{\text{Armatur}} \times n \quad (2.2)$$

2. Menentukan Daya di Setiap Armatur

$$W_{\text{Total}} = N_{\text{Lampu}} \times W \quad (2.3)$$

Setelah mendapatkan persamaan (2.3) maka, dapat diperoleh besarnya nilai penggunaan daya listrik pada pencahayaan dengan persamaan:

$$\text{Daya Pencahayaan} = \frac{W_{\text{total}}}{A} \quad (2.4)$$

2.5 Sistem Tata Udara

Berdasarkan nilai standar yang ditetapkan oleh BSNI, untuk nilai temperatur dan kelembaban di wilayah dataran rendah, di suatu ruangan dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Ruang kerja memiliki ketetapan untuk nilai temperatur bola kering berkisar antara 24°C hingga 27°C atau $25,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ dengan nilai kelembaban $60\% \pm 5\%$.
- b. Ruang transit seperti lobi dan koridor memiliki ketetapan nilai untuk temperatur bola kering sekitar 27°C sampai 30°C atau $28,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ dengan nilai kelembaban $60\% \pm 5\%$.

Sistem tata udara yang belum memberikan kenyamanan di setiap ruangan dapat disebabkan oleh kondisi ruangan yang tidak tertutup rapat atau jumlah pendingin yang tidak sesuai dengan luas ruangan. Pada sistem tata udara dikenal istilah PK = *Paard Kracht* (Daya Kuda) yaitu daya yang dibutuhkan oleh mesin AC untuk memperoleh *British Thermal Unit per hour* (BTU/h). Nilai BTU/h pada suatu AC digunakan untuk menentukan nilai energi yang digunakan pada AC tersebut, 1 kWh sama dengan 3412,14 BTU/h. Nilai BTU/h pada suatu AC dapat ditentukan dengan persamaan:

$$BTU/h = \frac{\text{panjang}(m) \times \text{lebar}(m) \times \text{tinggi}(m)}{3} \times 500 \quad (2.5)$$

2.6 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Penggunaan energi listrik pada setiap gedung harus dilakukan audit energi yang nantinya menghasilkan sebuah hasil yang menjadi sebuah referensi yang jauh lebih baik. Intensitas Konsumsi Energi merupakan salah satu tujuan audit energi di mana Intensitas Konsumsi Energi ini ditentukan dengan pembagian antara konsumsi energi listrik pada kurun waktu tertentu dengan luas bangunan gedung[8]. Penggunaan energi dapat dihitung jika diketahui:

1. Rincian luas gedung dan luas totalnya (m²).
2. Konsumsi energi per tahun (kWh/tahun).
3. Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).
4. IKE bangunan gedung per tahun (kWh/m²/tahun).

$$IKE = \frac{\text{kWh total (kWh/bulan)}}{\text{Luas Total (m}^2\text{)}} \quad (2.5)$$

Berdasarkan Pedoman Pelaksanaan Konversi Energi dan Pengawasan di Lingkungan Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, nilai IKE yang ada pada sebuah gedung dapat digolongkan menjadi dua kriteria. Kriteria tersebut adalah bangunan menggunakan AC dan bangunan tanpa menggunakan AC.

Tabel 2.1 Kriteria Standar Nilai IKE Berdasarkan Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Tanpa Penggunaan AC[10].

Kriteria	Keterangan
Efisien (0,84 – 1,67) kWh/m ² /bulan	Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu.
Cukup Efisien (1,67 – 2,5) kWh/m ² /bulan	Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki peluang konservasi energi.
Boros (2,5 – 3,34) kWh/m ² /bulan	Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi.
Sangat Boros (3,34 – 4,17) kWh/m ² /bulan	Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi /peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan.

Tabel 2.2 Kriteria standar nilai IKE berdasarkan Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dengan penggunaan AC.

Kriteria	Keterangan
Sangat Efisien (4,17 – 7,92) kWh/m ² /bulan	Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip-prinsip manajemen energi.
Efisien (7,93 – 12,08) kWh/m ² /bulan	Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu.
Cukup Efisien (12,08 – 14,58) kWh/m ² /bulan	Pengoperasian dan pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi.
Agak Boros (14,58 – 19,17) kWh/m ² /bulan	Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi

Selain dari Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, berikut adalah acuan untuk nilai standar IKE berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012.

Tabel 2.3 Nilai Standar IKE dari Peraturan Menteri ESDM No.13 Tahun 2012

Kategori	IKE AC		IKE Non AC	
	kWh/m ² /bln		kWh/m ² /bln	
Sangat Efisien	< 8,5		< 3,4	
Efisien	= 8,5	< 14	= 3,4	< 5,6
Cukup Efisien	= 14	< 18,5	= 5,6	< 7,4
Boros	≥ 18,5		≥ 7,4	

2.7 Tarif Dasar Listrik

Energi listrik sulit sekali dipisahkan dari kehidupan manusia, seluruh aktivitas manusia dipengaruhi oleh energi listrik baik skala kecil maupun skala besar. Untuk mengetahui besarnya nilai yang harus dibayarkan oleh pelanggan atau konsumen energi listrik ditetapkan tarif dasar listrik. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2016, tarif dasar listrik telah diberlakukan di seluruh wilayah Indonesia baik untuk rumah tangga, industri, sosial dan publik yang ditunjukkan pada tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Tarif Dasar Listrik Untuk Seluruh Golongan.

Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (<i>Tarif Adjustment</i>) Bulan Juli-September 2017					
No	Gol. Tarif	Batas Daya	Reguler		Pra Bayar (Rp/kWh)
			Biaya Beban (Rp/Kva/bulan)	Biaya Pemakaian (Rp/kWh) Dan Biaya kVArh (Rp/kVArh)	
1	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4	R-2/TR	3.500 VA s.d 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
5	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
6	B-2/TR	6.600 VA s.d 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
7	B-3/TR	Di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8	I-3/TM	Di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
9	I-4/TT	30.000 kVA keatas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
10	P-1/TR	6.600 VA s.d 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
11	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$	

				Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 *****)	
12	P-3/TR		*)	1.467,28	1.467,28
13	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	
<p>Catatan:</p> <p>*) Diterapkan Rekening Minimum (RM): RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian.</p> <p>***) Diterapkan Rekening Minimum (RM): RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian LWBP Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVa tersambung</p> <p>*****) Diterapkan Rekening Minimum (RM): RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya tersambung (kVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LWBP Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVa tersambung</p> <p>*****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85% : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara</p> <p>WBP : Waktu Beban Puncak LWBP : Luar Waktu Beban Puncak</p>					

2.8 Akuisisi Data

Akuisisi data sering digunakan dalam suatu penelitian karena sistem akuisisi data ini adalah suatu sistem yang dapat digunakan untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data yang selanjutnya dapat diproses dengan sesuai keinginan atau kehendak pengguna[4]. Ada dua jenis data yang terdapat pada sistem akuisisi data, yaitu analog dan digital. Beberapa penelitian yang pernah menggunakan sistem akuisisi data seperti yang dilakukan oleh Yudi Eka P (2015). pada pengukuran pH dan temperatur menggunakan aplikasi LabView sebagai antarmukanya. Selain itu sistem akuisisi data juga pernah digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Yuzhu Peng (2013) yang membahas mengenai pengukuran daya listrik menggunakan mekanisme *multi-thread* untuk memecahkan masalah akuisisi data skala besar seperti lambatnya pencuplikan data dan *server* yang kelebihan beban (*overload*).

2.9 *Internet of Things*

Perkembangan internet sudah tidak dapat dipisahkan lagi dari kehidupan masyarakat. Melalui jaringan internet masyarakat mampu mengakses berbagai informasi yang berupa gambar, informasi berupa berita serta video atau audio. Bahkan dengan jaringan internet masyarakat mampu berinteraksi saling berkomunikasi walaupun terpisah jarak yang cukup jauh. Perkembangan internet yang cukup pesat pada akhir-akhir saat ini, baik dari segi perangkat lunak maupun perangkat keras memicu perkembangan teknologi yang memanfaatkan jaringan internet. *Internet of Things* adalah salah satu contoh bentuk teknologi dari perkembangan jaringan internet. *Internet of Things* merupakan bentuk koneksi suatu perangkat seperti sensor, komputer pribadi, android, perangkat yang terhubung mampu menghasilkan suatu informasi yang dapat diakses dan digunakan oleh manusia atau sistem lainnya[11]. Selain itu *Internet of Things* juga diartikan sebagai konsep di mana setiap obyek fisik dapat terkoneksi dengan internet serta mampu mengidentifikasi dengan otomatis terhadap perangkat yang lainnya[5]. Melalui Auto-ID Center pada tahun 1999 teknologi ini diperkenalkan oleh Kevin Ashton[15]. Teknologi *Internet of Things* ini melakukan interkoneksi dari *embedded computing devices* dengan jaringan internet. Bentuk dari perangkat *embedded system* adalah mikrokontroler, seperti Atmel 8051, Intel MCS-96, Arduino. Mikrokontroler ini memiliki perbedaan dengan mikroprosesor, di mana mikrokontroler mampu melakukan pembacaan memori internal (EEPROM). Banyak contoh dari peralatan dengan menerapkan *embedded system* yang berada di sekeliling kehidupan manusia, misalnya adalah pencetak tiket otomatis, mesin cuci, pengontrolan AC, microwave. Bentuk nyata yang menerapkan teknologi *Internet*

of Things adalah pengoperasian atau pengendalian suatu peralatan atau sensor dari jarak jauh. Pengendalian dari jarak jauh membantu manusia melakukan suatu monitoring terhadap pergerakan, perubahan serta kondisi dari suatu objek atau tempat. Dengan perkembangan teknologi *Internet of Things* mampu mempercepat dan mempermudah manusia dalam melakukan monitoring, sehingga dapat dilakukan kapan saja dan dimana saja. Jaringan internet yang sudah masuk di berbagai daerah pelosok negeri ini sehingga penerapan teknologi *Internet of Things* sudah merambah di berbagai bidang kehidupan manusia, misalnya pada bidang ekonomi, perkebunan, pertambangan atau perikanan dan kesehatan.

2.10 Sistem *Monitoring*

Pengertian sistem menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah perangkat unsur yang secara sistematis saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas[6]. Sementara monitor adalah sebuah alat yang dirancang untuk melakukan pengawasan, pengontrolan, atau memverifikasi operasi suatu sistem. Sehingga sistem *monitoring* adalah perangkat yang saling berkaitan sehingga dapat mempunyai kegunaan untuk mengawasi, mengontrol dan memverifikasi operasi suatu sistem yang terbentuk.

Dalam perancangan sistem *monitoring* harus memiliki perangkat yang berguna untuk pusat pengendalian. Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pusat pengendalian pada penelitian ini.

Arduino sendiri adalah sebuah piranti mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega2560, Arduino ini salah satu jenis dari mikrokontroler yang banyak digunakan untuk mengendalikan sistem kerja. Board mikrokontroler ini dilengkapi

dengan 54 pin digital input / output yang diantara 54 pin tersebut terdapat 16 pin yang digunakan sebagai PWM, 4 pin UAR. Selain itu terdapat 16 pin analog input, board mikrokontroler ini memiliki sebuah osilator 16 MHz, koneksi USB, ICSP *header*, tombol reset serta memiliki memori flash 256 KB[12]. Penggunaan arduino bisa dilakukan dengan memberikan sumber tegangan dari sebuah komputer yang dihubungkan dengan kabel USB, atau dengan menggunakan sumber tegangan dari sebuah adaptor AC ke DC. Sementara untuk mengirimkan data hasil ke server digunakan suatu piranti yang dinamakan dengan Ethernet Shield yang sudah terintegrasi dengan Arduino Mega 2560 yang digunakan. Gambar 2.2 menunjukkan bentuk Arduino Mega 2560 yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

