

AUDIT ENERGI UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN ENERGI
LISTRIK DI RS SITI KHODIJAH SEPANJANG SIDOARJO DENGAN
METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*

Tesis S-2

untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik
Program Studi Magister Teknik Elektro



Diajukan oleh
MOCHAMAD HADI SAPUTRA
20602100006

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

**AUDIT ENERGI UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK
DI RS SITI KHODIJAH SEPANJANG SIDOARJO DENGAN METODE ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

MOCHAMAD HADI SAPUTRA
20602100006

Telah disetujui oleh:

Pembimbing Utama,



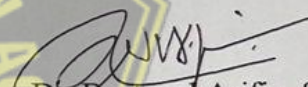
Arief Marwanto, ST, M.Eng, Ph.D, IPM
NIDN. 0626097501

Penguji 1,



Prof. Dr. Ir. Muhammad Haddin, MT
NIDN. 0618066301

Penguji 2,



Dr. Bustanul Arifin, ST, MT
NIDN. 0614117701

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Magister Teknik Elektro

Tanggal 5 Juni 2025

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Sri Antini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN. 0620026501

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MOCHAMAD HADI SAPUTRA

NIM : 20602100006

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro dengan Judul:

AUDIT ENERGI UNTUK MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK DI RS SITI KHODIJAH SEPANJANG SIDOARJO DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

Adalah hasil karya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) ataupun pada universitas lain serta belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun dan dalam media manapun. Jika ditemukan dikemudian hari data/fakta bahwa Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan ketidakbenaran dalam Tesis ini adalah tanggung jawab saya.



Mochamad Hadi Saputra



Prakata

Puji syukur kehadiran Allah SWT Yang telah melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berbentuk tesis ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarga dan sahabatnya dan kita selaku ummatnya yang senantiasa istiqomah menjalankan sunnahnya.

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang Program Pasca Sarjana. Dalam penulisan tesis ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Bapak Arief Marwanto, ST, M.Eng, Ph.D, IPM. selaku pembimbing I, dan Segenap Civitas Akademika Magister Teknik Elektro yang telah banyak memberikan bimbingan, nasehat dan arahan kepada penulis.
2. Ibu. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas bantuan yang diberikan selama penulis mengikuti studi.
3. Secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Istriku Atika Ratnasari, Bapak, Ibu dan teman-teman MTE yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat sebagaimana yang diharapkan, Aamiin.

Semarang, 01 Juni 2025

Penulis

ABSTRAK

Penelitian ini membahas audit energi listrik pada bangunan rumah sakit bertipe B milik Muhammadiyah yang berlokasi di Jalan Pahlawan No. 260, Sepanjang, Sidoarjo, Jawa Timur. Rumah sakit ini terdiri dari enam lantai dengan berbagai beban listrik utama seperti pencahayaan, AC, pompa hidran, electric pump, pompa sumur dalam, dan pompa plumbing. Sebagai fasilitas kesehatan, operasional rumah sakit sangat bergantung pada energi listrik, terutama untuk menjalankan peralatan medis berdaya tinggi. Penelitian ini menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai alat bantu pengambilan keputusan, yang mampu menyederhanakan permasalahan kompleks menjadi sistematis dan terstruktur. Melalui audit energi yang dilakukan, diperoleh rekomendasi program penghematan berbasis pendekatan 4M+1E (Manusia, Mesin, Metode, Material, dan Lingkungan). Hasil implementasi program tersebut menunjukkan penghematan biaya listrik hingga 14%, atau sekitar Rp375.800.000 per tahun. Temuan ini membuktikan bahwa pendekatan AHP dapat menjadi strategi yang efektif dalam mengoptimalkan konsumsi energi listrik di rumah sakit.

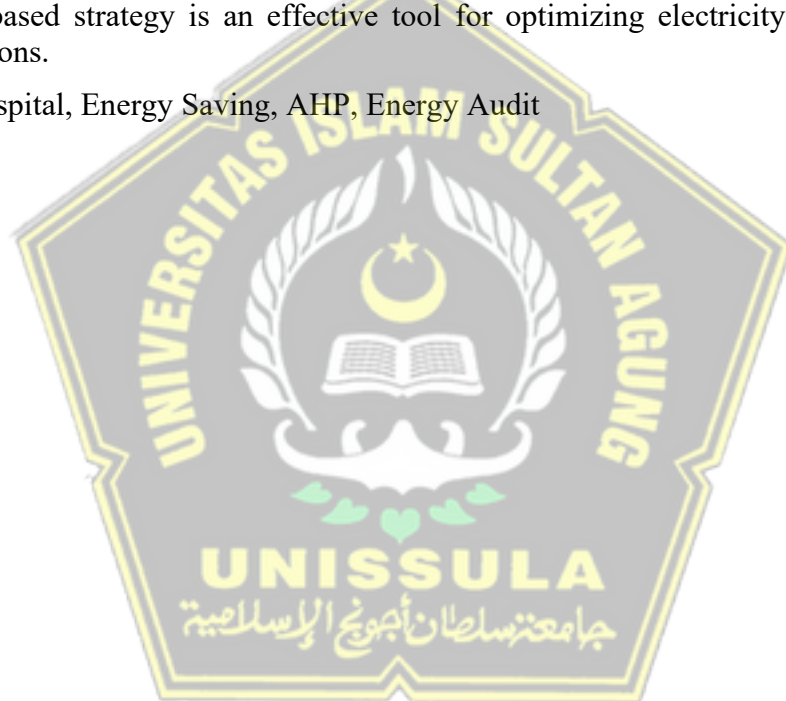
Kata kunci: Rumah Sakit, Penghematan Energi, AHP, Audit Energi



ABSTRAC

This study discusses an electrical energy audit conducted on a six-story hospital building classified as Type B, owned by Muhammadiyah and located at Jalan Pahlawan No. 260, Sepanjang, Sidoarjo, East Java, Indonesia. The hospital heavily relies on electricity to operate essential equipment such as lighting, air conditioners, hydran pumps, electric pumps, deep well pumps, and plumbing pumps, especially for its high-power medical devices. The Analytical Hierarchy Process (AHP) method was utilized as a decision-making tool to simplify complex problems into a systematic and structured framework. Based on the energy audit, an energy-saving program was proposed using the 4M+1E approach (Man, Machine, Method, Material, and Environment). Implementation of this program successfully reduced electricity costs by up to 14%, equivalent to approximately IDR 375,800,000 per year. These findings demonstrate that the AHP-based strategy is an effective tool for optimizing electricity consumption in hospital operations.

Keywords: Hospital, Energy Saving, AHP, Energy Audit



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Sistematika Penulisan	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Sistem Manajemen Energi	9
2.2.2 Pengertian Audit Energi.....	12
2.2.3 Tujuan Audit Energi.....	15
2.2.4 Pentingnya Audit Energi.....	16
2.2.5 Jenis-Jenis Audit Energi	14
2.3 Rincian Langkah Audit Energi	17
2.3.1 Penentuan Target & Sasaran Audit Energi (Persiapan).....	17
2.3.2 Pengumpulan Data	21
2.3.3 Analisis/ Evaluasi Data	21
2.4 Pengenalan Metode AHP	25
2.4.1 Kelebihan dan Kelemahan Metode AHP	25
2.4.2 Tahapan AHP (<i>Analytical Hierachy Process</i>).....	27
2.4.3 Aplikasi AHP dalam Dunia Industri	27
2.5 Energi Listrik	31
2.5.1 Pencahayaan	32
2.5.2 Parameter Pencahayaan	34
2.6 Sistem Penyegaran Udara	37
2.6.1 Pengertian Penyegaran Udara.....	38

2.6.2	Menghitung Kapasitas AC.....	39
2.6.3	Daya Listrik	41
2.7	Konservasi Energi	42
2.7.1	Pengertian Konservasi Energi.....	43
2.7.2	Standar Kriteria IKE	44

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian Skripsi	65
3.2	Rencana Kegiatan	66
3.3	Metode Penelitian.....	66
3.3.1	Metode Pengumpulan Data.....	67
3.4	Metode Analisis	69
3.5	Langkah Penulisan	69
3.6	Diagram Alir Penyelesaian Masalah	69
3.7	Peralatan dan Bahan Penelitian	71
3.7.1	Peralatan Penelitian	71
3.7.1	Bahan Penelitian	72

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1	Analisa dan Pembahasan Audit Energi	73
4.1.1	Karakteristik Penggunaan Energi Listrik	73
4.1.2	Data penggunaan Energi Listrik Per Area	73
4.1.3	Perhitungan Penggunaan Energi Riil Per Hari.....	75
4.1.4	Distribusi Penggunaan Listrik Per Periode waktu.....	76
4.1.5	Perhitungan kWh Terpakai Dalam Periode Hari, Bulan dan Tahun.....	79
4.1.6	Perhitungan Nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi).....	81
4.1.7	Pengukuran Kualitas Daya Pada Conveyor.....	83
4.1.8	Pengukuran dan Analisa Perhitungan Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Penerangan.....	84
4.2	Analisa dan Pembahasan Efisiensi Penggunaan Listrik Dengan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process)	86
4.2.1	Menentukan Peluang Penghematan Dengan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process)	88
4.2.1.1	Pengumpulan Data dan Identifikasi Kriteria.....	89
4.2.1.2	Perbandingan Berpasangan dan Uji Konsistensi Antar	

Kriteria	90
4.2.1.3 Menyusun Summary Hasil Implementasi Metode AHP (Analytical Hierarchy Process).....	93
4.2.2 Menyusun Program dan Implementasi penghematan Energi.....	94
4.2.3 Implementasi penghematan Energi.....	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	101
5.2 Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA	104





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya pembangunan yang diikuti dengan perkembangan perekonomian Indonesia mengakibatkan kebutuhan energi nasional juga semakin meningkat dan menjadikan penggunaan energi menjadi salah satu kontributor besar biaya operasional yang harus dikeluarkan. Peningkatan kebutuhan energi dari tahun 2009-2019 terus meningkat yang dipengaruhi oleh peningkatan pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk maka pertumbuhan energi juga meningkat. Bahkan presentase untuk peningkatan pertumbuhan kebutuhan energi bernilai besar, yaitu 7,1 % dibandingkan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk, dengan masing-masing jumlah presentase sebesar 6,1% dan 1,1% [1]. Penggunaan energi melingkupi berbagai sektor untuk kelangsungan roda kehidupan diantaranya sektor industri, transportasi, komersial (jasa) dan perumahan. Dari sektor komersial (jasa) rumah sakit merupakan salah satu pengguna energi yang cukup tinggi.

Dalam operasional Rumah Sakit, energi listrik merupakan kebutuhan yang prioritas, porsi pemakaian serta alokasi dana untuk penyediaannya adalah yang terbesar. Dalam operasional rumah sakit sehari-hari terdapat beberapa aktifitas seperti kegiatan administrasi, kegiatan perkantoran, kegiatan pemeriksaan awal (poli) dan kegiatan penunjang rumah sakit lainnya sebagian besar menggunakan listrik. Banyaknya aktifitas membuat porsi pemakain energi listrik yang tidak

diperhatikan secara optimal sehingga dapat berpotensi pemborosan dalam penggunaannya sehari-hari, seperti penerangan, pendingin ruangan (AC), peralatan penunjang kesehatan seperti alat CT scan, USG, inkubator, serta peralatan penunjang rumah sakit lainnya [2].

Dalam laporan 1 tahunan Rumah Sakit (RS) Siti Khadijah, di Sepanjang, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, konsumsi energi listrik melebihi dari target yang direncanakan, terutama di Gedung Utama yang memiliki 6 lantai dengan kapasitas daya terpasang 550 kVA. Karena digunakan merupakan fasilitas yang vital untuk kegiatan pelayanan pasien dari IGD, Rawat Inap dan Ruang Operasi, maka kebutuhan dan konsumsi listrik di fasilitas tersebut sangat besar dan menjadi perhatian khusus bagi manajemen. Untuk itu, pihak manajemen rumah sakit berkomitmen melakukan penghematan dengan terlebih dahulu melakukan Audit Energi.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sumber energi listrik yang digunakan RS Siti Khadijah, serta melakukan audit energi untuk mengetahui tingkat konsumsi energi listrik yang digunakan pada setiap bulannya, melakukan identifikasi terkait bentuk pemborosan listrik yang terdapat di rumah sakit tersebut, mengklasifikasikan peralatan di dalam gedung yang membutuhkan pasokan listrik terbesar dalam penggunaannya, serta memberikan usulan alternatif apa yang akan dilakukan oleh perusahaan khususnya di dalam penghematan konsumsi energi listrik dan untuk mengefisiensi kegunaan energi listrik.

Penggunaan Metode AHP (*analytical hierarchy process*) bertujuan untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan dengan cara menyederhanakan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur. Kemudian tingkat kepentingan setiap

variabel diberi nilai numeric secara relatif dibandingkan dengan variabel yang lain. Dari berbagai pertimbangan tersebut kemudian dilakukan sintesa untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas tinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut. Disamping itu dengan metode AHP ini mampu memberikan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih serta daya tahan atau ketahanan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan pada Audit Energi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada sub bab 1.1, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah mengetahui profil dan intensitas penggunaan energi di rumah Sakit Siti Khodijah Sepanjang?
2. Bagaimana mengidentifikasi penghematan energi menggunakan DSM dengan metode AHP di rumah Sakit Siti Khodijah Sepanjang?
3. Bagaimana Mengoptimasi Penggunaan energi listrik di rumah Sakit Siti Khodijah Sepanjang menggunakan DSM dengan metode AHP?

1.3 Keaslian penelitian

Penelitian yang dilakukan [3] **Audit Energi dengan Pendekatan Metode MCDM-PROMETHEE untuk Konservasi serta Efisiensi Listrik di Rumah Sakit Haji Surabaya**, kemudian mencari alternatif untuk penghematannya, Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa terdapat peluang penghematan energi yang dapat dilakukan disuatu rumah sakit, yaitu: (1) perubahan SOP fasilitas rumah sakit, (2) penyesuaian bangunan gedung rumah sakit, (3) penerapan teknologi hemat energi, (4) pelatihan dan pengembangan SDM.

Penelitian ini menggunakan metode MCDM- PROMETHEE merupakan metode yang paling cocok untuk kasus ini karena dapat merangkingkan alternatif sesuai dengan kriteria yang didapat. Terdapat 8 (delapan) kriteria yang mempengaruhi pemilihan alternatif, dimana setiap kriteria terlebih dahulu dihitung bobotnya menggunakan metode ANP. Dari hasil perangkingan, diketahui alternatif penghematan yang direkomendasikan pada penelitian ini adalah perubahan SOP fasilitas rumah sakit.

Kemudian [2] Melakukan **Evaluasi Intensitas Konsumsi Energi Listrik Melalui Audit Awal Energi Listrik Di Rsj. Prof. Hb. Saanin Padang**, Dari hasil penelitian dan perhitungan, Nilai IKE Listrik tahun 2013 Rsj. Prof. Hb. Saanin Padang adalah sebesar 155,857 kWh/ m² per tahun, nilai IKE tahun 2014 adalah 29,291 kWh/ m² per tahun, dan tahun 2015 adalah 33,216 kWh/ m² per tahun. Dalam penelitian ini dapat diketahui Hasil kategori efisien karena tidak melewati standar IKE listrik untuk gedung rumah sakit sebesar 380 kWh/ m² per tahun.

[5] Melakukan penelitian tentang **Penerapan Audit Energi untuk Merencanakan Kebutuhan Konsumsi Energi Listrik di Indonesia** dalam penelitian ini mempunyai kelebihan dapat diperkirakan kebutuhan konsumsi listrik pada masa mendatang yang baik maka akan meningkatkan efisiensi biaya keseluruhan (total cost) sehingga dari hasil penghematan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas pelayanan kepada konsumen. Selain itu, dampak dari penerapan metode DSM Dalam jangka panjang adalah mengurangi tingkat polusi akibat pembakaran sumber energi fosil secara berlebihan.

Dari penelitian diatas yang membedakan dengan penelitian kami adalah penerapan demand side menegement dengan AHP untuk optimasi energi listrik . baik dari segi menegement dan teknisnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini antara lain:

1. Audit penggunaan energy litrik di Rumah Sakit Siti Khodijah Sepanjang Sidoarjo
2. Mengoptimalkan penggunaan energi listrik untuk management energi yang berkelanjutan
3. Penerapan audit energi untuk penghematan penggunaan energy listrik di RS Siti Khodijah Sepanjang Sidoarjo dengan metode AHP (Analytical Hierarchy Process)

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang mampu memenuhi regulasi (Comply) dan memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan terkait aturan-aturan yg sudah ditentukan.
2. Mendapatkan peluang penurunan penggunaan energi listrik yang pada akhirnya terjadi penurunan biaya tagihan listrik di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang.
3. Memberikan citra yang baik terhadap Rumah sakit bahwa Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang telah melakukan program konservasi energi dan mendukung program pemerintah dalam penghematan energi.

1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Penelitian serta pengambilan data berkaitan tentang energi pada setiap beban di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang.
2. Pengambilan data dilakukan mulai bulan Januari 2021 sampai bulan Desember 2021.
3. Penelitian hanya dilakukan pada area Gedung 6 lantai di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran tentang langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyusunan penelitian ini, maka perlu diuraikan sistematika pembahasan sebagai berikut:

a. BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan, yang menjelaskan gambaran umum dari kasus yang akan diteliti pada penulisan tugas akhir ini. Bab 1 diuraikan dalam 6 sub bab, yaitu latar belakang, rumusan masalah, manfaat penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka yang isinya penelitian terdahulu dan menitik beratkan pada landasan teori yang dipakai oleh penulis untuk melakukan penelitian pada tugas akhir ini.

c. BAB III METODE PENELITIAN

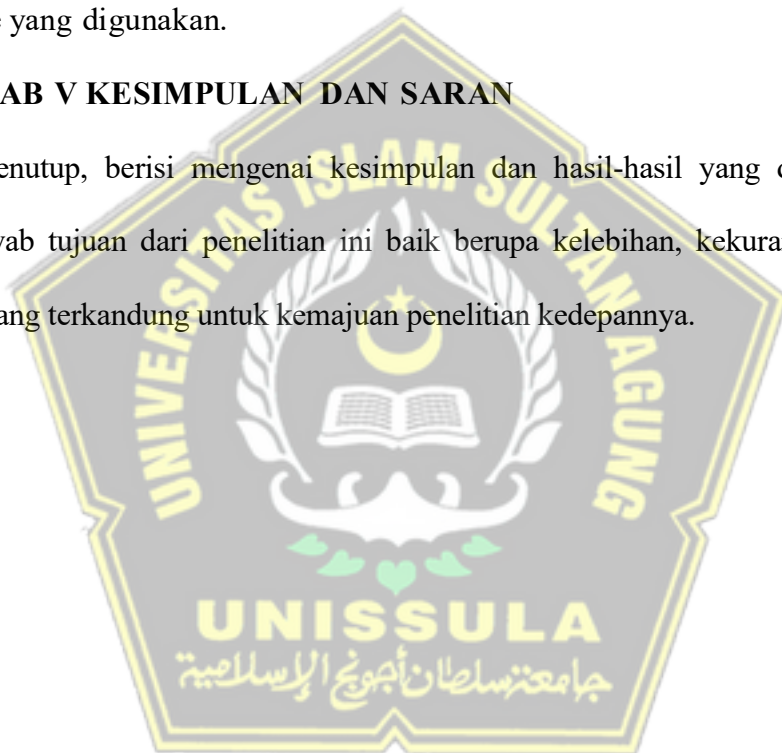
Metodologi Penelitian, berisikan tentang metode pustaka, metode lapangan, diskusi dan eksekusi.

d. BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penjelasan mengenai contoh pengolahan data dari metode-metode yang telah dipaparkan pada bab 3 dengan tujuan mengubah data mentah dari hasil observasi. Setelah itu proses pengolahan dan hasilnya akan dianalisis untuk mendapatkan kejelasan proses beserta pembuktiannya dari tahapan metode yang digunakan.

e. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Penutup, berisi mengenai kesimpulan dan hasil-hasil yang dicapai untuk menjawab tujuan dari penelitian ini baik berupa kelebihan, kekurangan ataupun saran yang terkandung untuk kemajuan penelitian kedepannya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian yang berjudul “Audit energi dengan pendekatan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) untuk penghematan energi listrik (Studi Kasus: PT. ABC) Menyatakan bahwa Audit energi adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada suatu bangunan/gedung dan mengenali cara-cara untuk penghematannya. AHP (*Analytical Hierarchy Process*) merupakan suatu metode pengambilan keputusan yang menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hierarki. sedangkan Konservasi energi adalah penggunaan energi dengan efisiensi dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan [2].

Penelitian tentang audit energi pada gedung PT. Intan Parawira Klaten di Klaten, pada penelitian ini yang dilakukan menggunakan IKE, Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah jumlah penggunaan energi listrik tiap meter persegi luas bangunan dalam periode tertentu. Luas bangunan PT. Intan Parawira Klaten adalah 3.201,2 m². Sedangkan Konsumsi energi listrik PT. Intan Parawira Klaten dalam periode Januari 2016 – Desember 2016 sebesar 738744 kWh dan dari penelitian ini menghasilkan IKE sebesar 230,7 kWh/m² tahun sehingga kategorinya boros [3].

