

**AUDIT DAN RANCANGAN IMPLEMENTASI SISTEM
MANAJEMEN ENERGI BERBASIS ISO 50001 DI UNIVERSITAS
BRAWIJAYA MALANG**

TESIS



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
MINAT SISTEM TENAGA LISTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi Persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik Elektro

FAJARIYAH MULYANI

NIM 136060300111023

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

**AUDIT DAN RANCANGAN IMPLEMENTASI SISTEM
MANAJEMEN ENERGI BERBASIS ISO 50001 DI UNIVERSITAS
BRAWIJAYA MALANG**

TESIS



**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
MINAT SISTEM TENAGA LISTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi Persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik Elektro

**FAJARIYAH MULYANI
NIM 136060300111023**

LEMBAR PENGESAHAN
AUDIT DAN RANCANGAN IMPLEMENTASI SISTEM
MANAJEMEN ENERGI BERBASIS ISO 50001 DI UNIVERSITAS
BRAWIJAYA MALANG

TESIS



Oleh :
Nama Mahasiswa : Fajariyah Mulyani
NIM : 136060300111023
Program Magister : Teknik Elektro
Minat : Sistem Tenaga Listrik

Menyetujui
KOMISI PEMBIMBING

Ketua,

Anggota,

Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D,IPM

NIP. 19730520 2008011 013

Dr. Rini Nur Hasanah, ST.,M.Sc

NIP. 1968012 21995122 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

Dr. Eng. Panca Mudirahardjo, S.T., M.T

NIP. 19700829 200012 1001

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 27 Juli 2018

Mahasiswa,

Nama : Fajariyah Mulyani

NIM : 136060300111023

PM : Teknik Elektro

PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

LEMBAR PERUNTUKAN :

Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:

Ayahanda dan Ibunda tercinta (Bpk H. Drs Sudibyo & Ibu Hj.Inkuntum Hotimah,S.Pd)

Ibunda Mertua (Ibu Hj. Mishanah)

Suami Tercinta Lukmanul Hakim,S.Pi

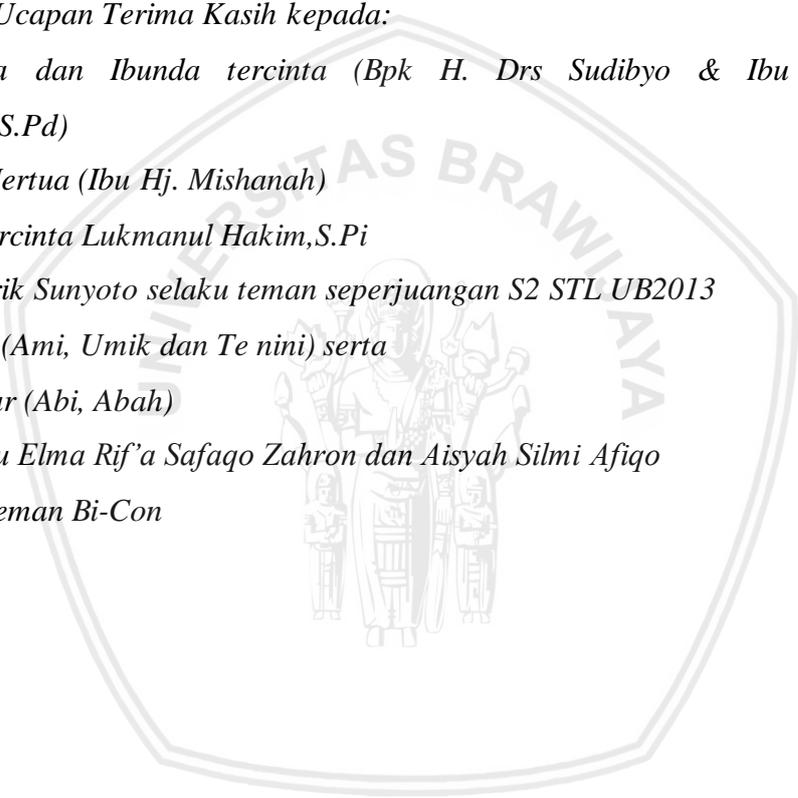
Pak Andrik Sunyoto selaku teman seperjuangan S2 STL UB2013

Adik2 ku (Ami, Umik dan Te nini) serta

Adik2 Ipar (Abi, Abah)

Ponaanku Elma Rif'a Safaqa Zahron dan Aisyah Silmi Afiqo

Teman-Teman Bi-Con



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah - Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini yang berjudul "Audit dan Rancangan Implementasi manajemen Energi berbasis ISO 50001 Di Universitas Brawijaya Malang". Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Tesis ini membahas tentang proses Audit dan perancangan Implementasi Manajemen Energi Berbasis ISO 50001 yang dapat digunakan sebagai indikator manajemen energi pada gedung di Lingkungan Universitas Brawijaya, serta menentukan upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik secara berkesinambungan.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak, penyelesaian Tesis ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

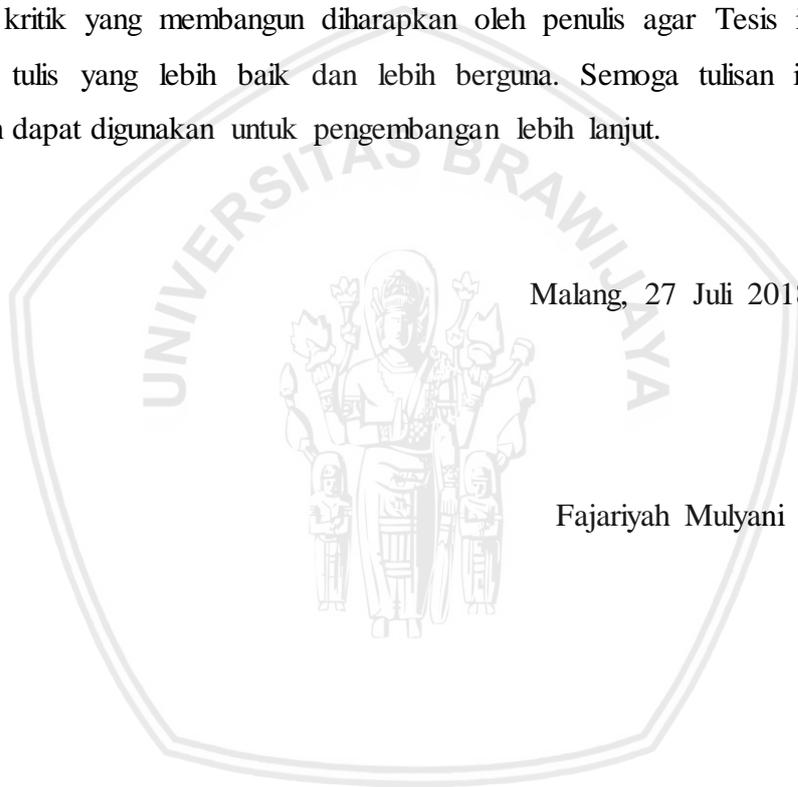
1. Bapak Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D, IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan selaku dosen pembimbing Tesis pertama yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun dalam penyelesaian Tesis ini.
3. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc selaku KKDK Konsentrasi Teknik Energi Elektrik dan selaku dosen pembimbing Tesis kedua yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun dalam penyelesaian Tesis ini.
4. Keluarga penulis, Bapak H. Drs. Sudibyo, Ibu Hj. Ikuntum Hotimah, S.Pd, Ibu Hj. Mishanah, Lukmanul Hakim, Sri Oktafia S, Indah Kusumawati S, Dini Adaniya Yulianti, Aisyah Silmi Afiqo, Elma Rif'a Shafaqo atas dukungan doa, finansial, dan dorongan semangat yang senantiasa selalu diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini.

5. Teman - teman PT. BIOLA Teknik Indonesia yang telah menemani dan memberikan semangat serta dukungan selama penyusunan Tesis.
6. Teman-teman S2 Pak Andrik, Pak Zahroni, Mba Rahma, Pak fauzi, Pak Alan, dan Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik yang tidak dapat disebutkan satu per satu secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini belum sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala - kendala lain yang terjadi selama pengerjaan Tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun diharapkan oleh penulis agar Tesis ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan lebih berguna. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, 27 Juli 2018

Fajariyah Mulyani



2.5.4. Pelaksanaan Perencanaan Manajemen Energi.....	33
2.5.5. Evaluasi Manajemen Energi.....	34
2.5.6. Tinjauan Manajemen Energi.....	35
BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN	37
3.1 Kerangka Konsep Penelitian.....	37
3.2 Hipotesis	38
3.3 Konsep dan Variabel Penelitian.....	39
3.3.1 Konsep Penelitian	39
3.3.2 Variabel Penelitian.....	39
BAB 4 METODE PENELITIAN	41
4.1 Kebutuhan Data	41
4.2 Jenis dan Metode Perolehan Data	42
4.3 Peralatan Yang Digunakan	42
4.3.1 FLIR Infrared Thermal Imaging Camera	43
4.3.2 Lux Meter (<i>HANDSUN LX-13308</i>).....	44
4.3.3 Termometer Infra Merah (<i>FLUKE</i>).....	45
4.3.4 Power C Clamp (<i>EXTECH 380975</i>).....	45
4.3.5 Data Logger.....	46
4.3.6 Leica Disto D2 Laser Distance Meter.....	47
4.4 Metode Pengukuran	48
4.5 Survey Lapangan dan Metode Sampling	48
4.6 Analisis Data dan Interpretasi	49
BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	51
5.1 Kondisi Penggunaan Energi di Universitas Brawijaya Malang	51
5.1.1 Analisis Konsumsi Berdasarkan Hasil Pengukuran dan Perhitungan..	58
5.2 Daftar Gardu APP dan gedung yang dilayani UB	59
5.2.1 Sampling Pengukuran Gardu APP	63
5.2.2 Trend Penggunaan Energi Listrik di UB	66
5.2.3 Trend Penggunaan reifanso dengan Penambahan SDM UB	70
5.2.4 Hasil Pengukuran Panel Gedung Rektorat Bagian Depan.....	71
5.2.5 Hasil Pengukuran Panel Gedung Rektorat Bagian Tengah	72

5.2.6 Hasil Pengukuran Panel Gedung Rektorat Bagian Belakang.....	73
5.3 Temuan-temuan untuk Perbaikan.....	74
5.4 Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001....	81
5.4.1 Kebijakan Energi Universitas Brawijaya Malang.....	82
5.4.2 Perencanaan Manajemen Energi.....	83
5.4.3 Rancangan Penghematan Energi di UB.....	84
5.4.4 Rancangan Pelaksanaan Rencana Manajemen Energi.....	85
5.4.5 Rancangan Evaluasi Manajemen Energi.....	86
5.4.6 Rancangan Tinjauan Manajemen Energi.....	86
BAB 6 PEMBAHASAN.....	87
6.1 Kesimpulan.....	87
6.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2 Standar IKE berdasarkan penelitian ASEN-USAID	16
Tabel 2.3 Tingkat Pencahayaan rata-rata, redensansi dan temperature warna yang direkomendasikan	18
Tabel 2.4 Efisiensi minimum dari peralatan tata udara	22
Tabel 2.5 Perbandingan efisiensi dan factor daya bebrbagai variasi beban	25
Tabel 4.1 Daftar Data Primer	41
Tabel 4.2 Macam Analisis, tujuan analisis dan Data yang diperlukan	49
Tabel 5.1 Data Pengukuran dan Perhitungan IKE Fasilitas Umum	52
Tabel 5.2 Data Pengukuran dan Perhitungan IKE Tata Usaha	53
Tabel 5.3 Data Pengukuran dan Perhitungan IKE Ruang Bersama	54
Tabel 5.4 Data Pengukuran dan Perhitungan IKE Laboratorium	55
Tabel 5.5 Data Pengukuran dan Perhitungan IKE Ruang Kuliah	56
Tabel 5.6 Kategori IKE di Gedung Rektorrrat Baru	57
Tabel 5.7 Kategori IKE di Gedung Rektorrrat Lama	57
Tabel 5.8 Kategori IKE rata-rata di 24 Fakultas	58
Tabel 5.9 Total daya Setiap jenis Beban	58
Tabel 5.10 Daftar Gardu Listrik di UB	60
Tabel 5.11 Ringkasan Gardu Listrik di UB	63
Tabel 5.12 Daftar Gardu dan gedung yang dilayani di UB	66
Tabel 5.13 Trend Perkembangan Sambungan Gardu APP dan Penggunaan Energi	67
Tabel 5.14 Trend Perkembangan Tagihan EnergiListrik	67
Tabel 5.15 Trend Peningkatan Jumlah Civitas UB	70
Tabel 5.16 Hasil pengukuran Pada Panel Gedung Rektorat Bagian Depan	71
Tabel 5.17 Hasil pengukuran Pada Panel Gedung Rektorat Bagian Tengah.....	72
Tabel 5.18 Hasil pengukuran Pada Panel Gedung Rektorat Bagian Belakang ...	73
Tabel 5.19 Temuan-temuan untuk perbaikan	74
Tabel 5.20 Perencanaan Manajemen Energi di UB	83
Tabel 5.21 Rancangan Penghematan Energi di UB	84
Tabel 5.22 Rancangan Pelaksanaan Rencana SME	86

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanggung Jawab Manajemen dalam ISO 50001	29
Gambar 2.2 Komitmen TOP Manajemen.....	30
Gambar 2.3 Siklus Manajemen Energi.....	31
Gambar 2.4 Kebijakan Energi dalam ISO 50001	32
Gambar 2.5 Pelaksanaan Rencana Manajemen Energi	34
Gambar 2.6 Pemantauan, Pengukuran dan Analisis dalam ISO 50001	35
Gambar 2.4 Kebijakan Energi dalam ISO 50001	28
Gambar 3.1 Standar ISO 50001 : Sistem Manajemen Energi.....	37
Gambar 3.2 Diagram Alir Audit dan Rancangan Implementasi SME berbasis ISO 50001.....	38
Gambar 4.1 FLIR Infrared Thermal Imaging Camera	43
Gambar 4.2 Lux Meter	44
Gambar 4.3 Infrared Thermometer (<i>Fluke</i>).....	45
Gambar 4.4 Power Clamp	46
Gambar 4.5 Distance Infrared Meter	47
Gambar 5.1 Identifikasi dan Lokasi APP di UB-1	62
Gambar 5.2 Identifikasi dan Lokasi APP di UB-2.....	62
Gambar 5.3 Panel dan Skema distribusi beban dari panel Gardu 460/1,1MVA(A)	64
Gambar 5.4 Panel dan Skema distribusi beban dari panel Gardu 460/1,1MVA(B)	65
Gambar 5.5 Panel dan Skema distribusi beban dari panel Gardu 460v/1,1M(C)	64
Gambar 5.6 Perkembangan Kapasitas terpasang dan Jumlah gardu	68
Gambar 5.7 Pemakaian Energi UB untuk 4 tahun terakhir	68
Gambar 5.8 Perkembangan Tagihan Energi Listrik UB 4 tahun terakhir	69
Gambar 5.9 Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi	81

RINGKASAN

Fajariyah Mulyani, Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Audit dan Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001 di Universitas Brawijaya Malang*, Dosen Pembimbing : Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D, IPM dan Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc

Penggunaan energi listrik yang terus meningkat setiap tahunnya, memaksa setiap unit pemerintahan untuk bisa memajemen energi, termasuk Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Sesuai dengan instruksi menteri pendidikan dan kebudayaan RI No 1 tahun 2012 tentang Penghematan Energi dan Air di Lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, maka Rektor Universitas Brawijaya mengeluarkan Surat Tugas (ST) No.4536/UN10/PS2014 untuk melakukan audit energi sebagai langkah awal untuk manajemen energi di lingkungan Universitas Brawijaya Malang. Partisipasi aktif Universitas Brawijaya dalam kegiatan Efisiensi energi merupakan langkah tepat dan strategis karena telah ikut menyukseskan program Demand Side Management (DSM) dari pemerintah dan telah melaksanakan amanat Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi dan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Sebagai suatu universitas yang terkemuka di Indonesia, upaya dan kegiatan peningkatan efisiensi energi di Universitas Brawijaya ini berpeluang besar menjadi panutan dan contoh teladan, baik bagi masyarakat maupun universitas serta institusi-institusi pemerintah lainnya, karena potensi jumlah pemakai serta kelas total daya tersambungannya.

Perancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001 menjadi salah Alternatif untuk Peningkatan performa Energi secara terus-menerus. Dalam proses perancangan ini dilakukan proses audit energi melalui survey pengamatan dan pengukuran di 24 gedung yang mewakili gedung perkuliaha, laboratorium dan ruang seninar. Serta gedung Administrasi yang diwakili oleh Gedung Rektorat Baru dan Rektorat lama.

Dari hasil survey pengamatan dan pengukuran pada 24 gedung perkuliahan dan 2 gedung administrasi diperoleh total pemakaian daya beban per bulannya sebesar diperoleh luas total Gedung 58318,2 m² dan total penggunaan energi per harinya sebesar 26482,1 kWh dengan Intensitas Konsumsi Energi IKE 13,623kWh/m² per bulan dengan kategori Cukup Efisien. Ini disebabkan karena 37,5% fungsi ruangan Laboratorium cenderung tidak efisien. Gedung Rektorat Baru 5829,48 m² dan total penggunaan energi listrik per harinya sebesar 2080,40 kWh dengan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 10,704 per bulan. Sedangkan di Gedung Rektorat Lama luas total Gedung 2687, 436 m² dan total penggunaan energi listrik per harinya sebesar 416,93 kWh dengan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 4,654 per bulan.

Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk menghemat pemakaian energi listrik yaitu dengan cara menggunakan SOP yang sesuai standart, peralatan listrik yang efisien dan ramah lingkungan, serta menggunakan peralatan listrik sesuai kebutuhan.

Kata Kunci– audit energi, intensitas konsumsi energi, perancangan SME berbasis ISO 50001

SUMMARY

Fajariyah Mulyani, Master of Electrical Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, July 2018. Audit and Design of Implementation of Energy Management System Based on ISO 50001 in Universitas Brawijaya Malang, Advisor: Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D, IPM and Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc

The use of electrical energy continues to increase every year, forcing every government unit to be able to manage energy, including the Ministry of Education and Culture. In accordance with the instruction of the Minister of Education and Culture of the Republic of Indonesia No. 1 of 2012 concerning Energy and Water Saving in the Environment of the Ministry of Education and Culture, the Chancellor of Brawijaya University issued a Letter of Assignment (ST) No.4536 / UN10 / PS2014 to carry out an energy audit as an initial step for management energy in Brawijaya University Malang. UB's active participation in energy efficiency activities is a right and strategic step because it has participated in the success of the Demand Side Management (DSM) program of the government and has carried out the mandate of the Republic of Indonesia Law Number 30 of 2007 concerning Energy and Presidential Regulation of the Republic of Indonesia Number 5 of 2006 concerning Policy National Energy. As a leading university in Indonesia, efforts and activities to improve energy efficiency in Brawijaya University have a great opportunity to be role models and exemplary examples, both for the community and universities and other government institutions, because of the potential number of users and the total class of connected power.

The design of the implementation of the Energy Management System based on ISO 50001 is one of the alternatives to improve energy performance continuously. In the design process, an energy audit process is carried out through observation and measurement surveys in 24 buildings that represent lecture buildings, laboratories, and colloquium rooms. As well as the Administration building represented by the New Rectorate Building and the old Rectorate.

From the results of observation and measurement surveys on 24 lecture buildings and 2 administrative buildings, the total load power usage per month was obtained by the total building area of 58318.2 m² and the total energy use per day was 26482.1 kWh with IKEA Energy Consumption Intensity 13.662kWh/m² per month in the category of Efficient. This is because 37.5% of laboratory room functions tend to be inefficient. New Rectorate Building 5829.48 m² and total electricity use per day is 2080.40 kWh with Energy Consumption Intensity (IKE) of 10.704 kWh/m²per month. While in the Rectorate Building the total area of the building is 2687, 436 m² and the total electricity use per day is 416.93 kWh with the Energy Consumption Intensity (IKE) of 4,654 kWh/m²per month..

Recommendations that can be made to save electricity consumption are by using standard SOPs, efficient and environmentally friendly electrical equipment, and using electrical equipment as needed.

Keywords - energy audit, energy consumption intensity, SME design based on ISO 50001

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pola hidup masyarakat menyebabkan konsumsi energi secara umum mengalami kenaikan. Konsumsi listrik nasional dalam kurun waktu tahun 2000-2014 mengalami pertumbuhan rata-rata 6,8% per tahun. Hal ini disebabkan meningkatnya pendapatan masyarakat dan rasio elektrifikasi sehingga penggunaan peralatan Listrik seperti AC, mesin cuci, Kulkas, setrika, lampu, dan lainnya bertambah. Peningkatan konsumsi energi final sektor komersial mencapai 38,11 juta SBM dengan 78% berupa listrik yang digunakan sebagai penerangan, pendingin ruangan, dan lainnya (outlook energi 2016).

Penggunaan energi listrik yang terus meningkat setiap tahunnya, memaksa setiap unit pemerintahan untuk bisa menggunakan energi secara efektif termasuk Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Sesuai dengan instruksi menteri pendidikan dan kebudayaan RI No 1 tahun 2012 tentang Penghematan Energi dan Air di Lingkungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, maka Rektor Universitas Brawijaya mengeluarkan Surat Tugas (ST) No.4536/UN10/PS2014 untuk melakukan audit energi sebagai langkah awal untuk manajemen energi dilingkungan Universitas Brawijaya Malang.

Konsumsi energi di Universitas Brawijaya Malang (UB) saat ini masuk kategori cukup efisien. Hasil audit energi yang pada tahun 2014 menunjukkan beberapa indikasi pemborosan energi yang dilakukan oleh civitas akademika UB. Selain itu pembebanan yang kurang merata menyebabkan losses sehingga banyak energi yang terbuang secara percuma.

Partisipasi aktif Universitas Brawijaya dalam kegiatan Efisiensi energi merupakan langkah tepat dan strategis karena telah ikut menyukseskan program Demand Side Management (DSM) dari pemerintah dan telah melaksanakan amanat UndangUndang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi dan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 tentang

Kebijakan Energi Nasional. Sebagai suatu universitas yang terkemuka di Indonesia, upaya dan kegiatan peningkatan efisiensi energi di Universitas Brawijaya ini berpeluang besar menjadi panutan dan contoh teladan, baik bagi masyarakat maupun universitas serta institusi-institusi pemerintah lainnya, karena potensi jumlah pemakai serta kelas total daya tersambungannya.

Best practices serta upaya-upaya efisiensi energi yang sedang dan akan terus dilakukan oleh Universitas Brawijaya tersebut dapat dimotivasi dan ditegaskan misalnya dengan pencaanangan pencapaian pengakuan dari lembaga sertifikasi independen, misalnya ISO 50001 terkait Energy Management Systems. Tag Line Green Campus, kegiatan Kajian Efisiensi Energi Listrik, yang dilakukan pada tahun anggaran 2015, dimaksudkan untuk mengevaluasi penggunaan energi listrik di Universitas Brawijaya, serta menghitung gambaran kebutuhan energi listrik saat ini dan yang akan datang hingga membangun dasar-dasar sistem manajemen energi yang mengarah ke standar internasional ISO 50001(Laporan Kinerja Rektor UB 2015).

Penelitian ini akan dilakukan Audit Energi dan Rancangan Implementasi sistem manajemen energi yang berbasis ISO 50001 sebagai tindak lanjut aksi plan 2018 dilingkungan Universitas Brawijaya. ISO 50001 ini membahas tentang sistem manajemen energi secara keseluruhan, sehingga dalam manajemen energi tersebut Universitas Brawijaya Malang punya standart yang bisa dilakukan secara terus menerus yang selanjutnya akan digunakan untuk efisiensi energi .

