

**AUDIT DAN OPTIMALISASI ENERGI LISTRIK PADA  
BLK DEMAK DENGAN METODE  
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)**

Tesis S-2

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



Disusun oleh

Achlis

MTE20602200007

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

**AUDIT DAN OPTIMALISASI ENERGI LISTRIK PADA  
BLK DEMAK DENGAN METODE  
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)**

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Achlis

MTE20602200007

telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Pada tanggal: 2 Agustus 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua penguji

  
Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT

NIDN.0628086501

Penguji 1

Dr. Ir. Sukarno Budi Utomo, MT  
NIDN. 0619076401

Penguji 2

Dr. Ir. Novi Marlana, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng.  
NIDN. 0015117601Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Tanggal 9 Agustus 2024

Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

  
Prof. Dr. H. Sri Attini Dwi Prasetyowati, MSi

NIDN : 0620026501

**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Achlis  
NIM : 20602200007  
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 Dan Optimalisasi Energi Listrik Pada BLK Demak Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)”**

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 ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan ditunjuk dalam daftar pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam tesis ini adalah tanggung jawab saya.

Semarang, 9 Agustus 2024



Achlis

NIM: 20602200007

## PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Achlis
NIM	: 20602200007
Program Studi	: Magister Teknik Elektro
Fakultas	: Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi\* dengan judul :

“ Audit Dan Optimalisasi Energi Listrik Pada BLK Demak Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)”

dan menyetujuinya menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 9 Agustus 2024

Yang menyatakan,



(Achlis)

\*Coret yang tidak perlu

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“AUDIT DAN OPTIMALISASI ENERGI LISTRIK PADA BLK DEMAK DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)”** disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar magister pada Program Studi Magister Teknik Elektro fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA).

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan tesis ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang tak sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung dan dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan masukan, saran, meluangkan waktu serta kemudahan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, MSi selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Ir. Sukarno Budi Utomo, MT selaku pembimbing pertama yang telah banyak memberikan masukan, saran, meluangkan waktu serta kemudahan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
4. Bapak Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, saran dalam seminar dan sidang tesis.
5. Seluruh dosen program studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya, terima kasih telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis, semoga ilmu yang bapak ibu berikan bermanfaat bagi semuanya dan semoga senantiasa mendapat pahala dari Allah swt.

6. Bapak Ahmad Hilaludin, ST., MT selaku Plt Kepala UPTD BLK Demak beserta karyawan/karyawati UPTD BLK Demak yang turut membantu penulis selama pengambilan data dan penyusunan tesis ini.
7. Teman-teman Magister Teknik Elektro Angkatan 2022 yang selalu memberikan motivasi dan semangat selama penulis menyelesaikan tesis ini.
8. Ibu dan keluargaku tercinta yang selalu memberi support dan doanya dalam menyelesaikan tesis ini.
9. Istriku, anak-anakku (ZahRaFatih) yang senantiasa sabar dan tanpa kenal lelah memberikan motivasi dan semangat selama penulis mulai menempuh studi sampai selesainya studi ini.
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu pembuatan dan penyelesaian tesis ini.

Demikian Tesis ini dibuat, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna, maka saran dan kritik yang membangun agar dapat menyempurnakan segala kekurangan dan menjadi lebih baik lagi untuk perbaikan dimasa datang. Penulis berharap agar tesis ini dapat berguna untuk para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan. Amin.

Semarang, 9 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Penelitian .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Keaslian Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	7
2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Energi Listrik .....	8
2.2.2 Audit Energi.....	9
2.2.3 Audit Energi Pada Bangunan Gedung .....	10
2.2.4 Prosedur Audit Energi Bangunan.....	11
2.2.5 Intensitas Konsumsi Energi (IKE).....	13
2.2.6 Penyusunan dan Pengumpulan Data Gedung .....	14
2.2.7 Parameter Utama Analisis Audit Energi.....	15
2.2.7.1 Daya Listrik.....	15
2.2.7.2 Segitiga Daya .....	15