Penelitian yang diselenggarakan di gedung SMKN 2 Pontianak dan gedung yang menjadi objek penelitian ada 3 yaitu gedung otomotif, listrik, dan elektronika. Hasil penelitian yang dilakukan setiap gedung pada gedung praktikum sedangkan gedung praktikm yang menggunakan AC mendapatkan IKE 8,95 kWh / m dan

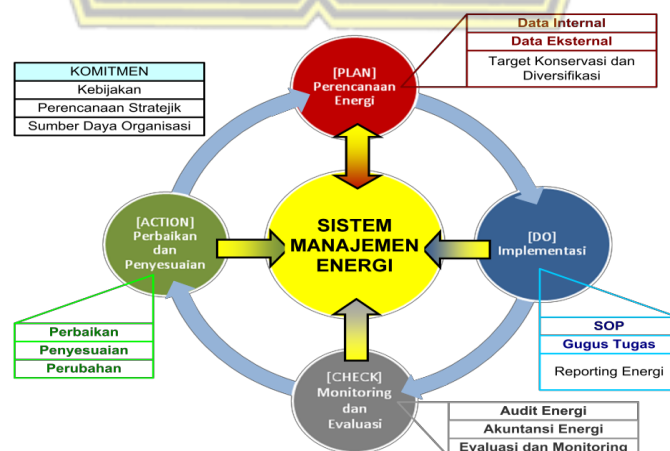
tergolong efisien, bagiannya tidak ber AC mendapatkan IKE sebesar $3,18 \text{ kWh} / \text{m}^2$ disimpulkan bahwa gedung Listrik dan otomotif tergolong boros [4].

Hasil penelitian pada gedung pusat perbelanjaan matahari mega mall Pontianak didapatkan data IKE pertahun yang dihasilkan adalah $331,48 \text{ kWh} / \text{m}^2$ atau memiliki kategori “sangat boros” setelah dihitung PHE maka peluang hemat energi dari gedung gedung pusat perbelanjaan mahari mega mall pontianak $296,28 \text{ kWh} / \text{m}^2$ atau perbulan adalah $27,63 \text{ kWh} / \text{m}^2$ [5].

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Manajemen Energi

Sistem manajemen energi merupakan metode perbaikan efisiensi energi yang berkelanjutan dengan mengintegrasikan kegiatan efisiensi energi dalam sistem manajemen yang sudah ada sehingga dapat memperhitungkan faktor biaya, lingkungan, ketersediaan energi, risiko usaha. Kegiatan pengelolaan energi di suatu perusahaan yang terorganisasi dengan menggunakan prinsip-prinsip manajemen yang dilakukan melalui audit energi.



Gambar 2.1. Audit Energi dalam Sistem Manajemen Energi [4]

Tahapan Sistem Manajemen Energi (SME) sebagai berikut:

1. Perencanaan Energi (*Plan*), meliputi:
 - a. Pemilihan atau penetapan target tujuan perusahaan
 - b. Penentuan strategi untuk rencana tujuan :
 - Proyek yang akan dilaksanakan
 - Dana yang diperlukan.
 - Peralatan yang diperlukan
 - Organisasi dan karyawan yang diperlukan
2. Implementasi (*Do*) meliputi:
 - a. Penyusunan Program yang terdiri atas:
 - Proyek-proyek yang akan dilaksanakan
 - Target yang ingin dicapai dengan proyek tersebut
 - Strategi yang ingin digunakan
 - Struktur organisasi dan personel yang diperlukan
 - Biaya yang diperlukan
 - b. Pelaksanaan Program, terdiri dari:
 - Meningkatkan kesadaran karyawan mengenai pentingnya program dengan tatap muka, leaflet, poster dan stiker.
 - Melakukan pelatihan untuk personel yang secara langsung akan turut berperan dalam pelaksanaan program
 - Menyusun SOP dan format-format pelaporan pelaksanaan
 - Melakukan uji coba pelaksanaan program yang sudah ditetapkan
 - Melakukan pengarahannya, pengawasan dan monitoring uji coba.

- Menyiapkan peralatan dan melakukan modifikasi

3. Monitoring dan Evaluasi (*Check*), meliputi kegiatan

- a. Memperoleh gambaran/pola pemakaian energi, produksi, limbah produksi, emisi GRK, dll.
- b. Tersedianya Database.
- c. Terbangunnya baseline penggunaan energi/IKE.
- d. Kemudahan untuk menemukan sumber-sumber inefisiensi dan PPE.
- e. Dapat mengetahui dampak biaya yang terjadi.
- f. pengelolaan energi yang efektif dan efisien.
- g. Menumbuhkan budaya hemat energi bagi seluruh lapisan karyawan.

4. Perbaikan dan Penyesuaian (*Action*), terdiri atas:

- a. *Grade* prioritas dari hasil monitoring dan perlakuan.
- b. Fokus monitoring dan analisis energi pada peluang penghematan energi mulai dari yang terbesar.
- c. Kemudahan dalam pengambilan keputusan dan tindakan terkait perbaikan efisiensi dan IKE

2.2.2 Pengertian Audit Energi

Audit energi adalah proses evaluasi pemanfaat energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi dilaksanakan sekurang-kurangnya pada proses dan pengguna energi utama secara berkala paling sedikit satu kali dalam tiga tahun. Proses audit dapat dilakukan oleh auditor internal maupun eksternal, namun auditor-auditor tersebut

wajib memiliki sertifikat kompetensi sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012 tentang manajemen energi, audit energi merupakan proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi.

Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009, Pasal 12 tentang konservasi energi yang berisi:

1. Pemanfaatan energi oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi wajib dilakukan secara hemat dan efisien.
2. Pengguna energi/sumber energi yang mengkonsumsi energi lebih besar atau sama dengan 6.000 (enam ribu) setara ton minyak per tahun wajib dilakukan konservasi energi melalui manajemen energi.
3. Manajemen energi sebagaimana dimaksud dilakukan dengan :
 - a. Menunjuk manajer energy.
 - b. Menyusun program konservasi energy
 - c. Melaksanakan audit energi secara berkala
 - d. Melaksanakan rekomendasi hasil audit energy
 - e. Melaporkan pelaksanaan konservasi energi setiap tahun kepada menteri, gubernur, bupati/walikota sesuai dengan kewenangannya masing-masing

Tujuan audit energi untuk menentukan cara yang terbaik untuk mengurangi penggunaan energi per satuan output (produk) dan mengurangi biaya operasi (biaya produksi). Pentingnya audit energi dikarenakan alasan berikut:

- a. Kurangnya *awareness* konsumen terhadap efisiensi energi
- b. Kompleksitas peralatan pengguna energi (di industri/komersial)
- c. Prosedur pemeriksaan energi lebih efektif dan komprehensif
- d. Identifikasi penghematan energi dapat dilakukan secara cermat
- e. *Accountability* terhadap pengelolaan energi lebih baik.
- f. Kuantifikasi didalam program penurunan beban lebih akurat
- g. Program pengurangan/manajemen beban lebih terarah

Keuntungan yang diperoleh setelah audit energi diantaranya: dapat mengkuantifikasi kebutuhan energi dan biaya energi disetiap kelompok fasilitas pengguna energi (pusat biaya energi), mengidentifikasi distribusi dan porsi penggunaan energi di setiap pusat biaya energi melalui neraca energi, memonitor pemakaian energi secara periodik (harian, mingguan, bulanan, tahunan), mengidentifikasi kerugian (*losses*) energi, mengambil langkah-langkah konservasi energi, menunjang prosedur (SOP) pemeliharaan fasilitas energi, memberikan sistem pelaporan energi yang efisien dan efektif, membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas perusahaan.

Standar kompetensi auditor energi di bidang industri dan gedung sedang dalam proses penetapan oleh Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (MESDM). Rekomendasi audit energi yang bersifat no maupun low cost wajib diterapkan dalam jangka waktu kurang dari tahun, selain itu rekomendasi yang memerlukan perubahan proses atau yang memerlukan investasi dan memenuhi

kriteria teknis dan ekonomis wajib diterapkan dalam jangka menengah atau kurang dari 5 tahun. Tetapi, rekomendasi audit energi tidak dapat dilaksanakan karena sesuatu hal, maka pengguna energi dan pengguna sumber energi harus memberikan penjelasan baik secara teknis maupun ekonomis. Audit energi (menurut website Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral) adalah kegiatan penelitian pemanfaatan energi untuk mengetahui keseimbangan energi dan mengidentifikasi peluang-peluang penghematan energi.

Audit Energi yang pernah dilakukan antara lain :

- Audit energi di seluruh industri pupuk di Indonesia.
- Audit energi di 20 industri tekstil.
- Audit energi di pertambangan umum (batubara, timah, nikel).
- Audit energi di pertambangan minyak (lapangan produksi, kilang).
- Audit energi di 50 bangunan komersial (kantor, hotel, mall / plaza, apartemen, rumah sakit)
- Audit penggunaan BBM serta kajian diversifikasi / efektivitas penggunaan energi di 52 unit pembangkit listrik.
- Audit energi di industri plywood, industri kertas, industri semen, industri baja dan industri keramik, masing-masing 2 unit industri.

2.2.3 Tujuan Audit Energi

Tujuan audit energi adalah mengetahui penggunaan energi aktual gedung serta mengetahui pilihan ECO yang paling tepat.

1. Pemeriksaan sistem energi secara berkala untuk memastikan bahwa energi tersebut digunakan seefisien mungkin.

2. Identifikasi pemborosan energi, potensi dan peluang penghematan serta menetapkan langkah-langkah penyempurnaan ditindak lanjuti dengan langkah nyata untuk merealisasikan potensi penghematan energi.
3. Memperkirakan berapa potensi nilai manfaat finansial yang diperoleh dari penghematan tersebut.
4. Merupakan top-down initiative.
5. Hasil audit energi tersebut bergantung pada resources yang dialokasikan oleh top management.
6. Dalam banyak cara, audit energi sama halnya dengan laporan keuangan dan pemeriksaan. Audit energi ini merupakan dokumentasi spesifik atas berbagai bentuk energi yang digunakan selama rentang waktu tertentu – biasanya untuk satu tahun.
7. Merupakan suatu prosedur sistematis yang dilakukan secara terbatas hanya pada gedung, situs, atau objek tertentu, yang bertujuan untuk:
 - Mengidentifikasi dan mengukur penggunaan energi.
 - Menentukan sumber pemborosan energi.
 - Menentukan peluang penghematan energi yang paling tepat (ECO = Energi Conservation Opportunities).
 - Melaporkan temuan yang didapat.

Pelaksanaan audit energi pada dasarnya akan menguntungkan pihak itu sendiri. Kerena ada aspek pencapaian yang diharapkan dari proses audit energi, yaitu:

- a. Saving in Money

Dengan adanya manajemen energi, dapat mengurangi biaya operasional. Dengan demikian keuntungan yang diperoleh perusahaan akan meningkat.

b. Environmental Protection

Dengan adanya penggunaan energi yang efisien maka akan memberikan kontribusi bagi dunia dalam hal membantu pelestarian alam dengan menjaga dan mempertahankan cadangan minyak bumi dunia agar tidak segera habis.

c. Sustainable Development

Dengan adanya penggunaan energi yang efisien maka akan memberikan kontribusi bagi perusahaan dibidang pertumbuhan yang berkelanjutan baik disisi finansial maupun penggunaan peralatan industry yang memiliki lifetime maksimum/optimum.

2.2.4 Pentingnya Audit Energi

Hemat energi tidak berarti harus mengoperasikan sistem tanpa menggunakan energi atau mengurangi energi yang diperlukan, tetapi menghemat energi adalah merupakan pengurangan dan menghilangkan pemborosan energi diseluruh bagian peralatan yang menggunakan energi listrik sehingga tingkat kenyamanan yang sama dapat tetap dipertahankan bahkan peningkatan dengan menggunakan jumlah energi yang sedikit atau dengan menggunakan jumlah energi yang sama untuk menghasilkan kenyamanan yang lebih tinggi tanpa mengurangi hasil produksi.

2.2.5 Jenis-Jenis Audit Energi

Meningkatkan efisiensi energi merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan demi menjaga kelestarian lingkungan. Aksi ini adalah cara yang paling sederhana untuk mengurangi efek gas rumah kaca serta berbagai macam polusi udara. Langkah awal untuk mengeksekusi manajemen energi yang baik adalah dengan melakukan audit energi. Seperti yang diketahui, tujuan dari audit energi adalah untuk mengidentifikasi pemakaian energi di suatu bangunan. Hasil dari proses identifikasi tersebut diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada pemilik bangunan mengenai cara dan dibagian sebelah mana mereka dapat menghemat energi.

Jenis kategori audit energi (Parlindungan Marpaung, 2014) ditentukan berdasarkan beberapa faktor yaitu:

1. Target penghematan energi
2. Lingkup area
3. Kedalaman audit (analisis data) yang diperlukan
4. Sumber daya yang tersedia

Berdasarkan faktor tersebut, audit energi terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Audit energi singkat (*walk-through audit*)
2. Audit energi awal (*preliminary audit*)
3. Audit energi rinci (*detailed audit*)

Audit energi singkat merupakan audit energi dengan tingkat kegiatan paling rendah yaitu level 1. Aktifitasnya melalui pengumpulan data (bersifat umum), pengamatan singkat secara visual dan wawancara. Analisis dan evaluasi data sistem pemanfaat energi, intensitas pemakaian energi dan kecenderungannya, serta benchmark intensitas energi rata-rata terhadap perusahaan sejenis dan

menggunakan peralatan atau teknologi serupa. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gambaran umum pengelolaan energi di area terkait.

Audit awal merupakan level kedua dari tingkat kegiatan audit energi. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya potensi penghematan energy yang lebih lengkap dari audit level satu, data dan informasi yang digunakan sudah didasarkan dengan hasil pengukuran, mengenali sumber-sumber pemborosan energi dan tindakan-tindakan sederhana yang dapat diambil untuk meningkatkan efisiensi energi dalam jangka pendek.

Audit energi terinci merupakan level ke 3 dan tertinggi dalam kegiatan audit energi. Audit ini lebih mendalam dengan lingkup yang lebih luas, rekomendasi didasarkan atas kajian engineering dengan urutan prioritas yang jelas. Output audit rinci adalah uraian lengkap tentang jenis dan sumber energi, rugi-rugi energi, faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi energi, karakteristik operasi peralatan/sistem energi, potensi penghematan energi berdasarkan analisis data secara lengkap dan rekomendasi. Audit ini dilakukan apabila nilai IKE lebih besar dari nilai standar. Rekomendasi yang disampaikan oleh Tim Hemat Energi (THE) yang dibentuk oleh industri, dilaksanakan hingga diperolehnya nilai IKE sama atau lebih kecil dari nilai standar sebelumnya dan selalu diupayakan agar dipertahankan ataupun lebih rendah di masa mendatang [6].

Perbandingan level kedalaman audit energi ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Level Kedalaman Audit Energi [6].

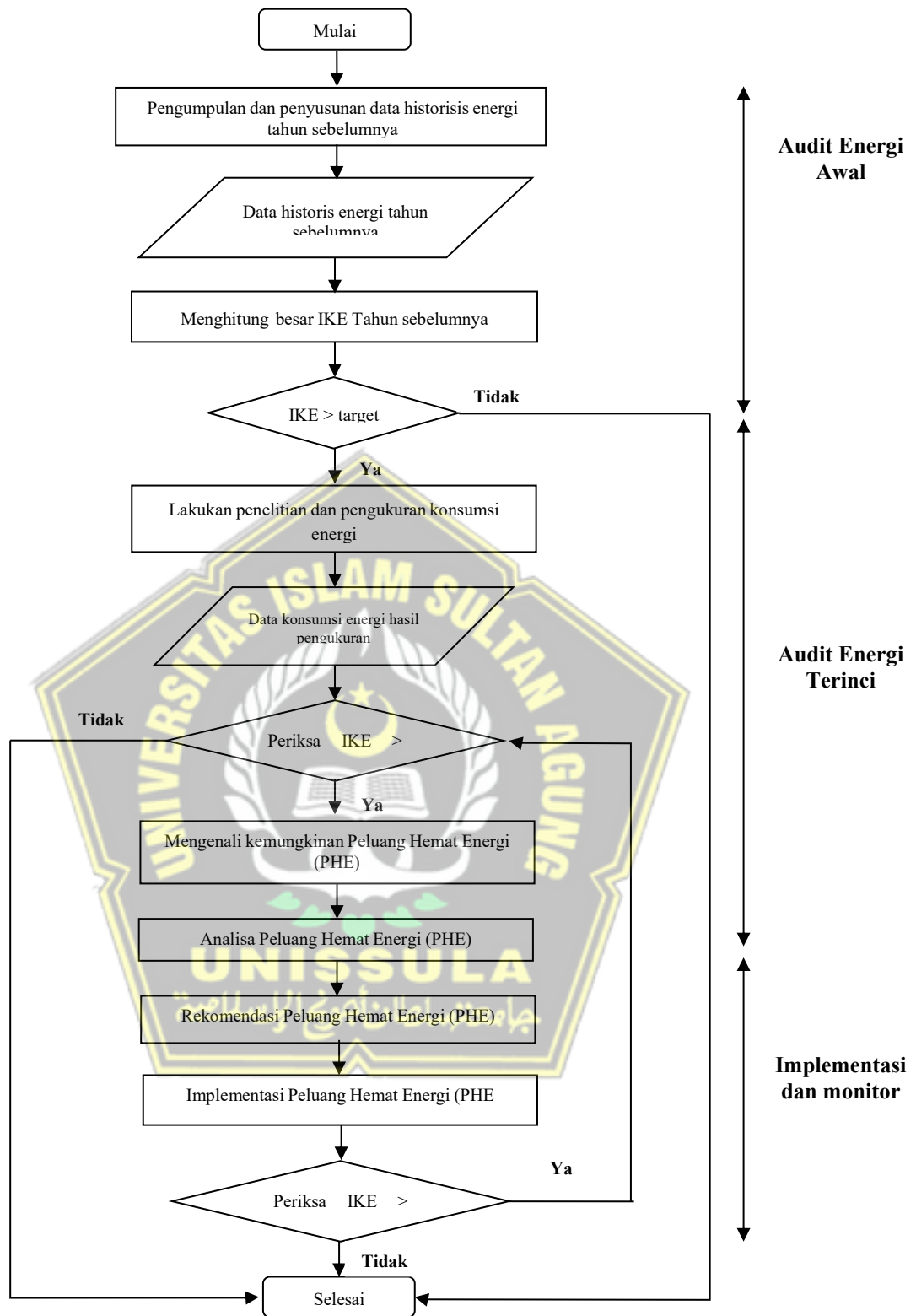
Aktivitas	Level Audit		
	Level 1	Level 2	Level 3
Mengumpulkan data energi dan wawancara	x ¹⁾	x ¹⁾	
Dokumen teknis	-	x	x

<i>Interview</i>	-	x	x
Pengukuran peralatan utama	-	x	x
Pengukuran semua level	-	-	x
Evaluasi dasar sistem teknikal	x	x	x
<i>Heat balance</i>	-	x ¹⁾	
Potensi penghematan	x	x	x
Usulan investment: <i>guiding</i>	-	x	-
Usulan investment: <i>well-grounded</i>	-	-	x

¹⁾ meteran pengukur energi terpasang

Proses audit energi yang disarankan seperti ditunjukkan dalam bagan berikut ini
(Gambar 2.2):





Gambar 2.2. Proses Audit Energi [6]

2.3 Rincian Langkah Audit Energi

Rincian langkah audit energi terdiri dari tahap Persiapan, Pengumpulan data dan Analisis/ Evaluasi data

2.3.1 Penentuan Target dan Sasaran Audit Energi (Persiapan)

Target adalah besaran penghematan energi yang ingin dicapai (%). Sedangkan sasaran berarti cakupan area kegiatan audit energi yang dibatasi berdasarkan target penghematan dan kemampuan untuk melakukannya ^[7]:

1. Penentuan Target

Penentuan Target dapat dilakukan dengan berbagai metode yaitu :

- a. Tanpa Kriteria
- b. Metode ini sulit atau terlalu mudah dicapai karena metode ini menentukan target tanpa pertimbangan internal maupun eksternal.
- c. Berdasarkan Informasi Internal.

Cara ini adalah cara yang terbaik dalam menentukan target penghematan energi yang digunakan karena target yang didapatkan berdasarkan informasi *baseline* EEI (*Energy Efficiency Index*) atau rekomendasi hasil audit energi.

- d. Berdasarkan Informasi External

Penentuan target dengan cara ini berdasarkan *benchmarking* (EEI) dengan perusahaan yang sejenis. Misalnya EEI adalah 425 kWh/kg, sedangkan di perusahaan lain yang sejenis industrinya memiliki EEI rata-rata 400 kWh/kg, EEI tertinggi 450 kWh/kg dan EEI terbaik yaitu 350 kWh/kg. Maka target dapat diset misalnya 400 kWh/kg.

2. Target Penghematan Audit Energi

Target Penghematan Audit Energi harus dinyatakan secara spesifik pada area tertentu dengan besaran yang dapat dijangkau dalam suatu periode yang ditentukan.

Target memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi [6] yaitu:

- a. Harus sesuai dan memenuhi kriteria kebijakan perusahaan.
- b. Besarnya target harus realistis
- c. Target harus terukur dan bisa dilakukan
- d. Mendapat dukungan dari seluruh unit kerja terkait.

3. Metode Penentuan Target dan Sasaran

Metode-metode berikut ini dapat digunakan dalam pelaksanaan asesmen energi [5] antara lain adalah :

- a. *Goal Seek Methode*/Intensitas Konsumsi Energi (IKE)
- b. Intensitas Konsumsi Energi merupakan parameter utama yang harus dicari dan ditentukan, baik pada sistem proses produksi maupun pada peralatan *utility* (*boiler, chiller, compressor, pompa, dll*). Dengan besaran/nilai IKE tersebut dapat dikembangkan menjadi formulasi dan simulasi analisis peluang *penghematan* energi.
- c. *Pareto Chart*/Distribusi Pareto

Distribusi Pareto merupakan grafik yang dapat dijadikan alat/*tools* untuk menentukan permasalahan utama atau identifikasi masalah inti. Mekanisme pendekatan masalah menggunakan *pareto chart*, sebagai berikut :

- Tentukan karakteristik mutu, misalnya teknologi pengguna energi terbesar sebagai kunci untuk diasumsikan bahwa persentase penghematan yang akan diperoleh memiliki nilai energi yang besar, meskipun untuk sementara belum diketahui berapa persen potensi hemat energi yang akan

didapat. Apabila presentase potensi yang diperoleh kecil, dikalikan dengan kapasitas yang besar, maka nilai yang diperoleh cukup signifikan.