Dalam pelaksanaan manajemen energi yang berbasis ISO 50001 ini dilakukan metode pendekatan PDCA. Metode ini menjelaskan tentang Perencanaan/Plan (P), Lakukan/Do (D), Memeriksa kinerja energi/Check (C) dan Pelaksanaan review manajemen/Act (A) yang dilakukan secara berkelanjutan (sustainable). Pada tahapan Plan (P) peneliti melakukan perencanaan sesuai dengan dasar hukum yang berlaku, review energi, membuat base line, Indikator Kinerja Energi, tujuan, sasaran dan rencana kegiatan yang diperlukan untuk memberikan hasil yang akan meningkatkan performansi energi sesuai dengan kebijakan energi yang berlaku di Universitas Brawijaya Malang. Implementasi dan Operasi/Do (D),peneliti memberikan masukan kegiatan pengelolaan efisiensi energi di Universitas Brawijaya Malang salah satunya dengan rencana pelaksanaan pelatihan kompetensi, persyaratan dokumentasi, dokumen kontrol, kontrol operasi, SOP. Check/periksa (C), peneliti melakukan proses monitoring, pengukuran dan analisis, evaluasi dasar hukum, ketidak sesuaian, koreksi, aksi korektif dan preventif serta record keeping.

Pelaksanaan Review manajemen/Action (A), tahapan terakhir peneliti mengambil tindakan untuk terus meningkatkan performansi energi dengan menganalisa input output pelaksanaan manajemen energi di Universitas Brawijaya.

PadaTesis ini, Audit dan Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001 ini dilakukan dengan cara mengkomparasikan hasil Audit energi dengan tarif pemakaian energi serta komparasi dengan kebiasaan civitas dalam pemakaian energi sehingga dari hasil audit ini diperoleh Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi secara berkesinambungan.

1. 2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menganalisis pelaksanaan Audit Energi secara berkala di Universitas Brawijaya Malang?
2. Bagaimana cara merancang manajemen energi berbasis ISO 50001?
3. Bagaimana cara mengimplementasikan hasil audit dan ISO 50001 di lingkungan Universitas Brwajijaya Malang untuk meningkatkan performansi energi?

1. 3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, agar pembahasan terfokus pada pokok pembahasan diberikan ruang lingkup sebagai berikut:

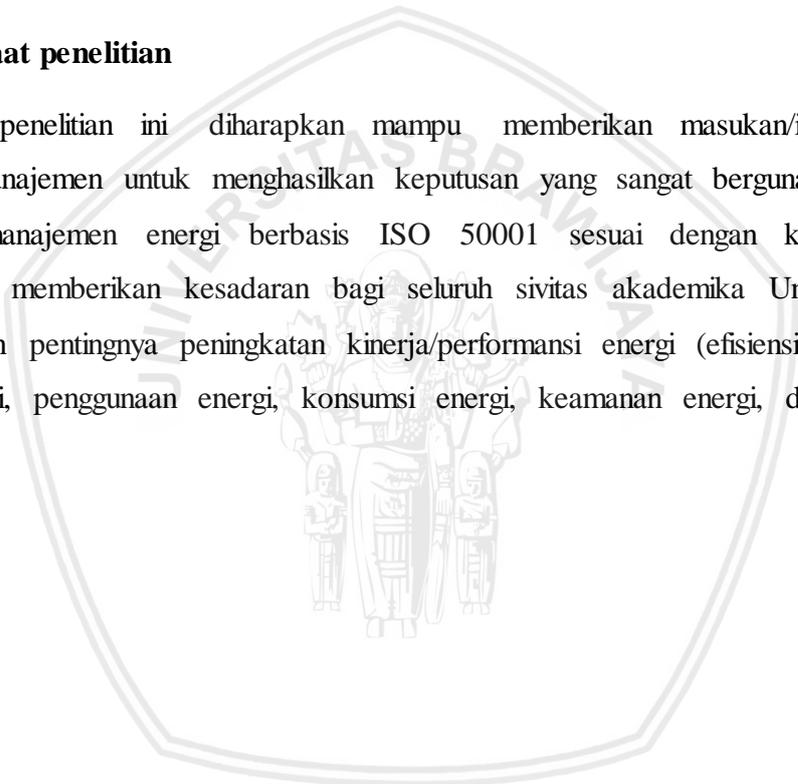
1. Hasil Audit energi digunakan sebagai penentuan kebijakan yang akan diambil dalam Rancangan Sistem Manajemen Energi berbasis ISO 50001.
2. Penentuan manajemen energi sesuai Standar ISO 50001
3. Implementasi manajemen energi berbasis ISO 50001 terhadap seluruh civitas akademika Universitas Brawijaya Malang.

1. 4. Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem dan proses yang diperlukan Universitas Brawijaya Malang untuk meningkatkan performansi energi yang meliputi : efisiensi energi, intensitas energi, penggunaan energi, konsumsi energi, keamanan energi, dan lain-lain. Dalam hal penerapan manajemen energi berbasis ISO 50001 dilakukan dengan cara pendekatan survey yang terstruktur dan berkelanjutan sehingga diharapkan bisa menurunkan biaya pemakaian energi secara bertahap.

1. 5. Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan masukan/informasi pada TOP manajemen untuk menghasilkan keputusan yang sangat berguna dalam pelaksanaan manajemen energi berbasis ISO 50001 sesuai dengan komitmen bersama serta memberikan kesadaran bagi seluruh sivitas akademika Universitas Brawijaya akan pentingnya peningkatan kinerja/performansi energi (efisiensi energi, intensitas energi, penggunaan energi, konsumsi energi, keamanan energi, dan lain-lain).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Terhadap Penelitian Terdahulu

Tinjauan terhadap penelitian terdahulu dilakukan oleh peneliti untuk mendapatkan rujukan pendukung dan pembandingan dalam penyusunan penelitian dalam tesis ini. Penelitian terdahulu yang ditelaah adalah penelitian yang relevan dan berkaitan dengan tema yang diangkat oleh peneliti. Hal ini berguna untuk gambaran awal peneliti dalam menganalisis permasalahan.

Penelitian terdahulu tentang Audit energi pada bangunan gedung, manajemen energi dan Implementasi ISO50001 di paparkan dalam tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Penelitian Tabel Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
1	Arden Wessels (2011)	Energy Management System Implementation at Toyota SA	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan perilaku karyawan • Penggantian lampu hemat energi • Penggunaan sensor okupansi untuk ruangan yang besar • Perubahan ventilasi udara • Pemasangan air menggunakan sinar matahari(solar cell) 	<ul style="list-style-type: none"> • Beberapa proyek manajemen energi yang dilaksanakan berhasil diselesaikan • Sistem manajemen energi di Toyota SA sudah ada da nada bukti manfaatnya • Beberapa hambatan tetap ada yaitu menubah pola pikir karyawan akan manfaat manajemen energi perlu disosialisasikan lebih lanjut • Indikator kinerja energi telah terpenuhi selalabeberapa tahun terakhir setelah diterapkan sistem manajemen energi

2	<ul style="list-style-type: none"> • Andriana J. Gonzalez • Rosaura Castrillon • Enrique C. Quispe 	Energy Efficiency Improvement In The Cement Industry Through Energy Management	Sistem manajemen energi terpadu (Keputusan Strategis, Implementasi SGIE di perusahaan dan Pengoperasian Sistem.)	<ul style="list-style-type: none"> • Penerapan strategi SGIE potensi penghematan mencapai 6% • Dengan sistem manajemen energi terpadu potensi penghematan mencapai 4,6% • Untuk peningkatan efisiensi dan produktivitas berdasarkan budaya organisasi, proses dan produksi • Komitmen TOP manajemen sangat berpengaruh besar akan keberhasilan sistem manajemen energi
3	Paula G. Ranky	Sustainable Energy Management and Quality Process Models Based on ISO 50001: 2011 The International Energy Management Standard	ISO 50001 Standar Internasional dengan novel contoh model proses, yang meliputi energi kebijakan manajemen, desain sistem, perencanaan implementasi, dan energi model proses yang berhubungan dengan audit manajemen	<ul style="list-style-type: none"> • Standart baru menciptakan sistem manajemen energi yang bagus • Design energi hijau berkelanjutan dan ramah lingkungan ternyata juga bisa mengurangi konsumsi energi • Mengubah pola pikir dan kebiasaan seseorang akan pahalanya manajemen energi membutuhkan waktu yang terus-menerus.
4	Thorsten Fiedler dan Paul Mihai Mircea	Energy Management Systems according to the ISO 50001 Standard – Challenges and Benefits	ISO 50001 standar dan program SCADA	<ul style="list-style-type: none"> • Pendekatan standar ISO 50001 dilakukan sebagai salah satu instrument untuk kontrol konsumsi energi • Penghematan energi 20% akan terlaksana jika dilakukan secara terus menerus • Implementasi EMS berhasil jika konsultasi,

				manajemen, hardware dan software dilakukan.
5	<ul style="list-style-type: none"> • Harapajan Singh • Manjeevan Seera • Mohamad Adha • Mohamad Idin 	Electrical Energy Audit in a Malaysian University - A Case Study	Audit Energi dan efisiensi energi	<ul style="list-style-type: none"> • Audit energi bertujuan mengidentifikasi penghematan energi • Pencapaian kinerja energi diperoleh dengan peningkatan efisiensi energi • Audit energi akan mengembangkan sistem manajemen energi sehingga diperoleh penghematan energi dan penghematan biaya secara terus-menerus
6	Huy Anh Quyen Tan Thanh Tung Le	The Energy Management According to ISO 50001:2011 Standard and AEMAS Scheme Feasibly Implement in Viet Nam	Standar ISO 50001 dan AEMAS	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem manajemen energi mengadopsi pada ISO 50001 dan AEMAS untuk mengurangi konsumsi energi serta meningkatkan daya saing produk • Manajemen energi secara berkelanjutan adalah salah satu solusi yang diterapkan untuk mengidentifikasi penghematan energi • Industri di Vietnam dalam penerapan manajemen energi menggunakan Skema AEMAS walaupun tahap awal menghadapi kendala terkait kemampuan personil, SDM dan kebijakan. • Implementasi manajemen energi dilakukan selama 10th ke depan dengan pembagian 3 buah road map

				yaitu tahapan persiapan dan pelatihan, tahap uji coba serta tahap terakhir yaitu tahap transfer informasi.
7	A.Magrinia L.Gobbib F.R.d'Ambrosioc	Energy audit of public buildings: the energy consumption of a University with modern and historical buildings. Some results.	ISO 50001	<ul style="list-style-type: none"> • Persyaratan kinerja energi mengikuti undang-undang yang berlaku • Audit energi berguna untuk mendapatkan kerangka umum tindakan yang paling sesuai untuk penghematan energi • Tidak ada indikator spesifik untuk pengukuran parameter pemanasan
8	Ilze Dzene Ilze Polikarpova Liga Zogla Marika Rosa	Application of ISO 50001 for implementation of sustainable energy action plans	Skema manajemen energi tradisional dengan mengacu pada standar ISO 50001	Sustainable Energy Action Plans (SEAPs) adalah dasar yang baik untuk implementasi prosedur ISO 50001. SEAP difokuskan pada pengenalan / peningkatan sistem manajemen energi
9	Karlis Beihmanis Marika Rosa	Energy management system implementation in Latvian municipalities : from teory to practice	ISO 50001	Implementasi manajemen energi merupakan salah satu solusi dalam penghematan energi. Implementasi mengacu pada standar yang ada pada ISO 50001

2.2. Manajemen Energi

Secara sederhana manajemen energi dapat didefinisikan sebagai kegiatan terpadu untuk mengendalikan konsumsi energi agar tercapai pemanfaatan energi yang efektif dan efisien untuk menghasilkan keluaran yang maksimal melalui tindakan teknis secara terstruktur dan ekonomis untuk meminimalisasi konsumsi bahan baku dan bahan pendukung (Permen ESDM No 14 tahun 2012).

Pelaksanaan Manajemen energi dapat dikelompokkan dalam beberapa tahapan :

1. Menunjuk Manajer Energi
2. Menyusun Program Konservasi Energi
3. Melaksanakan audit energi secara berkala
4. Melaporkan pelaksanaan manajemen energi setiap tahun kepada pejabat berwenang yang mana Universitas Brawijaya Malang melaporkan hasil pelaksanaan energi ke Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi

2.2.1. Audit Energi

Audit energi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai sebuah proses untuk mengevaluasi dimana sebuah bangunan atau plant dapat menggunakan energi, dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi (Thuman, 2007:1). Pelaksanaan audit energi dapat dikelompokkan dalam beberapa metode.

Klasifikasi audit energi terdiri dari :

a. Audit energi Singkat (*Walk Through Audit*)

Sering disebut mini audit. Audit yang dilakukan secara sederhana, tanpa penghitungan yang rinci, hanya melakukan analisa sederhana. Umumnya fokus dari audit ini adalah pada bidang perawatan dan penghematan yang tidak memerlukan biaya investasi yang besar. Biasanya auditor bukan seseorang yang profesional dalam bidang audit energi. Audit Energi Awal (*Preliminary Energy Audit*)

Tujuan dari audit energi awal adalah untuk mengukur produktifitas dan efisiensi penggunaan energi dan mengidentifikasi kemungkinan

penghematan energi. Kegiatan audit energi awal meliputi identifikasi gedung, analisa kondisi aktual, menghitung konsumsi energi, menghitung pemborosan energi, dan beberapa usulan.

b. Audit Energi Rinci (*Detailed Energy Audit or Full Audit*)

Audit energi rinci adalah audit energi yang dilakukan dengan menggunakan alat - alat ukur yang sengaja dipasang pada peralatan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi. Biasanya dilakukan oleh lembaga auditor yang profesional dalam jangka waktu tertentu. Pelaksanaan audit didahului dengan analisa biaya audit energi, identifikasi gedung, analisa kondisi aktual, dan menghitung semua konsumsi energi. Konsumsi energi ini meliputi energi primer, seperti listrik dan bahan bakar, juga energi sekunder; seperti air, telepon, dan lain - lain. Selain itu, melakukan penghitungan pemborosan energi, kesempatan konservasi energi, sampai beberapa usulan untuk melakukan penghematan energi beserta dengan analisa dampak usulan tersebut.

Berdasarkan Pedoman Teknis Audit Energi Kementerian Perindustrian Tahun 2011, prosedur yang digunakan untuk pelaksanaan perhitungan konsumsi energi listrik adalah :

a. Langkah 1 :

Perencanaan keseluruhan kegiatan audit yang akan dilakukan. Tindakan ini mencakup penentuan tujuan audit, pembagian fasilitas obyek menjadi bagian pelaksanaan atau *cost center*, pemilihan anggota tim audit serta pemberian tanggung jawab, dan pemilihan instrumen yang diperlukan.

b. Langkah 2 :

Inisiasi pertemuan dan diskusi teknis dengan tim pendamping industri obyek.

c. Langkah 3 :

Pengamatan singkat lapangan (*walk through survey*) yang sekaligus dapat melakukan *in house training* terhadap tim pendamping industri obyek.

d. Langkah 4 :

Pengumpulan data pemakaian energi dan data produksi yang diambilkan dari bagian atau *cost center* tertentu (*form data sheet*, data historis, dan lain - lain). Jika diperlukan, dapat diadakan uji coba sistem/peralatan untuk mendapatkan data tambahan mengenai unjuk kerja dari peralatan khusus serta unit - unit atau *cost center* tertentu.

e. Langkah 5 :

Pengolahan data dan evaluasi awal untuk mendapatkan neraca energi, neraca massa, intensitas energi serta mengidentifikasi peluang penghematan energi(PPE). Hasil identifikasi PPE selanjutnya dianalisis untuk menghasilkan daftar PPE berdasarkan besaran penghematan yang mungkin diperoleh.

f. Langkah 6 :

Presentasi dan diskusi dengan tim pendamping industri obyek terhadap berbagai temuan dan hasil daftar PPE awal yang diperoleh. Langkah ini dilakukan sekaligus untuk melakukan klarifikasi berbagai data dan informasi sehingga pada saat pelaksanaan analisis rinci dilakukan dengan basis data dan informasi yang benar dan juga dapat diterima oleh kedua pihak.

g. Langkah 7 :

Melakukan evaluasi dan analisis rinci terhadap PPE yang diperoleh.

h. Langkah 8 :

Menyusun laporan audit energi mencakup berbagai rekomendasi PPE dan manajemen energi yang disampaikan kepada industri obyek.

Berdasarkan prosedur pelaksanaan perhitungan konsumsi energi listrik tersebut, ada beberapa fungsi yang dapat diambil, antara lain :

a. Fungsi Teknis

Dapat meningkatkan efektivitas dan produktivitas penggunaan energi yang akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

b. Fungsi Ekonomis

Berkaitan dengan biaya operasional. Dengan perhitungan konsumsi energi dapat dilakukan pengolahan data sehingga dapat mengurangi biaya operasional.

c. Fungsi Lingkungan

Dengan pola penghematan energi, diharapkan dapat mengurangi krisis energi yang terjadi.

2.2.2. Daya Listrik

Daya dapat didefinisikan sebagai laju perubahan energi. Daya listrik dalam bentuk kompleks dinyatakan dalam persamaan (Sudirham, 2002:181) :

$$S = P + jQ \quad (2-1)$$

dimana

S = daya semu (VA)

P = daya nyata/aktif (watt)

Q = daya reaktif (VAR)

Sedangkan untuk mencari nilai energi (W), dinyatakan dalam persamaan (Mismail, 1995:184) :

$$W = \int_0^t P dt \quad \text{untuk kondisi } P \text{ berubah-ubah terhadap waktu (t)}$$

$$W = P \times t \quad \text{untuk Kondisi } P \text{ konstan} \quad (2-2)$$

dimana

W = energi listrik (kWh)

P = daya yang digunakan (kW)

t = waktu (jam)

Dalam kehidupan sehari – hari daya listrik dibedakan menjadi beberapa macam. Klasifikasi daya listrik dibagi menjadi tiga macam yaitu :

a. Daya Tersambung

Daya tersambung adalah daya yang disambungkan oleh PLN kepada konsumen. Dalam menyalurkan energi listrik PLN mempunyai aturan – aturan tertentu sehingga konsumen harus mengikuti aturan – aturan yang telah ditetapkan tersebut.

b. Daya Terpasang

Daya terpasang adalah besarnya daya yang dihitung dari besarnya masing – masing beban yang terpasang. Beban yang terpasang dapat berupa lampu – lampu, motor-motor listrik, dan beban listrik lainnya. Daya terpasang biasanya dinyatakan dalam kVA. Besarnya daya terpasang ini bisa lebih besar dari daya tersambung karena ada kemungkinan beban – beban yang ada tidak beroperasi secara bersamaan.

c. Daya Terpakai

Daya terpakai adalah besarnya pemakaian daya listrik dari beban yang terpasang. Besarnya pemakaian daya listrik ini dapat diketahui dari peralatan pengukur, misalnya Watt meter dan peralatan lainnya. Beban – beban yang terpasang ada kemungkinan tidak dioperasikan secara serentak, sehingga besarnya daya yang terpakai ini berada dibawah daya tersambung.

2.2.3. Beban Listrik

Beban listrik mempunyai karakteristik yang berbeda antara jenis beban yang satu dan yang lain. Hal ini disebabkan karena pemakaian listrik yang berbeda – beda sesuai dengan fungsi yang akan digunakan.

Secara umum beban listrik dapat diklasifikasikan menjadi empat macam yaitu :

a. Beban Perumahan

Beban perumahan atau beban residential adalah beban listrik di daerah perumahan. Peralatan pada beban ini umumnya terdiri dari lampu penerangan, televisi, lemari es, mesin cuci, kompor listrik, motor - motor listrik kecil dan sebagainya. Faktor beban berkisar antara 10% sampai 15%.

b. Beban Industri

Beban industri adalah beban listrik yang berasal dari peralatan listrik di daerah industri. Beban listrik pada daerah ini berupa penerangan, pemanas, motor-motor listrik, dan lainnya. Pada beban industri faktor beban berkisar antara 70% sampai 80%.

c. Beban Komersil

Beban komersil atau beban usaha adalah beban listrik pada daerah pertokoan, hotel dan sebagainya. Beban yang terpasang umumnya terdiri dari lampu penerangan, kipas angin, *air conditioning* (AC), lift, lampu reklame dan sebagainya. Pada beban komersil faktor beban umumnya berkisar antara 25% sampai 30%.

d. Beban Publik

Beban publik adalah beban listrik pada kantor-kantor pemerintah dan fasilitas lainnya seperti sekolah, rumah sakit, panti asuhan, penerangan jalan dan sebagainya. Pada beban publik faktor beban umumnya berkisar antara 10% sampai 25%.

2.2.4. Intensitas Konsumsi Enenergi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sangat diperlukan dalam perhitungan untuk mengetahui tingkat efisiensi energi suatu gedung. Untuk mengetahui tingkat efisiensi energi dapat dilakukan dengan membandingkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung dengan standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang telah ditetapkan di Indonesia.

IKE dapat dituliskan dalam persamaan :

$$IKE \left(\frac{kWh}{m^2} \right) = \frac{\text{Total konsumsi energi (kWh)}}{\text{Luas Total area (m}^2\text{)}} \quad (2-3)$$

Suatu bangunan dapat diklasifikasikan menjadi kategori gedung yang menggunakan AC atau gedung yang tidak menggunakan AC. Berikut ini merupakan penjelasan penggolongan gedung AC maupun non AC :

- a. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung kurang dari 10%, maka gedung tersebut termasuk gedung yang tidak menggunakan AC dan konsumsi energi per luas lantai adalah :

$$IKE_1 = \frac{\text{Total Konsumsi Energi non AC (kWh)}}{\text{Total Luas Lantai (m}^2\text{)}} \quad (2-4)$$

- b. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 90%, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC dan konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah :

$$IKE_2 = \frac{\text{Total Konsumsi Energi AC (kWh)}}{\text{Total Luas Lantai (m}^2\text{)}} \quad (2-5)$$

- c. Jika presentase perbandingan luas lantai yang menggunakan AC terhadap luas lantai total gedung lebih dari 10% dan kurang dari 90%, maka gedung tersebut termasuk gedung yang menggunakan AC dan tidak menggunakan AC. Konsumsi energi per luas lantai tidak menggunakan AC adalah :

$$IKE_3 = \frac{\text{Total Konsumsi Energi non AC (kWh)} - \text{Konsumsi Energi AC (KWh)}}{\text{Total Luas lantai (m}^2\text{)}} \quad (2-6)$$

Konsumsi energi per luas lantai menggunakan AC adalah :

$$IKE_4 = \frac{\text{Konsumsi Energi AC (kWh)}}{\text{Luas Lantai Ber AC (m}^2\text{)}} + \frac{\text{Total Konsumsi Energi non AC (kWh)} - \text{Konsumsi Energi AC (kWh)}}{\text{Total Luas Lantai (m}^2\text{)}} \quad (2-7)$$

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN – USAID pada tahun 1992 diperoleh standar IKE untuk bangunan komersial seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Standar IKE berdasarkan penelitian ASEAN - USAID

NO	Klasifikasi	IKE (kWh/m ² /tahun
1.	Perkantoran	240
2.	Pusat Perbelanjaan	330
3.	Hotel	300
4.	Rumah Sakit	380

Dalam menghitung besarnya IKE listrik pada gedung, ada beberapa istilah yang digunakan antara lain IKE listrik per satuan luas total gedung yang dikondisikan (*netto*), yaitu luas total ruang yang menggunakan AC dan IKE listrik per satuan luas kotor (*gross*) gedung, yaitu luas total ruang gedung yang dikondisikan (ruang yang menggunakan AC) ditambah dengan luas total ruang gedung yang tidak dikondisikan (tanpa AC). Sebagai pedoman, nilai standar IKE untuk bangunan di Indonesia telah ditetapkan dalam pedoman pelaksanaan konservasi energi listrik dan pengawasannya di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.2. Standar IKE pada gedung yang direkomendasikan

Ruangan Dengan AC		Ruangan Tanpa AC	
	(kWh) / m ² / bulan		(kWh) / m ² / bulan
Sangat Efisien	4,17 – 7,92	Efisien	0,87 – 1,67
Efisien	7,93 – 12,08	Cukup efisien	1,67 – 2,50
Cukup Efisien	12,08 – 14,58	Tidak Efisien	2,50 – 3,34
Cenderung tidak efisien	14,58 – 19,17	Sangat Tidak Efisien	3,34 – 4,17
Tidak Efisien	19,17 – 23,75		
Sangat Tidak Efisien	23,75 – 37,50		

Berdasarkan tabel 2.2, apabila hasil perhitungan IKE dalam batas kisaran yang ditetapkan maka penggunaan energi masih dalam tingkat kewajaran. Sedangkan apabila hasil perhitungan IKE melebihi batas kisaran normal maka perlu dilakukan tindakan penghematan energi untuk mendapatkan efisiensi energi yang baik .