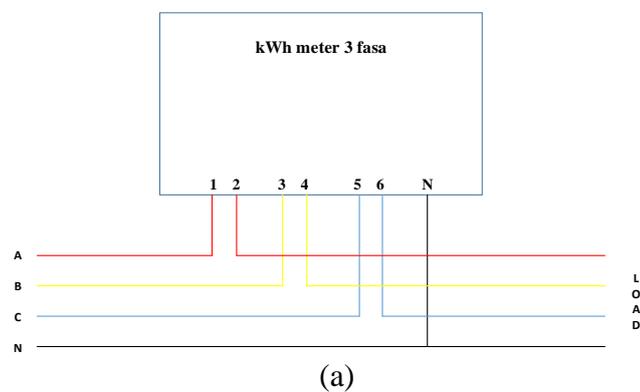
2.11 Website

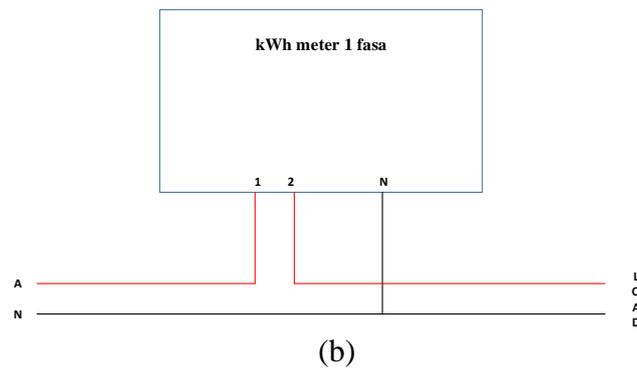
Website adalah salah satu pengembangan dari jaringan internet, di mana *website* memiliki definisi sebagai kumpulan halaman yang terdapat pada sebuah domain yang memuat suatu informasi berupa gambar, data, teks, video, suara, atau bahkan gabungan dari kesemuanya. Setiap halaman web yang saling berhubungan dengan halaman web lainnya membangun sebuah website, hubungan ini dinamakan dengan

hiperlink. *Hiperlink* berbeda dengan *hypertext*, istilah *hypertext* ini adalah jenis teks yang menjadi media penghubung[14]. Tampilan pada *website* pun mempunyai sifat di mana ada yang bersifat statis dan bersifat dinamis. Informasi yang ditampilkan di halaman *website* bersifat statis apabila informasi tersebut hanya diam, tetap, jarang berubah. Sementara informasi yang ditampilkan bersifat dinamis apabila informasi tersebut terus berubah-ubah, isinya sangat interaktif. Penggunaan *website* sendiri sudah sangat berkembang, banyak penelitian yang menggunakan atau berbasis *website* untuk menampilkannya.

2.12 KWh Meter

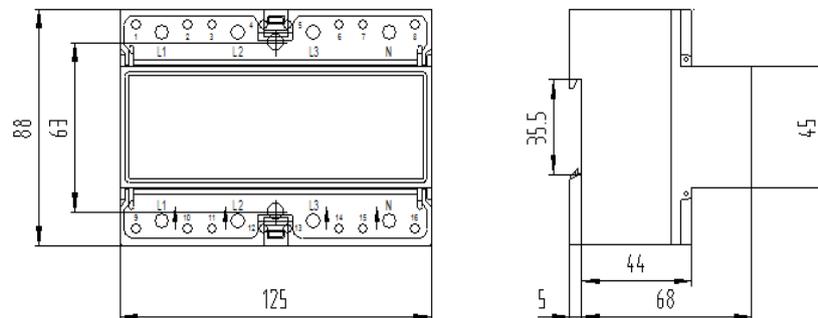
Salah satu peralatan yang digunakan untuk pengukuran besaran listrik adalah kWh meter, di mana kWh meter ini digunakan untuk mengukur besarnya konsumsi energi listrik. Nilai yang terukur pada kWh dinyatakan dalam satuan kWh (*kilowatt-hour*). kWh meter digital dapat digunakan pada sistem kelistrikan satu fasa maupun tiga fasa. Komponen yang terdapat pada kWh ini berupa pengukur daya, pengukur arus, dan pengukur tegangan. Gambar 2.3 berikut ini, menunjukkan sistem kWh meter.





Gambar 2.3 kWh Meter Untuk, (a) 3 Fasa, (b) 1 Fasa.

Prinsip kerja kWh meter adalah dengan menerapkan metode induksi medan magnet. Medan magnet digunakan untuk menggerakkan sebuah piringan cakram yang terbuat dari alumunium, cakram ini mempunyai poros yang menggerakkan *counter* digit. Pergerakan *counter* ini menjadi tampilan pada kWh meter[9].

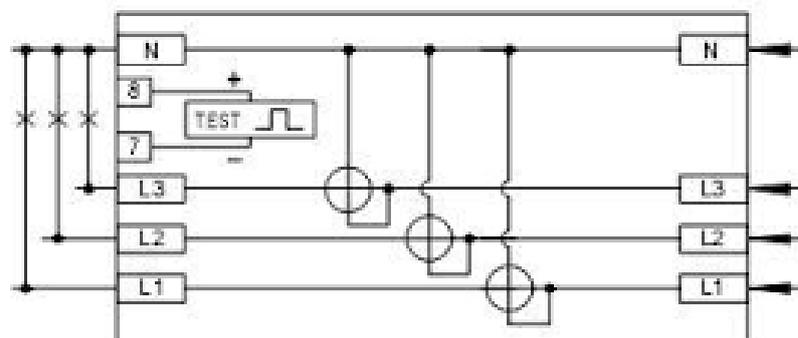


Gambar 2.4 kWh Meter XTM1250SA

Berikut ini spesifikasi dari kWh XTM1250SA:

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Tegangan nominal (U_n) | : 230 / 400V AC (3 ~) |
| Tegangan operasional | : 161/279 - 300 / 520V AC (3 ~) |
| Kemampuan isolasi: | |
| - Tegangan AC menahan | : 2KV selama 1 menit |

- Tegangan impuls	: 6KV - 1.2 μ S bentuk gelombang
Arus <i>starting</i> (Ist)	: 0.02 A
Arus minimum (Imin)	: 0,25 A
Arus Transisi (Itr)	: 0.5 A
Arus Referensi (Iref)	: 5 A
Arus maksimum (Imax)	: 60 A
Kisaran arus operasi	: 0,25 A - 60 A
Rentang frekuensi operasional	: 50Hz \pm 10%
Konsumsi daya internal	: \leq 2W / 10VA per fase
Uji kecepatan keluaran flash (PULSE LED) 320 impuls per kWh	
Kecepatan lampu kilat keluaran jauh (SO LED) 10 impuls per kWh	



Gambar 2.5 *Line Diagram XTM1250SA*

2.13 Konsep Dasar Database MySQL, HTML dan PHP

Pengolahan suatu data base adalah suatu cara yang digunakan pada seluruh file-file yang terdapat di instansi, file-file yang berisikan informasi ini dapat disusun secara rapi, secara berurutan, dapat diambil dalam bentuk laporan. Data base adalah gudang data apabila diartikan secara sederhana, tetapi data base adalah sekumpulan informasi atau data yang sangat kompleks, data atau file tersebut saling

berhubungan, saling berinteraksi satu sama lain sehingga mudah untuk diakses. MySQL adalah jenis data base yang pada mulanya hanya bisa digunakan pada sistem Linux dan Unix, karena semakin banyak peminatnya jenis data base ini kemudian membuat versi yang dapat di gunakan pada semua *platform*, seperti Windows. Perlu dipahami bahwa ada perbedaan antara MySQL dan SQL. SQL merupakan salah satu jenis bahasa permintaan yang tersusun secara sistematis atau terstruktur pada SMBD tertentu, sedangkan MySQL menjadi *data basenya*. Sehingga dengan kata lain, MySQL adalah SMBD-nya dan SQL adalah perintah yang melekat pada SMBD. Pemrograman dalam menerapkan sistem monitoring ini berlanjut pada HTML. *Hypertext Markup Language* atau HTML merupakan suatu bahasa program dasar untuk web scripting yang bersifat client side yang dapat menampilkan suatu informasi berupa teks, multimedia, serta grafik. HTML juga digunakan untuk menampilkan antar tampilan pada web page (*hyperlink*). Pada HTML ada suatu bahasa yang diselipkan di dalamnya yaitu PHP. *Hypertext Preprocessor* atau PHP adalah jenis script server-side yang disisipkan pada HTML, berikut ini adalah contoh dari bentuk script PHP:

```
<html>
<head><title>Laptop</title></head>
<body>
<?php echo "tulisan yang dibuat dengan PHP"?>
</body>
</html>
```

Penulisan pada script PHP perlu dipahami, karena cara penulisannya menggunakan tag awal dan tag akhir. Penggunaan tag awal dan tag akhir ini bertujuan agar pemrograman untuk dapat masuk atau keluar dari mode script PHP[14].

2.14 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terkait dengan manajemen energi dan teknologi IoT yang sudah pernah dilakukan, di antaranya adalah:

1. **Monitoring Besaran Listrik Dari Jarak Jauh Pada Jaringan Listrik 3 Fasa Berbasis Single Board Computer BCM2835** (Ady Kurniawan, Dikpride Despa, M. Komarudin, 2015). Penelitian ini melakukan sistem pemantauan atau yang dikenal dengan sistem monitoring pada besaran listrik. Data-data hasil pengukuran dikirimkan ke sebuah server, kemudian data tersebut dapat ditampilkan melalui website. Penggunaan Single Board Computer BCM2835 menjadi kelemahan dari segi ekonomi hal ini dikarenakan harga dari Single Board Computer BCM2835 cukup mahal, sedangkan Pin yang tidak begitu banyak dapat digantikan dengan mikrokontroler yang lainnya.
2. **Sistem Monitoring Besaran Listrik Dengan Teknologi IoT (*Internet of Things*)** (Najib Amaro, Dikpride Despa, Meizano Ardhi M, 2017) Penelitian ini membangun sebuah *prototype* yang mampu digunakan untuk melakukan monitoring pada perubahan besaran listrik yang ada di gedung, tetapi data yang diperoleh dari penelitian ini hanya sebatas informasi, belum dilakukan suatu pengolahan data menjadi rekomendasi-rekomendasi yang dapat digunakan untuk menghemat energi.
3. **Kajian Terhadap Manajemen Konservasi Energi Listrik Untuk Perencanaan Dan Pengendalian Pada Gedung Perkantoran PT. PHE** (Ajen Mukarom, Abdul Kohar Irwanto, Armansyah H Tambunan, 2013). Penelitian ini menerapkan konservasi energi dengan melakukan manajemen energi di gedung PT. PHE. Hasil penelitian ini mendapatkan kesimpulan

bahwa rekomendasi manajemen yang dilakukan layak untuk diterapkan. Tetapi dalam penelitian tersebut belum menggunakan teknologi IoT untuk memantau perubahan penggunaan energi setelah menerapkan rekomendasi dari manajemen yang dilakukan.