- Memperoleh bobot pengguna energi terbesar, maka dilakukan stratifikasi objek peralatan.
- Hasil stratifikasi diperoleh sebaran objek (peralatan pengguna energi) mulai pengguna energi terbesar hingga ke peralatan pengguna energi yang terkecil.

d. Metode 5W+1H

Metode ini digunakan untuk mencari akar masalah (sumber pemborosan yang dapat dikonversi menjadi potensi/peluang hemat energi) pada peralatan pengguna energi yang telah ditentukan dari hasil *pareto chart*. Mekanisme pendekatan masalah menggunakan metode 5W+1H, sebagai berikut :

- *Where*, untuk menentukan dimana sumber yang berpotensi terjadinya pemborosan energi.
- *What*, untuk mengidentifikasi apa yang menyebabkan hingga terjadinya pemborosan energi.
- *Why*, untuk mengidentifikasi penyebab hal itu terjadi.
- *Who*, untuk mengidentifikasi siapa yang menjadi *trigger* (aktor utama) terjadinya potensi pemborosan energi pada peralatan yang sedang diteliti. Analisa berdasarkan 5M (*Man/Manpower, Machine, Material, Metode, Mother Nature/Lingkungan Kerja*).
- *When*, untuk mengidentifikasi waktu terjadinya masalah, dapat didiskusikan dengan operator apakah kejadiannya bersifat siklus, tidak menentu ataukah ada pengaruh dari proses operasi peralatan lain.

- *How*, bagaimana mengatasi akar masalah (sumber pemborosan yang dapat dikonversi menjadi potensi/peluang hemat energi) tersebut.

e. Metode Pengamatan dan Pengukuran

- Metode pengamatan (observasi)

Maksud observasi adalah melihat secara langsung fisik dan kelainan yang terjadi pada peralatan energi, jenis teknologi peralatan yang digunakan sudah hemat energi serta mengetahui kondisi operasi, pemeliharaan apakah sudah sesuai dengan prosedur yang berlaku. Beberapa metode observasi yang dilakukan yaitu:

- Observasi langsung

Observasi langsung dilakukan dengan mengamati secara langsung kondisi fisik peralatan energi, data operasi (P,T) dan pemeliharaan.

- Observasi instalasi

Kerugian energi sering terjadi dalam praktek mulai dari yang kecil hingga ukuran yang cukup besar seperti bocoran uap, radiasi panas dan lain-lain. Kerugian energi akibat bocoran tersebut dapat terjadi karena masalah instalasi dan pemeliharaan. Jika dihitung dalam satu tahun dapat mencapai nilai ratusan hingga ribuan juta rupiah pertahun.

- Metoda pengukuran

Metode Pengukuran digunakan untuk melihat efektifitas, dan performansi operasi peralatan yang ada. Data-data primer (pengamatan langsung dan hasil pengukuran) dan data sekunder (*log-sheet* dan hasil wawancara) sangat diperlukan untuk membantu dalam analisa peluang penghematan energi (PPE). Hasil pengukuran yang diambil berdasarkan pertimbangan

peningkatan efektifitas dan efisiensi peralatan (menghindari terjadinya penurunan performa akibat efek kegiatan efisiensi energi). Metoda pengukuran dapat menggunakan instrumen ukur audit energi seperti *thermogan, clamp meter, water flow meters*.

- Metode pemeriksaan

Metode pemeriksaan didasarkan analisis suara dengan menggunakan visual, alat ukur pendengar (*sound device*) dan *infra red (thermography)*. Setelah dilakukan pemeriksaan (*steam trap*), jika *steam trap* berfungsi dengan baik/normal suara yang dihasilkan adalah siklus, dan dengan menggunakan alat pendengar (*sound device*) seseorang dapat mendengarkannya secara fisik. Alat pendengar suara sangat bervariasi dalam hal kecanggihannya mulai dari yang sederhana seperti *handmade steel welding rod* hingga yang canggih seperti *ultrasonic testing equipment* [5]

2.3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pengumpulan berbagai kebutuhan data yang dapat mendukung analisis dalam penggunaan energi baik data sistem manajemen energi maupun data di lapangan. Adapun pengumpulan data yang dilakukan dengan wawancara, dilakukan melalui sistem manajemen energi terkait, yang terdiri dari *senior management, manager/engineer (plant engineer)*, dan operator. Pihak terkait tersebut diberikan pertanyaan berupa historis penggunaan energi, bahan baku, produk yang dihasilkan, spesifikasi peralatan, serta informasi-informasi pendukung lainnya. Sedangkan pengumpulan data di lapangan

dilakukan dengan berbagai aktifitas seperti melihat, mencatat, mengukur, wawancara dan diskusi [2].

Data yang dikumpulkan berupa data primer, data sekunder, data historis, data teknis, serta informasi lainnya.

- a. Data primer merupakan data yang didapat dari sumber pertama baik dari individu seperti hasil pengisian kuesioner maupun pengukuran. Data primer dapat berupa data primer sistem kelistrikan, data primer sistem termal serta data primer proses produksi.
- b. Data sekunder merupakan data primer yang telah diolah lebih lanjut yang disajikan baik oleh pengumpul data primer atau pihak lain.
- c. Data historis merupakan informasi umum tentang obyek audit konsumsi energi beberapa tahun terakhir.
- d. Data teknis merupakan data tentang peralatan utama pemanfaat energi seperti kapasitas, jumlah unit serta *performance* (aktual dan *design*).
- e. Informasi lain berupa konsumen energi utama, tingkat produksi, beban peralatan, jam kerja, standar (SOP) yang digunakan, petugas energi, kompetensi, sistem manajemen energi, pemeliharaan (jadwal dan pelaksanaan) serta indikator keberhasilan kinerja.

2.3.3 Analisis/Evaluasi Data

Analisis data dilakukan melalui teknik analisis data, seperti membuat matrik manajemen energi, tabulasi data, penggambaran data, *benchmarking*, analisis statistik, kecenderungan, kinerja sistem energi, faktor yang mempengaruhi kinerja sistem energi, faktor yang mempengaruhi kinerja, diagram sebab akibat serta *cost benefit*. [8]

1. Matrik manajemen energi

Matriks manajemen energi terdiri dari 6 kolom dan 5 baris, dimana:

- Setiap kolom berkaitan dengan satu dari enam aspek pilar manajemen energi dalam organisasi.
- Baris matrik menggambarkan posisi penerapan manajemen energi organisasi.
- Semakin ke atas baris dalam tiap kolom semakin baik pengendalian aspek manajemen energi di organisasi tersebut.

Analisis profil organisasional akan mengindikasikan kekuatan dan kelemahan dari manajemen energi. Terdapat lima tingkat, “0-4”, yang menggambarkan tingkatan terburuk hingga terbaik. Bentuk yang berbeda dari profil organisasional berarti permasalahan yang berbeda untuk pengambilan tindakan.

Bentuk matrik manajemen energi yang menggambarkan profil organisasional yaitu status implementasi sistem manajemen energi organisasi (Tabel 2.2)

Tabel 2.2. Matrik manajemen energi [2]

Tingkat	Kebijakan Energi	Tim Energi	Motivasi	Sistem Informasi	Pemasaran	Investasi
4	Kebijakan energi, rencana tindakan dan pratinjau rutin, memperoleh komitmen dari <i>top management</i> sebagai	Manajemen energi telah sepenuhnya terintegrasi dalam struktur manajemen. Delegasi tanggung jawab yang jelas	Jalur informasi formal dan informal secara rutin dimanfaatkan oleh manajer energi dan	Sistem yang komprehensif menetapkan target, memonitor konsumsi, mengidentifikasi kesalahan, mengkuantifikasi	Memasarkan nilai efisiensi energi dan kinerja manajemen energi baik di dalam	Diskriminasi positif dalam mendukung skema "hijau" dengan penilaian investasi yang rinci dari

	bagian dari strategi lingkungan	untuk konsumsi energi.	staf energi pada semua level	asi penghematan, dan menyediakan pelacakan anggaran.	maupun di luar organisasi.	semua peluang baru dan peluang yang diperbarui.
3	Kebijakan energi formal, tapi bukan komitmen aktif dari <i>top management</i>	Manajer energi bertanggung jawab terhadap komite energi yang mewakili user, dipimpin oleh seorang anggota dewan manajer	Komite energi digunakan sebagai jalur utama bersama dengan kontak langsung dengan user utama	Laporan M&T untuk aset pribadi berdasarkan sub- metering, tetapi penghematan tidak dilaporkan secara efektif kepada user.	Program kesadaran staf dan kampanye masyarakat secara rutin.	Kriteria pengambilan yang digunakan sama seperti untuk semua investasi lain
2	Tidak mengadopsi kebijakan energi yang ditetapkan oleh manajer energi atau manajer departemen senior	Terdapat manajer energi, memberikan laporan kepada komite ad-hoc, tapi manajemen lini dan kewenangan tidak jelas	Kontak dengan user utama melalui komite ad-hoc yang dipimpin oleh manajer departemen senior	Monitoring dan targeting dilaporkan berdasarkan data pasokan meter, unit energi memiliki keterlibatan ad-hoc dalam pengaturan anggaran.	Ada pelatihan kesadaran bagi staf ad-hoc	Hanya investasi menggunakan kriteria pengembalian jangka pendek
1	Kumpulan pedoman tidak tertulis	Manajemen energi merupakan tanggung jawab paruh waktu dari seseorang dengan otoritas atau pengaruh yang terbatas	Kontak informal antara enjinir dan beberapa user	Biaya dilaporkan berdasarkan data invoice. Enjinir memenuhi laporan untuk penggunaan internal di dalam departemen teknikal	Kontak informal digunakan untuk mempromosikan efisiensi energi	Hanya kebijakan berbiaya rendah yang diambil
0	Tidak ada kebijakan yang eksplisit	Tidak ada manajemen energi atau delegasi formal apapun mengenai tanggung jawab konsumsi energi	Tidak ada kontak dengan user	Tidak ada sistem informasi, tidak ada perhitungan untuk konsumsi energi	Tidak ada promosi untuk efisiensi energi	Tidak ada investasi dalam peningkatan efisiensi energi

Baris 0 s/d 4 merepresentasikan tingkat perbaikan status masing-masing isu manajemen energi. Salah satu tujuan penerapan matriks adalah untuk memetakan level atau status diri (Tabel 2.2).

a. Level 0

Pada level ini manajemen energi belum merupakan agenda dari organisasi. Artinya tidak ada kebijakan manajemen energi, tidak ada struktur manajemen energi formal, tidak ada pelaporan, tidak ada orang yang khusus menangani energi.

b. Level 1

Status pada level ini sudah selangkah lebih maju dalam manajemen energi. Namun perusahaan belum memiliki kebijakan resmi tentang manajemen energi. Penugasan/penunjukan manajer energi sudah dilakukan. Manajer energi mempromosikan kesadaran energi melalui jaringan informal yang longgar dan berhubungan langsung dengan

konsumsi energi. Manajer memberikan saran dan rekomendasi perbaikan efisiensi energi

c. Level 2

Pentingnya manajemen energi sudah dipahami oleh pihak manajemen senior di perusahaan. Akan tetapi dalam prakteknya komitmen atau dukungan dalam aktifitas manajemen energi belum ada.

d. Level 3

Manajer senior perusahaan sudah memahami nilai dan manfaat program penghematan energi. Isu konsumsi energi sudah masuk secara terintegrasi dalam struktur organisasi. Sistem informasi dan pelaporan yang lengkap juga sudah diterapkan. Selain itu juga sudah disetujui sistem manajemen energi dan investasi.

e. Level 4

Pada level ini konsumsi energi sudah merupakan prioritas utama di seluruh organisasi. Kinerja aktual dipantau secara rutin dan dibandingkan dengan target, keuntungan finansial dari setiap langkah-langkah efisiensi dihitung. Pencapaian dibidang manajemen energi dilaporkan dengan baik dan konsumsi energi dihubungkan dengan isu lingkungan hidup. Manajer senior sangat berkomitmen dengan efisiensi energi.

Setelah status manajemen energi dalam organisasi (profil organisasional) diketahui, maka kelemahan dan kelebihan dari tiap elemen sistem manajemen energi sudah diketahui.

Rekomendasi perbaikan dibuat sesuai potret profil organisasional manajemen energi tersebut yaitu: menggeser profil organisasional ke level atas dan menyeimbangkan level masing-masing isu pada kolomnya [3]

2. Analisis Data Historis

Analisis data historis dilakukan dengan membuat tabulasi data, pengelompokan data serta penggambaran data (bentuk gambar/grafik), baik data sistem kelistrikan maupun data sistem termal.

3. Analisis Teknis

Analisis teknis dilakukan dengan menganalisa kondisi operasi produksi, neraca energi, serta potensi penghematan energi.

4. Analisa Biaya/*Cost*

Analisa biaya mempertimbangkan besaran dari potensi penghematan energi terhadap investasi yang harus dikeluarkan untuk menjalankan proyek tersebut termasuk rekomendasi yang diusulkan. Berdasarkan UU No 14 Tahun 2012 tentang Manajemen Energi pasal 10,11, 12 disebutkan bahwa rekomendasi terdiri atas:

a. Rekomendasi Tanpa Investasi

Rekomendasi hasil audit energi yang tidak membutuhkan biaya dalam pengimplementasiannya

b. Rekomendasi Investasi Rendah

Rekomendasi hasil analisis biaya dengan kriteria penghematan energi sampai dengan 10% sampai 20% dari waktu pengembalian investasi antara 2 tahun sampai 4 tahun

c. Rekomendasi Investasi Menengah

Rekomendasi hasil analisis biaya dengan kriteria penghematan energi sampai dengan 10% sampai 20% dari waktu pengembalian investasi antara 2 tahun sampai 4 tahun

d. Rekomendasi Investasi Tinggi

Rekomendasi hasil analisis biaya dengan kriteria penghematan energi lebih dari 20% dari waktu pengembalian investasi lebih dari 4 tahun

2.4 Pengenalan Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki, menurut [9], hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis [9-11].

AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut :

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.

2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan

2.4.1 Kelebihan dan Kelemahan Metode AHP

Layaknya sebuah metode analisis, AHP pun memiliki kelebihan dan kelemahan dalam system analisisnya. Kelebihan-kelebihan analisis ini adalah :

- Kesatuan (Unity)
AHP membuat permasalahan yang luas dan tidak terstruktur menjadi suatu model yang fleksibel dan mudah dipahami.
- Kompleksitas (Complexity)
AHP memecahkan permasalahan yang kompleks melalui pendekatan sistem dan pengintegrasian secara deduktif.
- Saling ketergantungan (Inter Dependence)
AHP dapat digunakan pada elemen-elemen sistem yang saling bebas dan tidak memerlukan hubungan linier.
- Struktur Hirarki (Hierarchy Structuring)

AHP mewakili pemikiran alamiah yang cenderung mengelompokkan elemen sistem ke level-level yang berbeda dari masing-masing level berisi elemen yang serupa.

- Pengukuran (Measurement)

AHP menyediakan skala pengukuran dan metode untuk mendapatkan prioritas.

- Konsistensi (Consistency)

AHP mempertimbangkan konsistensi logis dalam penilaian yang digunakan untuk menentukan prioritas.

- Sintesis (Synthesis)

AHP mengarah pada perkiraan keseluruhan mengenai seberapa diinginkannya masing-masing alternatif.

Trade Off

- AHP mempertimbangkan prioritas relatif faktor-faktor pada sistem sehingga orang mampu memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan mereka.

- Penilaian dan Konsensus (Judgement and Consensus)

AHP tidak mengharuskan adanya suatu konsensus, tapi menggabungkan hasil penilaian yang berbeda.

- Pengulangan Proses (Process Repetition)

AHP mampu membuat orang menyaring definisi dari suatu permasalahan dan mengembangkan penilaian serta pengertian mereka melalui proses pengulangan.

Sedangkan kelemahan metode AHP adalah sebagai berikut:

- Ketergantungan model AHP pada input utamanya. Input utama ini berupa persepsi seorang ahli sehingga dalam hal ini melibatkan subyektifitas sang ahli selain itu juga model menjadi tidak berarti jika ahli tersebut memberikan penilaian yang keliru.

- Metode AHP ini hanya metode matematis tanpa ada pengujian secara statistik sehingga tidak ada batas kepercayaan dari kebenaran model yang terbentuk

2.4.2 Tahapan AHP

Dalam metode AHP dilakukan langkah-langkah sebagai berikut [8]

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.

Dalam tahap ini kita berusaha menentukan masalah yang akan kita pecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada kita coba tentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut nantinya kita kembangkan lebih lanjut dalam tahap berikutnya.

2. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama.

Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas akan disusun level hirarki yang berada di bawahnya yaitu kriteria-kriteria yang cocok untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang kita berikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Hirarki dilanjutkan dengan subkriteria (jika mungkin diperlukan).

3. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.

Matriks yang digunakan bersifat sederhana, memiliki kedudukan kuat untuk kerangka konsistensi, mendapatkan informasi lain yang mungkin

dibutuhkan dengan semua perbandingan yang mungkin dan mampu menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk perubahan pertimbangan. Pendekatan dengan matriks mencerminkan aspek ganda dalam prioritas yaitu mendominasi dan didominasi. Perbandingan dilakukan berdasarkan judgment dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan dipilih sebuah kriteria dari level paling atas hirarki misalnya K dan kemudian dari level di bawahnya diambil elemen yang akan dibandingkan misalnya E1,E2,E3,E4,E5.

4. Melakukan Mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.

Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen. Apabila suatu elemen dalam matriks dibandingkan dengan dirinya sendiri maka hasil perbandingan diberi nilai 1. Skala 9 telah terbukti dapat diterima dan bisa membedakan intensitas antar elemen. Hasil perbandingan tersebut diisikan pada sel yang bersesuaian dengan elemen yang dibandingkan. Skala perbandingan perbandingan berpasangan dan maknanya yang diperkenalkan oleh Saaty bisa dilihat di bawah.

Intensitas Kepentingan

1 = Kedua elemen sama pentingnya, Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar

3 = Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya, Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya

5 = Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya, Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya

7 = Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya, Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek.

9 = Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya, Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan.

2,4,6,8 = Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan, Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara 2 pilihan

Kebalikan = Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j , maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i

5. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya.

Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.

6. Mengulangi langkah 3,4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki.

7. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan

Berpasangan yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata.

8. Memeriksa konsistensi hirarki.

Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat index konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 %.

2.4.3 Aplikasi AHP

Beberapa aplikasi AHP adalah sebagai berikut:

1. Membuat suatu set alternatif;
2. Perencanaan
3. Menentukan prioritas;
4. Memilih kebijakan terbaik setelah menemukan satu set alternatif;
5. Alokasi sumber daya
6. Menentukan kebutuhan/persyaratan;
7. Memprediksi outcome;
8. Merancang sistem;

9. Mengukur performa;
10. Memastikan stabilitas sistem;
11. Optimasi;
12. Penyelesaian konflik

2.5 Pencahayaan

Beban listrik adalah suatu komponen yang membutuhkan energi listrik. Dalam persamaan 2.1 adalah cara untuk jumlah titik lampu pada suatu ruangan[19]:

$$N = \frac{E \times L \times W}{\Phi \times LLF \times CU \times n} \quad (2.1)$$

Dimana :

- N = Jumlah titik lampu pada suatu ruangan
- E = Kuat penerangan (Lux)
- L = Panjang ruang (Meter)
- W = Lebar ruang (Meter)
- Φ = Lumen lampu
- LLF = Light Loss Factor / Faktor cahaya rugi (0,7 – 0,8)
- CU = Coeffisien of Utilization / Koefisien pemanfaatan (50% – 65%)
- n = Jumlah lampu pertitik / Jumlah lampu dalam satu titik

Lumen merupakan satuan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya, misalnya lampu. Tingkat kecerahan suatu lampu ditentukan oleh Lumen, semakin tinggi Lumen maka semakin terang lampu tersebut. Lumen biasanya dicantumkan pada keterangan lampu. Namun jika tidak diketahui Lumen pada suatu lampu, kamu dapat menggunakan perkiraan Lumen berdasarkan jenis dan Watt lampu dan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Lumen Berdasarkan Jenis Dan Watt Lampu [12]

Lumen	Lampu Pijar	Lampu Halogen	Lampu CFL	Lampu LED
450 Lumen	40 W	28 W	9 W	6-8 W
800 Lumen	60 W	42 W	12 W	9-11 W
1100 Lumen	75 W	53 W	15 W	13-15 W
1600 Lumen	100 W	70 W	20 W	18-20

2.5.1 Standart Tingkat Pencaayaan (Lux) Dalam Suatu Gedung

Pada sebuah gedung atau bangunan, terdapat beberapa tingkat pencahayaan yang berbeda. Tingkat pencahayaan tersebut berdasarkan suatu ruangan. Pada Tabel 2.4 merupakan tabel dengan nilai Lux pada setiap ruangan yang ada pada suatu gedung atau bangunan.