2.3. Efisiensi Energi pada peralatan Listrik

Pemakaian peralatan listrik merupakan komponen utama yang berpengaruh terhadap besar kecilnya konsumsi energi pada suatu gedung. Dengan melakukan proses audit energi dengan cara mengefisienkan penggunaan energi diharapkan mampu mengurangi biaya operasi penggunaan energi dan dapat meningkatkan kualitas pemakaian peralatan listrik. Peralatan listrik yang berkontribusi besar dalam penggunaan energi listrik, antara lain beban penerangan, beban AC, dan motor listrik.

2.3.1. Efisiensi pada beban penerangan

Perhitungan efisiensi pada beban penerangan bertujuan untuk mengetahui tingkat kuatnya penerangan dalam suatu ruangan. Penerangan dalam suatu ruangan disesuaikan dengan jenis aktivitas didalam ruangan tersebut dan luas ruangan yang digunakan. Jika aktivitasnya membutuhkan ketelitian yang tinggi, maka tingkat kuat penerangan yang dibutuhkan juga semakin besar. Apabila suatu ruangan memiliki luas yang besar, maka dibutuhkan pemasangan beberapa lampu atau dengan menggunakan sedikit lampu yang kuat penerangannya tinggi. Kuat penerangan lampu pada suatu ruangan di hitung dengan satuan *lux*.

Persamaan untuk menghitung kuat penerangan lampu, yaitu :

$$E = \frac{I}{D^2} \quad (2-8)$$

Dimana : E = tingkat pencahayaan (lux)

I = fluks cahaya (lumen)

D = luas ruangan (m²)

Dalam SNI 03 – 2396 - 2001 kualitas pencahayaan yang harus dan layak disediakan, ditentukan oleh :

1. penggunaan ruangan, khususnya ditinjau dari segi beratnya penglihatan oleh mata terhadap aktivitas yang harus dilakukan dalam ruangan itu
2. lamanya waktu aktivitas yang memerlukan daya penglihatan yang tinggi dan sifat aktivitasnya, sifat aktivitas dapat secara terus menerus memerlukan perhatian dan penglihatan yang tepat, atau dapat pula secara periodik dimana mata dapat beristirahat.

Tabel 2.3. Tingkat pencahayaan rata – rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderansi warna	Temperatur warna		
			Warm white < 3300 K	Cool white 3300 K – 5300 K	Daylight > 5300 K
<i>Rumah tinggal :</i>					
Teras	60	1 atau 2	•	•	
Ruang tamu	120 – 150	1 atau 2		•	
Ruang makan	120 – 150	1 atau 2	•		
Ruang kerja	120 – 150	1		•	•
Kamar tidur	120 – 150	1 atau 2	•	•	
Kamar mandi	250	1 atau 2		•	•
Dapur	250	1 atau 2	•	•	
Garasi	60	3 atau 4		•	•
<i>Perkantoran :</i>					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		•	•
Ruang kerja	350	1 atau 2		•	•
Ruang computer	350	1 atau 2		•	•
Ruang rapat	300	1	•	•	
Ruang gambar	750	1 atau 2		•	•
Gudang arsip	150	1 atau 2		•	•
Ruang arsip	300	1 atau 2		•	•

<i>Lembaga Pendidikan :</i>					
Ruang kelas	250	1 atau 2		•	•
Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
Laboratorium	500	1		•	•
Ruang gambar	750	1		•	•
Kantin	200	1	•	•	
<i>Hotel dan Restoran :</i>					
Lobi, koridor	100	1	•	•	
Ruang serba guna	200	1	•	•	
Ruang makan	250	1	•	•	
Kafetaria /	200	1	•	•	
Kamar tidur	150	1 atau 2	•		
Dapur	300	1	•	•	

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white < 3300 K	Cool white 3300 K – 5300 K	Daylight > 5300 K
<i>Rumah sakit / Balai pengobatan</i>					
Ruang rawat inap/ruang bayi	250	1 atau 2		•	•
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1		•	•
Laboratorium	500	1 atau 2		•	•
Ruang rekreasi dan rehabilitasi medis	250	1	•	•	
<i>Pertokoan / Ruang Pamer :</i>					
Ruang pameran dengan obyek besar	500	1	•	•	•
Toko kue	250	1	•	•	
Toko bunga	250	1		•	
Toko buku & ATK/gambar	300	1	•	•	•

Toko perhiasan/jam	500	1	•	•	
Toko barang kulit dan sepatu	500	1	•	•	
Toko pakaian	500	1	•	•	
Pasar swalayan	500	1 atau 2	•	•	
Toko mainan	500	1	•	•	
Toko alat listrik (TV, Radio / tape, mesin cuci, dll)	250	1 atau 2	•	•	•
Toko alat musik dan olahraga	250	1	•	•	•
<i>Industri (Umum) :</i>					
Gudang	100	3		•	•
Pekerjaan kasar	100 – 200	2 atau 3		•	•

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white < 3300 K	Cool white 3300 K – 5300 K	Daylight > 5300 K
Pekerjaan menengah	200 – 500	1 atau 2		•	•
Pekerjaan halus	500 – 1000	1		•	•
Pekerjaan amat halus	1000 – 2000	1		•	•
Pemeriksaan warna	750	1		•	•
<i>Rumah ibadah :</i>					
Masjid	200	1 atau 2		•	
Gereja	200	1 atau 2		•	
Vihara	200	1 atau 2		•	

Dari tabel di atas, efek suatu lampu kepada warna obyek akan berbeda - beda. Lampu diklasifikasikan dalam kelompok renderasi warna yang dinyatakan dengan Ra indeks sebagai berikut :

- a) Efek warna kelompok 1 :
Ra indeks 80 – 100 %.
- b) Efek warna kelompok 2 :
Ra indeks 60 – 80 %.
- c) Efek warna kelompok 3 :
Ra indeks 40 – 60 %.
- d) Efek warna kelompok 4 :
Ra indeks < 40 %.

Sedangkan warna cahaya lampu dapat dikelompokkan menjadi :

- a) Warna putih kekuning - kuningan (*warm-white*),
Kelompok 1 (< 3.300 K)
- b) Warna putih netral (*cool-white*),
Kelompok 2 (3.300 K - 5.300 K)
- c) Warna putih (*daylight*),
Kelompok 3 (> 5.300 K)

Berdasarkan pengelompokan warna cahaya lampu tersebut, maka pemilihan warna lampu bergantung pada tingkat iluminansi yang diperlukan suatu ruangan agar diperoleh pencahayaan yang nyaman. Makin tinggi tingkat iluminansi yang diperlukan, maka warna lampu yang digunakan adalah jenis lampu sekitar > 5.300 K (*daylight*) sehingga tercipta pencahayaan yang nyaman. Untuk tingkat iluminasi yang normal, warna lampu yang digunakan adalah jenis lampu sekitar 3.300 K – 5.300 K. Sedangkan untuk kebutuhan tingkat iluminansi yang tidak terlalu tinggi, maka warna lampu yang digunakan adalah jenis lampu sekitar < 3.300 K (*warm white*).

2.3.2. Efisiensi pada beban AC (*Air Conditioning*)

Beban AC (*Air Conditioning*) banyak ditemui pada bangunan – bangunan komersial saat ini. Pendingin udara berkontribusi dalam pemakaian energi listrik yang penggunaannya dapat diatur sesuai dengan kondisi ruangan (gelap atau terang)

maupun tingkat kebutuhan pengguna sesuai kondisi lingkungan (musim panas atau musim dingin). Kapasitas pendinginan dari sistem peralatan tata udara harus dapat mengatasi beban pendinginan yang telah dihitung pada perhitungan beban pendinginan, serta kapasitas peralatan tata udara ini tidak boleh melebihi beban pendinginan yang telah dihitung agar memperoleh tingkat efisiensi yang baik.

Peralatan tata udara ini direkomendasikan untuk memenuhi kriteria dan efisiensi minimum seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.4. Efisiensi minimum dari peralatan tata udara

Jenis Peralatan	Kapasitas unit (Btu/jam)	Sub kategori	Efisiensi minimum (dinyatakan dengan COP)
Pendingin udara	$X < 65.000$	Sistem split	2,6
		Sistem paket	2,5
	$65.000 \leq X < 135.000$	Sistem split dan paket tunggal	2,5
	$135.000 \leq X < 240.000$	Sistem split dan paket tunggal	2,5
	$240.000 \leq X < 760.000$	Sistem split dan paket tunggal	2,5
	$X \geq 760.000$	Sistem split dan paket tunggal	2,4

Catatan :

X = Kapasitas Unit (Btu/Jam)

1 Btu/jam = 0,2931 W = 0,252 kKal/jam

COP = *Coefficient of Performance*

Dalam perhitungan untuk pendingin udara, daya listrik yang digunakan adalah daya listrik kompresor dan *fan*.

3 faktor yang perlu diperhatikan pada saat menentukan kebutuhan PK (*Paard Kracht/Daya Kuda/Horse Power (HP)*) AC, yaitu daya pendinginan AC (BTU/hr – *British Thermal Unit per hour*), daya listrik (watt), dan PK kompresor AC. Dalam kehidupan sehari - hari AC lebih dikenal dengan angka PK.

Dalam hal ini PK merupakan satuan daya pada kompresor AC bukan daya pendingin AC.

Pada peralatan pendingin (AC) berusia lebih dari 10 tahun, pemakaian energi akan lebih besar 30 - 50% dibandingkan dengan peralatan pendingin terkini. Untuk itu, perlu dilaksanakan program penggantian peralatan pendingin (AC) dengan pendingin hemat energi dengan teknologi terbaru. Untuk mengetahui berapa kapasitas PK yang dibutuhkan dalam suatu ruang, dapat ditentukan dengan persamaan (Susanta, 2007:51) :

$$PK_{AC \text{ yang dibutuhkan}} = p \times l \times \text{koefisien BTU} \quad (2-9)$$

dimana :

$PK_{AC \text{ yang dibutuhkan}}$ = Daya AC (BTU/hr–*British Thermal Unit per hour*)

p = Panjang Ruangan (m)

l = lebar ruangan (m)

Koefisien BTU = 500 BTU/hr (*British Thermal Unit per hour*) untuk $1m^2$ luas ruangan

Keterangan :

1 PK = 736 watt

Kapasitas AC berdasarkan PK :

1/2 PK = 5000 BTU/hr

3/4 PK = 7000 BTU/ hr

1 PK = 9000 BTU/ hr

1,5 PK = 12.000 BTU/ hr

2 PK = 18.000 BTU/ hr

2.3.3. Efisiensi pada motor listrik

Motor listrik merupakan alat yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk beban tertentu. Motor listrik yang banyak digunakan pada bangunan komersial misalnya pompa, kipas angin, mesin cuci, dll.

Beban motor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian (Bureau of Energy Efficiency, 2004) :

- Beban torsi konstan
adalah beban dimana permintaan energi keluarannya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun torsinya tidak bervariasi. Contohnya adalah *conveyors* dan pompa.
- Beban dengan variabel torsi
adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contohnya adalah pompa sentrifugal dan kipas angin.
- Beban dengan energi konstan
adalah beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contohnya adalah peralatan - peralatan mesin.

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya. Faktor - faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah: (United Nation Environment Programme, 2006:10)

- Usia Motor baru lebih efisien.
- Kapasitas. Sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
- Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
- Jenis. Sebagai contoh, motor sangkar tupai biasanya lebih efisien daripada motor cincin geser.
- Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total lebih efisien daripada motor *screen protected drip - proof* (SPDP).
- Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.
- Beban .

Survei beban motor dilakukan untuk mengukur beban operasi berbagai motor. Hasilnya digunakan untuk mengidentifikasi motor yang terlalu kecil

(mengakibatkan motor terbakar) atau terlalu besar (mengakibatkan ketidakefisiensian).

Operasi yang tidak efisien dari sistem distribusi listrik terutama berasal dari faktor daya yang rendah. Pada sistem dengan faktor daya rendah dibutuhkan arus yang lebih besar untuk menghasilkan daya yang sama dengan sistem berfaktor daya tinggi. (Thumann, 2007:193)

$$P = V_L I_L \cos \theta \quad (2-10)$$

Dimana

P = Daya (Watt)

V_L = Tegangan Line to Line (Volt)

I_L = Tegangan Line to Line (Amper)

$\cos \theta$ = Faktor Daya

Ada 3 cara yang digunakan untuk koreksi faktor daya, antara lain :

- Mengganti motor yang ada dengan motor yang memiliki efisiensi kecil dan / atau lebih tinggi sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan, atau dengan memasang *variable speed drive* motor.

Tabel 2.5. Perbandingan efisiensi dan faktor daya berbagai variasi beban

HP RANGE	3 – 30	40 - 100
η % pada		
½ beban	83,3	89,2
¾ beban	85,8	90,7
Beban penuh	86,2	90,9
HP RANGE	3 – 30	40 - 100
P.F pada		
½ beban	70,1	79,2
¾ beban	79,2	85,4
Beban penuh	83,5	87,4

- Dengan menggunakan motor yang lebih efisien. Biaya motor hemat energi sekitar 30 % lebih mahal daripada motor standar yang telah digunakan saat ini.
- Menambahkan kapasitor bank untuk menurunkan total kvar reaktif. Apabila daya reaktif meningkat maka akan menurunkan faktor daya. Dalam hal ini, pemasangan kapasitor akan mengurangi daya reaktif.

2.4. Peluang penghematan energi (PPE)

Peluang Penghematan Energi (PPE) dapat diketahui dari hasil perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dibandingkan dengan IKE standar yang telah ditetapkan . Apabila nilai IKE hasil perhitungan lebih rendah dari nilai IKE standar maka dapat dikatakan konsumsi energi dalam batas normal.

Sedangkan jika nilai IKE hasil perhitungan melebihi dari standar IKE, maka terdapat peluang penghematan energi yang dapat dilakukan untuk memperoleh nilai IKE yang lebih rendah. Penghematan energi dapat mengatasi permasalahan tingginya nilai IKE suatu gedung.

Proses penghematan dapat dilakukan dengan cara :

1. Menggunakan sumber energi alternatif yang lebih efisien dan murah
2. Memperbaiki kinerja peralatan dan mengurangi penggunaan peralatan listrik (daya dan waktu operasi)
3. Menggunakan peralatan listrik yang hemat energi

Target penghematan sesuai dengan Permen ESDM No. 13 tahun 2012 di gedung pemerintahan menggunakan rumus sebagai berikut ini :

$$\text{Penghematan Tenaga Listrik} = \frac{kWh \text{ Base Line}}{kWh \text{ Tahun Berjalan}} \times 100\% \quad (2-11)$$

$$\text{Penghematan Biaya TL} = \frac{\text{Biaya Tenaga Listrik Base Line}}{\text{Biaya Tenaga Listrik tahun berjalan}} \times 100\% \quad (2-12)$$

2.5. ISO 50001

International Organization for Standardization (ISO) tahun 2011 merilis ISO 50001, yaitu sebuah standar untuk sistem manajemen energi. Pada awalnya ISO 50001 berasal dari permintaan sebuah lembaga di bawah naungan PBB

yaitu United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), terkait adanya standar manajemen energi yang berlaku secara internasional. Kemudian pada tahun 2008, ISO membentuk sebuah komite proyek bernama ISO/PC 2424 – Energi Management, untuk mengembangkan standar tersebut. Setelah melalui proses yang panjang dan melibatkan seluruh pakar yang ada di forum internasional, akhirnya pada tanggal 17 juni 2011 *International Organization for Standardization* (ISO) meluncurkan standar baru ISO 50001: 2011 – *Energy Management Systems – Requirement with guidance for use di Geneva International Conference Centre, Switzerland*. Acara peluncuran ini dihadiri oleh 200 peserta dari berbagai Negara dimana diantaranya adalah 100 pakar dari 45 negara yang berpartisipasi dalam pengembangan standar ISO 50001 ini. Terdapat tujuh persyaratan utama ISO 50001 : 2011 yaitu :

1. *General Requirements* (Persyaratan Umum)
2. *Management Responsibility* (Tanggung jawab manajemen)
3. *Energy Policy* (Kebijakan Energi)
4. *Energy Action Plan* (Perencanaan Aksi Energi)
5. *Implementation and operation* (Pelaksanaan dan Operasi)
6. *Performance Audit* (Kinerja Audit)
7. *Management Review* (Peninjauan kembali manajemen)

Standar ISO 50001 ini menetapkan, menerapkan, memelihara dan memperbaiki manajemen energi sesuai dengan persyaratan sistem manajemen energi (EnMS) bagi suatu organisasi untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan energi, penetapan tujuan, sasaran, dan rencana tindakan dengan penggunaan energi yang signifikan. Dengan sistem manajemen energi memungkinkan sebuah organisasi untuk mencapai komitmen kebijakan dalam mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan kinerja energi serta menunjukkan kesesuaian sistem terhadap persyaratan standar ini. Penerapan standar dapat diatur agar kesesuaian dengan kebutuhan organisasi, termasuk kompleksitas sistem, tingkat dokumentasi, dan sumber daya yang berlaku dibawah kendali Organisasi.

Standar tersebut juga menetapkan persyaratan untuk pengukuran, dokumentasi dan pelaporan, desain dan praktek pengadaan untuk peralatan, sistem, proses dan personal yang berkontribusi terhadap kinerja energi. Meskipun demikian partisipasi serta komitmen organisasi sangat diperlukan untuk melakukan perbaikan kinerja energi secara berkelanjutan. ISO 50001 menekankan keterlibatan Kepemimpinan Eksekutif, yaitu Top Manajemen harus menetapkan, menerapkan, dan memelihara kebijakan energi. Mereka harus mengidentifikasi ruang lingkup sistem manajemen energi, mengkomunikasikan pentingnya penerapan manajemen energi, memastikan target yang tepat dan indikator kinerja yang telah ditetapkan serta memastikan hasil yang telah diukur.

Untuk mempermudah dalam Audit dan Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001 maka perlu dilaksanakan beberapa yaitu :

- a. Menyiapkan Kebijakan Energi Organisasi
- b. Merencanakan Manajemen Energi
- c. Menerapkan Prinsip-Prinsip Penghematan Energi diBagunan Gedung
- d. Melaksanakan Perencanaan Manajemen Energi
- e. Mengevaluasi Manajemen Energi
- f. Melaksanakan Tinjauan Manajemen

2.5.1 Kebijakan Energi Organisasi

Kebijakan energi harus merupakan pernyataan bersifat tertulis dan selalu menjadi referensi dalam setiap kegiatan organisasi. Kebijakan ini merupakan penunjuk arah bagi manajemen untuk melaksanakan tugas. Meskipun tidak formal pernyataan kebijakan energi ini mencakup beberapa hal berikut ini:

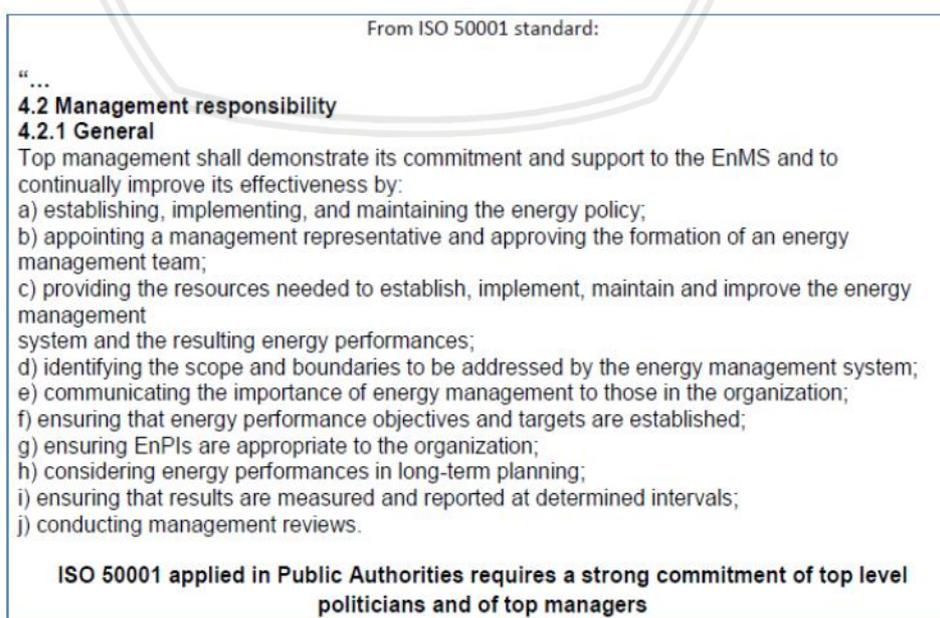
- Mengindikasikan bahwa ini merupakan komitmen manajemen puncak
- Kebijakan menyatakan bahwa tidak melanggar peraturan perusahaan maupun peraturan pemerintah.
- Kebijakan menyatakan bahwa organisasi secara terus menerus melakukan perbaikan dalam rangka penghematan energi.

- Dalam kebijakan energi mencakup tujuan, sasaran, penanggung jawab dan rencana yang bersifat SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Timely*).

Komitmen manajemen yang tertuang di ISO 50001 ditunjukkan dalam tanggung jawab manajemen yang secara umum TOP manajemen harus menunjukkan komitmennya untuk mendukung sistem manajemen energi dan terus meningkatkan efektivitasnya dengan cara :

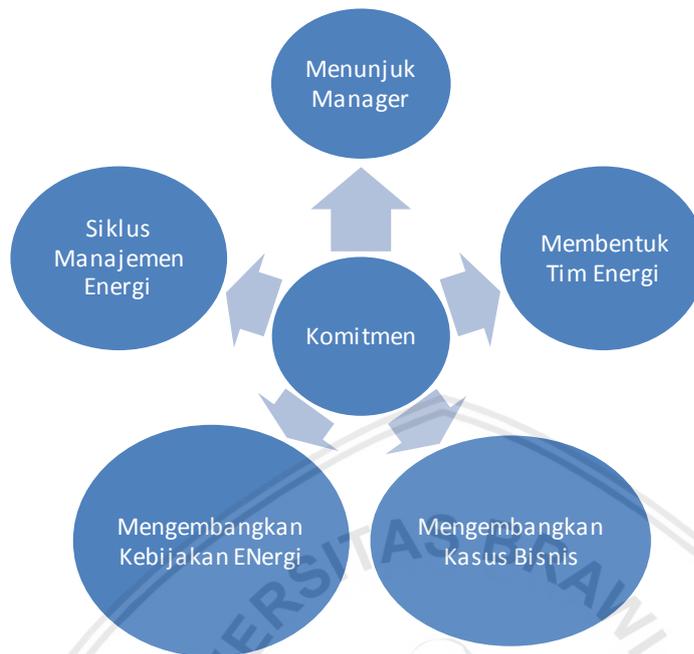
- Mendefinikan, menetapkan, menerapkan dan memelihara kebijakan energi.
- Menunjuk manajer dan pembentukan team manajemen energi.
- Menyediakan sumber daya yang dibutuhkan.
- Mengidentifikasi ruang lingkup yang akan ditangani oleh team manajemen energi.
- Mengkomunikasikan pentingnya manajemen energi.
- Menentukan sasaran dan target energi.
- Memastikan bahwa manajemen energi sesuai dengan kebutuhan organisasi.
- Mempertimbangkan kinerja energi untuk perencanaan jangka panjang.
- Memastikan bahwa hasil diukur dan dilaporkan untuk selang waktu tertentu.
- Melakukan tinjauan manajemen.