4. Manajemen Sistem Tata Udara Pada Gedung Rektorat Universitas

Lampung (Andrie Dwi S, Dikpride Despa, Endah Komalasari, 2014)

Penelitian ini membahas tentang manajemen pada suatu gedung perkantoran teruntuk gedung Rektorat Universitas Lampung. Pada penelitian ini belum melakukan manajemen pada sistem pencahayaan, dan belum membentuk suatu Standar Operasional Prosedur yang sangat berpengaruh untuk melakukan penghematan energi.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Waktu dan tempat penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada:

Waktu : Juni 2017 –Februari 2018

Tempat : Laboratorium Teknik Pengukuran Besaran Elektrik Jurusan
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Perangkat keras:

1. Satu unit *Personal computer* merek TOSHIBA seri Satellite C55D-B

dengan spesifikasi:

a. Processor: AMD A6-6310 APU with AMD Radeon R4 Graphics

(4 CPUs), ~1.8GHz

b. RAM: 2048MB

c. HDD 500 GB

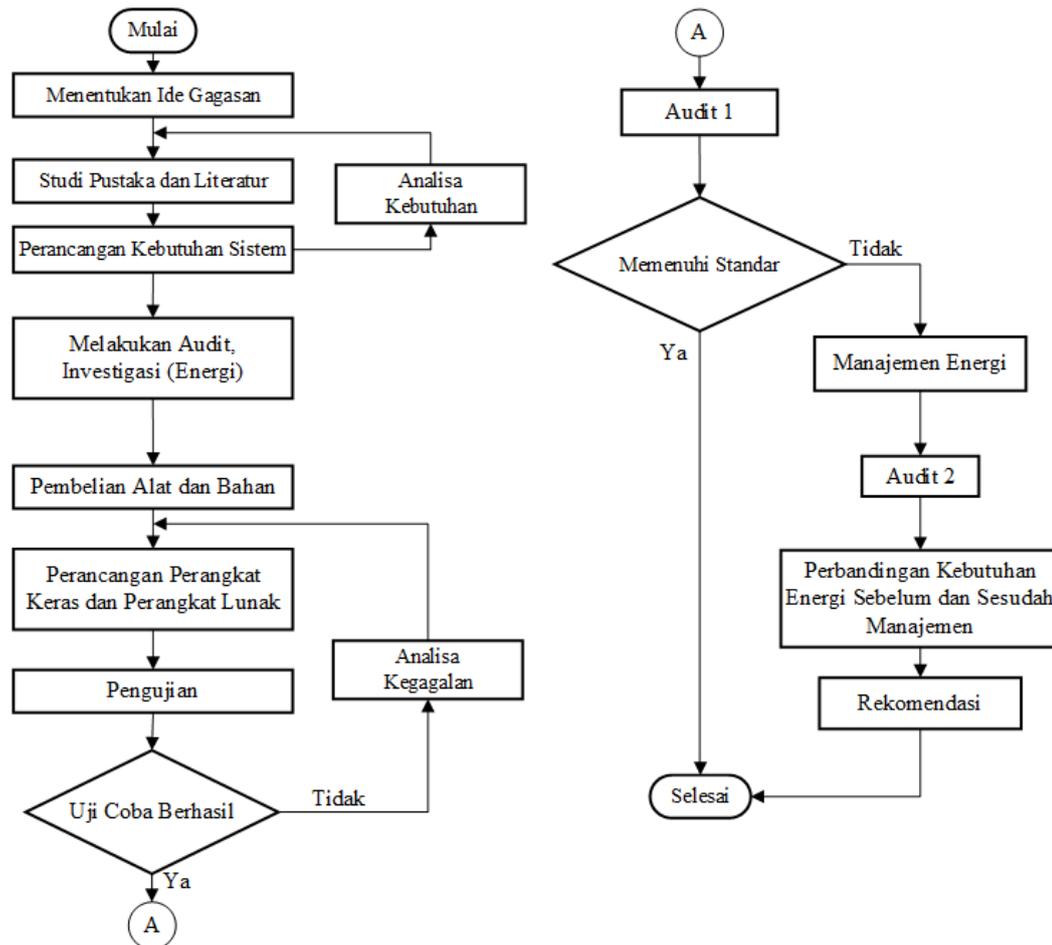
2. Satu unit server, dari UPT Perpustakaan

3. Satu unit KWh meter digital,

4. Satu unit *Arduino Mega 2560*
 5. Satu unit Kabel konektor internet
 6. Satu unit Tang Ampere
 7. Satu unit Multi meter
 8. Satu set *tool kit*
 9. Satu unit *Ethernet Shield Board*
 10. Satu unit RJ45
 11. Resistor 10 K ω
 12. Kabel Jumper dan Kabel listrik
- Perangkat lunak:
1. *Sublime Text*
 2. XAMPP (X, Apache, MySQL, PHP, Perl)
 3. Arduino IDE

3.3 Tahap Penelitian

Adapun langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan tahapan penelitian pada tugas akhir yang dilakukan, di mana semua tahapan ini dijelaskan secara lengkap seperti di bawah ini:

1. Menentukan Ide Gagasan

Dalam mengerjakan tugas akhir, langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan ide gagasan yang berhubungan dengan pembahasan yang diambil pada tugas akhir ini yang dapat diperoleh dari sumber primer maupun sumber sekunder.

2. Studi Literatur

Setelah menentukan ide gagasan, langkah berikutnya adalah mengumpulkan literatur yang berhubungan dengan pembahasan yang diambil. Sumber informasi dapat diperoleh dengan bertanya pada dosen atau mencari di buku.