Tabel 2. 4 Tabel Kuat Penerangan (E) [12]

Perkantoran	200-500 Lux
Apartemen/ Rumah	100-250 Lux
Hotel	200-400 Lux
Rumah sakit / Sekolah	200-800 Lux
Basement / Toilet / Coridor / Hall / Gudang / Lobby	100-200 Lux
Restaurant / Store / Toko	200-500 Lux

Tabel 2.5 Standar Lumen Pada Gedung pada PUIL [7]

Fungsi Ruang	Tingkat Pencaayaan (Lux)
Rumah tinggal :	
Teras	60
Ruang tamu	120 – 150
Ruang makan	120 – 250
Ruang kerja	120- 250
Kamar tidur	120- 250
Kamar mandi	250
Dapur	250
Garasi	60
Perkantoran :	
Ruang Direktur	350
Ruang kerja	350
Ruang komputer	350
Ruang rapat	300
Ruang gambar	750
Gudang arsip	150
Ruang arsip aktif	300
Lembaga Pendidikan :	
Ruang kelas	250
Perpustakaan	300
Laboratorium	500
Ruang gambar	750

Kantin	200
Hotel dan Restoran :	
Lobi, koridor	100
Ruang serba guna	200
Ruang makan	250
Kafetaria	200
Kamar tidur	150
Dapur	300
Rumah sakit :	
Ruang rawat inap	250
Ruang operasi, ruang bersalin	250
Laboratorium	500
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250

2.5.2 Standart Tingkat Pencaayaan Lumen Dalam Suatu Gedung

Pada Menentukan tingkat pencaayaan yang direncanakan [19] .

$$\Phi = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \quad (2.2)$$

Dimana:

E = Tingkat pencaayaan minimum (lux)

A = Luas bidang kerja (m)

K_p = Koefisien penggunaan

K_d = Koefisien penyusutan

Berikut rumus untuk menentukan Total Lumen pada sebuah Lampu

$$\Phi = W \times L/w \quad (2.3)$$

Dimana :

W = daya lampu,

L/w = Luminous Efficacy Lamp / Lumen per watt (dapat dilihat pada box lampu yang kita beli).

2.7.1 Intensitas Cahaya dan Flux Cahaya

Intensitas cahaya adalah flux cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Flux cahaya yang dipancarkan ke suatu arah tertentu. Flux cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya adalah sejumlah cahaya yang dipancarkan dalam satu detik. Intensitas cahaya dinyatakan dalam satuan candela(cd) dengan lambang I . Sedangkan flux cahaya ,mempunyai satuan lumen dengan lambang Φ .

Dari uraian di atas diperoleh persamaan 2.4 [19]:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (2.4)$$

Dimana :

I = Intensitas cahaya (candela)

Φ = Flux cahaya (lumen)

Ω = satuan sudut ruang (steradian)

2.5.4 Intensitas Penerangan/ Iluminasi (E)

Intensitas penerangan (E) adalah flux cahaya Φ yang jatuh pada 1m² dari bidang itu (1 lux=1m/m²). Sedangkan iluminasi penerangan rata-rata (E rata-rata) adalah jumlah flux Φ yang dipancarkan (lumen) persatuan luas A (m²) seperti pada persamaan 2.5 [19].

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (2.5)$$

Dimana :

E = Intensitas penerangan (lux)

Φ = fluks penerangan (lumen)

A = satuan luas (m²)

2.5.5 Kepadatan Cahaya/ Luminasi (Lm)

Luminasi adalah satu ukuran untuk terang suatu benda. Seperti pada persamaan 2.6 Luminasi suatu sumber cahaya atau suatu permukaan yang memantulkan cahaya adalah intensitas cahayanya dibagi dengan luas semua permukaan/ bidang yang diterangi [19].

$$L = \frac{I}{A} \quad (2.6)$$

Dimana :

L = Luminansi 9cd/cm²)

I = Kepadatan cahaya (candela)

$A = \text{Luas semi permukaan (m}^2\text{)}$

Untuk mendapatkan pencahayaan yang baik maka dalam merencanakan instalasi pencahayaan ada 5 kriteria yang perlu diperhatikan Kelima kriteria tersebut adalah:

- Iluminasi / Tingkat kuat penerangan.
- Luminasi / distribusi kepadatan cahaya.
- Pembatasan agar cahaya tidak menyilaukan mata.
- Arah pencahayaan dan pembentukan bayangannya.
- Warna cahaya dan refleksi warnanya.

Selain tergantung pada konstruksi sumber cahaya itu sendiri,penyebaran cahaya dari sumber cahaya juga tergantung pada konstruksi armaturnya. Hal-hal yang menentukan konstruksi armature adalah:

- Cara pemasangan armatur (pada dinding atau plafon)
- Cara pemasangan fitting atau fitting-fitting dalam armature.
- Perlindungan sumber cahaya.
- Penyebaran cahaya

2.5.6 Intensitas penerangan

Sebelum menentukan intensitas peneranganyang dibutuhkan terlebih dahulu harus diketahui jenis pekerjaanapa yang harus dilakukan diruangan tersebut. Intensitas penerangan harus ditentukan di tempat dimana pekerjaan itu akan dilakukan. Intensitas penerangan E dengan satuan lux sama dengan jumlah lumen Φ per meter persegi dapat dilihat pada persamaan 2.7. Jadi jumlah fluks cahaya yang diperlukan untuk bidang kerja seluas A m adalah [19]

$$\phi = E \times A \quad (2.7)$$

Dimana :

E = Intensitas penerangan (lux)

Φ = fluks penerangan (lumen)

A = satuan luas (m²)

Namun fluks cahaya yang dipancarkan lampu tidak semuanya mencapai bidang kerja. Sebagian akan dipancarkan ke dinding dan langit-langit. Karena itu untuk menentukan fluks cahaya harus diperhitungkan efisiensi dan rendemennya seperti pada persamaan 2.8[19].

$$\eta = \frac{\phi_g}{\phi_o} \quad (2.8)$$

Dimana :

Φ_g = Fluks cahaya yang mencapai bidang kerja, langsung maupun tidak langsung setelah dipantulkan dinding dan langit-langit.

Φ_o = Fluks cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya yang ada dalam ruangan.

2.5.7 Menentukan Titik Lampu/Lumen dalam suatu ruangan

Dalam instalasi penerangan untuk menentukan jumlah lampu yang dibutuhkan pada suatu ruangan tergantung pada Macam penggunaan suatu ruangan, setiap macam penggunaan ruang mempunyai kebutuhan kuat penerangan (lumen per meter persegi atau Lux).

- Ukuran ruang tersebut, makin luas suatu ruangan yang akan diterangi makin banyak penggunaan lampunya.
- Keadaan dinding dan lingkungannya dari ruang tersebut.
- Macam dan jenis lampu yang akan dipakai dan sistem penerangan yang digunakan.

Jumlah lampu atau armatur yang diperlukan dalam suatu instalasi penerangan dapat ditentukan dengan rumus 2.9[19]:

$$N = \frac{E \times A}{\phi_{\text{lampu}} \times \eta \times d} \quad (2.9)$$

Dimana:

N = Jumlah lampu atau armatur (buah)

E = Kuat penerangan (Lux)

A = Luas ruangan (m²)

ϕ_{lampu} = Fluks cahaya (lumen)

η = Efisiensi penerangan

d = Faktor depresi

2.5.8 Efisiensi Penerangan

Dari persamaan 2.9 dan 2.10 di atas, maka diperoleh rumus pada persamaan 2.11 fluks cahaya[19]

$$\Phi_0 = \frac{E \times A}{\eta} \quad (2.11)$$

Dimana :

A = luas bidang kerja (m²)

E= Intensitas penerangan yang dibutuhkan di bidang kerja (lux)

2.1.1. Efisiensi Armatur

Efisiensi /randemen armature (v)

$$V = \frac{\Phi_{Armature}}{\Phi_{Sb\ Cahaya}} \quad (2.12)$$

Persamaan 2.12 merupakan Efisiensi sebuah armatur ditentukan oleh konstruksi dan bahan yang digunakan. Dalam efisiensi penerangan selalu sudah ditentukan efisiensi armaturnya.

2.6 Sistem Tata Udara

Air conditioner yaitu perangkat teknik untuk mengkondisikan lingkungan untuk berbagai keperluan. Pengkondisian adalah usaha untuk mengatur dan mengontrol besaran-besaran yang memenuhi kondisi tertentu yaitu kondisi yang lain dari pada yang diberikan oleh iklim alam dengan cara non alamiah. Manusia selalu menginginkan kondisi lingkungan yang serba nyaman. Beberapa alat elektronik dan telekomunikasi juga memerlukan suatu kombinasi tertentu dari besaran-besaran iklim, agar alat-alat tersebut dapat berfungsi secara baik dan mempunyai daya tahan yang lama [13].

Persamaan 2.13 adalah cara untuk Menentukan kebutuhan AC (Air Conditioner) suatu ruangan. Untuk kapasitas AC dalam BTU dapat dilihat pada Tabel 2.6 serta Faktor fungsi jenis ruangan dapat dilihat pada Tabel 2.7 dan jenis penghuni dapat dilihat pada Tabel 2.8

Kapasitas AC= (P x L xT x Faktor fungsi x 37)+(Faktor penghuni x jumlah penghuni)
(2.16) [13].

$$\text{Titik AC} = \frac{\text{Kapasitas AC(BTU)}}{\text{KAPASITAS SETIAP AC}} \quad (2.13)$$

Tabel 2.6 Kapasitas tiap AC dalam BTU [13]

Power Horse	BTU	Watt
½ PK	5.000 BTU/hr	400
¾ PK	7.000 BTU/hr	600
1 PK	9.000 BTU/hr	840
1.5 PK	12.000 BTU/hr	950
2 PK	18.000 BTU/hr	1920
2.5 PK	24.000 BTU/hr	2570
3 PK	27.000 BTU/hr	3250
5 PK	45.000 BTU/hr	4350

Tabel 2. 7 Faktor Fungsi Jenis Ruangan [13]

Jenis Ruangan	Faktor fungsi
Kamar tidur	5
Kantor	6
Ruang belajar	6
Ruang tamu	6
Restoran	7
Salon	7
Mini market	7

Tabel 2.8 Faktor Fungsi (BTU) Jenis Penghuni [13]

Jenis penghuni	Faktor fungsi (BTU)
Orang dewasa	600
Anak-anak	300

2.7. Macam Instalasi Pada Gedung Bertingkat

Macam instalasi untuk gedung bertingkat 1 sampai dengan 4, yang diperuntukkan untuk rumah tinggal, praktis hanya instalasi listrik dan instalasi telepon.

Sedang instalasi gedung bertingkat untuk kantor mempunyai beberapa jenis instalasi yaitu :

1. Instalasi sistem panggilan/informasi, tata suara (paging system)
2. Sistem instalasi alarm
3. Sistem instalasi telpon
4. Instalasi penerangan
5. Sistem tenaga, terbatas instalasi pendingin (AC) pada saat ini umumnya bukan merupakan AC sentral tetapi merupakan AC split (terpisah).
6. Instalasi penangkal petir

Didalam pembahasan dibawah dititik beratkan pada instalasi tenaga dan penerangan. Pada gedung bertingkat sederhana umumnya tidak menggunakan :

- a) Instalasi sistem panggilan/informasi, tata suara (paging system) panggilan
- b) kendaraan.

- c) Sistem instalasi antena Parabola / TV (khusus untuk hotel)
- d) Instalasi B.A.S (Building Automation System)
- e) Sistem tenaga, yang umumnya merupakan motor-motor untuk instalasi
- f) Instalasi air bersih dan air kotor
 - Instalasi pengolah air limbah
 - Instalasi spinkler
 - Instalasi hidrant
 - Instalasi air dingin untuk penyejuk udara, instalasi pendingin udara (AC)
 - Instalasi lift

2.7.1 Single Line Diagram

Single line diagram atau diagram satu garis merupakan saluran transmisi khususnya transmisi listrik arus bolak-balik, pada umumnya adalah saluran transmisi tiga fasa. Saluran transmisi tersebut menyalurkan tenaga listrik dari pusat-pusat listrik ke pusat-pusat beban yang akan membentuk jaringan interkoneksi yang rumit. Single line diagram menggambarkan hubungan beban dengan catu daya dari PLN atau dari generator, lengkap dengan keterangan mengenai ukuran atau daya nominal tiap komponennya. Diagram ini juga menjelaskan tentang keterangan mengenai beban yang terpasang dan pembagiannya, ukuran dan jenis hantarannya, ukuran dan jenis pengamanannya, dan sistem pentanahannya. Simbol-simbol listrik diperlukan dalam pembuatan Single line diagram maupun dalam menggambar

suatu instalasi listrik. Penggunaan simbol listrik dalam suatu skema rangkaian akan memudahkan dalam pembacaan gambar dan mudah dipahami [14].

2.7.2 Grouping

Grouping merupakan salah satu bagian yang paling penting dalam instalasi listrik suatu bangunan. Tujuan pengelompokan yaitu untuk memudahkan pemeliharaan peralatan listrik maupun penanganan ketika terjadi gangguan pada peralatan listrik. Pengelompokan pada beban penerangan, hal yang perlu diperhatikan adalah posisi titik beban yang akan dikelompokkan dalam satu kelompok diusahakan berada dalam satu wilayah. Satu wilayah terdiri dari beberapa jenis lampu dan jumlah maksimum titik beban yang berada pada tiap sirkuit akhir paling banyak adalah 15 titik beban. Pengelompokan pada stop kontak, hal yang perlu diperhatikan adalah pengelompokan stop kontak tiga fasa dikelompokkan dalam satu kelompok sendiri [12]. Pengelompokan pada Air Conditioner (AC), mesin - mesin atau motor motor dapat disatukan dalam kelompok tersendiri untuk memudahkan perawatan dan pemeliharaan ketika terjadi gangguan. Persamaan 2.18 dan 2.19 merupakan cara Menentukan arus tiap fasa dan kapasitas MCB

Arus rating nominal 1 fasa:[12]

$$I_n = \frac{P}{VL - N \cdot \cos\phi} \quad (2.14)$$

Arus rating nominal 3 fasa:[12]

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot VL - N \cdot \cos\phi} \quad (2.15)$$

Dimana :

I_n = Arus nominal

P = Daya (watt)

V_{L-N} = Tegangan fasa

V_{L-L} = Tegangan fasa

$\cos \phi$ = Faktor daya

2.7.1 Kabel Penghantar

Kabel penghantar merupakan komponen yang selalu ada pada sebuah panel yang berfungsi untuk menyambungkan antara satu komponen dengan komponen lainnya. Kabel penghantar merupakan komponen yang sangat penting karena merupakan konduktor yang menghantarkan arus listrik. Kriteria – kriteria dalam pemilihan kabel untuk instalasi listrik [20].

1. Elektrikal Meliputi ukuran konduktor, kekuatan listrik, tahanan isolasi, konstanta dielektrik dan factor daya
2. Suhu Penyesuaian terhadap suhu lingkungan dan kondisi saat kelebihan beban, pengembangan dan tahanan termal
3. Mekanik Meliputi kekerasan dan fleksibilitas, mempertimbangkan ketahanan terhadap kehancuran dan kelembaban
4. Kimiawi Meliputi stabilitas dari bahan api, ozon, oli, cahaya matahari dan bahan kimia.

Kabel merupakan salah satu sarana penting dalam instalasi listrik karena kabel berfungsi menghantarkan arus ke beban yang terpasang. Pemilihan kabel mempertimbangkan besarnya beban yang terpasang. Kabel - kabel dalam instalasi

listrik memiliki banyak ragam, oleh karena itu jenis - jenis kabel dinyatakan dalam singkatan huruf juga angka. Kabel yang umumnya dipakai dalam instalasi listrik antara lain:

Perhitungan Penampang Kabel yang ada pada persamaan 2.20 dan 2.21

Untuk 1 phasa[20]

$$A = \frac{2x \int x l x I}{\% \Delta V (f-N)} \quad (2.16)$$

Untuk 3 phasa [20]

$$A = \frac{\sqrt{3} x \int x l x I}{\% \Delta V (f-f)} \quad (2.17)$$

Dimana:

A = Penampang Kabel

$\int$ = Tahanan Jenis CU (0,00175)

l = Panjang Penghantar

I = Arus Beban

% = Prosentase Rugi Tegangan

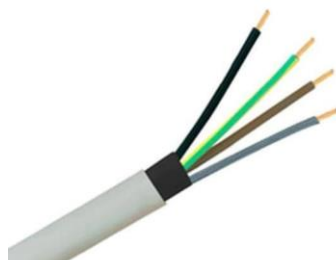
AV(f-N) = Tegangan Jala jala fasa netral (220v)

AV(f-f) = Tegangan Jala jala fasa netral (380v)

2.2.12.1 Kabel NYM

Kabel NYM pada Gambar 2.7 direkomendasikan khusus untuk instalasi tetap di dalam bangunan yang penempatannya di dalam atau di luar plester tembok ataupun dalam pipa pada ruangan kering atau lembab. Kabel NYM tidak diijinkan untuk dipasang di luar rumah yang langsung terkena panas dan hujan ataupun ditanam langsung dalam tanah. Perencanaan pada instalasi listrik jenis kabel instalasi terselubung yang digunakan adalah kabel NYM. Kabel NYM memiliki penghantar tembaga polos berisolasi PVC Ketentuan – ketentuan dalam pemakaian kabel NYM yaitu [15].

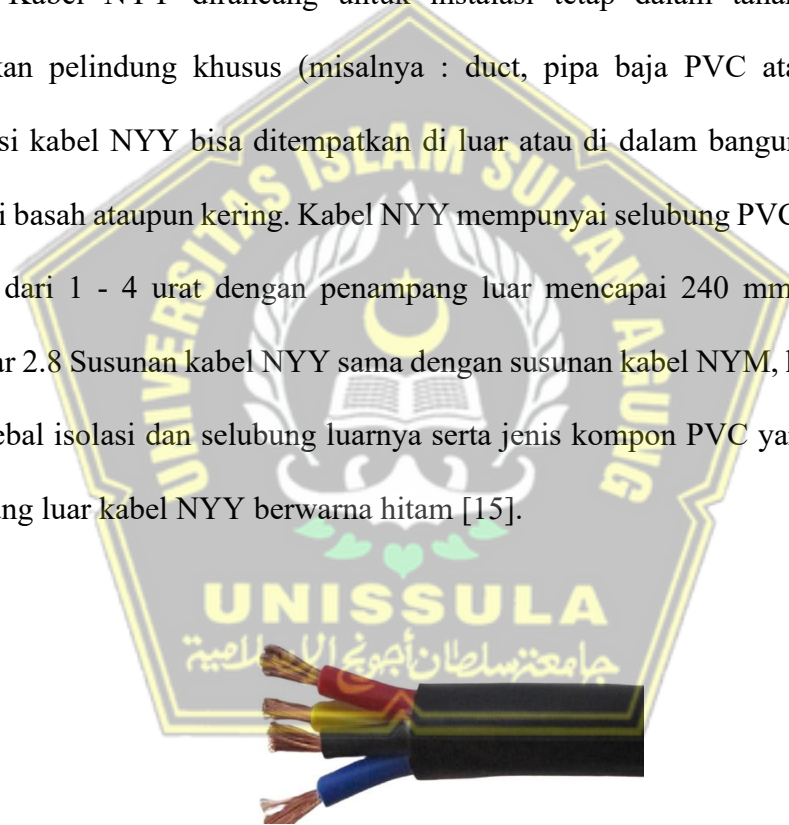
- NYM boleh dipasang langsung menempel pada plesteran atau kayu atau ditanam langsung dalam plesteran, juga diruang lembab atau basah, ditempat kerja atau gedung dengan bahaya kebakaran atau ledakan.
- NYM juga boleh dipasang langsung pada bagia-bagian lain dari bagunan, konstruksi, rangka dan sebagainya, asalkan cara pemasangannya tidak merusak selubung luar kabelnya
- NYM tidak boleh dipasang di dalam tanah



Gambar 2.3 Kabel NYM [15]

2.2.12.2 Kabel NYY

Kabel NYY dirancang untuk instalasi tetap dalam tanah yang harus diberikan pelindung khusus (misalnya : duct, pipa baja PVC atau besi baja). Instalasi kabel NYY bisa ditempatkan di luar atau di dalam bangunan baik pada kondisi basah ataupun kering. Kabel NYY mempunyai selubung PVC warna hitam, terdiri dari 1 - 4 urat dengan penampang luar mencapai 240 mm. Seperti pada Gambar 2.8 Susunan kabel NYY sama dengan susunan kabel NYM, hanya berbeda pada tebal isolasi dan selubung luarnya serta jenis kompon PVC yang digunakan. Selubung luar kabel NYY berwarna hitam [15].



Gambar 2.4 Kabel NYY [15]

2.2.12.3 Kabel NYFGbY

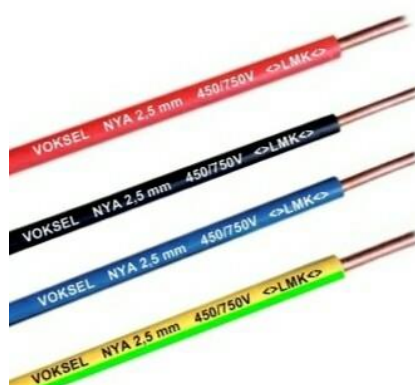
Kabel NYFGbY yang ada pada Gambar 2.9 digunakan untuk sirkuit power distribusi, baik pada lokasi kering ataupun basah / lembab. Kabel NYFGbY berpelindung kawat dan pita baja yang digalvanisasi. Kabel NYFGbY dapat ditanam langsung dalam tanah tanpa pelindung tambahan. Isolasi dibuat tanpa wama dan tiga urat dibedakan dengan non strip, 1 strip dan 2 strip. Kabel ini mempunyai selubung PVC warna merah dengan penampang luar mencapai 57 mm.



Gambar 2.5 Kabel NYFGbY [15]

1. Kabel NYA

Kabel NYA seperti pada Gambar 2.10 dirancang dan direkomendasikan untuk digunakan pada instalasi tetap dalam kotak distribusi atau rangkaian pada panel. Pemasangan kabel NYA hanya diperbolehkan untuk tempat yang kering dan tidak direkomendasikan bila dipasang di tempat yang basah atau langsung terkena cuaca [20].