Komitmen manajemen yang tertuang di ISO 50001 dijelaskan dalam gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Tanggung Jawab Manajemen dalam ISO 50001

Dari tanggung jawab manajemen tersebut diperlukan beberapa sumber daya yang diperlukan seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 2.2 Komitmen TOP Manajemen

Secara umum pernyataan kebijakan energi adalah pernyataan kepada publik tentang tujuan bisnis manajemen energi yang dapat muncul dalam dokumen perusahaan seperti laporan tahunan. Kebijakan paling tidak harus mencakup empat bidang utama :

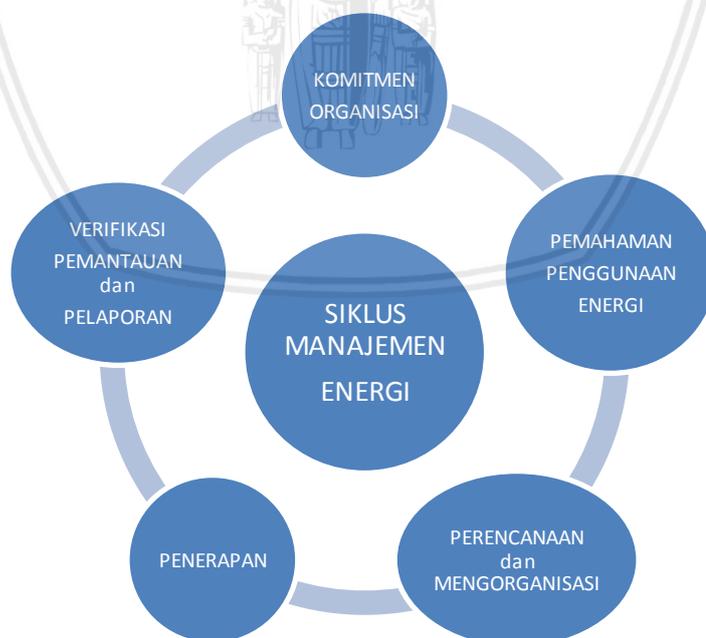
- Komitmen: pernyataan sederhana tentang komitmen organisasi untuk manajemen energi dan peningkatan kinerja energi yang berkelanjutan.
- Kebijakan: penjelasan tentang alasan utama untuk fokus pada manajemen energi.
- Tujuan tingkat tinggi untuk manajemen energi dan sumber daya yang disediakan.
- Daftar kegiatan tertentu organisasi akan dilakukan (dan kapan) untuk mengatur organisasi menuju efisiensi energi.

Strategi pengelolaan energi menunjukkan bagaimana menempatkan kebijakan manajemen energi ke dalam suatu tindakan. Hal ini akan menetapkan peran kunci dan tanggung jawab, tingkat sumber daya (manusia dan pendanaan), dan hasil tertentu seperti rencana aksi, pelaporan dan komunikasi. Tinjau strategi secara teratur untuk memastikan perubahan tujuan, prioritas dan bisnis selalu diperhitungkan.

Manajemen energi adalah proses yang berkesinambungan yang perlu dipantau secara teratur dan selalu ditingkatkan. Dengan selalu meninjau rencana energi akan membantu untuk mengidentifikasi daerah-daerah di mana program kuat, dan orang-orang yang membutuhkan dukungan ekstra atau perhatian, seperti:

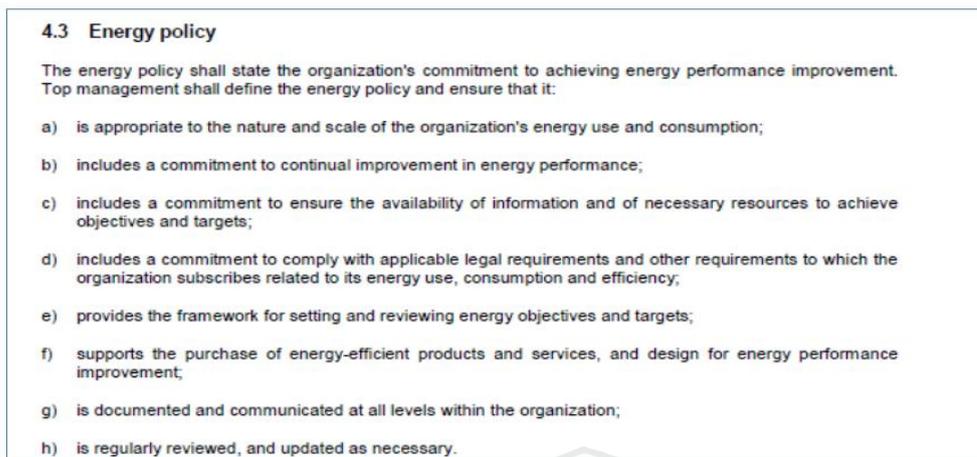
- Meringkas dan menyederhanakan pengumpulan data.
- Mengembangkan dan memfokuskan analisis pada peluang yang paling besar
- Mengambil keuntungan dari teknologi baru yang lebih efisien
- Memastikan stakeholder mendapatkan pelaporan yang mereka butuhkan.

Ada lima elemen inti untuk siklus manajemen energi yang perlu dipantau dan dinilai secara teratur yaitu:



Gambar 2.3 Siklus Manajemen Energi

Kebijakan yang tertera dalam ISO 50001 dijelaskan dalam gambar berikut ini :



Gambar 2.4 Kebijakan Energi dalam ISO 50001

Kebijakan energi yang efektif harus memiliki 5 kunci elemen yang diilustrasikan sebagai berikut ini :

1. Dorongan, hal ini berkaitan dengan kondisi baru dan tantangan pada energi dan lingkungan
2. Komitmen, Top Manajemen sampai staf bawahan berkomitmen melakukan review secara regular
3. Penerapan, SOP sebagai petunjuk dalam penerapan Sistem manajemen Energi
4. Pelaksanaan, arahan yang merupakan bagian dari organisasi yang terasuk dalam kebijakan energi
5. Ulasan, bagaimana organisasi mengetahui bahwa tujuan telah tercapai.

2.5.2 Perencanaan Energi

Secara umum perencanaan energi dilakukan dengan menggunakan pendekatan terpadu (integrated) yaitu dengan mempertimbangkan baik penyediaan pasokan energi dan peran efisiensi energi dalam mengurangi perencanaan permintaan. Sistem perencanaan energi yang mengikuti konsep ISO 50001 secara garis besar biasa disebut dengan kegiatan review energi. Secara umum kegiatan review energi adalah kegiatan pemotretan kinerja energi dan memberikan rekomendasi potensi penghematan energi dengan menggunakan pendekatan P-D-C-A.

2.5.3 Penerapan Prinsip-Prinsip Penghematan Energi di Bangunan Gedung

Perubahan harga energi dan tarif listrik mempengaruhi biaya operasi dan sumber pemasukan konsumen secara significant. Dengan perubahan dan perbaikan prosedur operasi, pemeliharaan yang bersifat best practice potensi penghematan energi tersebut dapat diperoleh dan penghematan energi yang lebih besar hingga 30% mungkin diperoleh jika modifikasi dan optimasi peralatan energi dilakukan. Namun kegiatan ini membutuhkan investasi dengan *payback period* kurang dari 3 tahun. Fakta menunjukkan bahwa biaya energi umumnya tidak dikontrol dengan baik dan manajemen energi belum sepenuhnya diterapkan. Petugas teknik yang sehari-hari menangani masalah energi jarang mengetahui kinerja operasi dan jumlah biaya energi yang digunakan setiap bulannya. Tagihan energi dibayar oleh bagian keuangan dan laporannya disampaikan ke manajemen pada akhir tahun. Kondisi ini menjadi salah satu penyebab mengapa kita belum berhasil mengelola energi. Kunci sukses manajemen energi adalah adanya petugas khusus yang menghubungkan masalah energi di bagian utilitas dengan konsumsi energi dan biaya energi yang dibayar perusahaan. Dukungan dan komitmen pemimpin puncak yang memberi tugas/tanggung jawab pada manajer energi untuk mengelola pemanfaatan energi merupakan langkah awal menuju penggunaan energi yang efisien sebagaimana diamanatkan dalam regulasi konservasi energi.

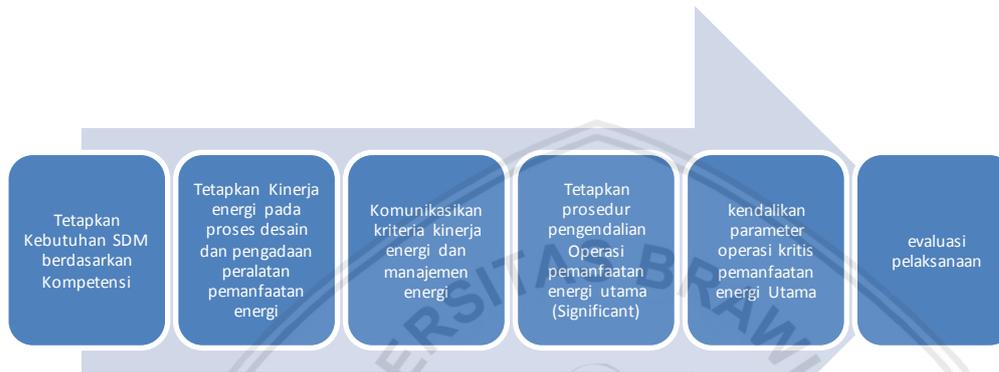
Prinsip Penghematan energi di Bangunan gedung dilakukan dengan 3 cara yaitu :

1. Mengurangi Intensitas Energi dengan melalui desain pasif gedung
2. Mengurangi Intensitas Energi dengan melalui desain aktif gedung
3. Mengurangi Intensitas Energi dengan Sistem Kendali operasi
4. Meningkatkan efisiensi peralatan pemanfaatan energi Bangunan
5. Mengurangi Biaya Energi

2.5.4 Pelaksanaan Perencanaan Manajemen Energi

Pelaksanaan rencana manajemen energi merupakan proses sehari-hari yang berkelanjutan. Manajemen energi bukan sebuah proyek melainkan dioperasikan sebagai bagian dari kebiasaan sehari-hari dimulai dari pengguna energi significant (pengguna energi utama) sebagai prioritas. Hal ini dimaksudkan agar dampak penghematan energi terhadap kinerja perusahaan keseluruhan menjadi

maksimal. Keterlibatan seluruh unit kerja dan bagian lain yang terkait diperlukan dalam penerapan rencana manajemen energi. Jika tidak memberi penghematan energi secara significant maka pelaksanaannya tidak prioritas atau jangan dilakukan (dalam konteks ini). Implementasi manajemen energi ada kalanya memerlukan perubahan besar dalam organisasi, dan bagi yang melakukannya. Melakukan perubahan sering mengalami kesulitan sehingga memerlukan keterlibatan, dukungan dan komunikasi. Jika tidak ada perubahan berarti kinerja energi juga tidak dapat ditingkatkan.



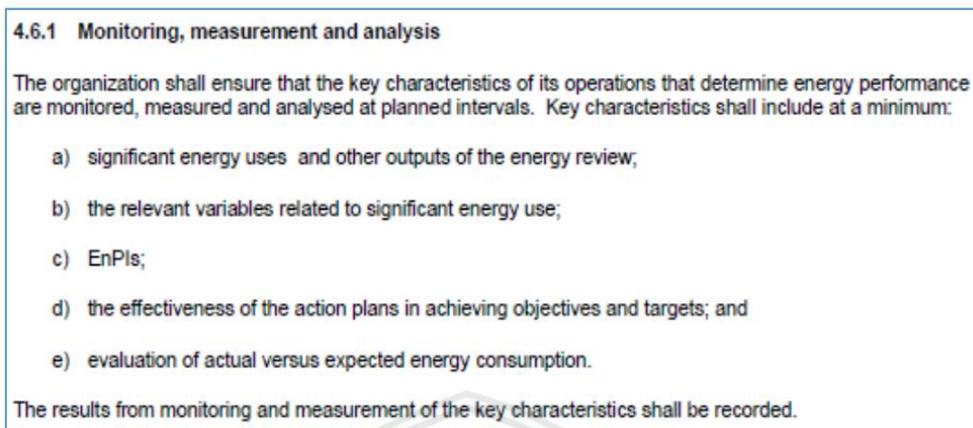
Gambar 2.5 Pelaksanaan Rencana Manajemen Energi

2.5.5 Evaluasi Manajemen Energi

Tahapan evaluasi dalam sistem manajemen energi dapat dibagi menjadi dua yaitu tahapan pemeriksaan dan tahapan review manajemen . Proses umum pemeriksaan dalam ISO 50001 dimulai dari perencanaan kemudian dilakukan audit internal dan hasilnya adalah aksi preventif atau korektif dan akhirnya pemeriksaan untuk perbaikan selanjutnya. Dalam ISO 50001, proses pemeriksaan (Checking) meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Pemantauan, pengukuran dan Analisis
2. Evaluasi kepatuhan
3. Audit Internal
4. Ketidak sesuaian, koreksi, tindakan korektif dan preventif
5. Pengendalian rekaman

Karakteristik utama yang akan dipantau, diukur dan dianalisis dalam ISO 50001 adalah :



Gambar 2.6 Pemantauan, Pengukuran dan Analisis dalam ISO 50001

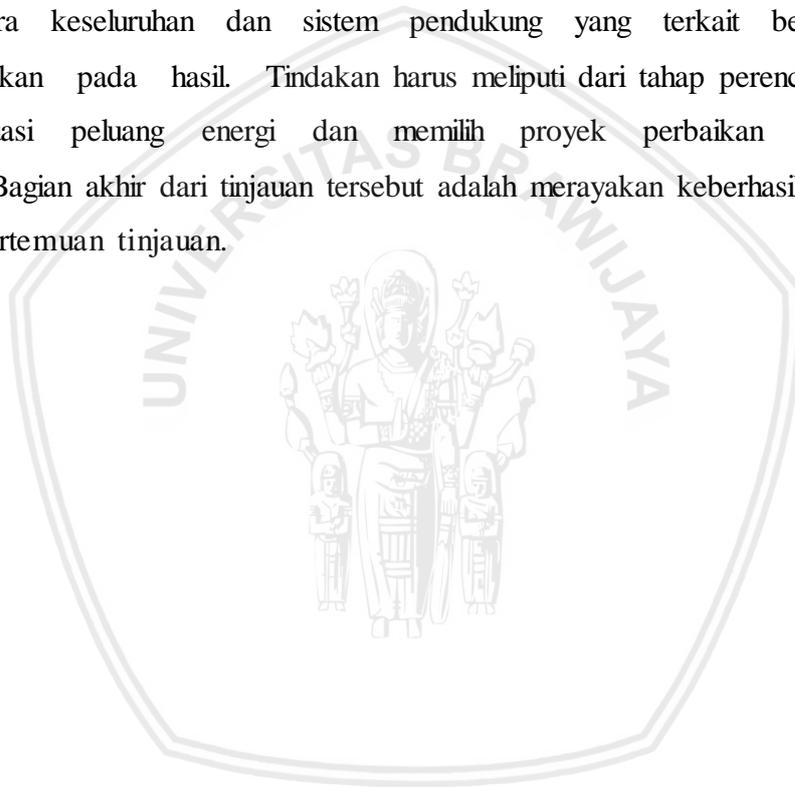
Dari gambaran karakteristik utama dan bagan di atas maka dalam mengelola konsumsi di tingkat lokasi membutuhkan alat, strategi, analisis yang tepat dan ketekunan. Solusi yang mudah dan cepat adalah dengan Energi Management Information System (EMIS) yang akan membantu organisasi dalam memenuhi kegiatan pemantauan, pengukuran dan analisis yang dipersyaratkan dalam standar manajemen energi. Dengan peralatan tersebut dimungkinkan untuk mendeteksi konsumsi energi yang tidak efisien dengan segera jika terdapat perbedaan yang nyata, sering dan teratur terjadi antara konsumsi energi yang diharapkan dengan konsumsi energi aktual.

2.5.6 Tinjauan Manajemen Energi

Pada tahap pemantauan EnMS yang sedang berlangsung, kita sedang melihat rincian kegiatan antara lain status proyek, hasil proyek, dan peningkatan energi. Analisis yang dilakukan lebih rinci dan pada tingkat taktis. Sedangkan Tahap Tinjauan/Review dari EnMS adalah waktu untuk melihat strategi, bagaimana usaha yang sedang dilakukan dilihat dari tingkat tinggi. Tahap tinjauan merupakan penjelasan manajemen puncak tentang kemajuan proyek dan hasilnya, kinerja energi, serta peninjauan program EnMS itu sendiri. Hal ini

juga merupakan kesempatan bagi manajemen puncak untuk meninjau laporan EnMS bagi para penggunanya.

Tinjauan manajemen atas kemajuan proyek/kegiatan berkaitan dengan kegiatan manajemen meninjau kemajuan/hasil proyek dan ini adalah kesempatan untuk memeriksa kemajuan keseluruhan proyek dengan melihat rencana aksi proyek. Tinjauan manajemen atas kinerja energi adalah melihat kinerja energi secara keseluruhan. Ini adalah kesempatan untuk menunjukkan bagaimana proyek yang sedang berlangsung terkait dengan kinerja energi pada umumnya. Tinjauan manajemen dalam mendukung sistem adalah bagaimana kita melihat sistem manajemen secara keseluruhan dan sistem pendukung yang terkait bekerja. Mengambil tindakan pada hasil. Tindakan harus meliputi dari tahap perencanaan untuk mengevaluasi peluang energi dan memilih proyek perbaikan energi berikutnya. Bagian akhir dari tinjauan tersebut adalah merayakan keberhasilan dan ini bisa dalam pertemuan tinjauan.



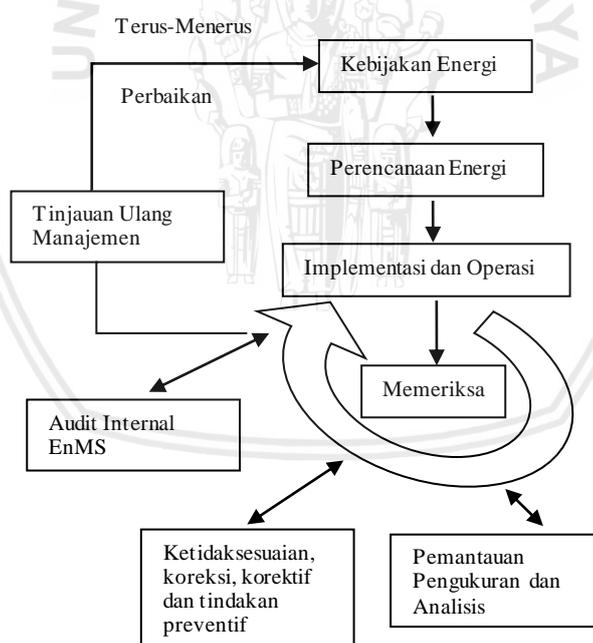
BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

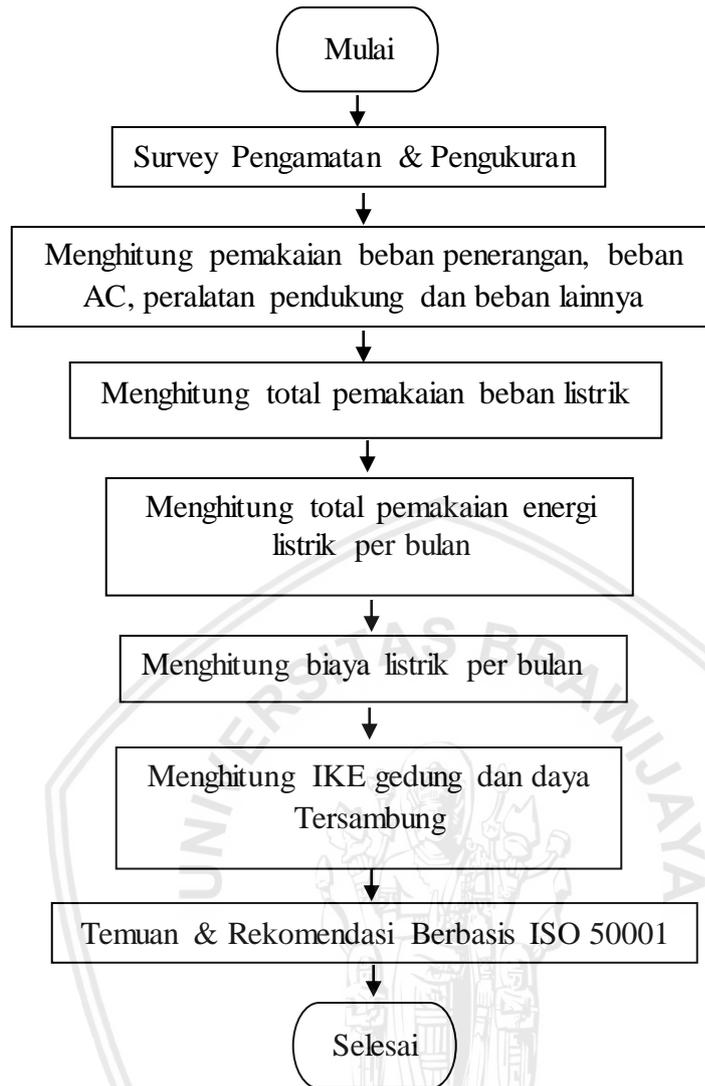
Pada Bab ini akan dijelaskan tentang kerangka penelitian, Hipotesis dan konsep beserta variable penelitian pada Audit dan Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001 Di Universitas Brawijaya Malang

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian adalah suatu hubungan antara konsep satu terhadap konsep yang lainnya dari masalah yang ingin diteliti. Kerangka didapatkan dari konsep ilmu/teori yang dipakai sebagai landasan penelitian yang didapatkan di bab tinjauan pustaka yang dihubungkan dengan garis sesuai variabel yang diteliti yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Pada penelitian ini penulis memilih menggunakan kerangka konsep sebagai berikut :



Gambar 3.1. Standar ISO 50001 : Sistem manajemen Energi



Gambar 3.2. Diagram Alir Audit dan Rancangan Implementasi Sistem manajemen Energi berbasis ISO 50001

3.2 Hipotesis

Pelaksanaan Audit Energi diharapkan bisa menjadi data input dalam Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi berbasis ISO 50001. Dari Hasil Audit Audit ini akan diperoleh beberapa Variabel :

1. Data primer, data Sekunder, variable yang relevan yang mempengaruhi penggunaan energi secara signifikan dan performansi energi (penggunaan energi, konsumsi energi, efisiensi energi, intensitas energi, dll)
2. Pemeriksaan energi yang meliputi : analisis penggunaan energi dan konsumsi, mengidentifikasi area penggunaan energi dan konsumsi yang

signifikan, mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan performansi energi

3. Output Perancangan Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001 yang meliputi : Kebijakan Energi, Perencanaan Energi, Penerapan prinsip-prinsip penghematan energi, pelaksanaan perencanaan energi, Evaluasi Manajemen Energi dan Tinjauan Manajemen Energi.

3.3 Konsep dan Variabel Penelitian

3.3.1. Konsep Penelitian

Audit dan Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi berbasis ISO 50001 di Universitas Brawijaya dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya adalah :

1. Dengan menggunakan data Audit akan diperoleh analisis total penggunaan Daya, kwh, *IKE*,
2. Dengan perbandingan *IKE* setiap Fungsi ruangan akan diperoleh data konsumsi energi signifikan dan bagaimana action plan ke depannya
3. Melakukan Analisis Rancangan Implementasi berbasis ISO 50001 dalam hal ini dilakukan komparasi Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001.