3. Perancangan Kebutuhan Sistem

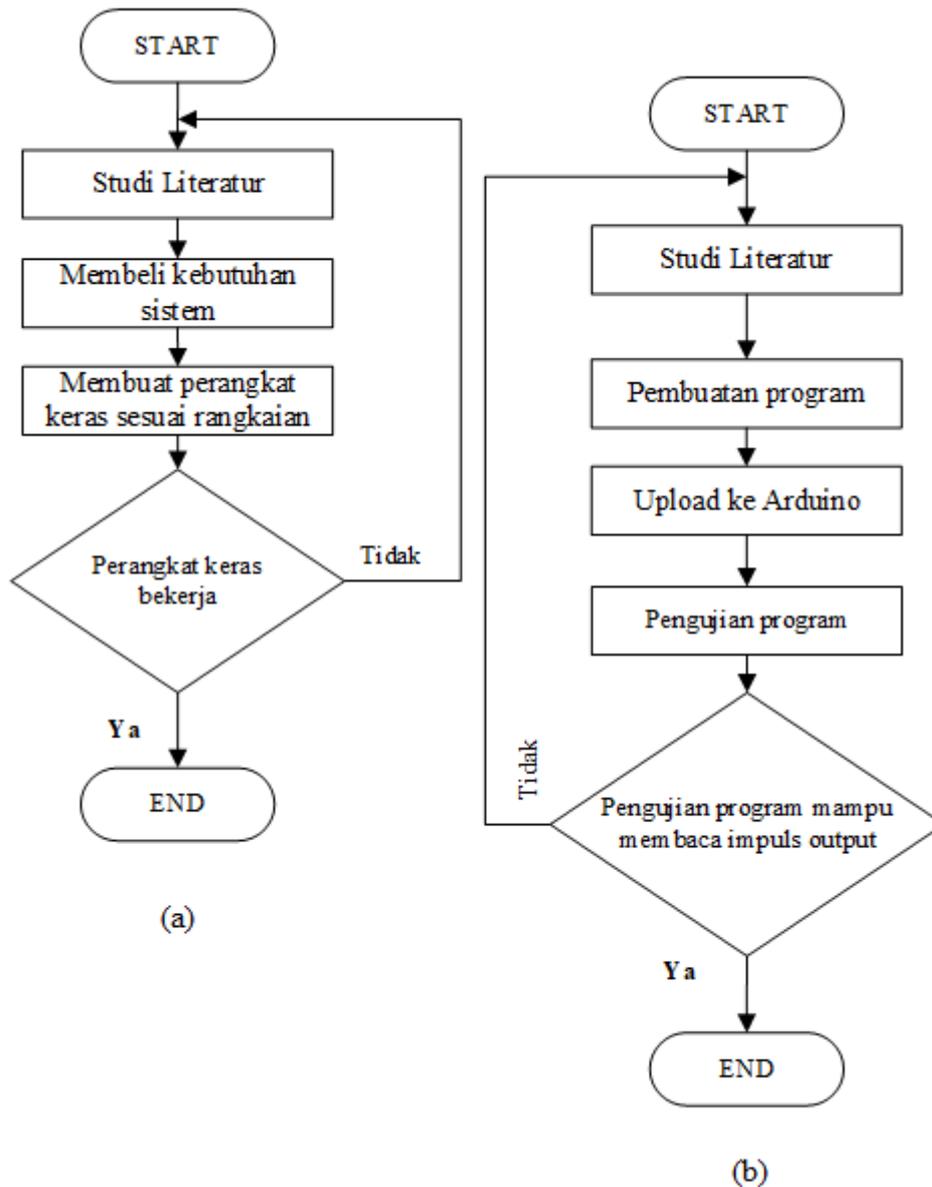
Penyelidikan dilakukan dengan mencatat atau merekam fakta melakukan peninjauan, percobaan, dan sebagainya untuk mendapatkan suatu informasi mengenai data-data yang diperlukan dalam pembuatan sistem.

4. Pembelian Alat dan Bahan

Setelah menganalisis kebutuhan sistem, berikutnya adalah membeli alat dan bahan yang digunakan pada pembuatan sistem.

5. Perancangan perangkat keras dan lunak

Untuk menunjang dalam melakukan pengambilan data yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan menggunakan mikrokontroler berupa Arduino Mega 2560 sebagai penunjang konsep IoT, sebagai pengolah data, serta sebagai pengendali dan pengirim data ke internet.. Pengiriman data yang diperoleh menggunakan *Ethernet shield*, perangkat ini sudah terintegrasi dengan Arduino Mega 2560. Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2 Diagram Perancangan (A) Perangkat Keras, (B) Perangkat Lunak.

6. Pengujian Sistem

Kode program yang dibuat pada perangkat lunak ada dua. Pertama kode program pada Arduino yang dibuat di Arduino IDE dengan bahasa C, kode program ini digunakan untuk mengirimkan data ke server. Selanjutnya kode program *real time*

monitoring system dibuat dengan menggunakan teknologi web dan *data base* MySQL.

7. Audit 1

Pengamatan dilakukan terhadap pemakaian energi di tempat penelitian dengan melakukan audit. Hasil pengamatan berupa data kemudian diolah menggunakan metode yang telah ditentukan agar selanjutnya dapat memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan yang diinginkan.

8. Manajemen Energi

Data yang di dapatkan dari hasil audit, jika datanya tidak sesuai maka dilakukan manajemen terhadap pemakaian energi agar hasilnya sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

9. Audit 2

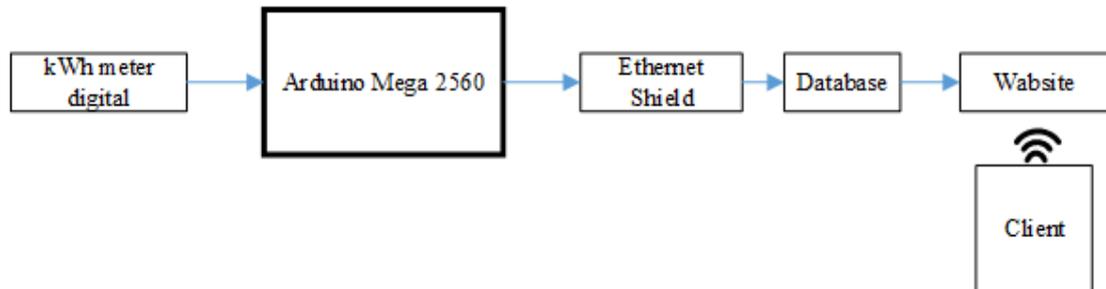
Setelah dilakukan audit 1 yang mana hasilnya pemakaian energi tidak sesuai dan dilakukan manajemen energi, selanjutnya dilakukan audit ke 2 untuk membandingkan hasil sebelum dan setelah dilakukan manajemen.