Gambar 2. 6 Kabel NYA [20]

2.7.1 Pemilihan Kebutuhan Ukuran Kabel Listrik

Tegangan pengenalan pada kabel tegangan rendah yaitu sebagai berikut :

230/400 (300) V, 300/500 (400) V, 400/690 (600) V, 450/750 (490) V, 0.6/1kV (1.2kV). Nilai tegangan dalam kurung adalah nilai tegangan tertinggi untuk perlengkapan listrik yang diperbolehkan jika menggunakan kabel tersebut. Listrik PLN untuk perumahan mempunyai tegangan 220V, jadi cukup menggunakan kabel dengan tegangan pengenalan minimal 230/400 V. Luas penampang kabel mempengaruhi Kuat Hantar Arus (KHA) dari kabel tersebut, sehingga penentuan luas penampang kabel disesuaikan dengan arus yang mengalir akibat adanya beban yang terpasang pada kabel tersebut. Cara menghitung Kuat Hantar Arus (KHA) dapat menggunakan persamaan 2.22[20]

$$I = \frac{P}{V \times \cos \phi} \quad (2.18)$$

$$KHA = 125 \% \times I \quad (2.19)$$

Dimana:

I = Arus Nominal (A)

P = Daya Listrik(Watt)

V = Tegangan Line to line (V)

KHA mempunyai nilai aktual 100% bila kabel tersebut dipasang pada temperatur kelilingnya maksimal 30 0C jika lebih dari suhu tersebut akan terjadi penurunan nilai aktual KHA. Dalam PUIL penurunan nilai ini diatur dalam faktor koreksi.

2.7.1 Menentukan Kapasitas Luas Penghantar

Menentukan Kapasitas Luas Penghantar dapat menggunakan persamaan 2.24 ini:

$$q = \frac{L \times I \times 2}{\Delta V \times \lambda} \quad (2.20)$$

Dimana:

q = Penampang saluran (mm²)

Δv = rugi tegangan (volt)

L = Panjang rute saluran (bukan panjang kawat).

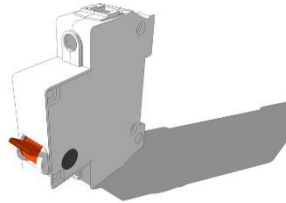
λ = Daya hantar jenis : tembaga = 56, besi = 7 Alumunium = 32,7

I = Arus beban.

2.7.1 Pengaman dan KHA

Salah satu faktor teknis yang perlu diperhatikan dalam penyediaan dan penyaluran daya listrik adalah kualitas daya. Faktor ini meliputi stabilitas tegangan, kontinuitas pelayanan, keandalan pengamanan dan kapasitas daya yang sesuai kebutuhan. Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus hubung singkat. Seperti yang kita ketahui bersama bahwa MCB yang ada pada Gambar 2.11 merupakan sebuah alat proteksi otomatis berupa saklar yang didesain khusus untuk melindungi peralatan atau rangkaian listrik seperti misalnya kabel atau penghantar, beban, dan alat pengaman lain dari resiko kerusakan yang dapat disebabkan oleh arus berlebih ataupun hubung singkat.

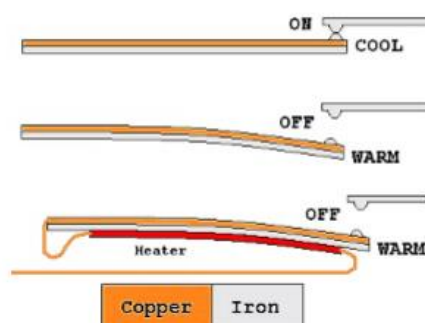
Adapun fungsi umumnya yaitu sebagai pemutus aliran listrik setelah bagian relay proteksi pada MCB tersebut mendapatkan kondisi tidak normal atau gangguan pada rangkaian tersebut[20].



Gambar 2.7 Struktur MCB [20]

1. Beban Berlebih (Overload).

Berdasarkan fungsinya pada proteksi beban lebih (overload) memiliki prinsip kerja dimana plat bimetal akan melengkung dengan kenaikan temperature yang diakibatkan arus yang melewatinya lebih besar daripada kemampuan daya hantaran circuit breakernya. Plat bimetal tersebut akan kembali normal atau lurus apabila kondisi arus sudah kembali normal atau berada di bawah kemampuan hantar circuit breaker tersebut, atau dapat juga dikatakan saat kondisi plat bimetal dalam temperature dingin (normal). Ketika arus melalui plat ini nilainya di atas kemampuan hantar CB, maka suhu panas itu akan kembali membuat plat bimetal tersebut melengkung. Dengan keadaan terbukanya sambungan antara masukan dan keluaran terminal, maka fungsi proteksi beban lebih ini dalam keadaan bekerja(*OFF*) [20]. Kondisi tersebut dapat diilustrasikan pada Gambar 2.12 sebagai berikut ini.



Gambar 2.8 Trip MCB [20]

2. Short Circuit Protection.

Hubung singkat (short circuit) dapat terjadi apabila penghantar fasa bersentuhan dengan sesama penghantar fasa, netral, maupun ground. Pada saat terjadi hubung singkat, arus menjadi lebih besar dan akan mengalir ke kumparan induksi, dan juga medan magnet yang dihasilkan menjadi sangat kuat melebihi ratusan bahkan ribuan kali lipat dari arus nominalnya. Hal ini menyebabkan saklar tersebut mengangkat untuk membuka sambungan antara terminal masukan dan keluaran.

Tabel 2.6 Kemampuan Hantar Arus [20]

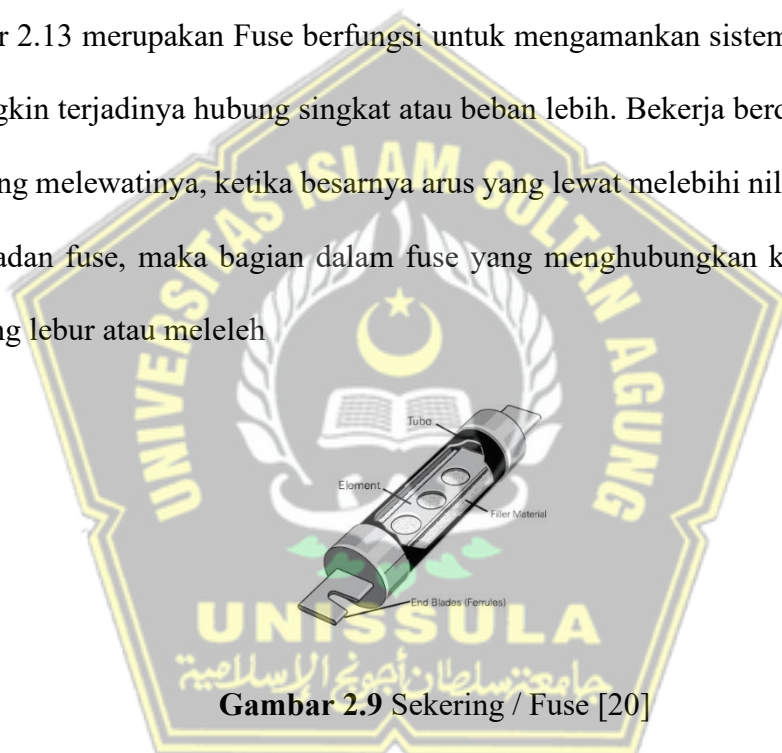
Luas Penampang dan kHA		
Luas Penampang (mm ²)	KHA (Amp)	Daya (Watt)
0,75	4	880
1,5	6	1320
2,5	10	2200
4	16	3520
6	20	4400
10	25	5500
16	35	7700
25	60	13.200
35	100	22.000
50	125	27.500

70	160	35.200
95	250	55.000
120	292	64.240

Berdasarkan Tabel 2.6 di atas, misalkan rangkaian instalasi listrik yang dihitung mendapatkan nilai KHA 11,875 A maka dapat menggunakan kabel dengan luas penampang 0,75 mm²

3. Sekering (Fuse)

Gambar 2.13 merupakan Fuse berfungsi untuk mengamankan sistem instalasi dari kemungkinan terjadinya hubung singkat atau beban lebih. Bekerja berdasarkan besar arus yang melewatinya, ketika besarnya arus yang lewat melebihi nilai yang tertera pada badan fuse, maka bagian dalam fuse yang menghubungkan kedua terminal langsung lebur atau meleleh



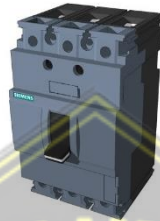
Gambar 2.9 Sekering / Fuse [20]

Ciri spesifik sekering yaitu sebagai berikut :

- Bekerja langsung apabila batasan arus dalam rangkaian terlewati.
- Tidak mampu menghubungkan kembali rangkaian secara otomatis setelah terjadi gangguan
- Bekerja pada fasa tunggal, tidak bisa untuk 3 fasa.

4. Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

Moulded Case Circuit Breaker (MCCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCCB mempunyai unit trip yang dapat diset I_r (merupakan pengaman terhadap arus lebih) dan I_m (merupakan pengaman terhadap arus short circuit). MCCB yang ada pada Gambar 2.10 memiliki arus nominal hingga 3200 A dan kapasitas pemutusan short circuit hingga 150 kA pada jaringan tegangan rendah



Gambar 2.10 Moulded Case Circuit Breaker [20]

2.7.1 Konservasi Energi

Konservasi energi adalah memaksimalkan energi listrik yang difungsikan untuk menjaga pendistribusian listrik dan instrumen yang menjadi lebih efisien. Konsumen bisa mendapatkan kebutuhan energi listrik secara merata. Konservasi energi ditujukan untuk mendapatkan tingkat efisien dari penggunaan listrik yang digunakan oleh masyarakat, industri dan instansi.

2.2.15.1 Standar Kriteria IKE

Untuk menghitung nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada bangunan dapat dilihat pada persamaan [19].

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Energi (kWh)}}{\text{Luas Bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.21)$$

Dimana :

K_e = Konsumsi energi (kWh)

L_b = Luas total bangunan (m^2)

IKE = Intensitas Konsumsi Energi ($kWh/m^2/tahun$)

Hasil perhitungan nilai IKE bisa diperhatikan pada Tabel 2.7 untuk mengetahui nilai standard IKE pada setiap jenis gedung.

Tabel 2.7 Standard Kriteria Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada Instansi [7]

Nomor	Jenis Gedung	Standard IKE(kWh/m^2 tahun)
1	Komersial (perusahaan)	240
2	Swalayan/Supermarket	330
3	Apartemen, Hotel	300
4	Rumah sakit	380

Kriteria IKE berdasarkan SNI 6197 tahun 2011 pada sistem pencahayaan jenis gedung yang memiliki tingkat standard yang berbeda. Sehingga diperlukannya nilai standard ini mampu mengurangi pemborosan energi listrik jika melebihi standard yang ditentukan oleh SNI. Dan hasil kriteria IKE pada perusahaan untuk gedung ber-AC dapat diperhatikan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Kriteria Intensitas Konsumsi Energi (IKE) [18]

No	Kriteria	Ruangan AC
		IKE(kWh/m^2 tahun)
1	Sangat Efisien	50,04 – 95,04
2	Efisien	95,04 – 144,96
3	Cukup Efisien	144,96 – 174,96
4	Sedikit Boros	174,96 – 230,04
5	Boros	230,04 – 285

Kriteria Intensitas Konsumsi Energi (IKE) untuk ruangan AC. Dengan hasil perhitungan IKE maka perusahaan akan mendapatkan kriteria sesuai dengan nilai kWh/m²/tahun.

2.7.1 Stop Kontak

Menentukan kebutuhan Stop kontak tergantung dari fungsi ruang yang ada, persamaan 2.26 adalah cara menentukan titik stop kontak[19]

$$\text{Titik stop kontak} = \frac{\text{Kebutuhan daya total}}{200} \quad (2.22)$$



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu Penelitian : September 2019 – Desember 2021

Tempat Penelitian : Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang

Lokasi : Jl. Raya Bebekan, Rt.02/Rw.01, Bebekan, Kecamatan
Taman, Kabupaten Sidoarjo, Jawa timur 61257

3.2 Rencana Kegiatan

Tabel 3.1 Rencana Kegiatan

No.	Kegiatan	2019				2021								
		9	10	11	12	8	9	10	11	5	6	7	8	9
1	Survey Lapangan													
2	Penentuan Judul													
3	Pengumpulan Data													
4	Pengolahan Data													
5	Analisis dan Evaluasi													
6	Penyusunan Laporan													

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan skripsi ini, teknik pengumpulan data yang digunakan sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur ditunjukan untuk mendapatkan teori-teori yang didapat dari referensi atau sumber-sumber yang akan dijadikan landasan pengerjaan laporan ini. Studi ini meliputi tentang pemahaman teori dan konsep serta metode yang cocok untuk membentuk kerangka berfikir, agar penelitian ini bersifat logis dan terarah. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku dan literatur yang menunjang dalam penyusunan Laporan Akhir.

2. Observasi

Observasi digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengamati dan mencatat secara langsung serta melakukan penelitian dalam suatu periode tertentu secara sistematis tentang hal-hal tertentu yang diamati. Dalam penelitian observasi dilakukan pada saat melakukan pengamatan di area Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang .

3. Wawancara

Wawancara digunakan untuk mengumpulkan data dari para user, operator lapangan dan bagian keuangan untuk mengetahui pola operasi dan besaran tagihan listrik yang dibayar tiap bulan serta untuk mengetahui seputar Rumah Sakit Siti Khadijah di dalam penggunaan beban dan peluang alternatif penghematan apa yang dapat diterapkan di sana untuk memungkinkan adanya kebijakan baru tentang pemanfaatan energi listrik serta kapasitas daya.

4. Kuesioner

Kuesioner digunakan dalam pengumpulan dan pengambilan data di dalam perhitungan AHP

5. Analisa / Penyelesaian Masalah

Analisa/penyelesaian masalah yang digunakan yaitu dengan menggunakan data yang diperoleh pada tahap observasi yang diolah sebagai bahan analisa penelitian.

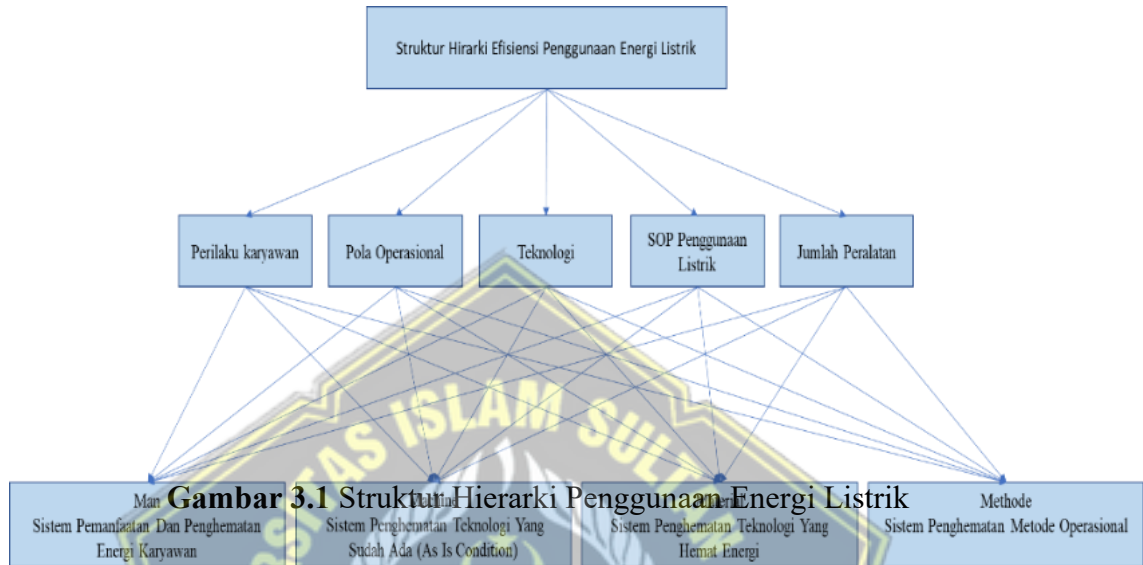
6. Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data-data, foto-foto dan spesifikasi peralatan saat melakukan pengamatan.

3.4 Metode Analisis

Jika data yang diambil dirasa sudah cukup dan valid, tahap selanjutnya melakukan analisa terhadap data tersebut dan melakukan pembahasan sesuai dengan permasalahan yang diangkat. Metode yang akan digunakan adalah AHP (Analytical Hierarchy Process) dimana AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Model pendukung keputusan ini akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki,[3] hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak

lebih terstruktur dan sistematis Adapun hirarki dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

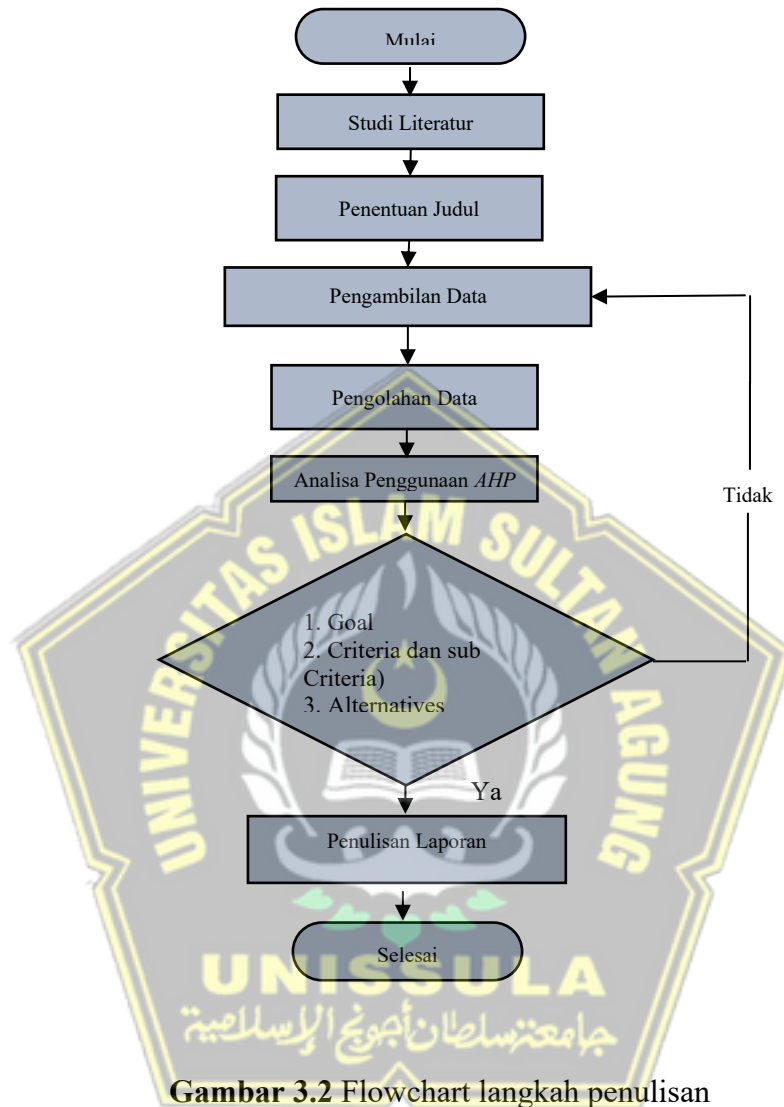


Tabel 3.2 Penentuan Bobot Prioritas

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal							0,2
Kriteria	Perilaku karyawan	Pola operasional	Teknologi	SOP Penggunaan listrik	Jumlah Peralatan	2. Eigen Value	3. Bobot Prioritas
Perilaku karyawan	1,000	0,200	7,000	5,000	5,000	2,0362	0,2635
Pola operasional	5,000	1,000	7,000	7,000	5,000	4,1460	0,5365
Teknologi	0,143	0,143	1,000	2,000	5,000	0,7277	0,0942
SOP Penggunaan listrik	0,200	0,143	0,500	1,000	0,333	0,3432	0,0444
Jumlah Peralatan	0,200	0,200	0,200	3,000	1,000	0,4743	0,0614
4. Jumlah Total	6,5429	1,6857	15,7000	18,0000	16,3333	7,7274	1,0000