3.3.2. Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini adalah besarnya nilai konsumsi energi yang dideteksi pada saata dilaksanakan Audit energi. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing variabel :

1. Tinjauan Energi (Review Energi) :
 - Metode Tinjauan energi ditetapkan berdasarkan sasaran kebijakan energi Universitas Brawijaya
 - Kriteria tinjauan energi ditetapkan berdasarkan sasaran kebijakan Universitas Brawijaya
 - Konsumsi dan penggunaan energi dianalisis berdasarkan pemantauan pada peralatan energi utama seperti peralatan kantor, laboratorium, bengkel dan lift.
 - Audit energi diidentifikasi sesuai dengan kebutuhan

- Tinjauan energi dilakukan berdasarkan hasil identifikasi
2. Indikator kinerja energi di Universitas brawijaya
 - Indikator Data Operasional, ditentukan berdasarkan data operasional kegiatan di Universitas Brawijaya (jam mulai, jam istirahat dan jam pulang)
 - Indikator Pelaksanaan Sistem Manajemen Energi ditentukan berdasarkan jumlah cadangan energi, konsumsi energi total, intensitas energi, konsumsi energi spesifik, fuel economy, dll
 3. Menetapkan base line
 - Faktor pendorong konsumsi energi ditentukan oleh tingkat keterkaitan terhadap energi (lama pemakaian energi)
 - Base line energi ditetapkan berdasarkan faktor pendorong konsumsi energi
 4. Menetapkan target penghematan energi
 - Peluang penghematan energi diidentifikasi berdasarkan kriteria tertentu (penggantian lampu hemat energi, jenis cat dinding ruangan, tata letak instalasi, dll)
 - Target penghematan energi ditentukan berdasarkan hasil identifikasi yang telah dilakukan.
 5. Menetapkan rencana aksi peningkatan kinerja energi
 - Buat daftar rencana aksi berdasarkan prioritas penghematan energi
 - Rentang waktu rencana aksi ditentukan berdasarkan target penghematan energi.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode dan langkah dalam penyelesaian permasalahan dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Jenis dan cara memperoleh data (Primer dan Sekunder), variabel, proses pengolahan data serta analisisnya akan didefinisikan di Bab ini. Analisis yang digunakan mengacu pada Regulasi dan Standar yang telah ditetapkan. Alat ukur dan metode pengukuran untuk mendapatkan data primer juga diuraikan. Metode dan organisasi kegiatan survey perlu dideskripsikan dengan jelas agar tujuan dari survey ini dapat dicapai. Tujuan dari kegiatan survey ini adalah mendapatkan data lapangan yang representatif secara efektif dan efisien. Survey dilakukan melalui dua pendekatan yaitu survey pendataan fasilitas bebabn listrik dan fungsi ruangan pada gedung dan survey pengukuran besaran listrik dipanle listrik baik panel utama maupun di panel beban.

4.1 Kebutuhan Data

Ada dua kelompok data yang dibutuhkan dalam kegiatan ini, pertama adalah data primer yang diperoleh dari kegiatan survey dan kedua adalah data sekunder (berupa dokumen) yang diperoleh dari Universitas Brawijaya dan PT. PLN (Persero). Data primer yang dibutuhkan untuk penyelesaian kegiatan ini ditunjukkan pada Tabel 4.1.

No	Nama Data	Status	Keterangan
1	Energi harian (kWH)	Belum tersedia	Dari pembacaan kWH meter
2	Jam nyala lampu harian	Belum tersedia	Dari pengukuran waktu nyala
3	Tegangan, arus, daya, dan faktor daya	Belum tersedia	Dari pengukuran dengan clammeter
4	Kuat penerangan (Lux)	Belum tersedia	Dari pengukuran dengan Lux meter

Sedangkan data Sekunder yang dibutuhkan meliputi data : jumlah civitas akademika Universitas Brawijaya Malang, Data Tagihan pemakaian rekening, Data Survey Pemahaman civitas akademika Universitas Brawijaya Malang tentang Manajemen Energi, dll.

4.2 Jenis dan Metode Perolehan Data

Yang dimaksud dengan jenis dan metode perolehan data adalah keseluruhan data yang berkaitan dengan peralatan-peralatan yang digunakan di gedung Universitas Brawijaya Malang. Data tersebut diperoleh dari arsip yang dimiliki dan melalui data lapangan langsung. Data-data yang diperlukan antara lain :

- Informasi bangunan (kapan dibangun, lokasi bangunan, tata letak, modifikasi bangunan, *building occupancy profile*, dsb)
- Catatan penggunaan dan biaya listrik bulanan dan tahunan
- Sistem pengkondisian udara
- Penerangan dan *lift*
- Peralatan kantor (komputer, Laptop, printer, LCD, OHP, dsb)

Data penggunaan listrik dan air diperlukan untuk dibandingkan antara penggunaan yang tercatat dalam biaya bulanan yang dibayarkan dengan kondisi aktual sesuai dengan standar kelayakan suatu bangunan Kantor Sekretariat. Jika dari data ini diketahui kondisi aktual lebih kecil, maka dapat dikaji lebih lanjut pada bagian mana seharusnya dilakukan penghematan. Pengukuran-pengukuran yang akan dilakukan meliputi :

- Pengukuran temperatur ruangan kantor, ruang pertemuan, ruang meeting, dsb.
- Pengukuran penggunaan listrik untuk penerangan, AC, lift dan Pompa
- Pengukuran intensitas cahaya lampu

4.3 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan untuk memperoleh data yang terkait dengan penggunaan energi listrik dan air di kantor Pemerintah Provinsi Jawa Timur adalah: *FLIR E30 Infrared Thermal Imaging Camera*, *lux meter*, termometer infra merah, *power clamp*, *hygrometer*, dan *data logger*.

4.3.1 FLIR Infrared Thermal Imaging Camera

FLIR adalah alat pengukur suhu panas dalam bentuk gambar. Untuk proyek ini FLIR digunakan untuk mengetahui distribusi termal di panel gardu alat pengukur dan pembatas (APP). Karena besarnya arus yang mengalir pada konduktor adalah linear dengan suhu yang bisa ditimbulkan maka FLIR dengan mudah menangkap fenomena termal pada panel listrik. Disamping itu termal juga bisa menentukan kebocoran (loss) yang mungkin terjadi pada panel. Peralatan FLIR dengan spesifikasi E30 ditunjukkan pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 FLIR Infrared Thermal Imaging Camera

Beberapa fitur dari peralatan ini adalah sebagai berikut:

- Detektor Focal Plane Array resolusi infrared 160 x 120 pixel(19,200 pixel)
- Rentang temperatur lebar: $-20^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 2\%$ atau 2°C
- Sensitifitas thermal $0.1^{\circ}\text{C} @ 30^{\circ}\text{C}$ (N.E.T.D)
- Fokus manual, fixed zoom
- Fitur laser pointer, tampilan display layar-sentuh 3.5"
- Kamera digital built-in Megapixel dengan lampu LED cerah untuk area gelap
- Fungsi termasuk IR Window Correction
- Mode pengukuran: 1 titik yang bisa dipindah, 1 Area (Min/Max/Average), Auto Hot/Cold spot marker, Isotherm (Atas/Bawah)
- Thumbnail Image Gallery, Radiometric IR Video Streaming to PC via USB

- Slot kartu memori untuk menyimpan gambar (lebih dari 1,000 gambar Radiometric JPEG)
- Dilengkapi dengan kartu memori, baterai charge Li-Ion, power supply, kabel USB dan Video, hand strap, lens cap dan hard carrying case
- Termasuk juga software FLIR Tools untuk analisa gambar radiometric

4.3.2 Lux meter (HANDSUN LX-13308)

Cara kerja alat ini dipergunakan untuk mengetahui intensitas yang dihasilkan oleh sinar lampu dalam ruangan. Untuk mengetahui intensitas sinar lampu tidak dapat digunakan pyranometer karena intensitas cahaya lampu relatif lebih kecil dibandingkan dengan intensitas cahaya matahari, sehingga apabila digunakan pyranometer, maka pyranometer akan menunjukkan nilai yang sangat kecil atau bahkan tidak muncul angka sama sekali karena sudah di-set untuk besaran skala yang lebih besar.



Gambar 4.1 Lux Meter

Seperti halnya intensitas cahaya matahari, intensitas cahaya lampu juga akan memberikan tambahan terhadap beban pendinginan yang ada dalam suatu ruangan.

Peralatan ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- | | |
|------------------|---|
| a. LCD | : 3,5 digit 18mm LC |
| b. Range | : 0.1~200,000 Lux / 0.01~20,000 FC |
| c. Over - input | : Indikasi "1" |
| d. Akurasi | : $\leq 20,000$ Lux, $\pm (3\% \text{ rdg} + 10 \text{ digit})$
$> 20,000$ Lux, $\pm (5\% \text{ rdg} + 10 \text{ digit})$ |
| e. Resolusi | : 0.1 Lux |
| f. Repeatability | : $\pm 2\%$ |

- g. Karakteristik Suhu: $\pm 0.1\%/^{\circ}\text{C}$
- h. Waktu Sampling : 0.5 detik
- i. Detektor Cahaya : 1 silicon photo diode dengan fliter
- j. Dimensi : 160Lx79Wx43H(mm)

4.3.3 Termometer infra merah (FLUKE)

Alat ini digunakan untuk mengetahui besarnya temperatur pada suatu permukaan. Alat ini menggunakan prinsip pemancaran sinar infra merah ke permukaan yang ingin di ketahui suhunya, kemudian sinar infra merah tersebut dipantulkan ke sensor yang terdapat pada peralatan ini pula. Alat ini nanti akan digunakan untuk mengetahui besarnya temperatur permukaan evaporator *Air Conditioner*, sehingga diketahui kemampuan pendinginan dari *Air Conditioner* tersebut. Alat ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- a. Range : -40°C sampai $+500^{\circ}\text{C}$
- b. Akurasi : 1. Diatas 0°C (32°F) : $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($\pm 4^{\circ}\text{F}$)
2. Dibawah 0°C (32°F) : $+ 5^{\circ}\text{C}$ ($+ 9^{\circ}\text{F}$)
- c. Repeatability : $+ 1\%$ dari pembacaan, atau 1° dari satuan pembacaan apapun
- d. Respon Waktu : ≤ 0.8 seconds
- e. Resolusi Optik : 8:1



Gambar 4.2 Infrared Thermometer (Fluke)

4.3.4 Power C clamp (EXTECH 380975)

Alat ini digunakan untuk mengetahui besarnya arus listrik yang mengalir ke dalam peralatan elektronik. Selain itu, alat ini dapat digunakan untuk mengetahui besarnya tegangan listrik yang mengalir. Alat ini mampu digunakan untuk peralatan dengan arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC). Spesifikasi alat ini adalah :

a. True Power (W)	: 600 kW / 10W \pm 5% + 20d
b. Apparent Power (kVA)	: 600 kVA / 10 kVA \pm 2% + 20d
c. Reactive Power (kVAR)	: 600 kVAR / 10VAR \pm 5% + 20d
d. Horsepower (HP)	: 800 HP / 0.01 HP \pm 5 % + 20d
e. Sudut Phase (°)	: -60 to + 60° / 0.1° \pm 6°
f. Arus AC (Trms)	: 1000A / 10mA \pm 2% + 20d
g. Arus uA (AC+DC) (Trms)	: 1000 μ A / 10nA \pm 1% + 20d
h. AC/DC Voltage (Trms)	: 600V / 0.1mV \pm 1% + 20d
i. Hambatan (Ω)	: 1000k Ω / 0.1 Ω \pm 1% + 10d
j. Hambatan (M Ω)	: 100M Ω / 1k Ω \pm 5% + 10d
k. Kapasitas Kapasitor	: 7000 μ F / 1nF \pm 1.5% + 5d
l. Frekuensi	: 40Hz to 1kHz / 0.1Hz \pm 0.5% + 2d
m. Temperatur (Type K)	: -58 to 1000°F / 0.1°F \pm 1% + 2°F - 50 to 900°C / 0.1°C \pm 1% + 1°C
n. Dimensi	: 9 x 3 x 1.6" (228 x 76 x 39mm)
o. Berat	: 16.4 oz (465g)



Gambar 4.3 Power Clamp

4.3.5 Data Logger

Data logger adalah perangkat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu. *Data logger* mempunyai ukuran fisik kecil, bertenaga baterai, portabel, dan dilengkapi dengan mikroprosesor, memori internal untuk menyimpan data dan sensor. Salah satu keuntungan menggunakan *data logger* adalah kemampuannya secara otomatis untuk mengumpulkan data setiap 24 jam. Setelah diaktifkan, *data logger* digunakan dan ditinggalkan untuk mengukur dan merekam informasi selama periode pemantauan. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan gambaran

yang komprehensif tentang kondisi penggunaan energi listrik selama rentang waktu 24 jam. Data logger yang digunakan adalah menggunakan AMT portable.

4.3.6 Leica Disto D2 Laser Distance Meter

Model Leica Disto D2 yang kompak dan portabel didesain khusus untuk aplikasi dalam ruangan. Kunci-kunci shortcut untuk penjumlahan, pembagian, area dan perhitungan volume membuat pengukuran cepat dan dapat diandalkan. 10 pengukuran terakhir juga dapat tersimpan. Dengan semua laser distance meter Leica, titik sinar laser terlihat dengan jelas. Alat ukur ini mampu melihat poin target pengukuran, meskipun obyek target berada pada area yang sulit terjangkau. Contoh distance meter diberikan pada Gambar Gambar 4.4. Beberapa fitur dari alat ukur ini adalah sebagai berikut:

- Rentang pengukuran 0.05 m hingga 60 m (0.16 ft hingga 197 ft) akurasi dasar $\pm 1.5 \text{ mm}$ ($\pm 0.06 \text{ in}$)
- Kode shortcut
- Tampilan display 3 lajur dengan lampu latar
- Fitur flip - out
- Fungsi stake out
- Fitur pelepas penunda waktu
- Fungsi Phytagoras sederhana
- Standar IP 54



Gambar 4.4 Distance infra Red meter

4.4. Metode Pengukuran

Alat ukur yang dibutuhkan untuk membantu memperoleh data primer antara lain adalah:

- Clammeter, yang berfungsi untuk mengukur arus, tegangan, daya, dan faktor daya.
- Luxmeter, yang berfungsi untuk mengukur kuat penerangan.
- Rolling meter, yang berfungsi untuk mengukur panjang gawang atau jarak antara tiang panel gardu Alat Pembatas dan Pengukur (APP).

Metode pengukuran arus menggunakan Clammeter merupakan metode pengukuran tidak langsung. Metode pengukuran arus dengan Clammeter menggunakan prinsip mengukur arus melalui besaran intensitas medan magnet yang ditimbulkan arus yang akan diukur tersebut. Oleh karena itu konduktor pembawa arus harus dimasukkan dalam lingkaran inti besi penyalap medan magnet.

Tegangan rendah di panel gardu Alat Pembatas dan Pengukur (APP) dapat diukur secara langsung menggunakan Clammeter dengan cara menghubungkan kedua kabel ukur dari alat ukur ke terminal tegangan pada APP. Sedangkan pengukuran daya dan faktor daya menggunakan Clammeter memerlukan dua signal arus dan tegangan panel secara bersamaan dan merubah selektor sesuai dengan pilihan besaran yang akan diukur (daya atau faktor daya). Pengukuran ini yang paling mungkin dilakukan di sisi APP.

4.5 Survey Lapangan dan Metode Sampling

Metode sampling ini dapat diterapkan selama sampel yang dipilih secara representatif dapat mewakili kondisi berbeda yang ada pada populasi. Karena luasnya wilayah dan jaringan sistem kelistrikan di Universitas Brawijaya dan adanya batasan dana, waktu dan tenaga, maka metode sampling dapat diterapkan. Bila sampel yang dipilih representatif, maka data yang diperoleh dapat mewakili keseluruhan data dan kesimpulan yang dihasilkan dapat dipertanggung jawabkan. Survey dan Pendataan Fungsi, Fasilitas, dan Beban Listrik Gedung:

1. Pemilihan berdasarkan: bidang keilmuan (eksakta dan sosial), administrasi, dan tagihan gardu meter yang besar (gardu Fakultas Teknik (FT) bersama)

2. Gedung: F-PET, FPIK, FKG (eksakta); FIB, Vokasi (sosial), dan REKTORAT (administrasi) Universitas Brawijaya

4.6 Analisis Data dan Interpretasi

Data sekunder dan data primer yang sudah diperoleh selanjutnya diolah (tabulasi dan grafik), dianalisis dan diinterpretasi untuk mendapatkan gambaran kondisi penggunaan energi listrik di lingkungan UB yang sebenarnya dan mendapatkan jawaban dari masalah yang sudah dirumuskan.

Analisis yang diperlukan dalam kajian peningkatan efisiensi energi listrik di lingkungan UB ini serta data yang dibutuhkan diringkas dalam bentuk tabulasi seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Macam analisis, tujuan analisis dan data yang diperlukan

No	Nama Analisis	Tujuan dan Data
1.	Analisis konsumsi energi berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan trend konsumsi energi bulanan dan tahunan • Data yang dibutuhkan adalah data pengukuran dan pembacaan kWh meter
2.	Analisis konsumsi energi listrik berdasarkan rekening	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan trend konsumsi energi bulanan dan tahunan • Data yang dibutuhkan rekening listrik selama 4 tahun terakhir
3.	Analisis komparasi konsumsi energi berdasarkan rekening dan pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> • Mencocokkan konsumsi energi dari pengukuran dan rekening • Mendapatkan peluang efisiensi • Data yang dibutuhkan adalah data pengukuran dan rekening
4.	Analisis efisiensi energi berdasarkan kesesuaian tarif dan daya APP	<ul style="list-style-type: none"> • Mengetahui kesesuaian tarif dan daya APP • Menyesuaikan daya APP dengan daya beban • Mendapatkan peluang efisiensi • Data yang dibutuhkan adalah data primer dan sekunder

No	Nama Analisis	Tujuan dan Data
5.	Klasifikasi dan analisis beban pada gedung yang dipilih	<ul style="list-style-type: none"> • Pendataan dan survey gedung: Fa-PET,FK, FIB,Guest House,Student Center, Samanta Krida, Gor Pertamina, THP,TP, TP gedung Ilmu tanah,TP Sosek, Vokasi dan REKTORAT • Menentukan jenis beban yang ada • Melakukan analisis terhadap persentase beban yang ada dan kemungkinan peluang efisiensi • Memberikan rekomendasi terbaik untuk efisiensi yang ada • Memberikan analisis terhadap temuan yang ada pada saat pendataan seperti pola penggunaan, pengkabelan, dll.
6.	Analisis efisiensi energi dengan lampu hemat energi	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan potensi penghematan energi • Data yang dibutuhkan adalah data pengukuran dan data lampu
7.	Analisis efisiensi energi dengan metode deskriminasi tingkat penerangan terhadap jam operasi: a. dengan pengaturan jam operasi b. dengan menggunakan dua lampu kapasitas kecil dan besar	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan potensi penghematan energi • Data yang dibutuhkan adalah data pengukuran daya
8.	Analisis efisiensi energi dengan metode pengurangan beban terhadap jam operasi	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan potensi penghematan energi • Data yang dibutuhkan adalah data pengukuran daya
9.	Analisis potensi efisiensi dan pemilihan metode efisiensi yang paling tepat	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan potensi penghematan energi • Data yang dibutuhkan adalah data pengukuran daya
10.	Analisis ekonomi implementasi dari ISO 50001 yang direkomendasi	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan kebutuhan investasi dan waktu pengembalian modal dari hasil metode penghematan energi yang direkomendasikan • Data yang dibutuhkan adalah data primer dan sekunder

BAB V

HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan sampling di 24 gedung, sedangkan untuk gardu APP sebagai sampling dipilih 4 gardu. Dalam penelitian ini ada dua kelompok data yang dibutuhkan, pertama adalah data primer yang diperoleh dari hasil survey dan yang kedua adalah data sekunder yang berupa dokumen yang ada di Universitas Brawijaya Malang. Data yang dibutuhkan dalam analisis penelitian ini meliputi : Energi harian, Jam nyala lampu harian, tegangan, arus, daya dan factor daya serta kuat penerangan.

5.1 Kondisi penggunaan Energi di Universitas Brawijaya

Survey gedung dikelompokkan sesuai dengan fungsi ruangan yaitu Fasilitas Umum, Tata usaha, Ruangan Bersama, Laboratorium dan Ruang Kuliah serta Administrasi untuk gedung rektorat. Dari hasil survey diperoleh data-data dan perhitungan yang menunjukkan IKE setiap fungsi ruangan. Tabel 5.1 untuk IKE fasilitas Umum, Tabel 5.2 untuk IKE Tata Usaha, Tabel 5.3 untuk IKE Ruangan Bersama, tabel 5.4 untuk IKE Laboratorium dan Tabel. 5.5 untuk IKE Ruang Kuliah.

Tabel 5.1. Data pengukuran dan perhitungan Intensitas Konsumsi Energi Fasilitas Umum

Tipe Fungsi Ruang : Fasilitas Umum					
Nama Gedung	Luas (m²)	Total Daya (Watt)	Energi (kWh)	IKE (kWh/ m²)	Kriteria
FK A/GPP	3236.0	84350.0	376.3	2.5581	Sangat Efisien
FK Anatomi	285.8	1248.0	10.0	0.7685	Sangat Efisien
FK Biomedik	158.7	432.0	3.5	0.4792	Sangat Efisien
FK Faal	334.4	3064.0	28.0	1.8414	Sangat Efisien
FK Grahamedika	349.5	1957.0	14.9	0.9403	Sangat Efisien
FPIK A	218.3	848.0	6.8	0.68	Sangat Efisien
FPIK C	232.3	2036.0	20.2	0.218	Sangat Efisien
FPIK D	325.4	660.0	5.9	0.396	Sangat Efisien
FaPet-1	298.2	2835.0	24.5	1.8043	Sangat Efisien
FA-PET BEM	72.0	2971.0	43.0	13.1322	Cukup Efisien
FA-PET GEDUNG BARU	2199.6	8652.0	71.3	0.7132	Sangat Efisien
FA-PET NUTRISI	529.1	3949.0	31.7	1.3195	Sangat Efisien
Nama Gedung	Luas	Total Daya	kWh	IKE	Kriteria
FA-PET THT	508.6	977.0	7.8	0.3381	Sangat Efisien
Ilmu Budaya	211.1	14738.2	114.4	0.1708	Sangat Efisien
Guest House	1172.2	47393.0	285.9	7.3171	Sangat Efisien
Student Center	0.0	0.0	0.0	0.0000	-
Samanta Krida	0.0	0.0	0.0	0.0000	-
Gor Pertamina	0.0	0.0	0.0	0.0000	-
Teknologi Pertanian Baru	6225.3	16079.0	133.7	0.4725	Sangat Efisien
Teknologi Pertanian C	262.4	1513.0	12.3	1.0281	Sangat efisien
Teknologi Pertanian D	781.0	19297.0	136.3	3.8382	Sangat Efisien
Pertanian Gedung Imu Tanah	478.0	3133.0	34.9	1.6046	Sangat Efisien
Pertanian Gedung SoSek	107.2	7127.0	62.9	12.9042	Cukup Efisien
Vokasi Baru	781.9	10664.0	75.6	2.1268	Sangat Efisien
Total Rerata	18766.9	233923.2	1499.7	1.758022935	Sangat Efisien

Tabel 5.2. Data Pengukuran dan Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi Tata Usaha
Tipe Fungsi Ruang : Tata Usaha

Nama Gedung	Luas (m ²)	Total Daya (Watt)	Energi (kWh)	IKE (kWh/ m ²)	Kriteria
FK A/GPP	1533.51	92126.56	801.86	11.5036	Efisien
FK Anatomi	283	13306	119.264	9.2714	Efisien
FK Biomedik	151.2	12307	96.636	14.0608	Cukup Efisien
FK Faal	246.36	17168	150.23	13.4156	Cukup Efisien
FK Grahamedika	310.63	20342.5	167.16	11.8389	Efisien
FPIK A	172.75	7023.00	62.68	7.983	Efisien
FPIK C	50.75	3385.9	23.6172	0.153	Sangat Efisien
FPIK D	83.16	862	6.896	1.824	Sangat Efisien
FaPet-1	166.32	2241	22.808	3.0169	Sangat Efisien
Fa-Pet BEM	0	0	0	0.000	-
Fa-Pet Gedung Baru	2441.1	87959	723.016	6.5161	Sangat Efisien
Fa-Pet Nutrisi	356.4	6136	65.888	4.0672	Sangat Efisien
Fa-Pet THT	27	508	2.464	2.0077	Sangat Efisien
Ilmu Budaya	638.36	57135	455.08	0.1752	Sangat Efisien
Guest House	294.6855	7312	69.20	7.0444	Sangat Efisien
Student Center	0	0	0.00	0.0000	-
Samanta Krida	0	0	0.00	0.0000	-
Gor Pertamina	0	0	0.00	0.0000	-
Teknologi Pertanian Baru	1042.465	39496	356.176	7.5167	Sangat Efisien
Teknologi Pertanian C	11.205	2138	17.104	33.5822	Sangat Tidak Efisien
Teknologi Pertanian D	461.585	33598	318.024	15.1576	Cenderung Tidak Efisien
Pertanian Gedung Imu Tanah	345.48	13371.2	131.4376	8.3699	Efisien
Pertanian Gedung SoSek	430.92	28178	240.442	12.2754	Cukup Efisien
Vokasi Baru	376.8	25314	211.97	12.3764	Cukup Efisien
Total	9423.6805	469907.16	4041.9488	9.436108705	Efisien