10. Rekomendasi

Setelah melakukan audit dan membandingkan hasilnya antara audit 1 dan 2, berikutnya adalah membuat rekomendasi berupa SOP (Standar Operasional Prosedur) guna memenuhi tujuan bahwa pemakaian energi dapat efisien.

3.4 Blok Diagram Perancangan Sistem

Adapun blok diagram perancangan sistem yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem.

Pada gambar 3.2 menunjukkan alur proses sistem, *pulse output* yang keluar dari kWh meter digital selanjutnya dibaca oleh Arduino menjadi data numerik. Komunikasi pengiriman data dari Arduino ke *data base* menggunakan *Ethernet shield board*, data dalam *database* tersebut ditampilkan pada sebuah web untuk dapat diakses melalui *Web Browser* yang terhubung dengan jaringan internet.

3.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

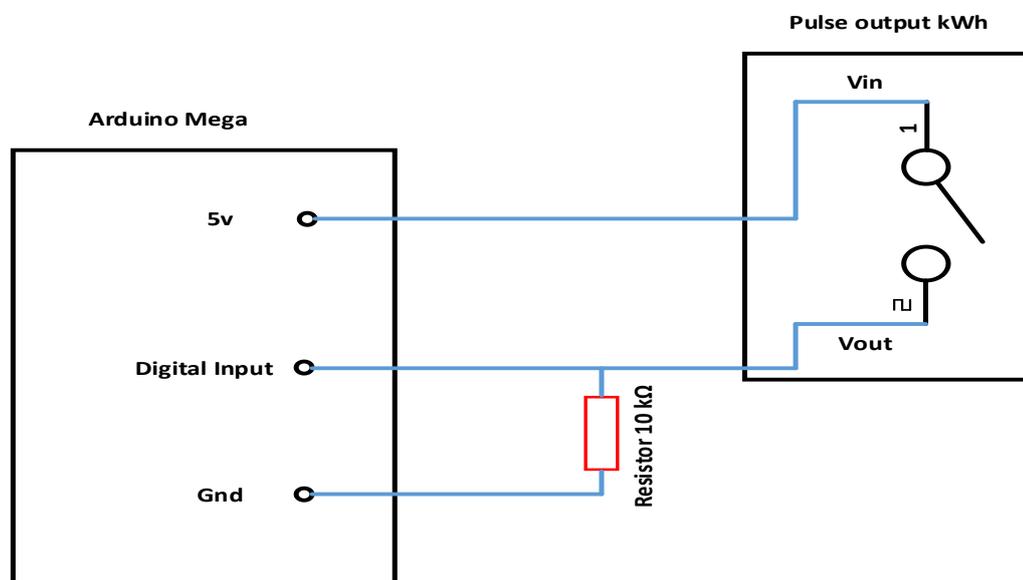
1. KWh Meter Digital

Suatu perangkat keras yang digunakan dalam menentukan besarnya penggunaan energi adalah kWh meter digital XTM1250SA. Indikasi kerja dari kWh ini adalah pada panel depan XTM1250SA, ada tiga LED penunjuk daya yang memiliki warna berbeda satu sama lain. LED kuning mewakili fasa L1, LED hijau mewakili dari

fasa L2, dan LED merah mewakili fasa L3. Bila setiap fasa bekerja secara normal, representasi LED menyala. Bila tidak ada arus atau tegangan disalah satu fasa maka LED tidak menyala. Indikasi konsumsi energi pada XTM1250SA, ada dua LED indikasi impuls yang memiliki warna berbeda satu sama lain. Saat beban sedang berjalan, LED ini akan berkedip untuk mengindikasikan beban yang memakai daya. Semakin cepat nyala LED, semakin banyak konsumsi yang ada.

2. Perancangan Sistem

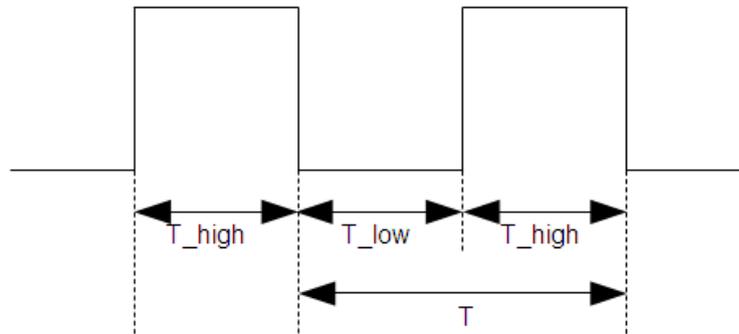
Unit utama adalah bagian yang terpenting untuk mengolah data, pengumpulan data, pemrosesan dan pengiriman data. Dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan mikrokontroler jenis Arduino Mega 2560 sebagai pengendali sekaligus pengolah signal *pulse output* dari keluaran kWh meter. Perancangan sistem sesuai dengan gambar rangkaian berikut ini:.



Gambar 3.4 Rangkaian Sistem

3. Skema Pembacaan *Pulse Output*

Berikut ini skema pada *pulse output* yang dikeluarkan dari kWh meter digital.



Gambar 3.5 Ilustrasi *Pulse Output*.

Pada gambar 3.5 menunjukkan ilustrasi bentuk *pulse output* dari sebuah perangkat, dalam hal ini adalah kWh meter. T_{high} menunjukkan lebar pulsa yang dapat bervariasi besarnya tergantung dengan meternya. Waktu antara pulsa T_{low} inilah yang mengindikasikan daya yang diukur oleh kWh meter.

4. Sistem *Monitoring*

Data yang sudah diolah di Arduino kemudian di kirim dan disimpan sebagai *data base* pada sebuah server. Data yang tersimpan agar dapat dipantau dibutuhkan sebuah halaman web yang dapat diakses melalui web browser, data yang dipantau ditampilkan dalam bentuk grafik. Dalam membuat tampilan *monitoring* dibutuhkan bahasa pemrograman seperti *Java Script*, *CSS*, *HTML* dan *PHP*. Perangkat pendukung yang dibutuhkan dalam sistem ini ialah sebuah kabel LAN dan *eth shield board*.