3.5 Langkah Penulisan

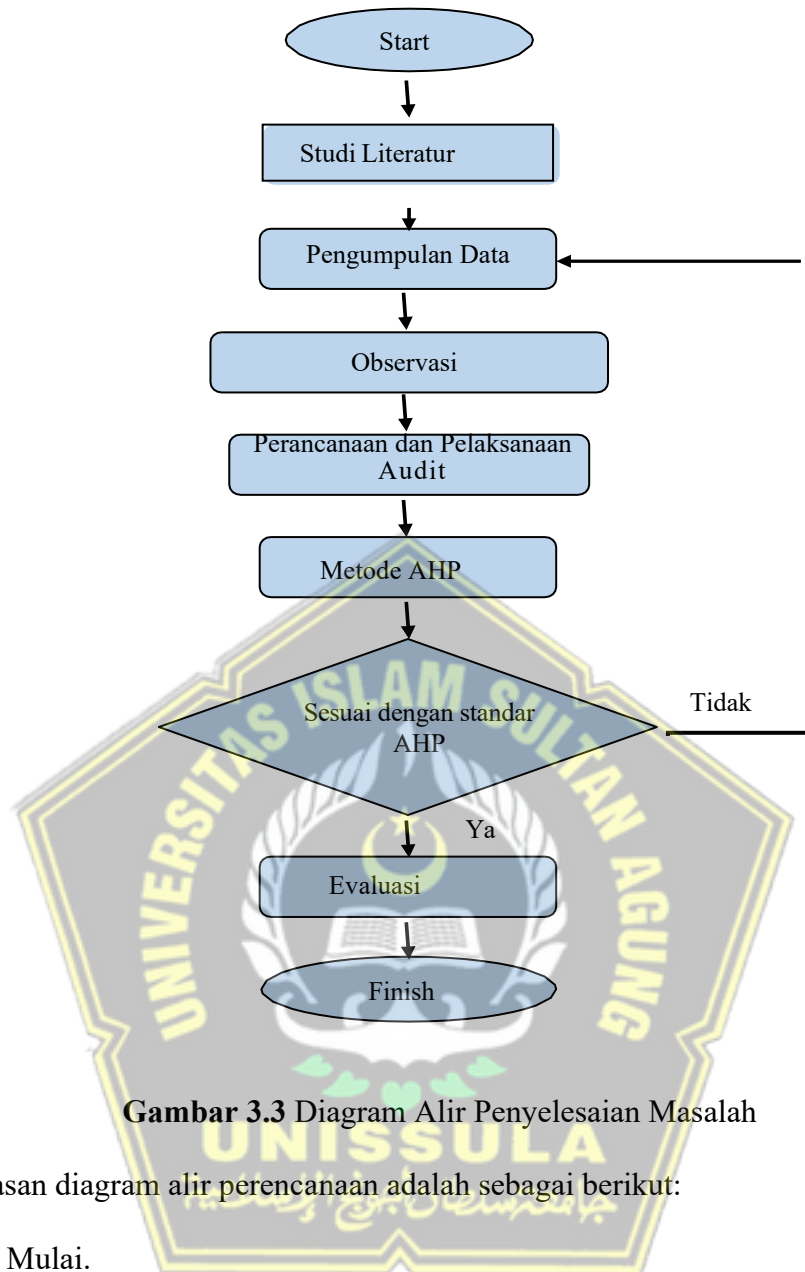
Berikut adalah langkah penulisan dari buku ini:



Gambar 3.2 Flowchart langkah penulisan

3.6 Diagram Alir Penyelesaian Masalah

Tahapan – tahapan yang dilaksanakan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penyelesaian Masalah

Penjelasan diagram alir perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Mulai.
2. Mencari literatur antara lain buku-buku tugas akhir, datasheet, buku-buku ilmiah yang sesuai dengan kebutuhan Audit dan metode AHP
3. Melakukan pengumpulan data antara lain
 - SLD (Single Line Diagram) Kelistrikan
 - Data Beban Listrik
 - Pola Operasi Eksisting
 - Spesifikasi Peralatan

- Data Tagihan Listrik
 - Data Penggunaan Listrik
4. Melakukan observasi lapangan untuk validasi data
 5. Melakukan perencanaan dan pelaksanaan Audit Energi
 6. Menentukan prioritas dengan penggunaan metode AHP (Analytical Hierarchy Process).
 7. Melakukan perhitungan sesuai dengan metode AHP yaitu penentuan:
 - Level 1 (Goal)
 - Level 2 (Criteria dan sub Criteria)
 - Level 3 (Alternatives)

Jika belum sesuai maka kembali ke langkah observasi sampai standar AHP tercapai

8. Melakukan Evaluasi
9. Selesai

3.7 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.7.1 Peralatan Penelitian

Peralatan penunjang yang digunakan untuk melaksanakan Audit Energi yaitu :

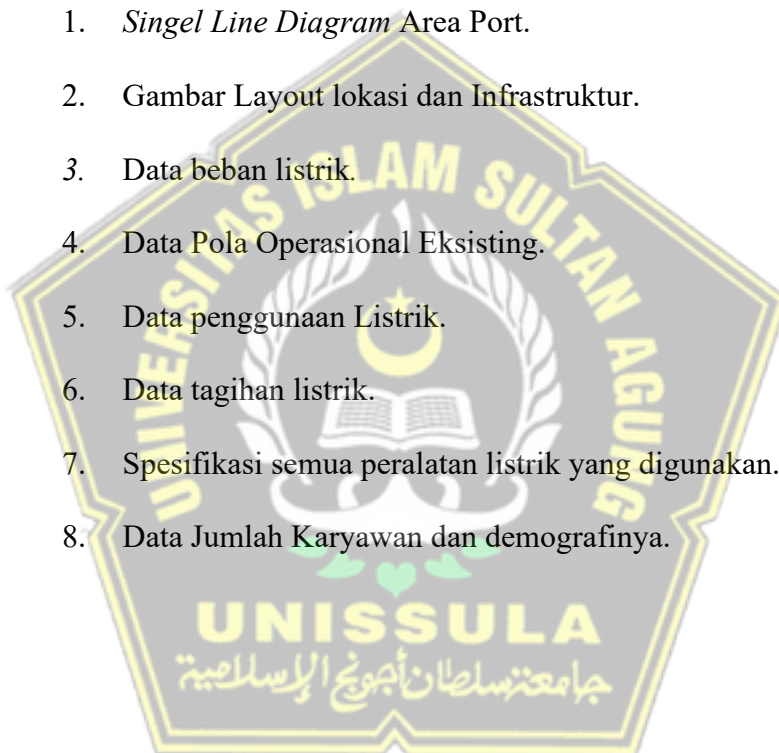
1. Lux Meter untuk mengukur pencahayaan.
2. Earth Tester untuk mengukur pembumian
3. Kabel RS dan UTP untuk download data dari Power Meter Panel.

4. *Hands Tools* (Alat Tangan seperti: Obeng, Tang, Spidol, Solder, Kunci-kunci pas, dan lain sebagainya). Untuk melakukan observasi ke lapangan
5. Alat Ukur (Avo Meter, Multi Meter, Meteran).
6. PC (*Personal Computer*) / *Laptop*.

3.7.2 Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan untuk pelaksanaan Audit Energi adalah:

1. *Singel Line Diagram* Area Port.
2. Gambar Layout lokasi dan Infrastruktur.
3. Data beban listrik.
4. Data Pola Operasional Eksisting.
5. Data penggunaan Listrik.
6. Data tagihan listrik.
7. Spesifikasi semua peralatan listrik yang digunakan.
8. Data Jumlah Karyawan dan demografinya.



BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 ANALISA DAN PEMBAHASAN AUDIT ENERGI

Proses Audit Energi dengan metode AHP yang telah dilaksanakan sangat menentukan berhasil atau tidaknya rencana penghematan yang akan dilakukan. Setelah menentukan rencana penghematan dengan metode AHP ini dapat diketahui apakah alternatif solusi yang telah dibuat dan dirancang bisa memberikan penghematan biaya listrik yang telah dikeluarkan oleh perusahaan.

4.1.1 Karakteristik Penggunaan Energi Listrik Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang

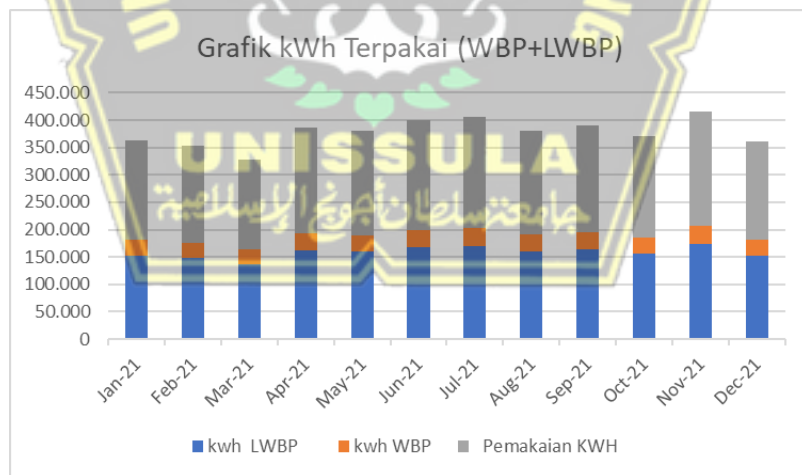
Perhitungan beban listrik digunakan untuk mengetahui biaya pemakaian energi listrik dipandang dari pola pemakaiannya setiap hari. Untuk mengetahui besar penggunaan listrik dapat dilihat dengan mengamati pola kegiatan yang dilakukan karyawan dalam bekerja sesuai dengan jadwal yang sudah ditetapkan, Wawancara dengan pihak penanggung jawab area dan pengamatan secara langsung serta melalui kajian teoritis berdasarkan teori yang ada, dari sini didapatkan perbedaan waktu pemakaian beban dikarenakan pola kerja dan intensitas aktifitas yang berbeda pada setiap area. Pemakaian beban listrik dapat dikelompokkan menjadi dua bagian waktu yaitu Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP). Biaya beban nyala merupakan beban yang dipakai setiap hari, beban ini diambil dari kebiasaan pemakaian ruang dan peralatan pada hari aktif.

Berikut adalah profil penggunaan energi listrik di Gedung Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang berdasarkan tagihan listrik selama periode Januari - Desember 2021.

Tabel 4.1 Profil Penggunaan Listrik Rumah Sakit Siti Khadijah

Bulan	TAGIHAN	kWh LWBP	kWh WBP	Pemakaian kWh
Jan-21	Rp 214.919.985	152.419	29.053	181.472
Feb-21	Rp 208.558.132	148.161	28.021	176.182
Mar-21	Rp 193.583.972	137.212	26.220	163.432
Apr-21	Rp 228.321.042	161.928	30.861	192.789
May-21	Rp 225.480.993	159.431	30.805	190.236
Jun-21	Rp 237.045.080	167.283	32.605	199.888
Jul-21	Rp 239.955.621	169.844	32.661	202.506
Aug-21	Rp 225.482.253	159.927	30.469	190.396
Sep-21	Rp 231.078.308	163.313	31.621	194.934
Oct-21	Rp 219.344.705	155.637	29.597	185.234
Nov-21	Rp 241.936.571	174.398	33.110	207.508
Dec-21	Rp 213.738.549	152.395	28.341	180.736
Total	Rp 2.679.445.211	1.901.949	363.365	2.265.314
Rata rata	Rp 223.287.101	158.496	30.280	188.776

Jika digambarkan dalam grafik combo (Grafik batang dan garis) maka akan terlihat bahwa kenaikan tagihan listrik linier dengan konsumsi Kwh khususnya pada Kwh WBP (Waktu Beban Puncak) karena pada Kwh tarif per Kwh nya lebih besar daripada LWBP (Luar Waktu Beban Puncak).



Gambar 4.1 Grafik Kwh Terpakai (WBP+LWBP) terhadap biaya listrik

Dari data beban tersebut diketahui bahwa penggunaan listrik di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang cukup besar dengan rata-rata year to date biaya tagihan

listrik sebesar Rp223.287.101 dengan penggunaan Kwh Terpakai sebesar 198.979 yang terdiri dari 198.979 kwh LWBP (Luar waktu beban puncak) dan 31.443 kwh WBP (Waktu Beban Puncak).

4.1.2 Data Penggunaan Energi Listrik per Lantai

Beban listrik yang terdapat di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang khususnya di Gedung 6 lantai terdiri dari beban listrik yang sifatnya statis dan beban listrik dinamis dimana beban listrik statis adalah beban yang memiliki sifat tetap, baik besarnya (intensitasnya), waktu kerja dan penggunaanya cenderung tetap misalnya lampu, AC dan lain sebagainya, sedangkan beban listrik dinamis adalah Beban yang besarnya (intensitasnya) berubah-ubah menurut waktu berdasarkan pola operasional, sehingga dapat dikatakan besarnya beban merupakan fungsi waktu misalnya Motor Listrik yg digunakan pompa dan beban listrik lainnya yang memiliki sifat dinamis. Beban statis dan dinamis ini terdiri dari beban Resistif, Capacitif dan Induktif. Berikut adalah daftar beban listrik di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang:

Tabel 4.2 Daftar Beban Listrik Gedung 6 di RS Siti Khadijah Sepanjang

SKEDUL BEBAN SDP GEDUNG

NO	PANEL	LOKASI	FUNGSI	BEBAN TERSAMBUNG					FK %	BEBAN NORMAL				
				(KVA)	(KW)	R	S	T		(KVA)	(KW)	R	S	T
1	PK POMPA AB & KURAS	BASEMENT	POMPA AIR BERSIH & KURAS GEDUNG	14,3	10,0	21,6	21,6	21,6	0,5	7,1	5,0	10,8	10,8	10,8
2	SDP POMPA KAWASAN	R. POMPA KAWASAN	POMPA AIR BERSIH & STP KAWASAN	41,4	29,0	62,8	62,8	62,8	0,8	31,4	22,0	47,6	47,6	47,6
3	PP B	BASEMENT	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	2,6	2,2	4,4	4,0	3,2	0,7	1,8	1,5	3,1	2,8	2,2
4	LP 1	LT. 1	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	16,6	14,1	25,7	25,4	24,3	0,7	11,6	9,9	18,0	17,8	17,0
5	PPAC 1	LT. 1	AC & VENTILASI MEKANIK	27,6	20,1	41,7	40,6	43,1	0,8	22,1	16,1	33,4	32,5	34,5
6	LP 2	LT. 2	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	17,1	14,6	25,2	26,6	26,1	0,7	12,0	10,2	17,6	18,6	18,2
7	PPAC 2	LT. 2	AC & VENTILASI MEKANIK	33,4	25,0	50,4	51,6	50,1	0,8	26,7	20,0	40,3	41,2	40,1
8	LP 3	LT. 3	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	17,4	14,8	25,4	26,3	27,3	0,7	12,2	10,3	17,8	18,4	19,1
9	PPAC 3	LT. 3	AC & VENTILASI MEKANIK	32,6	24,9	50,3	50,3	47,4	0,8	26,0	19,9	40,2	40,2	37,9
10	LP 4	LT. 4	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	13,5	11,5	19,1	21,7	20,6	0,7	9,5	8,0	13,4	15,2	14,4
11	PPAC 4	LT. 4	AC & VENTILASI MEKANIK	34,0	24,9	51,3	52,4	50,6	0,8	27,2	19,9	41,0	41,9	40,5
12	PP ICU 4	LT. 4	EQUIPMENT ICU	8,8	7,4	13,5	14,8	11,6	0,7	31,4	22,0	47,6	47,6	47,6
13	LP 5	LT. 5	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	9,7	8,2	15,8	14,9	13,4	0,7	6,8	5,8	11,1	10,4	9,4
14	PPAC 5	LT. 5	AC & VENTILASI MEKANIK	37,5	27,0	57,7	57,7	54,9	0,8	30,0	21,6	46,2	46,2	43,9
15	PP CSSD	LT. 5	EQUIPMENT CSSD	67,4	50,6	102,1	102,1	102,1	0,7	47,2	35,4	71,5	71,5	71,5
16	PP ICU 5	LT. 5	EQUIPMENT ICU	8,6	5,5	13,9	13,9	11,1	0,7	6,0	3,9	9,7	9,7	7,8
17	LP 6	LT. 6	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	9,4	8,0	13,2	14,7	14,7	0,7	6,6	5,6	9,2	10,3	10,3
18	PPAC 6	LT. 6	AC & VENTILASI MEKANIK	39,8	28,6	59,0	65,0	56,7	0,8	31,8	22,8	47,2	52,0	45,4



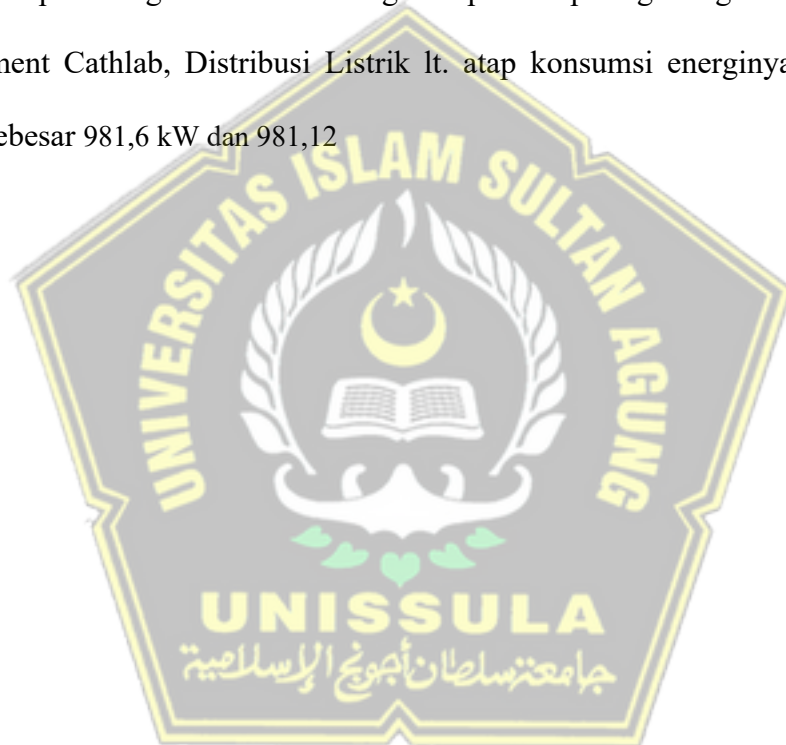
4.1.3 Perhitungan Penggunaan Energi Riil Per Hari

Perhitungan penggunaan energi riil per hari didapat dengan cara menentukan total jam pemakaian dalam satu hari dikalikan dengan total daya. Berikut tabel adalah hasil perhitungannya:

Tabel 4.3 Total konsumsi energi Riil per hari pada gedung

Panel	Lokasi	Fungsi	Beban Tersabung (Watt)	FK %	Beban Normal (Watt)	Total konsumsi energi riil per hari (KW)	Total Jam Pemakaian	WBP (Jam)	LWBP (Jam)	KWH WBP (kwh)	KWH LWBP (kwh)	Total Pemakaian KWH (kwh)/hari
PK POMPA AB & KURAS	BASEMENT	POMPA AIR BERSIH & KURAS	10000	0,5	5000	5	8	3	5	15	25	40
SDP POMPA KAWASAN	R. POMPA KAWASAN	POMPA AIR BERSIH & STP KAWASAN	29000	0,8	23200	23	8	3	5	69,6	116	185,6
PP B	BASEMENT	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	2200	0,7	1540	2	24	5	19	7,7	29,26	36,96
LP 1	LT. 1	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	14100	0,7	9870	10	24	5	19	49,35	187,53	236,88
PPAC 1	LT. 1	AC & VENTILASI MEKANIK	20100	0,8	16080	16	24	5	19	80,4	305,52	385,92
LP 2	LT. 2	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	14600	0,7	10220	10	24	5	19	51,1	194,18	245,28
PPAC 2	LT. 2	AC & VENTILASI MEKANIK	25000	0,8	20000	20	24	5	19	100	380	480
LP 3	LT. 3	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	14800	0,7	10360	10	24	5	19	51,8	196,84	248,64
PPAC 3	LT. 3	AC & VENTILASI MEKANIK	24900	0,8	19920	20	24	5	19	99,6	376,48	478,08
LP 4	LT. 4	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	11500	0,7	8050	8	24	5	19	40,25	152,95	193,2
PPAC 4	LT. 4	AC & VENTILASI MEKANIK	24900	0,8	19920	20	24	5	19	99,6	378,48	478,08
PP ICU 4	LT. 4	EQUIPMENT ICU	7400	0,7	5180	5	24	5	19	25,9	98,42	124,32
LP 5	LT. 5	PENERANGAN & KOTAK KONTAK	8200	0,7	5740	6	24	5	19	28,7	109,06	137,76
PPAC 5	LT. 5	AC & VENTILASI MEKANIK	27000	0,8	21600	22	24	5	19	108	410,4	518,4

Dari hasil perhitungan konsumsi energi Riil per hari pada gedung didapatkan bahwa Equipment Cathlab, Distribusi Listrik Lt. atap konsumsi energinya paling besar yaitu sebesar 981,6 kW dan 981,12



4.1.4. Distribusi Penggunaan Listrik per periode waktu (WBP dan LWBP)

Penggunaan energi listrik yang bersumber dari PLN memiliki dua kategori yaitu WBP (Waktu Beban Puncak) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak). Waktu WBP adalah pada pukul 17:00 – 22:00 atau berdasarkan ketentuan dari PLN setempat. Khusus perhitungan WBP dan LWBP mengacu pada aturan dari PLN seperti pada gambar berikut:

**PENETAPAN PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)
PERIODE JANUARI – MARET 2021**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER (PASCA BAYAR)		PRABAYAR (Rp/kWh)	DIBANDINGKAN DENGAN TARIF SEBELUMNYA
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA KVAh (Rp/kVAh)		
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00	tetap
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.444,70	1.444,70	tetap
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.444,70	1.444,70	tetap
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.444,70	1.444,70	tetap
5.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.444,70	1.444,70	tetap
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 KVA	*)	1.444,70	1.444,70	tetap
7.	B-3/TM	di atas 200 KVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.114,74^{****}$	-	tetap
8.	I-3/TM	di atas 200 KVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ KVAh = $1.114,74^{****}$	-	tetap
9.	I-4/TT	30.000 KVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = $996,74^{****}$	-	tetap
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 KVA	*)	1.444,70	1.444,70	tetap
11.	P-2/TM	di atas 200 KVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = $1.035,78$ KVAh = $1.114,74^{****}$	-	tetap
12.	P-3/TR		*)	1.444,70	1.444,70	tetap
13.	L/TR, TM, TT			1.644,52^{*****}	-	tetap

Catatan :
*) Diterapkan Rata-rata Minimum (RMT);
RMT1 = $40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya Tersambung (KVA)} \times \text{Biaya Pemakaian}$;
**) Diterapkan Rata-rata Minimum (RMT);
RMT2 = $40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya Tersambung (KVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP}$;
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan KVA tersambung;
***) Diterapkan Rata-rata Minimum (RMT);
RMT3 = $40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya Tersambung (KVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP}$;
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan KVA tersambung;
****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (KVAh) dikenakan dalam half faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus);
*****) Dikalikan terhadap faktor "N" dengan nilai N = 1,5
K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem tenaga listrik setempat ($1,4 \leq K \leq 2$);
Ditetapkan oleh Komisi Perencanaan (Perencanaan) PT Perusahaan Listrik Negara.
WBP : Waktu Beban Puncak;
LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 4.1 Perhitungan tarif WBP dan LWBP

PLN, membagi dua waktu pemakaian listrik pelanggannya dengan istilah “Waktu Beban Puncak” (WBP) dan “Luar Waktu Beban Puncak” (LWBP). Rentang waktu pemakaian listrik saat WBP (17.00 s/d 22.00) merupakan saat-saat dimana pemakaian listrik oleh pelanggan terjadi secara hampir bersamaan. Dalam kondisi seperti itu, PLN harus memasok daya dalam jumlah sangat besar agar para pelanggannya bisa menikmati listrik di waktu relatif bersamaan di rentang waktu jam-jam tersebut. Sehingga atas dasar itulah PLN mematok tarif dasar WBP lebih

tinggi daripada LWBP. Berikut adalah distribusi pemakaian beban di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang berdasarkan WBP dan LWBP nya.