Tabel 5.3 Data Pengukuran dan Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi Ruang Bersama

Tipe Fungsi Ruangan : Ruang bersama

Nama Gedung	Luas (m²)	Total Daya (Watt)	Energi (kWh)	IKE (kWh/ m²)	Kriteria
FK A/GPP	89.6	3517	32.18	7.9004	Efisien
FK Anatomi	51.84	1910	15.28	6.4846	Sangat Efisien
FK Biomedik	21.6	677	5.416	5.5163	Sangat Efisien
FK Faal	0	0	0	0	-
FK Grahamedika	58.1	9414	81.312	30.7894	Sangat Tidak Efisien
FPIK A	0.00	0.00	0.00	0.000	-
FPIK C	183.43	2562	20.496	0.176	Sangat Efisien
FPIK D	0	0	0	0.000	-
FaPet-1	78.56	1419	11.352	3.179	Sangat Efisien
Fa-Pet BEM	144	7442	77.396	11.8244	Efisien
Fa-Pet Gedung Baru	1657.8	84921	717.428	9.5207	Efisien
Fa-Pet Nutrisi	0	0	0	0	-
Fa-Pet THT	104.4	2787	21.636	4.5593	Sangat Efisien
Ilmu Budaya	424.06	15399	119.61	0.1709	Sangat Efisien
Guest House	1054.806	59383	402.78	11.4557	Efisien
Student Center	703.66	1182	9.46	0.2956	Sangat Efisien
Samanta Krida	2381.46	28358	202.26	1.8685	Sangan Efisien
Gor Pertamina	2770.1	8886	71.09	0.5646	Sanga Efisien
Teknologi Pertanian Baru	2378.42	26627	219.896	2.034	Sangat Efisien
Teknologi Pertanian C	22.41	1027	22.616	22.2022	Tidak Efisien
Teknologi Pertanian D	289.12	8247	86.096	6.5513	Sangat Efisien
Pertanian Gedung Imu Tanah	41.25	566	10.128	5.4016	Sangat Efisien
Pertanian Gedung SoSek	511.5	4598	51.668	2.2223	Sangat Efisien
Vokasi Baru	138.24	907	7.92	1.2611	Sangat Efisien
Total	13104.36	269829	2186.02	3.67	Sangat Efisien

Tabel 5.4. Data Pengukuran dan Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi Laratorium

Tipe Fungsi Ruang : Laboratorium

Nama Gedung	Luas (m ²)	Total Daya (Watt)	Energi (kWh)	IKE (kWh/ m ²)	Kriteria
FK A/GPP	338.19	40521	327.72	21.3189	Tidak Efisien
FK Anatomi	508.32	26254	136.102	5.8905	Sangat Efisien
FK Biomedik	212.4	54131	228.096	23.6258	Tidak Efisien
FK Faal	126.72	9135	67.408	11.7028	Efisien
FK Grahamedika	37.5	72	0.576	0.3379	Sangat Efisien
FPIK A	310.66	62803.00	266.88	18.900	Cenderung Tidak Efisien
FPIK C	180.89	22106	99.193	0.099	Sangat Efisien
FPIK D	86.4	9946	38.442	9.789	Efisien
FaPet-1	399.7	16540.5	165.1755	9.0915	Efisien
Fa-Pet BEM	0	0	0	0.000	-
Fa-Pet Gedung Baru	72	18599	148.792	45.4642	Sangat Tidak Efisien
Fa-Pet Nutrisi	168.48	44658.9	143.5467	18.7442	Cenderung Tidak Efisien
Fa-Pet THT	486.9	33956	188.157	8.5017	Efisien
Ilmu Budaya	81.8	26281	232.36	0.1945	Sangat Efisien
Guest House	0	0	0.00	0.0000	-
Student Center	0	0	0.00	0.0000	-
Samanta Krida	0	0	0.00	0.0000	-
Gor Pertamina	0	0	0.00	0.0000	-
Teknologi Pertanian Baru	232.5	23859	129.332	12.2379	Cukup Efisien
Teknologi Pertanian C	1175.25	58201.6	437.5286	8.1903	Efisien
Teknologi Pertanian D	374.81	77600	378.437	22.2129	Tidak Efisien
Pertanian Gedung Imu Tanah	602.466	97356.9	446.4636	16.3033	Cenderung Efisien
Pertanian Gedung SoSek	51.07	18165	115.76	49.8672	Sangat Tidak Efisien
Vokasi Baru	276.48	2016	16.13	1.2833	Sangat Efisien
Total Rerata	5722.54	642201.9	3566.0994	13.709679	Cukup Efisien

Tabel 5.5. Data Pengukuran dan Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi Ruang Kuliah

Tipe Fungsi Ruangan : Ruang Kuliah

Nama Gedung	Luas (m²)	Total Daya (Watt)	Energi (kWh)	IKE (kWh/ m²)	Kriteria
FK A/GPP	2002.36	63570	502.82	5.5245	Sangat Efisien
FK Anatomi	0	0	0	0	-
FK Biomedik	513	14710	12056	5.1702	Sangat Efisien
FK Faal	784.72	27880	213.264	5.979	Sangat Efisien
FK Grahamedika	1121.76	69343	526.184	10.3195	Efisien
FPIK A	191.68	10470.00	83.76	9.614	Efisien
FPIK C	650.375	18875	151	0.176	Sangat Efisien
FPIK D	947.43	25033	201.032	4.668	Sangat Efisien
FaPet-1	649.44	21475	168.44	5.706	Sangat Efisien
Fa-Pet Bem	0	0	0	0.000	-
Fa-Pet Gedung Baru	1182.68	34629	272.616	5.0712	Sangat Efisien
Fa-Pet Nutrisi	0	0	0	0	-
Fa-Pet Tht	117.36	5538	43.344	8.1252	Efisien
Ilmu Budaya	507.12	46233	366.50	0.1744	Sangat Efisien
Guest House	0	0	0.00	0.0000	-
Student Center	0	0	0.00	0.0000	-
Samanta Krida	0	0	0.00	0.0000	-
Gor Pertamina	0	0	0.00	0.0000	-
Teknologi Pertanian Baru	1365.16	33631	252.248	4.0651	Sangat Efisien
Teknologi Pertanian C	0	0	0	0	-
Teknologi Pertanian D	578.16	18490	143.6	5.4642	Sangat Efisien
Pertanian Gedung Ilmu Tanah	170.425	5712	44.076	5.6897	Sangat Efisien
Pertanian Gedung SoSek	186.13	11526	92.028	10.8774	Efisien
Vokasi Baru	332.88	8558	71.41	4.7197	Sangat Efisien
Total	11300.68	415673	15188.322	29.5684	Sangat Efisien

Survey yang dilakukan di gedung rektorat ada 2 kelompok gedung yaitu gedung Rektorat baru dan Gedung Rektorat lama. Sama halnya dengan survey pada 24 gedung lainnya survey pada gedung rektorat Baru dan lama, sesuai dengan fungsi ruangan yang ada. Hal ini ditunjukkan pada tabel 5.6 tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.6 Kategori Indeks Konsumsi Energi (IKE) per kelompok ruang berdasarkan fungsinya di Gedung Rektorat Baru

Fungsi Ruang	Luas Ruang [m²]	Daya Total [W]	Energi Total [kWh]	IKE [kWh/m²]	Klasifikasi berdasarkan kriteria IKE
Tata Usaha	2300,71	194150,9	1423,767	18,565	Cenderung Tidak Efisien
Ruang Bersama	806,588	62261,5	376,242	13,994	Cukup Efisien
Fasilitas Umum	2722,186	51826	280,030	3,086	Sangat Efisien
Jumlah	5829,48	308238,4	2080,04	10,704	Efisien

Tabel 5.7 Kategori Indeks Konsumsi Energi (IKE) per kelompok ruang berdasarkan fungsinya di Gedung Rektorat Lama

Fungsi Ruang	Luas Ruang [m²]	Daya Total [W]	Energi Total [kWh]	IKE [kWh/m²]	Klasifikasi berdasarkan kriteria IKE
Fasilitas Umum	852,8	6777	32,29	0,83	Sangat Efisien
Tata Usaha	1547,384	71273,9	267,28	5,18	Sangat Efisien
Ruang Bersama	223,092	16007,4	93,31	12,55	Cukup Efisien
Laboratorium	64,16	11373	24,05	11,25	Efisien
Ruang Kuliah	0	0	0,00	0,00	-
Jumlah	2687,436	105431,3	416,93	4,65	Sangat Efisien

Tabel 5.8 Kategori Indeks Konsumsi Energi (IKE) per kelompok ruang berdasarkan fungsinya di Gedung 24 Rektorat Perkuliahan

Fungsi Ruang	Luas Ruang [m ²]	Daya Total [W]	Energi Total [kWh]	IKE [kWh/m ²]	Klasifikasi berdasarkan kriteria IKE
Fasilitas Umum	18766,9	233923,2	1499,7	2,397	Sangat Efisien
Tata Usaha	9423,68	469907,16	404,9488	12,867	Cukup Efisien
Ruang Bersama	13104,36	269829	2186,02	5,004	Sangat Efisien
Laboratorium	5722,54	642201,9	3566,0994	18,695	Cenderung Tidak Efisien
Ruang Kuliah	11300,68	415673	15188,322	40,320	Sangat Tidak Efisien
Jumlah	58318,2	2031534,3	26482,1	13,6228	Cukup Efisien

Rincian besar total daya untuk setiap jenis beban yang ada di Gedung rektorat dikelompokkan sesuai dengan Standart beban yang ada di SNI-03-6196-2000 tentang Prosedur audit pada bangunan gedung dibagi 3 jenis beban yaitu : penerangan, AC dan Beban lainnya. Tabel 5.9

Tabel 5.9 Total daya untuk setiap jenis beban serta persentasenya

Nama Gedung	Lampu Penerangan		AC		Beban lainnya	
	Daya (Watt)	%	Daya (Watt)	%	Daya (Watt)	%
Rektorat Baru	32005	10.06%	97872	30.75%	188366	59,18%
Rektorat Lama	19856	18.64%	35696	33.51%	50980	47.85%
Rerata 24 Gedung	26060	12.83%	628448	30.93%	1142481	56.24%

5.1.1 Analisis Konsumsi Berdasarkan Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Survey yang dilaksanakan 24 gedung yang mewakili gedung perkuliahan, laboratorium dan seminar dibagi 5 kelompok fungsi ruangan yaitu Fasilitas Umum, Tata usaha, Ruang Bersama, Laboratorium dan Ruang kuliah. Dari hasil pengamatan dan pengukuran diperoleh luas total Gedung 58318,2 m² dan total penggunaan energi per harinya sebesar 26482,1 kWh dengan Indek Konsumsi Energi IKE 13,6228 kWh /m² per bulan dengan kategori Cukup Efisien. Ini disebabkan karena 37,5% fungsi

ruangan Laboratorium cenderung tidak efisien. Rincian besar IKE bisa dilihat pada tabel 5.1 s/d Tabel 5.5 serta Tabel 5.8

Survey yang dilaksanakan gedung rektorat meliputi gedung rektorat baru dan rektorat lama. Berdasarkan fungsinya, ruangan-ruangan di Gedung Rektorat Baru dibagi menjadi 4 kelompok ruangan yaitu kelompok ruang Fasilitas Umum, Kelompok ruang Tata Usaha, Kelompok ruang Bersama, sedangkan di gedung Rektorat lama ditambahkan dengan kelompok ruang Laboratorium. Dari hasil pengamatan dan pengukuran diperoleh luas total Gedung Rektorat Baru 5829,48 m² dan total penggunaan energi listrik per harinya sebesar 2080,04 kWh dengan Indeks Konsumsi Energi (IKE) sebesar 10,704 kWh /m² per bulan. Sedangkan di Gedung Rektorat Lama luas total Gedung 2687, 436 m² dan total penggunaan energi listrik per harinya sebesar 416,93 kWh dengan Indeks Konsumsi Energi (IKE) sebesar 4,65 kWh /m² per bulan.

Untuk rincian besar IKE per kelompok ruangan di Gedung Rektorat Baru serta kategori tingkat efisiensinya ditunjukkan pada tabel 5.6, sedangkan Gedung Rektorat Lama ditunjukkan pada tabel 5.7.

Total daya untuk setiap jenis beban ditunjukkan pada tabel 5.9 yang mana prosentase paling besar ada di beban lainnya yaitu 59,18% untuk Gedung Rektorat Baru, 47,85% untuk Gedung rektorat lama dan 56,24% untuk Rerata 24 gedung perkuliahan. Setelah ditelusuri lebih lanjut beban lainnya yang paling besar konsumsi listriknya yaitu printer dan komputer serta alat laboratorium. Hal ini bisa menjadi rekomendasi untuk perbaikan ke depannya.

5.2 Daftar Gardu Alat pengukur dan Pembatas (APP) dan Gedung yang Dilayani di Universitas Brawijaya Malang

Saat ini, kebutuhan daya listrik untuk keseluruhan beban di kampus Veteran Universitas Brawijaya dicatu dari 28 buah gardu distribusi, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.11. Pada tabel ditunjukkan no ID pelanggan (IDPEL), golongan tarip, daya tersambung, nama gardu, serta alamat gardu. Total daya tersambung keseluruhan adalah sebesar 5,355,350 VA. Dari gardu APP yang ada paling banyak adalah gardu dengan golongan tarif S2/TR dengan daya 197,000VA, yaitu sebanyak 13 gardu. Berikutnya adalah gardu dengan golongan tarif S2/TR dan B2/TR yaitu

sebanyak 3 Gardu APP. Gardu APP dengan golongan tarif S2/TR juga dengan daya 2,200VA sebanyak 2 buah, sedangkan untuk daya lainnya seperti 1,110,000VA dan yang lainnya adalah sebanyak 1 buah gardu APP.

Tabel 5.10 Daftar gardu listrik di Universitas Brawijaya

No	IDPEL	Gol. TARIP	DAYA (VA)	NAMA	ALAMAT
1	513110032013	S2	23,000	UNBRAW	JL MAYJEN HARYONO
2	513110059224	S2	164,000	UNIBRAW	JL MAJEN HARYONO
3	513110108855	S2	197,000	UNIBRAW	JL MAJEN HARYONO 169
4	513110157667	S2	105,000	LAB MEKANISASI PERTN	JL MAYJEN HARYONO
5	513110186151	S2	82,500	UNBRAW ASRMA-HASISWA	JL VETERAN
6	513110198409	S3	1,110,000	UNIV BRAWIJAYA	JL MAJEN HARYONO 169
7	513110296260	R1	450	UNIV BRAWIJAYA	JL TER CI-BOGO
8	513110316440	S2	197,000	UNIV BRAWIJAYA FHPM	JL MAJEN HARYONO
9	513110396355	S2	197,000	UNIVERSITAS BRAWIJAY	JL MAJEN HARYONO 169
10	513110496304	S2	2,200	PERPUS MASJID UNBRAW	JLCIBO-GO001
11	513110541595	S2	197,000	LAB. BIOLOGI UNIBRAW	JL MAJEN HARYONO 169
12	513110702202	S2	197,000	FAK.KEDOKTERAN UNIBRAW	JL VETERAN
13	513110715074	S2	33,000	LAPANGAN TENIS UNIBRAW	JL VETERAN 4
14	513110721033	R1	2,200	GUEST HOUSE	JL CI-MANGGIS 05
15	513110750011	B3	240,000	FAK.KEDOKTERAN UNIBRAW	JL VETERAN
16	513110762526	B2	33,000	GED INCUBATOR BRAWIJAYA	JL VETERAN
17	513110790394	B2	33,000	GED OLAHRAGA BRAWIJAYA	JL VETERAN

No	IDPEL	Gol. TARIP	DAYA (VA)	NAMA	ALAMAT
18	513110802608	S2	197,000	FAK.PERTANIAN UNIBRAW	JL VETERAN
19	513110802616	S2	197,000	FAK.EKONOMI UNIBRAW	JL VETERAN
20	513110802624	S2	197,000	GED.SAMANTHA KRIDA UNTB	JL VETERAN
21	513110820260	S2	197,000	FAK.ILMU ADMINISTRASI UB	JL MAJEN HARYONO
22	513110853103	S3	555,000	RS PENDIDIKAN UNV BRWJAYA	JL.SOEKARNO HATTA
23	513110855450	S3	345,000	FAKTEK PERTANIAN UNBRAW	JL.VETERAN
24	513110875504	R3	66,000	RUSUNAWA UNBRAW	JL MT HARYONO
25	513110892952	S2	197,000	LAB.ENTREPRENEURSHIP UB	
26	513110914269	S2	197,000	GED PROGRAMTIK UNIBRAW	
27	513110930729	S2	197,000	GDNG UTAMA FEB BRAWIJAYA	
28	513110947151	S2	197,000	FAKULTAS PETERNAKAN UB	
	Jumlah		5,355,350		

Berdasarkan Tabel 5.10 di atas, ringkasan gardu listrik Universitas Brawijaya diberikan pada Tabel 5.11. Pada tabel diberikan kode golongan tarif, kategori golongan tarif dan jumlah gardu pada golongan tarif yang ada. Terdapat 6 golongan tarif untuk gardu APP yang ada di UB. Yang terbanyak adalah golongan S2/TR yaitu sebanyak 19 buah gardu.

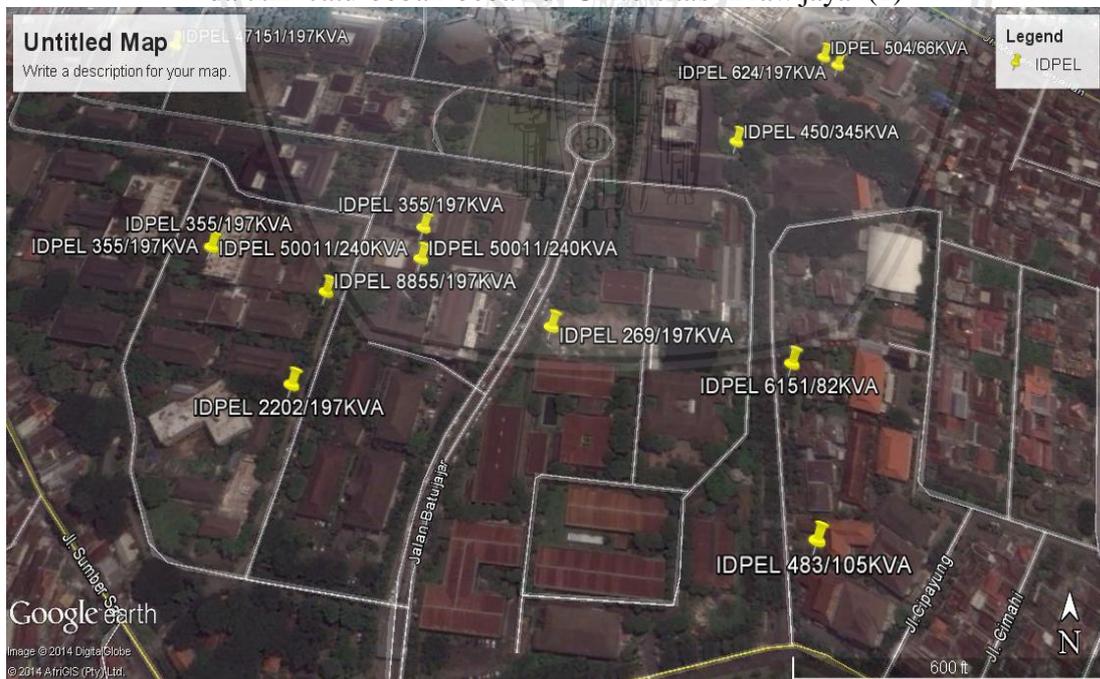
Tabel 5.11 Ringkasan gardu listrik di Universitas Brawijaya

No	Kode Gol Tarif	Gol Tarif	Ket. Gol Tarif	Daya	Jumlah Gardu
1	S2/TR	Pelayanan Sosial	kecil - TR	450VA s.d. 200 kVA	19
2	S3/TM	Pelayanan Sosial	besar - TM	diatas 200 kVA	3
3	R1/TR	Rumah Tangga	kecil - TR	s.d 2200VA	2
4	R3/TR	Rumah Tangga	kecil - TR	diatas 6600VA	1
5	B2/TR	Bisnis	bisnis menengah - TR	6600 VA s.d. 200kVA	2
6	B3/TM	Bisnis	bisnis besar - TM	diatas 200kVA	1
JUMLAH					28

Berdasarkan Tabel 5.10 dan 5.11 menunjukkan bahwa disamping golongan tarif Sosial Besar, juga terdapat tarif Rumah Tangga dan golongan Tarif Bisnis yaitu masing-masing terdapat tiga gardu APP. Lokasi penyebaran Gardu APP dengan menggunakan Google Map, dapat dilihat pada gambar 5.1 dan gambar 5.2.



Gambar 5.1 Identitas dan lokasi penyebaran APP (Alat Pembatas dan Pengukur) pada titik catu beban-beban di Universitas Brawijaya (1)



Gambar 5.2 Identitas dan lokasi penyebaran APP (Alat Pembatas dan Pengukur) pada titik catu beban-beban di Universitas Brawijaya (2)

5.2.1 Sampling Pengukuran Gardu Alat Pengukur dan Pembatas APP

Untuk kepentingan analisis, beberapa gardu listrik dan gedung yang dipilih sebagai sampling adalah sebanyak 4 Gardu APP. Kebutuhan daya listrik untuk beban yang dicatu kepada keempat gardu APP tersebut diberikan pada Tabel 5.11. Total daya tersambung adalah sebesar 1,691 MVA.

Tabel 5.11 Daftar gardu dan gedung yang dilayani di Universitas Brawijaya

No	Nama Gardu	IDPEL	Daya (kVA)	Gedung yang Dilayani
1	Gardu Fakultas Hukum	513110316440	197	Semua gedung Fak. Hukum Gedung Widyaloka
2	Gardu Rektorat	513110802624	197	Gedung Rektorat Gedung Rektorat Lama Gedung Lab Biosains Gedung Lab Kedokteran Gedung Perpustakaan Lama
3	Gardu Lab Biologi	513110541595	197	Gedung Kimia Gedung Fisika Gedung Biologi Gedung Matematika Gedung Biomol Gedung Dekanat MIPA
4	Gardu 460	513110198409	1100	Dua gedung FISIP Gedung Fakultas Peternakan Gedung Fakultas Perikanan Gedung RKB UPPTI Gedung Senat Baru Bank BCA yang ada di RKB Gedung FIB Gedung Perpustakaan Lama Lab Biosains Lab Tanah Area Teknik Elektro Area Teknik Mesin Area Teknik Sipil Area Teknik Pengairan Gedung Dekanat Fak. Teknik Pasca Sarjana FIA Semua Gedung Fak. Ekonomi Ruang Kuliah Program Kedokteran Hewan Gedung Kedokteran Gigi Tandon Air
Jumlah Daya Tersambung			1691	

Gambar panel dan skema distribusi beban yang dicatu dari Panel Gardu 460/1,1MVA (A) ditunjukkan pada Gambar 5.3, sedangkan yang dicatu dari Panel Gardu 460/ 1,1MVA (B) ditunjukkan pada Gambar 5.4. Panel 460/ 1,1MVA (C) mencatu Teknik Industri, Teknik dan Perpustakaan, dengan gambar panelnya ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 5.5a, b, dan c.