2.2.8 Perhitungan Daya Sistem Tata Cahaya Pada Bangunan Gedung.....	18
2.2.8.1 Perhitungan Tingkat Pencahayaan.....	20
2.2.8.2 Perhitungan Kebutuhan Daya Pencahayaan.....	22
2.2.9 Perhitungan Daya Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung.....	23
2.2.10 Analytic Hierarchy Process (AHP).....	25
2.2.10.1 Perhitungan AHP Dengan Metode Eksak.....	29
2.2.10.2 Perhitungan AHP Dengan Metode Perkiraan.....	34
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>36</b>
3.1 Model Penelitian.....	36
3.2 Data Penelitian.....	38
3.2.1 Profil BLK Demak.....	38
3.2.2 Data Konsumsi Energi.....	41
3.2.3 Daftar Beban Kantor dan Kejuruan.....	41
3.2.4 Matrik Pelatihan.....	44
3.2.5 Sistem Tata Cahaya dan Udara Pada Gedung BLK.....	46
3.3 Peralatan Penelitian.....	46
3.4 Alur Penelitian.....	47
3.5 Penerapan Metode AHP.....	48
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA PENELITIAN</b> .....	<b>50</b>
4.1 Audit Energi.....	50
4.1.1 Analisa Tata Cahaya.....	50
4.1.2 Analisa Tata Udara.....	51
4.1.3 Analisa Nilai IKE.....	53
4.2 Analytical Hierarchy Process (AHP).....	58
4.2.1 Metode Pembobotan Kriteria dan Alternatif.....	58
4.2.2 Perhitungan AHP Dengan Metode Perkiraan Untuk Kriteria.....	59
4.2.3 Perhitungan AHP Untuk Alternatif Nilai IKE.....	63
4.2.4 Perhitungan AHP Untuk Alternatif Intensitas Pelatihan.....	69
4.2.5 Perhitungan AHP Untuk Alternatif Jam Pelatihan.....	74
4.2.6 Perhitungan AHP Untuk Alternatif Jumlah Sarana.....	80
4.2.7 Perangkingan Rekomendasi Optimalisasi Energi.....	86



4.3 Implementasi Optimalisasi Energi Pada Workshop Las .....	87
4.3.1 Langkah-Langkah Optimalisasi Energi .....	88
4.3.2 Besarnya Penghematan Optimalisasi Workshop Las .....	90
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	91
5.1 Kesimpulan .....	91
5.2 Saran .....	92
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	93
<b>LAMPIRAN</b> .....	C1