Tabel 4.4 Distibusi pemakaian beban (WBP dan LWBP) pada gedung

No.	Lokasi	Aktual KWH Terpakai (Kwh)		
		Total Jam Pemakaian	WBP (Jam)	LWBP (Jam)
1	Pompa Air Bersih & Kuras Gedung (Basement)	8	3	5
2	Pompa Air Bersih & Stp Kawasan (R. Pompa Kawasan)	8	3	5
3	Penerangan & Kotak Kontak(Basement)	24	5	19
4	Penerangan & Kotak Kontak(Lt. 1)	24	5	19
5	Ac & Ventilasi Mekanik(Lt. 1)	24	5	19
6	Penerangan & Kotak Kontak Lt. 2	24	5	19
7	Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 2	24	5	19
8	Penerangan & Kotak Kontak Lt. 3	24	5	19
9	Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 3	24	5	19
10	Penerangan & Kotak Kontak Lt. 4	24	5	19
11	Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 4	24	5	19
12	Equipment Icu Lt. 4	24	5	19
13	Penerangan & Kotak Kontak Lt. 5	24	5	19
14	Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 5	24	5	19
15	Equipment Cstd (Central Sterile Supply Department) Lt. 5	12	3	9
16	Equipment Icu Lt. 5	24	5	19
17	Penerangan & Kotak Kontak Lt. 6	24	5	19
18	Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 6	24	5	19
19	Equipment Cathlab Lt. Atap	12	3	9
20	Distribusi Listrik Lt. Atap	24	5	19
TOTAL		424	92	332

4.1.5. Perhitungan Kwh Terpakai Dalam Periode Hari, Bulan dan Tahun

Setelah menentukan distibusi WBP dan LWBP maka langkah berikutnya adalah menentukan jumlah Kwh terpakai dalam periode waktu hari, bulan dan tahun. Adapun tarif Kwh dari PLN yang diberlakukan di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang adalah LWBP sebesar Rp. 1010/Kwh dan WBP sebesar Rp. 1488/Kwh.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan Kwh pemakaian listrik di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang.

Tabel 4.5 Perhitungan Kwh pemakaian listrik di area gedung

Lokasi	Aktual KWH Terpakai (Kwh)							
	Total Jam Pemakaian	WBP (Jam)	LWP (Jam)	kWh WBP (kwh)	kWh LWP (kwh)	Total Pemakaian KWH (kwh)/hari	Total Pemakaian kWh (kwh)/bulan	Total Pemakaian kWh (kwh)/tahun
Pompa Air Bersih & Kuras Gedung(Basement)	8	3	5	15	25	40	1200	14.400
Pompa Air Bersih & Stp Kawasan(R. Pompa Kawasan)	8	3	5	69,6	116	185,6	5568	66.816
Penerangan & Kotak Kontak(Basement)	24	5	19	7,7	29,26	36,96	1108,8	13.305,6
Penerangan & Kotak Kontak(Lt. 1)	24	5	19	49,35	187,53	236,88	7106,4	85.276,8
Ac & Ventilasi Mekanik(Lt. 1)	24	5	19	80,4	305,52	385,92	11577,6	138.931,2
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 2	24	5	19	51,1	194,18	245,28	7358,4	88.300,8
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 2	24	5	19	100	380	480	14400	172.800
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 3	24	5	19	51,8	196,84	248,64	7459,2	89.510,4
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 3	24	5	19	99,6	378,48	478,08	14342,4	172.108,8
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 4	24	5	19	40,25	152,95	193,2	5796	69.552
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 4	24	5	19	99,6	378,48	478,08	14342,4	172.108,8

Equipment Icu Lt. 4	24	5	19	25,9	98,42	124,32	3729,6	44.755,2
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 5	24	5	19	28,7	109,06	137,76	4132,8	49.593,6
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 5	24	5	19	108	410,4	518,4	15552	186.624
Equipment Ccssd (Central Sterile Supply Department) Lt. 5	12	3	9	106,26	318,78	425,04	12751,2	153.014,4
Equipment Icu Lt. 5	24	5	19	19,25	73,15	92,4	2772	33.264
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 6	24	5	19	28	106,4	134,4	4032	48.384
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 6	24	5	19	114,4	434,72	549,12	16473,6	197.683,2
Equipment Cathlab Lt. Atap	12	3	9	245,4	736,2	981,6	29448	353.376
Distribusi Listrik Lt. Atap	24	5	19	204,4	776,72	981,12	29433,6	353.203,2

Dari tabel diatas terlihat bahwa pemakaian Kwh terbesar adalah 353.376 di panel distribusi Cathlab

4.1.6. Perhitungan Nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi)

IKE adalah istilah yang digunakan untuk menentukan konsumsi energi dari sistem (bangunan). Nilai IKE dapat ditemukan dengan membagi total energi yang dikonsumsi oleh bangunan dalam satu tahun dengan total luas lantai kotor bangunan.

Tabel 4.6 Perhitungan IKE area gedung

Lokasi	Aktual KWH Terpakai (Kwh)							
	Total Jam Pema kaian	WBP (Jam)	LWB P (Jam)	kWh WBP (kwh)	kWh LWBP (kwh)	Total Pemakaian KWH (kwh)/tahun	Luas Bangunan	IKE
Pompa Air Bersih & Kuras Gedung(Base ment)	8	3	5	15	25	14.400	663	21,71946
Pompa Air Bersih & Stp Kawasan(R. Pompa Kawasan)	8	3	5	69,6	116	66.816	663	100,7
Penerangan & Kotak Kontak(Basem ent)	24	5	19	7,7	29,26	13305,6	663	20,0
Penerangan & Kotak Kontak(Lt. 1)	24	5	19	49,35	187,53	85276,8	663	128,6
Ac & Ventilasi Mekanik(Lt. 1)	24	5	19	80,4	305,52	138931,2	663	209,5
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 2	24	5	19	51,1	194,18	88300,8	663	133,1
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 2	24	5	19	100	380	172800	663	260,6
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 3	24	5	19	51,8	196,84	89510,4	663	135,0
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 3	24	5	19	99,6	378,48	172108,8	663	259,5
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 4	24	5	19	40,25	152,95	69552	663	104,9
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 4	24	5	19	99,6	378,48	172108,8	663	259,5
Equipment Icu Lt. 4	24	5	19	25,9	98,42	44755,2	663	67,50
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 5	24	5	19	28,7	109,06	49593,6	663	74,80
Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 5	24	5	19	108	410,4	186624	663	281,4
Equipment Cstd (Central Sterile Supply Department) Lt. 5	12	3	9	106,26	318,78	153014,4	663	230,7
Equipment Icu Lt. 5	24	5	19	19,25	73,15	33264	663	50,17
Penerangan & Kotak Kontak Lt. 6	24	5	19	28	106,4	48384	663	72,9

Ac & Ventilasi Mekanik Lt. 6	24	5	19	114,4	434,72	197683,2	663	298,1
Equipment Cathlab Lt. Atap	12	3	9	245,4	736,2	353376	663	532,9
Distribusi Listrik Lt. Atap	24	5	19	204,4	776,72	353203,2	663	532,7

Dari perhitungan IKE di beberapa area hasilnya ada beberapa lantai yang melebihi standar IKE untuk Rumah Sakit (> 380), antara lain:

- Equipment Cathlab dengan nilai IKE = 532,9
- Distribusi listrik Atap (Water Treatment Plant) = 532,7

4.1.7. Pengukuran Kualitas Daya

Pengukuran kualitas daya dilakukan pada LVMDP melalui alat ukur Power Meter PM 1200 Type Power Logic EGX 300 brand Schneider, pada saat pengukuran beban mode Transfer yang beroperasi pada saat beban waktu puncak dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil pengukuran kualitas daya pada LVMDP

Item	Parameter	Value
Power	Power (Kw)	405
	Reactive (kVAR)	111,4
	Apparent (kVA)	501,35
Current	Ia	661,68
	Ib	646,93
	Ic	663,69
	I Avg	657,43
Power Factor	Power Factor Total	0,902
Voltage	Vab	408,7
	Vbc	392,4
	Vca	384,7

	VLL Avg	395,3
	Van	236,4
	Vbn	236,5
	Vcn	211,3
	VLN Avg	228,1
Frequency	Frequency (Hz)	50,1
Energi	Real Energi (kWH)	367.110

Dari tabel tersebut terlihat bahwa hampir semua parameter sesuai dengan standar kecuali pada nilai Voltage Phase - Phase VCa dan Phase – Netral VCn yang memiliki nilai terkecil namun masih diatas standar, hal ini memerlukan pemeriksaan lebih lanjut pada pengkabelan, terminasi dan output dari trafo untuk memastikan deviasi tersebut.

4.1.8. Pengukuran dan Analisa Perhitungan Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Penerangan

- Pengukuran dan Analisa Intensitas Pencahayaan Listrik

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Pencahayaan

No	Ruangan	Titik Pengujian	Sumber Penerangan	Luas Jendela(m ²)	Intensitas (Lux)		Jenis Pengukuran (Umum/Lokal)
					Hasil	Standar	
1.	Ruang ICU	Tengah Area	Buatan	-	310	200-800	Lokal
2.	Ruang Dokter	Tengah Area	Buatan	1,104	225	200-800	Lokal
3.	Rawat Inap	Tengah Area	Buatan	0,913	230	200-800	Lokal
4.	Ruang Operasi	Tengah Area	Buatan	-	380	200-800	Lokal
5.	Office	Tengah Area	Buatan	5,5	205	200-800	Lokal

6.	Selasar	Tengah Area	Buatan	-	210	200-800	Lokal
7.	Ruang Apotik	Tengah Area	Buatan	5,5	205	200-800	Lokal

Metode Pengukuran yang dipakai adalah Metode Sampling: *Direct Reading* dan Metode Analisis: SNI 7062 : 2019

Analisis :

Dari hasil pengukuran pencahayaan yang dilakukan pada 7 titik didapatkan hasil 4 lux - 359 lux. Jenis pekerjaan rumah sakit yang berganti-ganti, rawat inap, ruang operasi dan ruang icu yang dilakukan pada siang hari didapatkan hasil pengukuran di 7 titik memenuhi standar pencahayaan berdasarkan Peraturan Kementerian Ketenagakerjaan No.5 Tahun 2018 yaitu 300 lux. 7 lokasi tersebut adalah Ruang ICU, Ruang operasi, Rawat Inap, Selasar, apotik, dan Office.

4.2.1.1 Pengumpulan Data dan Identifikasi Kriteria

Penelitian mengambil data dari Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang dengan kapasitas daya terpasang 5500 kVA dengan tujuan utama (goal) adalah efisiensi penggunaan energi listrik. Untuk penentuan alternatif sistem penghematan dilakukan dengan pengamatan, wawancara kepada pihak yang berkompeten (Subject Expert Matter), dan permohonan data ke Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang serta professional judgement dari Dirut. Masukan (input) data pada faktor yang mempengaruhi (kriteria 1) untuk menyelesaikan penelitian ini berupa:

1. Perilaku karyawan

2. Pola operasional
3. Teknologi yang digunakan
4. SOP (Standar Operational Procedure) penggunaan listrik
5. Jumlah peralatan yang digunakan.

Sedangkan untuk data alternatif sistem penghematan terdiri dari:

1. Faktor Man yaitu sistem pemanfaatan dan penghematan energi karyawan
2. Faktor Machine yaitu sistem penghematan teknologi yang sudah ada (as is Condition)
3. Faktor Material yaitu sistem penghematan teknologi yang hemat energi
4. Faktor Methode yaitu sistem penghematan metode operasional

Dari data yang telah didapat akan diolah dengan menggunakan metode AHP. Hasil AHP (output) berupa bobot dari faktor-faktor yang berpengaruh pada penentuan metode penghematan apa yang akan dilakukan.

4.2.1.2 Perbandingan Berpasangan Dan Uji Konsistensi Antar Kriteria

Setelah menentukan struktur hirarki langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan pembobotan kriteria tersebut kedalam matrix perbandingan berpasangan dan menguji konsistensi antar kriteria.

Berikut adalah langkah-langkah untuk menentukan bobot kriteria dan validitas (Uji konsistensi antar kriteria) :

1. Membuat matrik perbandingan berpasangan dalam desimal
2. Menentukan nilai Eigen value

3. Menentukan bobot prioritas
4. Menghitung Jumlah total
5. Membagi setiap kolom dengan jumlah total
6. Menghitung bobot sintesa
7. Menghitung Eigen maks
8. Menghitung λ (lamda) maks
9. Menghitung CI (Consistency Indeks)
10. Menghitung CR (Consistency Rasio)

Tabel 4.9 Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal							0,2
Kriteria	Perilaku karyawan	Pola operasional	Teknologi	SOP Penggunaan listrik	Jumlah Peralatan	2. Eigen Value	3. Bobot Prioritas
Perilaku karyawan	1,000	0,200	7,000	5,000	5,000	2,0362	0,2635
Pola operasional	5,000	1,000	7,000	7,000	5,000	4,1460	0,5365
Teknologi	0,143	0,143	1,000	2,000	5,000	0,7277	0,0942
SOP Penggunaan listrik	0,200	0,143	0,500	1,000	0,333	0,3432	0,0444
Jumlah Peralatan	0,200	0,200	0,200	3,000	1,000	0,4743	0,0614
4. Jumlah Total	6,5429	1,6857	15,7000	18,0000	16,3333	7,7274	1,0000

Setiap kolom dilakukan penjumlahan untuk kemudian dilakukan normalisasi hasil perbandingan berpasangan (nilai sama dengan satu). Baris hasil

normalisasi dijumlahkan dan dibagi sejumlah kolom untuk mendapatkan nilai Eigen Vector (EV)

Tabel 4.10 Bobot sintesa dan Eigen Maks

5. Bagi setiap kolom dengan jumlah total						
Perilaku karyawan	Pola operasional	Teknologi	SOP Penggunaan listrik	Jumlah Peralatan	6. Bobot Sintesa	7. Eigen Maks (X)
0,1528	0,1186	0,4459	0,2778	0,3061	1,3012	4,9383
0,7642	0,5932	0,4459	0,3889	0,3061	2,4983	4,6563
0,0218	0,0847	0,0637	0,1111	0,3061	0,5875	6,2386
0,0306	0,0847	0,0318	0,0556	0,0204	0,2231	5,0237
0,0306	0,1186	0,0127	0,1667	0,0612	0,3898	6,3515
Total						27,2084

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai EV untuk setiap kriteria. Untuk menghitung konsistensi nilai tersebut maka dilakukan perhitungan Consistency Ratio (CR). Dan untuk mendapatkan nilai CR perlu dilakukan perhitungan Consistency Index (CI). Perhitungan CI adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 8. \lambda_{maks} &= \frac{\text{Total Eigen Maks}}{\text{Jumlah ordo Matrix}} \\
 &= \frac{27,2084}{5} \\
 &= 5,4417 \\
 9. CI (\text{Consistency Indeks}) &= \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{5,4417 - 5}{5 - 1} \\
 &= \frac{0,4417}{4} \\
 &= 0,1104
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan IR (Indeks Rasio), harus melihat tabel berdasarkan tabel Random Indeks oleh Saaty berdasarkan ordo matrix.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Tabel 4.11 Random Indeks Saaty berdasarkan ordo matrix

Random Indeks untuk matrix ordo 5x5 adalah : 1,12

$$\begin{aligned}
 \text{10. CR (Consistency Rasio)} &= \frac{CI}{RI} \\
 &= \frac{0,1104}{1,12} \\
 &= 0,00986
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, nilai CR kurang dari 0,1 atau 10% maka hasil perbandingan dianggap konsisten.

- Perbandingan Berpasangan Dan Uji Konsistensi Kriteria Perilaku Karyawan

Tabel 4.12 Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal Kriteria Perilaku Karyawan

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal 0,25						
Kriteria	Man	Machine	Material	Method	2. Eigen Value	3. Bobot Prioritas
Man	1,000	7,000	7,000	3,000	3,4820	0,5618
Machine	0,143	1,000	5,000	0,200	0,6148	0,0992
Material	0,143	0,200	1,000	0,143	0,2528	0,0408
Method	0,333	5,000	7,000	1,000	1,8481	0,2982
4. Jumlah Total	1,6190	13,2000	20,0000	4,3429	6,1977	1,0000

Tabel 4.13 Bobot sintesa dan Eigen Maks Kriteria Perilaku Karyawan

5. Bagi setiap kolom dengan jumlah total					
Man	Machine	Material	Method	6. Bobot Sintesa	7. Eigen Maks (X)
0,6176	0,5303	0,3500	0,6908	2,1887	3,8958
0,0882	0,0758	0,2500	0,0461	0,4600	4,6377

0,0882	0,0152	0,0500	0,0329	0,1863	4,5676
0,2059	0,3788	0,3500	0,2303	1,1649	3,9066
Total					17,0077

$$\begin{aligned}
 8. \lambda \text{ maks} &= \frac{\text{Total Eigen Maks}}{\text{Jumlah ordo Matrix}} \\
 &= \frac{17,0077}{4} \\
 &= 4,2519
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 9. \text{CI (Consistency Indeks)} &= \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{4,2519 - 4}{4 - 1} \\
 &= \frac{0,2519}{3} \\
 &= 0,084
 \end{aligned}$$

Random Indeks untuk matrix ordo 4x4 adalah : 0,9

$$\begin{aligned}
 10. \text{CR (Consistency Rasio)} &= \frac{\text{CI}}{\text{RI}} \\
 &= \frac{0,084}{0,9} \\
 &= 0,00986
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, nilai CR kurang dari 0,1 atau 10% maka hasil perbandingan dianggap konsisten.

- Perbandingan Berpasangan Dan Uji Konsistensi Kriteria Pola Operasional

Tabel 4.14 Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal Kriteria Pola Operasional

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal 0,25

Kriteria	Man	Machine	Material	Method	2. Eigen Value	3. Bobot Prioritas
Man	1,000	7,000	7,000	0,333	2,0103	0,3307
Machine	0,143	1,000	0,200	0,143	0,2528	0,0416
Material	0,143	5,000	1,000	0,200	0,6148	0,1011
Method	3,000	7,000	5,000	1,000	3,2011	0,5266
4. Jumlah Total	4,2857	20,0000	13,2000	1,6762	6,0790	1,0000

Tabel 4.15 Bobot sintesa dan Eigen Maks Kriteria Pola Operasional

5. Bagi setiap kolom dengan jumlah total					
Man	Machine	Material	Method	6. Bobot Sintesa	7. Eigen Maks (X)
0,2333	0,3500	0,5303	0,1989	1,3125	3,9688
0,0333	0,0500	0,0152	0,0852	0,1837	4,4183
0,0333	0,2500	0,0758	0,1193	0,4784	4,7305
0,7000	0,3500	0,3788	0,5966	2,0254	3,8463
Total					16,9639

$$\begin{aligned}
 8. \lambda \text{ maks} &= \frac{\text{Total Eigen Maks}}{\text{Jumlah ordo Matrix}} \\
 &= \frac{16,9639}{4} \\
 &= 4,2410
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 9. CI \text{ (Consistency Indeks)} &= \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{4,2410 - 4}{4 - 1} \\
 &= \frac{0,2410}{3} \\
 &= 0,080
 \end{aligned}$$

Random Indeks untuk matrix ordo 4x4 adalah : 0,9

$$\begin{aligned}
 10. CR \text{ (Consistency Rasio)} &= \frac{CI}{RI} \\
 &= \frac{0,080}{0,9} \\
 &= 0,0892
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, nilai CR kurang dari 0,1 atau 10% maka hasil perbandingan dianggap konsisten.

- Perbandingan Berpasangan Dan Uji Konsistensi Kriteria Teknologi

Tabel 4.16 Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal Kriteria Teknologi (Material)

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal					0,25	
Kriteria	Man	Machin e	Materia l	Method e	2. Eigen Value	3. Bobot Prioritas
Man	1,000	7,000	0,200	0,333	0,8265	0,1404
Machine	0,143	1,000	0,143	0,143	0,2324	0,0395
Material	5,000	7,000	1,000	0,200	1,6266	0,2763
Methode	3,000	7,000	5,000	1,000	3,2011	0,5438
4. Jumlah Total	9,142 9	22,0000	6,3429	1,6762	5,8865	1,0000

Tabel 4.17 Bobot sintesa dan Eigen Maks Kriteria Teknologi

5. Bagi setiap kolom dengan jumlah total					
Man	Machine	Material	Methode	6. Bobot Sintesa	7. Eigen Maks (X)
0,1094	0,3182	0,0315	0,1989	0,6580	4,6860
0,0156	0,0455	0,0225	0,0852	0,1688	4,2769
0,5469	0,3182	0,1577	0,1193	1,1420	4,1330
0,3281	0,3182	0,7883	0,5966	2,0312	3,7352
Total					16,8311

$$8. \lambda \text{ maks} = \frac{\text{Total Eigen Maks}}{\text{Jumlah ordo Matrix}}$$

$$= \frac{16,8311}{4}$$

$$= 4,2078$$

9. CI (Consistency Indeks)

$$= \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1}$$

$$= \frac{4,2078 - 4}{4 - 1}$$

$$= \frac{0,2078}{3}$$

$$= 0,069$$

Random Indeks untuk matrix ordo 4x4 adalah : 0,9

$$\begin{aligned} \text{10. CR (Consistency Rasio)} &= \frac{CI}{RI} \\ &= \frac{0,069}{0,9} \\ &= 0,0770 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, nilai CR kurang dari 0,1 atau 10% maka hasil perbandingan dianggap konsisten.