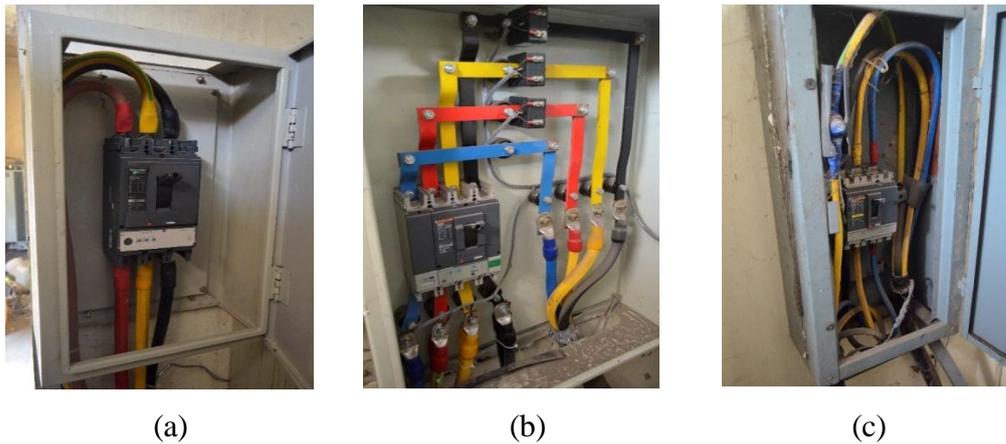
F. Peternakan Lab Tanah MIPA	Teknik Sipil Teknik Pengairan Hidrolika Lab Jalan Raya	Lab Teknik Mesin	Lab Teknik Mesin
Gedung Senat UPPTI	Tandon Air	BCA RKB FIB T. Elektro	Gd Milk Plant Perikanan

Gambar 5.3 Panel dan skema distribusi beban yang dicatu dari Panel Gardu 460/1,1MVA (A)



F. Kedokteran Hewan	Lab Teknik GD II Teknik Mesin
Teknik Gd III Guest House	T. Pengairan
FISIP	T. Mesin Gd I Kedokteran Gigi Sipil
F. Ekonomi	FIA Pasca Gd B

Gambar 5.4 Panel dan skema distribusi beban yang dicatu dari Panel Gardu 460/1,1MVA (B)



Gambar 5.5 Panel Teknik Industri (a), Panel Teknik (b), dan Panel Perpustakaan (c), yang dicatu dari Panel Gardu 460/ 1,1MVA (C)

5.2.2 Trend Penggunaan Energi Listrik di Universitas Brawijaya

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) didapatkan data tagihan listrik keseluruhan gardu untuk 4 tahun terakhir (tahun 2011 s.d tahun 2015). Perkembangan sambungan Gardu APP dan penggunaan energi listrik selama 4 tahun tersebut diberikan pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.6. Sedangkan persentase kenaikan kapasitas daya terpasang dan pemakaian energi diberikan pada tabel 5.13 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.12 Trend Perkembangan Sambungan Gardu APP dan Penggunaan Energi

Tahun	Jumlah Gardu	Kapasitas Terpasang (MVA)	Pemakaian Energi (GWH)	Kenaikan Kapasitas Terpasang (%)	Kenaikan Pemakaian Energi (%)
2011	21	3.59	6.35	-	-
2012	24	4.56	7.88	26.90%	24.02%
2013	26	5.07	9.18	11.17%	16.52%
2014	28	5.36	9.28	5.70%	1.07%
Rata-rata kenaikan (%)				10.94%	10.40%

Berdasarkan Tabel 5.12 dan Gambar 5.6, kapasitas gardu listrik terpasang pada saat ini adalah sebesar 5.36 MVA dengan jumlah gardu APP sebanyak 28 buah. Pemakaian energi untuk tahun 2014 sebesar 9.28GWh.

Tabel 5.13 Trend Perkembangan Tagihan Energi Listrik

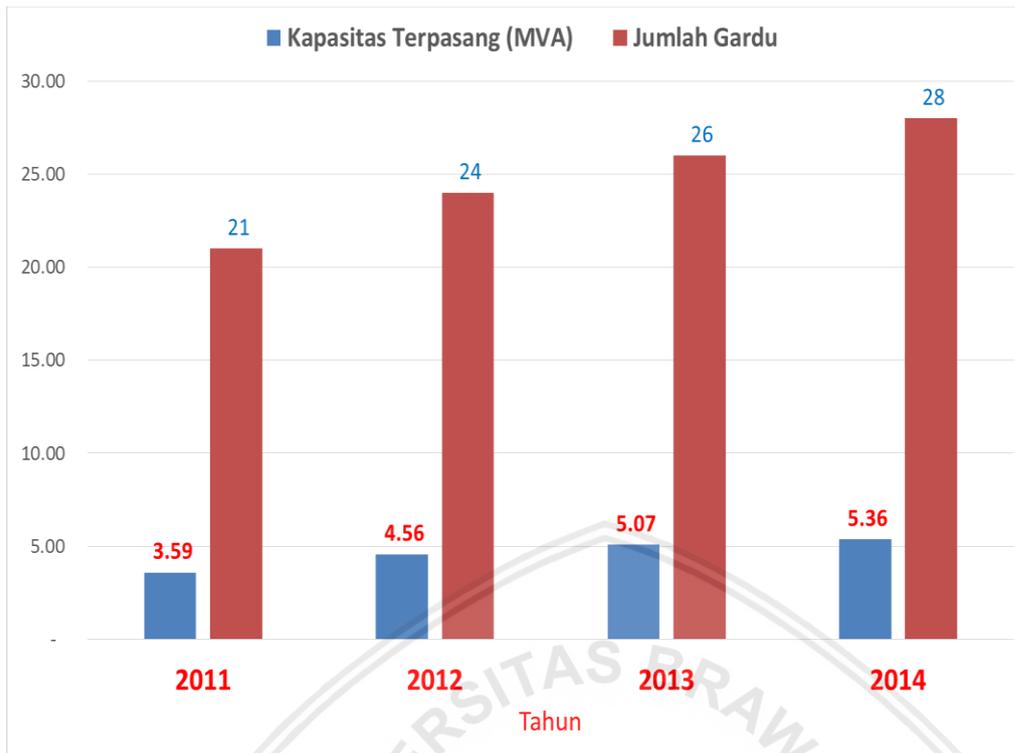
Tahun	Tagihan Listrik (Milyar Rp)	Kapasitas Terpasang (VA)	Pemakaian Energi (kWH)	Tagihan Listrik (Rp)
2011	4.60	-	-	-
2012	5.65	26.90%	24.02%	22.84%
2013	7.31	11.17%	16.52%	29.40%
2014	8.23	5.70%	1.07%	12.50%
Rata-rata kenaikan (%)		10.94%	10.40%	16.19%

Dengan base line tahun 2011, maka perkembangan daya tersambung APP dan pemakaian energi listrik, maka secara rata-rata perkembangannya sebanyak 10.94% untuk kapasitas gardu terpasang, dan 10.40% untuk penggunaan energi listriknya. Kenaikan tertinggi terjadi pada tahun 2012, dengan persentase 26.90% untuk kapasitas APP dan 24.02% untuk kenaikan pemakaian energi listrik. Berdasarkan dari data yang ada, pada tahun 2012 banyak bangunan baru sedang dilakukan pembangunan seperti sebagai berikut:

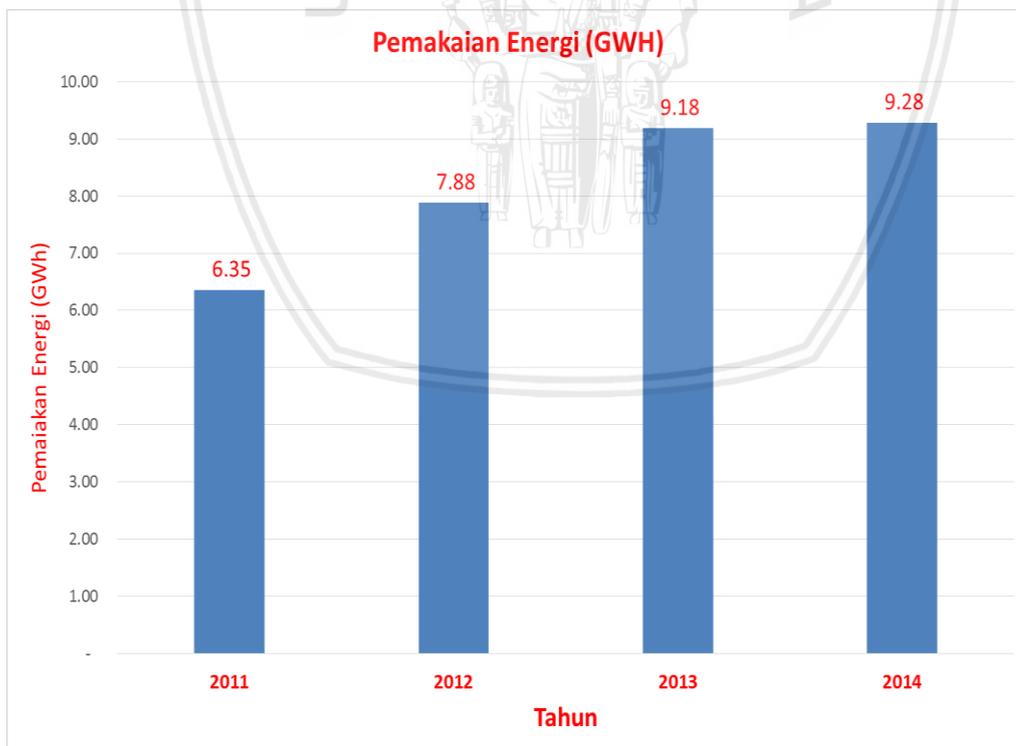
- Tahun 2012: Pembangunan gedung FE, Gedung Balai Senat, Gedung Fisip 1, Gedung Teknik Industri, Penggunaan Gedung FT Dekanat, Masjid Raden Patah, Gedung TP, Gedung OR Pertamina, Gedung GYM,
- Tahun 2013: Gedung Inbis, Gedung Fisip 2, dan Masjid Raden Patah
- Tahun 2014: Gedung PTIIK, Masjid Raden Patah

Kenaikan terendah adalah dari tahun 2013 ke 2014, dimana kenaikan daya tersambungannya adalah dalam 5.7% sedangkan kenaikan pemakain energinya hanya dalam 1.07%. Ini dapat dijelaskan bahwa pembangunan gedung baru sudah banyak yang selesai sehingga penggunaan energi sudah mulai stabil.

Tagihan energi listrik untuk 4 tahun terakhir diberikan pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.8. Tagihan tertinggi terjadi pada tahun 2014 dengan jumlah tagihan dalam satu tahun adalah Rp. 8.23Milyar. Berdasarkan analisis kenaikan biaya rata-rata kenaikan pembayaran energi listriknya adalah rata-rata dalam 16.19%/tahun. Namun demikian trip dasar energi listrik juga mengalami beberapa kali penyesuaian harga sejak tahun 2011.



Gambar 5.6 Perkembangan Kapasitas Terpasang dan Jumlah Gardu



Gambar 5.7 Pemakaian Energi UB untuk 4 tahun Terakhir



Gambar 5.8 Perkembangan Tagihan Energi Listrik UB untuk 4 Tahun Terakhir

Berdasarkan analisis tren perkembangan daya tersambung dan penggunaan energi listrik pada setiap tahunnya, maka perkembangan energi pada tahun mendatang adalah 10% dari basis tahun sebelumnya. Dengan kata lain, kebutuhan energi pada tahun 2015 ini akan mengalami peningkatan sebesar 10% dibandingkan dengan tahun 2014.

Namun demikian kenaikan ini, tergantung dari roadmap/masterplan pengembangan UB untuk bangunan dan fasilitas besar lainnya. Apabila pada tahun ini tidak ada penegembangan bangunan dan prasarana lainnya yang membutuhkan energi listrik yang besar, maka perkembangan pada tahun-tahun mendatang tidak akan mengalami peningkatan secara signifikan. Selain itu, apabila pola pemakaian energi listrik tidak mengalami perubahan dan juga penerapan planning dan implementasi energi efisiensi tidak diterapkan maka penggunaan energi listrik akan terus mengalami kenaikan pada setiap tahunnya dengan kisaran 10%/tahun. Namun demikian, diharapkan Universitas Brawijaya dapat menerapkan kebijakan strategis untuk penggunaan efisiensi energi listrik ini.

5.2.3 Tren Penggunaan Energi reléfansi dengan Penambahan Sumber Daya di Universitas Brawijaya

Menurut data yang diperoleh dari Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Informasi Universitas Brawijaya (PPTI UB), jumlah mahasiswa, Dosen dan karyawan 4 tahun terakhir mulai tahun 2011- 2014.

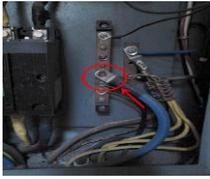
Tabel 5.14 Trend Peningkatan Jumlah Civitas UB

Tahun	Jumlah Mhs	Jumlah Dosen	Jumlah Karyawan	Jumlah	%Kenaikan
2011	40,263	1,845	938	43,046	-
2012	51,554	1,845	938	54,337	20.78%
2013	59,397	1,845	938	62,180	12.61%
2014	62,655	1,845	938	65,438	4.98%

Trend peningkatan civitas akademika Universitas Brawijaya (Mahasiswa, Dosen dan karyawan) tertinggi ditahun 2012 sebesar 20.78% dan terendah , tahun 2014 sebesar 4.98%. Hal ini disebabkan daya tampung mahasiswa meningkat dengan tajam di tahun 2012 dengan dibukanya beberapa prodi baru dilingkungan Universitas Brawijaya sedangkan di tahun 2014 daya tampung relatif ada kenaikan sedikit. Ini sangat relevan dengan pemakaian energi listrik yang naik setiap tahunnya.

5.2.4 Hasil Pengukuran pada Panel Gedung Rektorat Bagian Depan

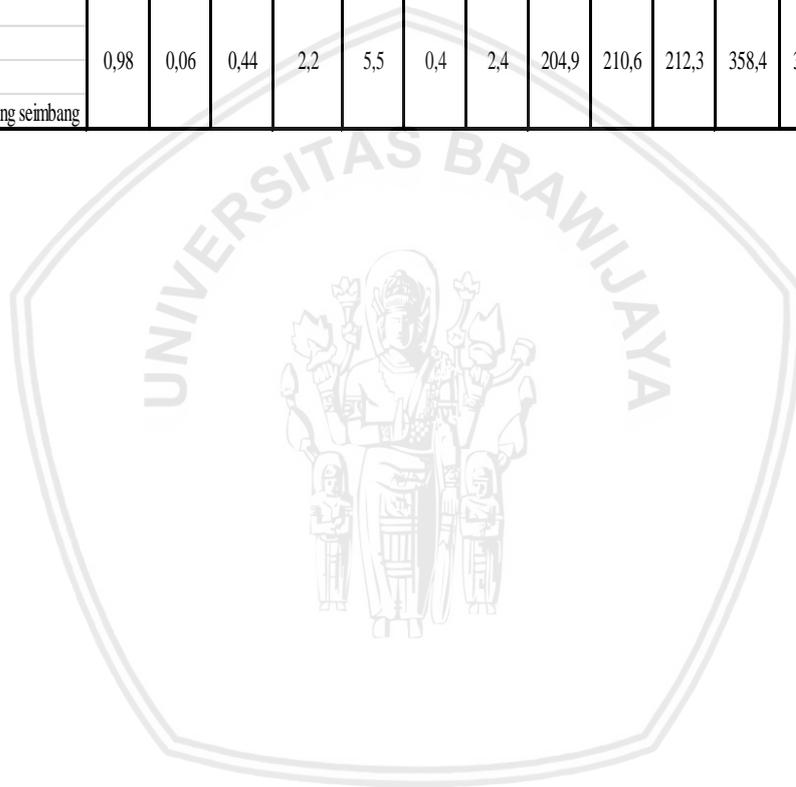
Tabel 5.15 Hasil Pengukuran pada panel Gedung Rektorat Bagian Depan

Lokasi, Waktu Pengukuran	Daya Tiap Fasa (kW)			Arus Netral (A)	Arus Tiap Fasa (A)			Tegangan Tiap Fasa (V)			Tegangan Antar Fasa (V)		
	R	S	T		R	S	T	RN	SN	TN	RS	ST	RT
Lantai 1, pukul 09.50 Keterangan: · Panel lift tidak ikut panel lantai · Panel lift diambilkan langsung dari panel induk di lantai	1,09	2,02	2,74	0,4	5,5	9,1	12,8	212,3	217,1	218,8	367,3	379,0	373,0
Lantai 3, pukul 14.40 Keterangan: · Arus netral besar. · Daya pada tiap fasa tidak seimbang.	4,79	1,18	0,97	8,2	22,7	7,4	5,3	209,3	215,1	220,6	365,6	377,9	371,3
Lantai 4, pukul 09.05 Keterangan: · Arus netral besar. · Daya pada fasa S lebih kecil dari fasa yang lain.	4,18	1,10	4,34	7,2	20,1	5,5	20	212,9	219,0	222,6	373,1	377,6	382,0
Lantai 5, pukul 09.25 Keterangan: · Arus netral besar. · Daya pada fasa R lebih besar dari fasa yang lain.	6,62	3,52	3,01	8,9	31,4	16,1	14,5	208,5	221,6	215,4	371,5	376,8	366,5
Lantai 6, pukul 10.02 Keterangan: · Arus netral kecil (normal). · Daya pada fasa T lebih kecil dari fasa yang lain .	2,69	2,37	1,72	0,2	10,8	11,3	5,9	209,3	212,9	220,4	366,5	376,0	372,6
Lantai 7, pukul 10.33 Keterangan: · Arus netral yang cukup kecil. · Daya pada tiap fasa hampir seimbang	2,38	2,06	2,48	0,5	11,6	10,3	11,4	207,6	211,3	218,5	362,5	372,6	368,1
Lantai 7, panel lift belakang, pukul 10.40	1,1	1,4	0,6	0,0	1,2	2,7	0,8	203,5	207,3	212,3	354,8	364,2	357,7
Lantai 8, pukul 10.47 Keterangan: · Arus netral besar. · Daya pada fasa R cukup besar	2,03	0,67	0,09	5,6	12,1	3,9	0,8	208,6	213,7	220,8	366,1	376,6	371,4
Lantai 9, panel 1, pukul 13.20 Keterangan: · Daya yang digunakan cukup kecil	0	0,14	0	0,8	0	0,8	0	211,9	216,7	223,6	370,5	381,4	376,6
Lantai 9, panel lift, pukul 13.45 Keterangan: · Kabel pada arus netral kurang rapat, sehingga timbul percikan api. 	0,18	0,57	1,6	1,8	1,2	1,5	5	205,9	208,9	214,0	358,3	365,7	361,2

5.2.5 Hasil Pengukuran pada Panel Gedung Rektorat Bagian Tengah

Tabel 5.16 Hasil Pengukuran pada Panel Gedung Rektorat Tengah

Lokasi, Waktu Pengukuran	Daya Tiap Fasa (kW)			Arus Netral (A)	Arus Tiap Fasa (A)			Tegangan Tiap Fasa (V)			Tegangan Antar Fasa (V)		
	R	S	T		R	S	T	RN	SN	TN	RS	ST	RT
Lantai 1, pukul 10.25	2,92	4,78	6,44	8,6	13,4	21,6	30,0	212,2	216,4	215,6	366,1	368,5	376,4
Keterangan:													
· Arus netral besar. · Daya pada tiap fasa tidak seimbang													
Lantai 2, pukul 13.25	0,13	4,57	1,58	8,3	0,9	21,6	7,3	210,9	213,3	220,7	367,6	376,9	373,5
Keterangan:													
· Arus netral besar. · Daya pada fasa R kecil													
Lantai 3, pukul 14.55	0,98	0,06	0,44	2,2	5,5	0,4	2,4	204,9	210,6	212,3	358,4	369,5	366,1
Keterangan:													
· Arus netral cukup besar. · Daya pada tiap fasa kurang seimbang													



5.2.6 Hasil Pengukuran pada Panel Gedung Rektorat Bagian Belakang

Tabel 5.17 Hasil Pengukuran pada Panel Gedung Rektorat Bagian Belakang

Lokasi, Waktu Pengukuran	Daya Tiap Fasa (kW)			Arus Netral (A)	Arus Tiap Fasa (A)			Tegangan Tiap Fasa (V)			Tegangan Antar Fasa (V)			
	R	S	T		R	S	T	RN	SN	TN	RS	ST	RT	
Lantai 1, panel sebelah utara, pukul 10. Keterangan: - Pada fasa T, tidak terdapat fuse, hanya dihubungkan sebuah kawat kecil (kawat bangunan).		0,76	2,15	0,23	-	5,1	10,8	1,1	205,3	205,1	215,4	355,4	364,8	361,8
Lantai 1, panel pusat lantai 1, pukul 09.30		12,5	15,11	15,02	0,5	62,3	78,4	78,5	197,2	209,1	203,2	356,8	363,1	352,5
Lantai 2, panel sebelah selatan, pukul 09.40 Keterangan: - Fasa R dan S terdapat kabel tambahan (jumper).		2,85	2,04	1,83	0,4	0,2	10,3	9,6	211,4	209,1	219,1	365,1	371,9	370,2
Lantai 3, panel pusat lantai 3, pukul 09.50 Keterangan: - Arus netral besar. - Pembagian daya tidak seimbang		3,15	5,81	7,02	18,1	15,3	27,6	32,2	207,4	211,4	217,0	361,8	371,9	366,1
Lantai 3, panel sebelah selatan, pukul 10.03 Keterangan: - Arus netral besar. - Pembagian daya tidak seimbang	0,28	1,43	0,63	7,7	1,8	7,5	3,1	207,7	209,5	214,2	361,2	371,4	366,9	
Lantai 3, panel AC, pukul 10.12 Keterangan: - Arus netral besar. - Daya pada fasa R kecil	1,29	3,5	3,13	5,3	6,4	17,0	14,5	206,8	212,2	217,2	361,0	372,1	367,1	
Lantai 3, panel R, Multimedia dan Teleconference, pukul 10.23 Keterangan: - Arus netral sulit diukur karena posisi kabel terlalu dalam .	1,5	1,15	1,09	-	7,3	6,0	5,8	209,1	219,7	216,2	370,7	378,2	367,3	
Lantai 3, panel Lab, pukul 10.37 Keterangan: - pada tiap fasa hampir 0, namun arus netral bernilai .	0,07	0,15	0,14	8,3	0,8	0,5	0	203,5	204,3	215,5	356,7	366,9	362,7	
Lantai 4, panel pusat lantai 4, pukul 10.50 Keterangan: - Arus netral besar. - Daya pada tiap fasa tidak seimbang .	8,46	4,37	5,23	21,9	41,4	20,1	24,4	205,7	218,2	212,6	368,5	362,4	362,8	
Lantai 4, panel sebelah selatan, pukul 13.15 Keterangan: - Arus netral besar. - Daya pada tiap fasa tidak seimbang .	4,13	1,16	2,92	6,4	20,2	6,1	13,9	202,3	217,1	210,9	363,8	370,5	358,8	
Lantai 4, panel AC, pukul 13.30 Keterangan: - Arus netral besar. - Daya pada fasa R besar.	4,32	2,86	2,15	15,3	21,6	13,4	10,2	203,4	216,2	211,8	362,6	371,3	357,5	
Lantai 4, panel RSCC / lap network (Ruang kepala pusat-pusat), pukul 13.42 Keterangan: - Daya pada tiap fasa hampir 0, namun arus netral bernilai	0	0,05	0,23	1,1	0	0,4	1,2	202,7	215,5	210,3	362,5	368,6	355,7	
Lantai 4, panel R. lab. Puskom 1 (Ruang sekretaris), pukul 13.54 Keterangan: - Daya pada tiap fasa hampir 0, namun arus netral bernilai	0	0,27	0	1,2	0	1,6	0	199,7	215,7	211,8	363,8	368,6	355,1	
Lantai 4, panel R. lab. Puskom 2, pukul 14.07 Keterangan: - Daya pada tiap fasa hampir 0, namun arus netral bernilai	0,03	0	0	1,1	0,2	0	0	204,6	218,5	217,2	366,5	376,1	363,3	

Hasil Pengukuran pada panel Gedung Rektorat Bagian Depan, tengah dan belakang hampir rata-rata permasalahan panel adalah :

1. Pembebanan yang tidak merata menyebabkan arus netral yang besar sehingga terjadi losses di trafo distribusi
2. Temuan di lantai 9 di panel lift kabel pada arus netral kurang rapat sehingga timbul percikan api, apabila hal ini dibiarkan secara terus menerus akan menyebabkan kebakaran panel (urgensi untuk segera diperbaiki)
3. Temuan di lantai 1, ada sub panel yang tidak terpasang fuse di salah satu fasanya yaitu fasa T

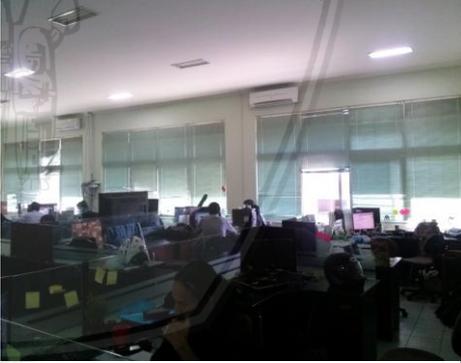
5.3 Temuan-temuan untuk Perbaikan

Dari data survey (pengamatan dan pengukuran) diperoleh temuan-temuan untuk perbaikan ke depannya dalam rangka sustainable sistem manajemen energi yang diterapkan di Universitas Brwajaya Malang. Data temuan dituang pada tabel 5.17 dengan harapan akan ada kebijakan dan rencana perbaikan energi kedepannya.