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Prosedur Audit Energi Pada SNI 6196:2011 .....	12
Gambar 2.2 Segitiga Daya.....	15
Gambar 2.3 Nilai Lumens Berdasar Jenis dan Daya Lampu .....	22
Gambar 2.4 Hirarki, Kriteria dan Alternatif Pemilihan Mobil .....	28
Gambar 2.5 Pohon AHP Memilih Mobil Beserta Bobot Kriterianya .....	31
Gambar 2.6 Pohon AHP Beserta Bobot Kriteria & Alternatifnya .....	33
Gambar 3.1 Model Penelitian .....	36
Gambar 3.2 Pohon Bertingkat Optimalisasi Energi Pakai AHP .....	37
Gambar 3.3 Denah BLK Demak.....	39
Gambar 3.4 Diagram Single Line Panel Utama ke AC, TKR & Las .....	40
Gambar 3.5 Diagram Single Line Panel Utama ke Kantor, PHP & Jahit.....	40
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian .....	47
Gambar 4.1 Penilaian Kriteria Oleh Responden .....	58
Gambar 4.2 Penilaian Alternatif Nilai IKE Oleh Responden .....	63
Gambar 4.3 Penilaian Alternatif Intensitas Pelatihan Oleh Responden .....	69
Gambar 4.4 Penilaian Alternatif Jam Pelatihan Oleh Responden .....	75
Gambar 4.5 Penilaian Alternatif Jumlah Sarana Oleh Responden .....	81
Gambar 4.6 Pohon AHP Optimalisasi Energi Beserta Bobotnya .....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian .....	5
Tabel 2.1 Standard Kriteria IKE (Intensitas Konsumsi Energi) .....	13
Tabel 2.2 Standar IKE Pada Bangunan Gedung di Indonesia.....	14
Tabel 2.3 Tingkat Pencahayaan dan Renderansi Berdasarkan SNI 2020 .....	19
Tabel 2.4 Contoh Nilai Renderasi Warna (Ra) Beberapa Jenis Lampu .....	19
Tabel 2.5 Densitas Daya Lampu Maksimum Metode Ruang .....	20
Tabel 2.6 Konversi Satuan PK ke BTU/hr dan Daya .....	24
Tabel 2.7 Skala Perbandingan Berpasangan .....	25
Tabel 2.8 Nilai Random Index (RI) .....	27
Tabel 2.9 Perbandingan Berpasangan Pada Kriteria .....	28
Tabel 2.10 Perbandingan Berpasangan Peringkat Style .....	32
Tabel 2.11 Perbandingan Berpasangan Peringkat Kehandalan.....	32
Tabel 2.12 Peringkat Konsumsi Bahan Bakar .....	32
Tabel 3.1 Komposisi Bangunan BLK Demak .....	38
Tabel 3.2 Data Konsumsi Energi (kWh) Januari 2023 – Desember 2023 .....	41
Tabel 3.3 Beban Listrik Harian Ruangan Tanpa AC.....	42
Tabel 3.4 Beban Listrik Harian Ruangan Dengan AC .....	43
Tabel 3.5 Matrik Pelatihan Tahun Anggaran 2023 .....	45
Tabel 3.6 Data Sistem Tata Cahaya .....	46
Tabel 3.7 Data Sistem Tata Udara .....	46
Tabel 3.8 Matrik Perbandingan Berpasangan Kriteria Optimalisasi Energi .....	49
Tabel 3.9 Matrik Perbandingan Berpasangan Alternatif Nilai IKE .....	49
Tabel 4.1 Data Pengukuran Cahaya .....	50
Tabel 4.2 Data Densitas Tata Cahaya.....	51
Tabel 4.3 Perhitungan Kapasitas AC .....	52
Tabel 4.4 Kapasitas AC Terpasang Terhadap Kebutuhan .....	53
Tabel 4.5 Beban Listrik Bulanan Ruangan Tanpa AC .....	53
Tabel 4.6 Beban Listrik Bulanan Ruangan Dengan AC .....	55
Tabel 4.7 Nilai IKE Gedung BLK Demak .....	57

Tabel 4.8 Matrik Rekap Pembobotan Kriteria Responden .....	59
Tabel 4.9 Penjumlahan Kolom Kriteria Optimalisasi Energi .....	60
Tabel 4.10 Normalisasi & Nilai Prioritas Kriteria.....	60
Tabel 4.11 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Kriteria .....	61
Tabel 4.12 Prioritas Sebagai Faktor Bobot Kriteria .....	61
Tabel 4.13 Perhitungan Jumlah Bobot Kriteria.....	62
Tabel 4.14 Nilai Konsistensi Kriteria .....	62
Tabel 4.15 Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Nilai IKE .....	64
Tabel 4.16 Penjumlahan Kolom Alternatif Nilai IKE .....	65
Tabel 4.17 Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Nilai IKE.....	66
Tabel 4.18 Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Alternatif Nilai IKE .....	66
Tabel 4.12 Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Nilai IKE .....	67
Tabel 4.13 Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Nilai IKE.....	67
Tabel 4.21 Nilai Konsistensi Alternatif Nilai IKE .....	68
Tabel 4.22 Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Intensitas Pelatihan .....	70
Tabel 4.23 Penjumlahan Kolom Alternatif Intensitas Pelatihan .....	71
Tabel 4.24 Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Intensitas Pelatihan .....	72
Tabel 4.25 Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Intensitas Pelatihan.....	73
Tabel 4.26 Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Intensitas Pelatihan .....	73
Tabel 4.27 Nilai Konsistensi Alternatif Intensitas Pelatihan .....	74
Tabel 4.28 Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Jam Pelatihan .....	76
Tabel 4.29 Penjumlahan Kolom Alternatif Jam Pelatihan .....	77
Tabel 4.30 Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Jam Pelatihan .....	78
Tabel 4.31 Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Jam Pelatihan .....	78
Tabel 4.32 Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Jam Pelatihan .....	79
Tabel 4.33 Nilai Konsistensi Alternatif Jam Pelatihan.....	79
Tabel 4.34 Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Jumlah Sarana .....	81
Tabel 4.35 Penjumlahan Kolom Alternatif Jumlah Sarana .....	83
Tabel 4.36 Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Jumlah Sarana .....	84
Tabel 4.37 Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Jumlah Sarana .....	84
Tabel 4.38 Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Jumlah Sarana .....	85