- Perbandingan Berpasangan Dan Uji Konsistensi Kriteria SOP Penggunaan Listrik

Tabel 4.18 Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal Kriteria SOP Penggunaan Listrik

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal					0,25	
Kriteria	Man	Machin e	Materia l	Method e	2. Eigen Value	3. Bobot Prioritas
Man	1,000	7,000	7,000	0,200	1,7693	0,2975
Machine	0,143	1,000	0,500	0,200	0,3457	0,0581
Material)	0,143	2,000	1,000	0,200	0,4889	0,0822
Methode	5,000	5,000	5,000	1,000	3,3437	0,5622
4. Jumlah Total	6,285 7	15,0000	13,5000	1,6000	5,9477	1,0000

Tabel 4.19 Bobot sintesa dan Eigen Maks Kriteria SOP Penggunaan Listrik

5. Bagi setiap kolom dengan jumlah total					
Man	Machine	Material	Methode	6. Bobot Sintesa	7. Eigen Maks (X)
0,1591	0,4667	0,5185	0,1250	1,2693	4,2667
0,0227	0,0667	0,0370	0,1250	0,2514	4,3255

0,0227	0,1333	0,0741	0,1250	0,3551	4,3202
0,7955	0,3333	0,3704	0,6250	2,1242	3,7784
Total					16,6908

$$\begin{aligned}
 8. \lambda \text{ maks} &= \frac{\text{Total Eigen Maks}}{\text{Jumlah ordo Matrix}} \\
 &= \frac{16,6908}{4} \\
 &= 4,1727
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 9. CI (\text{Consistency Indeks}) &= \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{4,1727 - 4}{4 - 1} \\
 &= \frac{0,1727}{3} \\
 &= 0,058
 \end{aligned}$$

Random Indeks untuk matrix ordo 4x4 adalah : 0,9

$$\begin{aligned}
 10. CR (\text{Consistency Rasio}) &= \frac{CI}{RI} \\
 &= \frac{0,058}{0,9} \\
 &= 0,0640
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, nilai CR kurang dari 0,1 atau 10% maka hasil perbandingan dianggap konsisten.

- Perbandingan Berpasangan Dan Uji Konsistensi Kriteria Jumlah Peralatan

Tabel 4.20 Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal kriteria jumlah peralatan

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal					0,25	
Kriteria	Man)	Machin e	Materia l	Method e	2. Eigen Value	3. Bobot Prioritas
Man	1,000	7,000	5,000	0,200	1,6266	0,2649
Machine	0,143	1,000	0,333	0,143	0,2872	0,0468
Material)	0,200	3,000	1,000	0,200	0,5886	0,0959
Methode)	5,000	7,000	5,000	1,000	3,6371	0,5924
4. Jumlah Total	6,342 9	18,0000	11,3333	1,5429	6,1395	1,0000

Tabel 4.21 Bobot sintesa dan Eigen Maks Kriteria jumlah peralatan

5. Bagi setiap kolom dengan jumlah total					
Man	Machine	Material	Method	6. Bobot Sintesa	7. Eigen Maks (X)
0,1577	0,3889	0,4412	0,1296	1,1174	4,2174
0,0225	0,0556	0,0294	0,0926	0,2001	4,2773
0,0315	0,1667	0,0882	0,1296	0,4161	4,3401
0,7883	0,3889	0,4412	0,6481	2,2665	3,8258
Total					16,6606

$$\begin{aligned}
 8. \lambda \text{ maks} &= \frac{\text{Total Eigen Maks}}{\text{Jumlah ordo Matrix}} \\
 &= \frac{16,6606}{4} \\
 &= 4,1652
 \end{aligned}$$

9. CI (Consistency Indeks)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1} \\
 &= \frac{4,1652 - 4}{4 - 1} \\
 &= \frac{0,1652}{3}
 \end{aligned}$$

$$= 0,055$$

Random Indeks untuk matrix ordo 4x4 adalah : 0,9

$$\begin{aligned}
 10. \text{ CR (Consistency Rasio)} &= \frac{CI}{RI} \\
 &= \frac{0,055}{0,9} \\
 &= 0,0612
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, nilai CR kurang dari 0,1 atau 10% maka hasil perbandingan dianggap konsisten.

4.2.1.3 Menyusun summary hasil dari implementasi metode AHP (Analytical Hierarchy Process)

Setelah membuat perbandingan berpasangan dan uji konsistensi antar kriteria berikutnya adalah menyusun summary hasil penerapan metode AHP, adapun hasil dari implementasi ini adalah sebagai berikut:

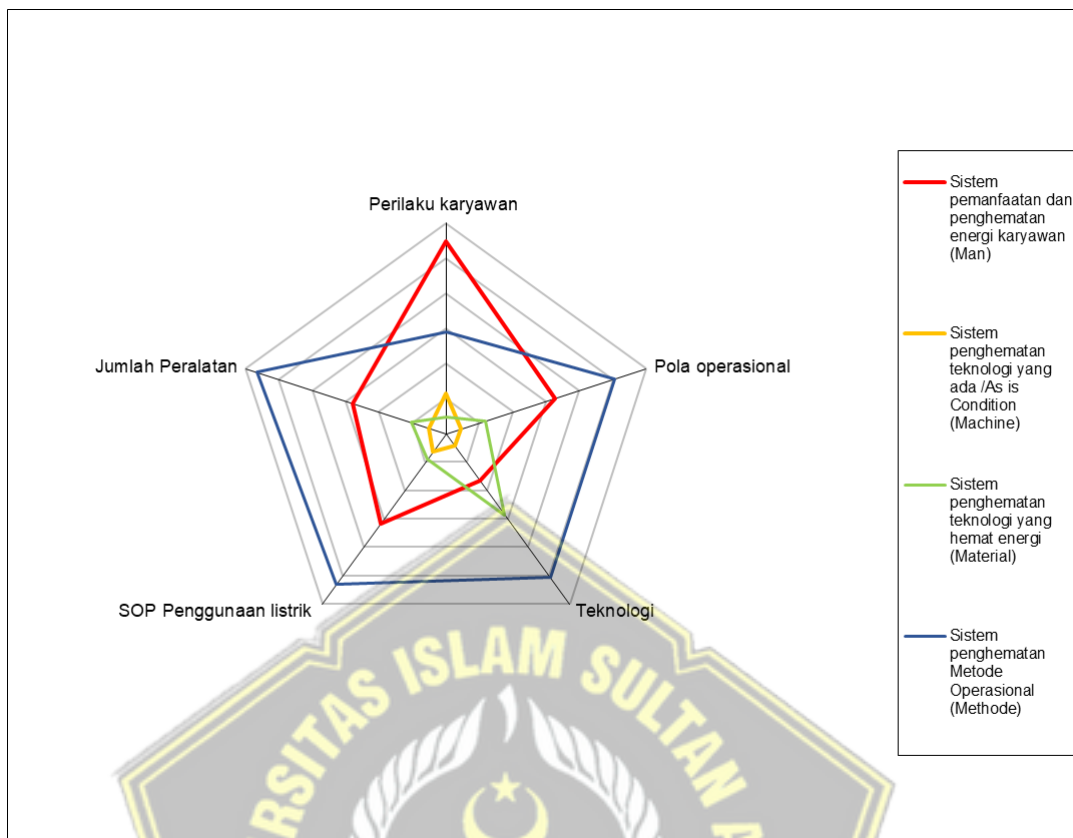
Tabel 4.22 Summary hasil implementasi AHP

Summary	Perilaku karyawan		Pola operasional		Teknologi		SOP Penggunaan listrik		Jumlah Peralatan		Final Score
	Weighting	Score	Weighting	Score	Weighting	Score	Weighting	Score	Weighting	Score	
Man	0,260	0,547	0,500	0,328	0,118	0,164	0,045	0,317	0,078	0,279	0,362
Machin	0,260	0,115	0,500	0,046	0,118	0,042	0,045	0,063	0,078	0,050	0,065
Materi	0,260	0,047	0,500	0,120	0,118	0,286	0,045	0,089	0,078	0,104	0,117
Metho	0,260	0,291	0,500	0,506	0,118	0,508	0,045	0,531	0,078	0,567	0,456

Dari tabel diatas dapat diketahui hasil perhitungan dengan metode AHP sebagai berikut:

- Faktor Man yaitu sistem pemanfaatan dan penghematan energi karyawan = **0,362**
- Faktor Machine yaitu sistem penghematan teknologi yang sudah ada (as is Condition) = **0,065**
- Faktor Material yaitu sistem penghematan teknologi yang hemat energi = **0,117**
- Faktor Methode yaitu sistem penghematan metode operasional = **0,456**

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor metode yaitu sistem penghematan metode operasional adalah hasil yang tertinggi dengan nilai 0,456 diikuti oleh Faktor Man yaitu sistem pemanfaatan dan penghematan energi karyawan dengan nilai 0,362 maka dua item ini akan dijadikan fokus utama untuk program efisiensi energi. Bila diplot kedalam grafik radar hasilnya sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Radar distribusi data hasil perhitungan dengan metode AHP

4.2.2 Menyusun Program dan Implementasi Penghematan Energi

Dari summary hasil implementasi metode AHP, maka berikutnya adalah menyusun program penghematan energi berdasarkan prioritas yaitu Prioritas Capex (Capital Expenditure) yang terkecil dengan payback periode paling cepat, berikut adalah daftar program penghematan energi sampai dengan 5 tahun kedepan di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang.

Tabel 4.23 Program Efisiensi Energi Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang

Rencana Kerja Strategis 5 Tahun
Program Efisiensi Energi
Rumah sakit Siti khadijah Sepanjang

No.	Faktor	Description of Opportunity	Lokasi	Investment Class	Capital Cost	Potential Payback	Saving Actual		
							\$	kWh Saving	Progress
1	Material	Instalasi Capacitor bank	ruang panel	High	Rp 120.000.000	0,67	120.000.000	88.889	2023
2	Material	Pergantian lampu TL ke lampu LED	All Area	Medium	Rp 600.000.000	2	63.600.000	47.111	2022
3	Material	Instalasi soft starter dan Inverter di ruang server	ruang server	high	Rp 200.000.000	1,8	216.000.000	160.000	2022
4	Material	Instalasi timer pada area mess dan kantor	All Area	Medium	Rp 50.000.000	1,2	42.000.000	31.111	2023
5	Man	Mematikan lampu saat istirahat	All Area	low		-	4.200.000	3.111	Done
6	Material	Mengganti Ac non inverter ke inverter	All Area	low	Rp48.000.000	1,6	19.200.000	14.222	2024
7	Machine	overhaul genset perkins 550 kVA	Power house	Medium	Rp60.000.000	1,3	48.000.000	35.556	2024
8	Methode	pemadaman listrik di area yang tidak digunakan selama minimal 2 jam	All Area	low		-	12.600.000	9.333	Done
9	Material	Pemakaian lampu sensor cahaya dan lampu menyala pada saat pintu ditutup	All Area	low	Rp15.000.000	0,8	9.600.000	7.111	2025
10	Material	Pemakaian standing AC untuk ruang panel 2x 5PK	Server	low	Rp 50.000.000	0,7	8.400.000	6.222	2022
11	Machine	Optimalisasi penggunaan genset	Power house	low		-	6.000.000	4.444	2025
12	Machine	Mengurangi jumlah genset yang standby backup	Power house	low		-	4.200.000	3.111	2024
13	Machine	Pengurangan penggunaan genset	Power house	low		-	3.084.000.000	2.284.444	2024
14	Material	Instalasi soft starter pada fuel pump	Rumah pompa	low	Rp10.000.000	0,6	19.200.000	14.222	2023
15	Machine	Maintenance Genset	All Area	low		-	14.400.000	10.667	2022
16	Methode	pengalihan genset ke PLN	Power house	low	Rp45.000.000	0,4	114.000.000	84.444	Done
17	Methode	Menggeser Pola Operasional dari WBP ke LWPB dengan tanpa mengurangi produktifitas	Power house	low	Rp15.000.000	-	245.000.000	181.481	Done
Total					Rp1.213.000.000		Rp4.030.400.000	2.985.481	

Dari tabel di atas, Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang akan melaksanakan program efisiensi energi prioritas berdasarkan hasil dari analisa metode AHP yaitu faktor Man (sistem pemanfaatan dan penghematan energi karyawan) dan Methode (sistem penghematan metode operasional) pada item nomor 5,8,16 dan 17.

4.2.3 Implementasi Penghematan Energi

Implementasi peluang penghematan energi yang dilakukan antara lain:

Tabel 4.24 Hasil Implementasi Peluang Penghematan Energi Pada Bangunan

No	faktor	Jenis kegiatan	Saving (Rp)	Kwh Saving	Progress
1	Man	Mematikan lampu saat istirahat	42.600.000	31.566	Done
2	Method	Pemadaman listrik hari minggu dan hari libur selama minimal 2 jam	21.000.000	15.556	Done
3	Method	Pengalihan genset ke PLN di power house	114.000.000	84.444	Done
4	Method	Menggeser Pola Operasional dari WBP ke LWBP dengan tanpa mengurangi produktifitas	245.000.000	77.778	Done
Total			375.800.000	174.667	

Dari tabel tersebut terlihat total penghematan adalah sebesar = Rp. 375.800.000 Dengan demikian maka penghematan adalah sebesar 14% dari Biaya Year to Date (YTD) seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 4.25 Hasil Penghematan Biaya Listrik

Bulan	TAGIHAN	kWh LWBP	kWh WBP	Pemakaian KWh
Jan-21	Rp 214.919.985	152.419	29.053	181.472
Feb-21	Rp 208.558.132	148.161	28.021	176.182
Mar-21	Rp 193.583.972	137.212	26.220	163.432
Apr-21	Rp 228.321.042	161.928	30.861	192.789
May-21	Rp 225.480.993	159.431	30.805	190.236
Jun-21	Rp 237.045.080	167.283	32.605	199.888
Jul-21	Rp 239.955.621	169.844	32.661	202.506
Aug-21	Rp 225.482.253	159.927	30.469	190.396
Sep-21	Rp 231.078.308	163.313	31.621	194.934
Oct-21	Rp 219.344.705	155.637	29.597	185.234
Nov-21	Rp 241.936.571	174.398	33.110	207.508
Dec-21	Rp 213.738.549	152.395	28.341	180.736
Total	Rp 2.679.445.211	1.901.949	363.365	2.265.314
Rata rata	Rp 223.287.101	158.496	30.280	188.776
saving	375.800.000			
percentase	14%			

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil proses audit dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) serta implementasi peluang penghematan dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut :

1. Dari data beban yang ada diketahui bahwa penggunaan listrik di Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang cukup besar dengan rata-rata year to date biaya tagihan listrik sebesar Rp2.679.445.211 dengan penggunaan Kwh Terpakai sebesar 2.265.314 kWh yang terdiri dari 1.901.949 kwh LWBP (Luar waktu beban puncak) dan 363.365 kwh WBP (Waktu Beban Puncak).
2. Hasil perhitungan dengan metode AHP didapatkan hiraki hasil sebagai berikut:
 - Faktor Man yaitu sistem pemanfaatan dan penghematan energi karyawan sebesar 0,362
 - Faktor Machine yaitu sistem penghematan teknologi yang sudah ada (as is Condition) sebesar 0,065
 - Faktor Material yaitu sistem penghematan teknologi yang hemat energi

sebesar 0,117

- Faktor Methode yaitu sistem penghematan metode operasional sebesar 0,456

Dengan demikian sistem penghematan metode operasional memiliki hasil yang tertinggi dengan nilai 0,456 diikuti oleh Faktor Man yaitu sistem pemanfaatan dan penghematan energi karyawan dengan nilai 0,362 maka dua item ini dijadikan fokus utama untuk program efisiensi energi.

3. Hasil implementasi penghematan dengan program menggeser operasional dari WBP ke LWBP pada Rumah sakit berhasil memberikan kontribusi sebesar Rp. 245.000.000 pertahun
4. Hasil implementasi penghematan faktor metode dan Man lainnya sebesar Rp.130.800.000 sehingga total biaya penghematan adalah Rp. 375.800.000 ekuivalen dengan 14% dari biaya listrik year to date.

5.2 Saran

Beberapa tambahan yang diperlukan dalam meningkatkan kemampuan audit ini adalah :

1. Agar didapatkan hasil penghematan yang lebih besar maka perusahaan harus melakukan implementasi semua program penghematan energi yang telah disusun secara menyeluruh agar dapat menurunkan biaya penggunaan energi listrik.
2. Disarankan Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang untuk melakukan Audit Energi secara reguler tiap tahun agar supaya proses evaluasi pemanfaat energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta

rekomendasi peningkatan efisiensi pada suatu perusahaan bisa terus dilakukan secara terus menerus.

3. Energi listrik merupakan energi vital yang sampai saat ini sumbernya sebagai besar berasal dari energi fosil untuk itu perusahaan agar bijak dalam penggunaannya melalui program-program konservasi energi dengan selalu melakukan kampanye dan pemberian informasi kepada seluruh karyawan agar memiliki awareness terhadap penggunaan listrik secara bijak.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Zulkifli, *PLN Sustainability Report* (PT. Perusahaan Listrik Negara, Jakarta, 2019)
- [2] F. Ratnanto and Werdaningsih.Y., *audit energi dengan pendekatan metode ahp (analytical hierarchy process) untuk penghematan energi listrik (studi kasus:pt. abc)* (Simposium Nasional RAPI XV – 2016 FT UMS, ISSN 1412-9612, Surakarta, 2016)
- [3] P.Firdaus and Mubarak.H., *Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Listrik PT. Intan Pariwara Klaten* (Fakultas Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2019)
- [4] M. Butarbutar and Riyanto.M., *A Manajemen Sisi Beban dan Optimalisasi Tingkat Konsumsi Energi Di SMK Negeri 2 Pontianak* (Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak, Pontianak, 2017)
- [5] Muslimin, Hardiansyah and Arsyad.I.M., *Audit Energi Listrik Pada Pusat Perbelanjaan Department Store Matahari A. Yani Mega Mall Pontianak* (Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak, Pontianak, 2017)
- [6] M. Parlindungan, *Audit Energi Dalam Manajemen Energi : Mendukung Diklat Teknis Audit Energi Pada Bangunan Gedung* (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2014)

- [7] B. Sayogo, F. Widjaja, S. T. Sinaga, Soemarjanto, D. S. Soetarman, and S. Simagunsong, *PUIL (PERSYARATAN UMUM INSTALASI LISTRIK)* 2011, Edisi 14., vol. 2011. Jakarta, 2011.
- [8] Alwis, A.Roni, *Internal Audit Report* (PT. Tanjungenim Lestari Pulp and Paper (Final 2014), Tanjungenim, 2015)
- [9] Saaty.T., *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks* (Pustaka Binama Pressindo, Jakarta, 1993)
- [10] Saaty.T.L.,and Luis G.Vargas, *The Analytical Hierarchy Process Vol.VII: "Decision Making in Economic, Political, Social, Technological Environments.1st Edition* (RWS Publications, Pittsburgh, 1994) p.9
- [11] Saaty, Thomas L. "Decision making with the analytic hierarchy process." *International journal of services sciences* 1.1 (2008): 83-98
- [12] K. Suryadi and M. Ali Ramdhani, "*Sistem Pendukung Keputusan Suatu Wacana Struktural Idealisasi Dan Implementasi konsep Pengambilan Keputusan*" (Remaja Rosdakarya Offset, Bandung, 1998)
- [13] C.W. Andriadi, "*Sistem Pendukung Keputusan Dalam Investasi Properti*" (STIMK AKAKOM, Yogyakarta, 2006)
- [14] Kusriani, "*Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*" (Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2007)
- [15] Taufiq, R. "*Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kinerja Kependidikan Menggunakan Metode Analytical Hierarchi Process*

(Studi Kasus Di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang). ”
(Jurnal Tekno Insentif Kopwil4. Vol. 7. No. (2). 36 – 44, Tangerang, 2013)

- [16] M. Faridha and M. D. Y. Saputra, “*Analisa Pemakaian Daya Lampu Led Pada Rumah Tipe 36 2086-9479,*” *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 3, pp. 193–198, 2016.
- [17] Gellings, P.E., and J.H. Chamberlin. 1993. “*Demand Side Management, Concepts & Methods*”. Oklahoma : Pennwell Publishing Company
- [18] Menteri Energy Sumber Daya Mineral Indonesia. 2012. *Nilai IKE Standar di Bangunan Gedung Perkantoran Pemerintah Berdasarkan Permen ESDM No. 13/2012*. Sumber : <http://prokum.esdm.go.id/permen/2012/.pdf>
- [19] Badan Standardisasi Nasional, 2000, SNI 03-6196-2000, *Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*, Jakarta,BSN
- [20] Departemen Pendidikan Nasional, 2006, *Teknik Penghematan Energi Pada Rumah Tangga dan Gedung*, Jakarta, DPN