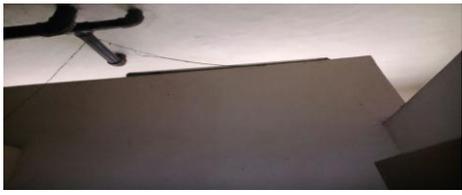
Tabel. 5.17 Tabel temuan-temuan untuk Perbaikan

Lokasi	Nama Ruang	Temuan	Foto
Rektorat Lama Lt. 1	Ruang Ps Seni Rupa	<ul style="list-style-type: none"> • Komputer Menyala • Ruangan Tertutup dan Terkunci 	

<p>Rektorat Baru Lt. 3</p>	<p>Ruang Rapat 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Susunan kabel tidak teratur 	
<p>Depan Lift Rektorat Lt. 3</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Kabel tidak teratur 	
<p>Depan Lift Rektorat Lt. 3</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Kabel tidak teratur 	

Rektorat Lama Lt. 3	Ruang Ketua BAAK	<ul style="list-style-type: none"> • AC Menyala • Ruangan Tertutup, (sudah jam pulang kerja) 	
Rektorat Lama Lt. 2	Studio 2 (Multimedia)	<ul style="list-style-type: none"> • Nyala lampu tidak wajar (bukan karena ballast, tapi karena starter, sebaiknya starter diganti) 	
Rektorat Lama Lt. 3	Ruang PPTI	<ul style="list-style-type: none"> • AC Menyala • Jendela dan pintu terbuka 	
Rektorat Baru Lt.	Ruang Ser- tifikasi Dosen	<ul style="list-style-type: none"> • AC Menyala • Ruangan kosong 	

Rektorat Baru Lt.	Ruang	<ul style="list-style-type: none"> • Stop kontak hampir lepas 	
Rektorat Baru Lt. 9		<ul style="list-style-type: none"> • Kabel sangat tidak beraturan 	
Rektorat Lama Lt. 1	Kamar mandi Utara	<ul style="list-style-type: none"> • Dudukan lampu ada namun tidak ada lampu 	
Rektorat Baru	Tangga Darurat	<ul style="list-style-type: none"> • Dudukan lampu ada namun tidak ada lampu 	
Rektorat Lama Lt. 1	Kamar mandi Utara	<ul style="list-style-type: none"> • Instalasi listrik (kabel dan lampu) berantakan 	

Rektorat Lama Lt. 2	Kamar mandi Utara	<ul style="list-style-type: none"> • Instalasi listrik (kabel dan lampu) berantakan 	
Rektorat Baru Lt. 1	Aula belakang	<ul style="list-style-type: none"> • Casing terbuka 	
Rektorat Baru Lt. 3	Lobby de- pan lift ba- rang	<ul style="list-style-type: none"> • Casing terbuka 	
Rektorat Baru Lt. 5	Depan masjid	<ul style="list-style-type: none"> • Kabel tidak rapi 	
Rektorat Baru Lt. 5	Depan masjid	<ul style="list-style-type: none"> • Kabel tidak rapi 	

Rektorat Baru Lt. 1	Lobby de- pan	<ul style="list-style-type: none"> • TV rusak 	
Rektorat Baru	Tangga darurat	<ul style="list-style-type: none"> • Kabel tidak rapi 	
Rektorat Baru		<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan dua media yang sama dalam satu waktu (komputer dan laptop) 	

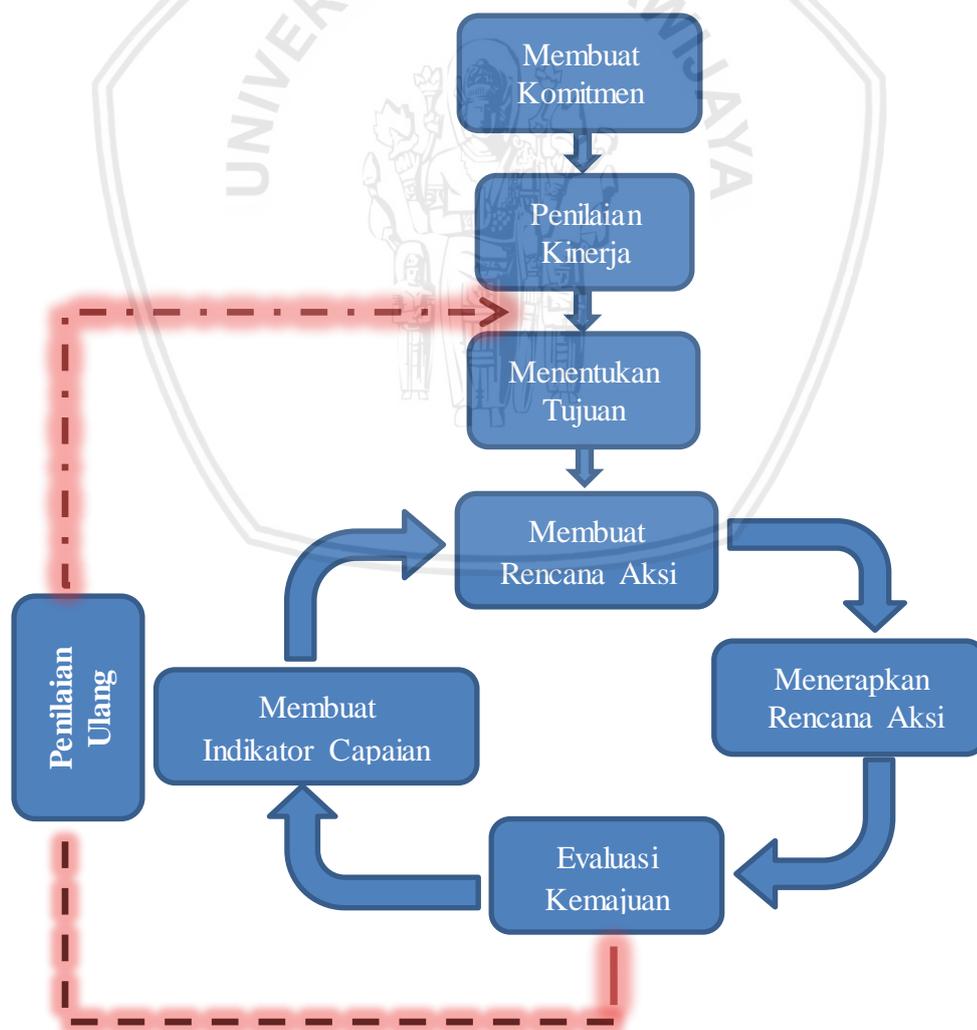
Rektorat Lama Lt. 2	Lobby Se- latan	<ul style="list-style-type: none"> • Kabel tidak rapi 	
Rektorat Lama Lt. 2	Lobby Se- latan	<ul style="list-style-type: none"> • Kabel tidak rapi 	
Rektorat Baru Lt. 5	Ruang Admin- istrasi Keuangan	<ul style="list-style-type: none"> • Ditemukan se- buah kompor in- duksi di lantai 5 ruang admin- istrasi keuangan 	

5.4 Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001

Aspek-aspek yang perlu dilakukan untuk Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi berbasis ISO 50001 meliputi :

1. Kebijakan Energi Universitas Brawijaya Malang
2. Perencanaan Dalam Manajemen Energi
3. Prinsip Penghematan Energi pada Bangunan Gedung
4. Melaksanakan rencana manajemen Energi
5. Mengevaluasi Manajemen dengan Mengacu pada temuan-temuan
6. Tinjauan manajemen

Untuk mempermudah Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi Berbasis ISO 50001, dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut ini :



Gambar. 5.9 Rancangan Implementasi Sistem Manajemen Energi

Program Manajemen Energi di Universitas Brawijaya diawali oleh Manajemen puncak (TOP Manajemen), dimana jajaran TOP Manajemen harus memahami konsep analisis cost-benefit dari program manajemen energi (Wyne C Turner, 2005). Langkah awal yang harus dipersiapkan adalah menggunakan metode TOP-Down. Masukan dari civitas akademika Universitas Brawijaya sangat di butuhkan untuk suksesnya Rancangan Sistem Manajemen Energi secara Umum.

5.4.1 Kebijakan Energi Universitas Brawijaya Malang

Secara Umum Rancangan Kebijakan berbasis ISO 50001 di Universitas Brawijaya Malang harus bersifat SMART (*Specific, Measurable, Achievable, Realistic dan Timely*):

Komitmen

Universitas Brawijaya Malang berkomitmen untuk melaksanakan best Practice dalam efisiensi energi dan konservasi di seluruh wilayah kampus. Sehingga tercipta kondisi kampus yang kondusif dan berkelanjutan dalam pembelajaran, penelitian, pengabdian, pengembangan intelektual serta inovasi teknologi Sistem Manajemen Energi berbasis ISO 50001.

Pernyataan Kebijakan :

Kebijakan energi Universitas Brawijaya Malang (UB) yang ditetapkan bertujuan untuk membangun sistem manajemen energi yang berkelanjutan dalam implementasi kinerja energi (efisiensi energi, konsumsi energi, intensitas energi, penggunaan energi, dll) secara efektif dan merata di seluruh wilayah kampus UB. Proses dan prosedur mengadopsi ISO 50001 tanpa mengurangi keandalan, kenyamanan serta keamanan. Kebijakan energi UB dikelola oleh team Manajemen energi yang secara vertical langsung di kontrol oleh Rektor UB.

Pedoman kebijakan energi UB :

1. Konsumsi energi dilaksanakan secara efisien, ekonomis dan ramah lingkungan secara berkelanjutan.
2. Penerapan inovasi teknologi terbaru dilaksanakan secara praktis dan efisien untuk seluruh aspek operasional organisasi.
3. Pengurangan konsumsi energi secara terus menerus dilakukan.
4. Pengelolaan efisien energi harus mempertimbangkan persyaratan Hukum dan operasi yang handal di setiap instalasi yang digunakan.

5. Memberikan training dan informasi secara merata kepada staff yang terkait dengan manajemen energi

5.4.2 Perencanaan Manajemen Energi

Hasil Analisis Pemakaian energi di Universitas Brawijaya Malang, Trend Pemasangan sambungan gardu APP, Trend Perkembangan Tagihan Energi Listrik dan Indek Konsumsi Energi di setiap Fungsi Ruangan serta temuan-temuan yang didapat selama kegiatan survey didapatkan Perencanaan Manajemen Energi sebagai Berikutl Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Perencanaan Manajemen Energi Di Universitas Brawijaya Malang

Kegiatan Perencanaan	Aksi Perencanaan
Tinjauan Energi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penyuluhan terhadap sivitas akademika UB tentang efisiensi energi 2. Penetapan Sasaran untuk Konsumsi energi signifikan seperti Ruangan yang IKE nya dibawah efisien seperti Laboratorium, tata usaha, ruang bersama dan fasilitas umum serta gedung Rektorat 3. Penggantian Lampu penerangan, AC, Komputer dan printer 4. Sumber energi dengan perubahan Panel Bisnis ke panel sosial 5. Biaya tarif listrik mengacu pada biaya terendah padatahun 2011 6. Audit energi dilaksanakan 3x dalam setahun 7. Hasil temuan audit sebelumnya menjadi acuan dalam perbaikan
Indikator Energi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jam operasional untuk kantor, laboratorium, bengkel,tata usaha, ruang bersama dan perkuliahan di tentukan sesuai dengan kebutuhan aktivitas 2. Batasan kinerja energi disesuaikan dengan jam kerja yang telah ditetapkan oleh Team Manajemen UB 3. Kebutuhan energi ditetapkan sesuai dengan kebutuhan energi berjalan
Base Line Energi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mencari Faktor pendorong komsumsi energi yang mengacu pada tingkat keterkaitan energi 2. Base line energi ditentukan berdasarkan hasil audit sebelumnya
Penetapan Target Penghematan Energi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengurangan beban listrik di malam hari (23,35%) 2. Penggantian lampu jenis TL T8 450Watt dengan lampu jenis TL T5 28Watt (2.02%) difokuskan pada lampu yang menyala lama serta daya yang besar. 3. Penggunaan AC yang lebih efisien (20.87%) 4. Retrofit refrigerant hidrokarbon (16,7%) difokuskan pada waktu nyala yang lama, usia tua dan kinerja

	<p>ja yang rendah.</p> <p>5. Pembenahan sistem perawatan AC dan penerangan(5%)</p> <p>6. Penggantian kabel (rewiring) pada daerah-daerah yang mengalami beban berlebihan & tidak seimbang, dan rawan terhadap hubungan pendek.</p> <p>7. Pembentukan Gugus manajemen Energi disetiap Fakultas</p>
Rencana Aksi Peningkatan Kinerja energi	<p>1. Membuat Prioritas penghematan energi (investasi tanpa biaya, rendah, menengah dan investasi biaya tinggi)</p> <p>2. Membuat rentang waktu Rencana Aksi berdasarkan target penghematan energi</p> <p>3. SDM pelaksana rencana aksi sesuai dengan kompetensi yang dimilikinya</p> <p>4. Pendanaan ditentukan sesuai dengan budget yang ditetapkan</p> <p>Peningkatan Kinerja Energi ditetapkan dengan kriteria Efisien.</p>

5.4.3 Rancangan Penghematan Energi Di Universitas Brawijaya Malang

Dari Hasil Audit perlu dibuatkan penghematan energi seperti penerrangan, AC, dll yang mana dalam upaya penghematan ini dilakukan 4 metode penghematan yaitu seperti yang tertera dalam tabel 5.20.

Tabel 5.20 Perencanaan Manajemen Energi Di Universitas Brawijaya Malang

Penghematan Energi	Aktivitas	Target
Investasi tanpa biaya	<p>1. Peningkatan kesadaran civitas akademika UB terhadap pengehemtan energi</p> <p>2. Pengaturan beban penerangan dan peralatan non AC</p> <p>3. Pengaturan beban pendinginan AC</p> <p>4. Pengaturan jam pengoperasian AC</p> <p>5. Pengaturan jam Operasional aktifitas UB</p> <p>6. Pengaturan pencahayaan Ruangan (untuk proyek baru bisa menggunakan perencanaan di-alux)</p>	5%
Investasi Biaya Rendah	<p>1. Perbaiki servis pemeliharaan dan perawatan AC</p> <p>2. Pemerataan beban listrik : AC, Penerangan dan wiring</p> <p>3. Pengaturan beban AC</p> <p>4. Perbaiki armature untuk penerangan</p> <p>5. Implementasi Ballast Elektronika</p> <p>6. Pengaturan Beban kelistrikan yang seimbang</p> <p>7. Retrofit Freon Hidrokarbon pada 2 unit AC</p>	5-10%

	terbesar disetiap ruangan yang terindikasi boros	
Investasi Menengah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retrofit Freon Hidrokarbon AC pada semua wilayah UB 2. Pemasangan Lampu Hemat Energi secara bertahap 3. Pengaturan beban listrik dengan mengeliminasi beban yang tidak seimbang 4. Penambahan control panel dan sistem metering pada sebagian panel dengan beban besar 	10-25%
Investasi Biaya Tinggi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemasangan Lampu Hemat Energi disisa area yang belum terpasang 2. Pemasangan Timer Control & Auto Timed Swicth off pada penerangan esensial 3. Pengaturan beban listrik dengan mengeliminasi beban yang tidak seimbang secara keseluruhan 4. Pembenahan control panel dan Sistem pembenahan disemua bagian gardu Panel 5. Penurunan golongan tariff bisnis ke sosial untuk IDPEL ID PEL: 513110750011, IDPEL: 513110762526 dan IDPEL: 513110790394 	5-10%

5.4.4 Rancangan Pelaksanaan Rencana Manajemen Energi

Dari hasil Rancangan rencana kita perlu merancang pelaksanaan Rencana Manajemen energi di Lingkungan Universitas Brawijaya Malang seperti yang tertera dalam Tabel 5.21

Tabel 14. Rancangan Pelaksanaan Rencana SME

Tindakan	Penghematan	Komikasi
Penghematan Energi pada peralatan Listrik (printer, kompuer, Faximile, Fotocopy, kulkas, heater, dispenser)	15%	Off line dan On-line
Peningkatan Kesadaran Civitas akademika UB tentang Hemat Energi	5%	Off line dan On-line
Penghematan energi untuk ventilasi dan AC Split	45%	Off line dan On-line
Penghematan energi untuk Penerangan	30%	Off line dan On-line

5.4.5 Rancangan Evaluasi Manajemen Energi

Evaluasi terhadap pelaksanaan program penghematan energi ini dilakukan dalam rangka proses perbaikan program penghematan energi untuk periode selanjutnya. Dalam tahap ini perlu dilihat:

1. Penurunan penggunaan listrik, meliputi tenaga listrik(kWh) dan biaya listrik (Rp)
2. Program yang berhasil dijalankan
3. Program yang belum berhasil dijalankan
4. Kendala pelaksanaan program

Dalam Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012, telah dikembangkan sebuah format sederhana yang dapat digunakan oleh instansi pemerintah untuk memantau penggunaan listrik pada tahun berjalan. Pemantauan tersebut dilakukan dengan membandingkan penggunaan listrik terhadap Baseline, yaitu tagihan listrik dan pemakaian rata-rata listrik selama 6 bulan kedepan.

5.4.6 Rancangan Tinjauan Manajemen Energi

Rancangan tinjauan manajemen energi mengacu pada penerapan manajemen yang telah ditetapkan sehingga masukan terhadap tinjauan manajemen energi bisa dilakukan secara terus-menerus untuk menghasilkan tinjauan energi yang baru.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Analisis Audit Energi secara berkala dibutuhkan untuk perbaikan kinerja energi yang ada di universitas Brawijaya Malang. Beberapa temuan yang hasil audit seperti masih banyak fungsi ruangan Laboratorium yang masuk katergori Sangat tidak efisien menjadi prioritas dlam perbaikan secara bertahap dan continue. Selain itu konsumsi signifikan pada AC, Penerangan Komputer,printer,dll juga menjadi acuan dalam penghematan energi
2. Rancangan Manajemen energi yang berbasis ISO 50001 mengacu pada UU No 14 tahun 2012 dilakukan dengan cara membuat kebijakan, perencanaan manajemen energi, prinsip penghematan energi, pelaksanaan rencana energi, mengevaluasi manajemen energi dengan acuan temuan-temuan hasil audit serta menjau ulang manajemen energi yang berlaku.
3. Langkah-langkah Implementasi SME berbasis ISO 50001 sebagai berikut :
 - Peningkatan pemahaman civitas akademika dalam langkah-langkah penghematan energy dengan menggunakan energy secara bijak dan tidak berlebihan
 - Menyusun SOP-SOP dalam penggunaan sarana dan prasarana sehingga akan dapat menghemat penggunaan energi
 - Mengembangkan standard system energy untuk pembangunan gedung/fasilitas baru di universitas brawijaya untuk menjamin bahwa langkah-langkah dan penerapan teknologi baru terkait dengan penghematan energy dapat diimplementasikan atau mudah untuk diterapkan

- Melakukan penggantian berbagai peralatan dengan peralatan yang sama namun menggunakan energi yang lebih kecil secara bertahap bersamaan dengan proses perawatan berkala
- pusat-pusat TIK, laboratorium computer untuk penghematan energi
- Mewajibkan perhitungan konsumsi energy dan perencanaan penggunaan energi untuk berbagai sarana/prasarana baru yang akan dibangun dan melaporkan ke unit terkait
- Mewajibkan bangunan-bangunan baru yang direncanakan untuk menerapkan konsep bangun hemat energy dengan memanfaatkan kondisi lingkungan kota malang dan kampus tempat gedung didirikan. Lihat pada rekomendasi arsitektur.
- Melakukan langkah-langkah perbaikan arsitektur gedung-gedung yang ada serta penggunaan ruangan sehingga dapat menurunkan penggunaan energy listrik.

6.2 SARAN

Untuk peningkatan kinerja energi di Universitas Brawijaya Malang perlu dilaksanakan Audit energi secara berkesinambungan dengan manager Energi yang mempunyai sertifikat resmi. Serta seluruh civitas akademi UB secara proaktif membudayakan sikap hemat energi disetiap waktu. Untuk penelitian yang akan datang bisadilakukan analisi CO2 yang berbasis ISO 50001.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Magrini, L. Gobbi, F.R.D Ambrosia., (2016). *Energy Audit Of Public Building; The Energy Consumption Of A University With Modern And Historical Building, Some Result*. 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, Volume 101, page 169 – 175.
- Beihmanis, Karlis., Rosa, Marika, (2016). “*Energy Management System Implementation In Latvian Municipalities : From Teory To Practice*” International Scientific Conference “*Enviromental And Climate Technologies-Conect 2015*”. Volume 95, page 66-70.
- Fiedler, Thorsten., Mircea., P.M. (2012). *Energy Management System According to The ISO 50001 Standard- Challenges and Benefits*. International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), Craiova, Romania.
- Gonzalez, Adriana J., Castrillo, Rosaura., Quispe, Enrique C, (2012). *Energy Efficiency Improvement In The Cement Industry Through Energy Management*. Proceeding on 54th Cement Industry Technical Conference, San Antonio TX USA.
- Hassouneh, K., Al-Salaymeh, A and Qoussous, J. (2015) “*Energy Audit, An Approach To Apply The Concept Of Green Building For A Building In Jordan*”. Sustainable Cities and Society. Volume 14, pages 456-462
- IDzene, Ilze., Polikarpova, Ilze., zogla, Liga., Rosa, Marika, (2015). *Aplication Of ISO 50001 For Implementation Of Sustainable Energy Action Plans*. International Scientific Conference “*Enviromental And Climate Technologies-Conect 2014*”. Volume 72, page 111-118.
- Outlook Energi Indonesia., 2016. Sekretariat Jendral Dewan Energi Indonesia, Issn 2527-3000
- Peraturan Menteri ESDM RI No 13 Tahun 2012, *Penghematan Pemakaian Energi Listrik*
- Peraturan Menteri ESDM RI No 14 Tahun 2012, *Manajemen Energi*
- Quyen, H.A., Tung LE, T.T, (2012). *The Energy Management According To ISO 50001:2011 Standard And AEMAS Scheme Feasibly Implement In Viet Nam*. 10th International Power & Energy Conference (IPEC), Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Ranky, P.G. (2012). *Sustainable Energy Management And Quality Process Models Based On ISO50001: 2011 The International Energy Management Standard*. IEEE International Symposium on Sustainable System and technology (ISSST), Boston, MA, USA



Singh,Harapajan., Seera,manjeevan, (2013). *Electrical Energy Audit In A Malaysian University - A Case Study*. 10th IEEE International Conference on Power and Energy (PECon), Kota Kinabalu, Malaysia.

SNI 03-6197-2000, *Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan*

SNI 6196-2011, *Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional

Undang-Undang Republik Indonesia No. 30 Tahun 2007, *Tentang Energi*

Undang-Undang Republik Indonesia No. 30 Tahun 2009, *Tentang Ketenagaan Listrik*

Wessels,Arden, (2011). *Energy Management System Implementation At Toyota SA.,Proceedings Of The 8th Conference On The Industrial Amd Commercial Use Of Energy*, Cape Town, South Africa.