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pembahasan yang dilakukan dalam skripsi ini, terdapat beberapa kesimpulan:

1. Hasil investigasi yang dilakukan di gedung I memberikan informasi bahwa, pada sistem pencahayaan banyak ruangan yang belum mencapai Standar Nasional Indonesia.
2. Perangkat keras dapat bekerja dengan baik dalam pembacaan *pulse output* yang diterima dari kWh meter digital untuk kemudian dikirim ke *database* sehingga dapat ditampilkan secara *real time* dan dapat diakses secara *online*.
3. Untuk dapat mencapai tingkat pencahayaan yang sesuai standar SNI diperlukan penggantian dan penambahan jumlah lampu di setiap ruangan.
4. Penggantian jenis lampu dari jenis TL, CFL ke jenis TL LED menunjukkan penggunaan daya maksimum masih di bawah batas maksimal SNI.
5. Untuk pengaturan suhu dan kelembaban harus dilakukan penyesuaian AC dengan memerhatikan nilai energi AC di masing-masing ruangan.

5.2 Saran

Beberapa saran yang terkait dengan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Diperlukannya suatu usaha bersama untuk dapat melakukan penerapan rekomendasi yang diberikan dan menjaga penggunaan energi yang efisien,
2. Penerapan rekomendasi untuk meretrofit lampu dapat dipilih jenis lampu yang lebih murah tetapi harus memiliki nilai lux yang minimal sama dengan yang direkomendasikan dan memiliki nilai penghematan,
3. Menambahkan sistem otomasi pada peralatan listrik agar bekerja dalam penggunaan energi yang efisien,

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Wahyudi, "Audit Energi Di Bidang Tata Cahaya Untuk Gedung Kampus Bonaventura UAJY" Skripsi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2014.
- [2] Mukhlis, "Evaluasi Penggunaan Listrik Pada Bangunan Gedung di Lingkungan Universitas Tadulako", Jurnal Ilmiah Foristek Vol. 1, No.1, hlm 34, Maret 2011.
- [3] F. Hanif, "Konservasi Energi Listrik Pada Industri Baja Dengan Meningkatkan Efisiensi Dan Kualitas Daya Listrik" Skripsi, Universitas Indonesia, 2008.
- [4] N. Wisnu Hadita, "Sistem Akuisisi Data Kadar Keasaman (pH), Suhu, Kadar Oksigen Terlarut (DO) dan Kedalaman Lingkungan Perairan Menggunakan *Mini Vessel*" Skripsi, Universitas Lampung, 2016.
- [5] M. .P. dan. T.S., "Implementasi IoT (Internet of Things) Dalam Pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang", SMARTICS Journal, pp.22-23, Oktober 2015.
- [6] Anonim. (2017). Kamus Besar Bahasa Indonesia[*Online*]. Available: <http://kbbi.web.id>.
- [7] D. Despa, A. Kurniawan, M. Komarudin, Mardiana, G. F. Nama, "Smart Monitoring of Electrical Quantities Based on Single Board Computer BCM2835", In *2nd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering*, pp. 315-320, Indonesia, 2015.
- [8] J. Untoro, H. Gusmedi, N. Purwasih, "Audit energi dan Analisis Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Peralatan Listrik di Gedung Pelayanan Unila" ELECTRICIAN- Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, vol. 8, no. 2, Mei 2014.
- [9] F. Reza, Hartono, S. Nurhadiyono, "Analisa Deviasi KWH Meter Memanfaatkan Aplikasi Android *APP TOLE*" ITEKS Intuisi Teknologi dan Seni, edisi.7, no.3, November 2015.
- [10] Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia, "Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasan di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional" Jakarta, 2006.

- [11] Dikpride Despa, Mardiana, Gigi F. N, “Smart Monitoring Data Centre Base on Mini Single Board Computer BCM 2835” *In The 1st Internasional Conference on Science, Technology, and Interdisciplinary Research (IC-STAR)*, Indonesia, 2015.
- [12] BAB 1. M. McRoberts, 2010, “*Beginning Arduino : Technology in Action*”, New York: Apress.
- [13] BAB 2. M. Ajen, “Kajian Terhadap Manajemen Konservasi Energi Listrik Untuk Perencanaan Dan Pengendalian Pada Gedung Perkantoran PT. PHE” Skripsi, Universitas Indonesia, 2013.
- [14] BAB 3. Andre & S. Anthony, “Aplikasi Web Dinamis Menggunakan Editor Macromedia Dreamweaver 8 Berbasis Php Dan Mysql Untuk Sistem Kendali Dan Monitoring Ruangan”, Semarang, 2010.
- [15] BAB 4. G. Korteum, F. kawsar, D. Fitton dan V. Sundramoorthy, 2012, “*Smart objects as building blocks for the internet of things. Internet Computing*”, New York: IEEE
- [16] Amaro. N, “Prototype Sistem Realtime Monitoring Besaran Listrik Dengan Teknologi Iot (*Internet Of Things*)” Skripsi, Universitas Lampung, 2017.
- [17] Retnasari. T, “Analisis Penerapan Standar Operasional Prosedur (SOP) Dalam Pelayanan Kesehatan Berbasis IT Menggunakan Analisa SWOT” PERSPEKTIF, vol. 7, no. 2, September 2014.
- [18] Berchmans. H, et al., “Panduan Penghematan Energi di Gedung Pemerintahan”, Jakarta: USAID Indonesia Clean Energi Development (ICED Project), 2014.
- [19] Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, “Kantor Hemat Energi. Energi Efficiency and Conservation Clearing House Indonesia”, Jakarta (ID): Direktorat Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. Kementerian ESDM, 2011.