Tabel 4.39 Nilai Konsistensi Alternatif Jumlah Sarana.....	85
Tabel 4.40 Penghematan Beban Listrik Mesin Las .....	88
Tabel 4.41 Penghematan Beban Listrik Workshop Las .....	89



**LAMPIRAN**

Lampiran 1. Tarif Dasar Listrik 2024 ..... L-1  
Lampiran 2. Kuisisioner Perbandingan Berpasangan AHP .....L-2



## ABSTRAK

Balai Latihan Kerja (BLK) Kabupaten Demak dengan luas area 25.000 m<sup>2</sup>, terdiri dari beberapa bangunan gedung yang disuplai daya listrik 53 KVA dan generator 30 KVA sebagai daya cadangan. Penggunaan energi listrik di BLK belum tercatat secara rinci. Tidak terdapat KWH meter pada tiap gedung. Jika pemakaian energi listrik tidak diperhatikan akan berpotensi mengakibatkan pemborosan dalam penggunaannya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai intensitas konsumsi energi (IKE) dan implementasi metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk optimalisasi energi listrik pada gedung terpilih di BLK Demak.

Alternatif solusi dari permasalahan tersebut perlu dilakukan audit energi dan perhitungan beban listrik per gedung. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai pengambil keputusan berdasarkan pada satu set alternatif dipilih untuk memilih gedung yang akan dioptimalisasi.

Berdasarkan hasil audit energi diketahui nilai intensitas cahaya dibawah standar semua, nilainya antara 85-220 LUX. Nilai intensitas konsumsi energi (IKE) berkisar 1,606 sampai 27,870 kWh/m<sup>2</sup>/bulan. Tertinggi 27,870 kWh/m<sup>2</sup>/bulan pada workshop teknologi informasi dan komunikasi (TIK), terendah 1,606 kWh/m<sup>2</sup>/Bulan pada workshop teknik kendaraan ringan (TKR). Kemudian dilakukan penerapan metode AHP untuk optimalisasi energi, dimana kriteria yang digunakan nilai IKE, intensitas pelatihan, jam pelatihan serta jumlah sarana, sedangkan alternatifnya dipilih 6 workshop. Pilihan prioritas berdasarkan metode AHP terpilih workshop las (24,8%). Berdasarkan langkah implementasi optimalisasi energi pada workshop las diperoleh penghematan energi sebesar 648 kWh setara penghematan biaya Rp. 1.101.295,- per bulannya.

Kata kunci: Audit Energi, IKE, Optimalisasi, Workshop.

## **ABSTRACT**

*The Demak Regency Job Training Center (BLK) with an area of 25,000 m<sup>2</sup>, consists of several buildings which are supplied with 53 KVA electric power and a 30 KVA generator as backup power. The use of electrical energy at BLK has not been recorded in detail. There are no KWH meters in each building. If you don't pay attention to the use of electrical energy, it could potentially result in waste in its use. The aim of this research is to determine the value of energy consumption intensity (IKE) and implement the Analytical Hierarchy Process (AHP) method to optimize electrical energy in selected buildings at BLK Demak.*

*Alternative solutions to this problem require an energy audit and calculation of the electricity load per building. The Analytical Hierarchy Process (AHP) method as a decision maker based on a set of alternatives is selected to select the building to be optimized.*

*Based on the results of the energy audit, it is known that the light intensity values are below all standards, the values are between 85-220 LUX. The energy consumption intensity (IKE) value ranges from 1,606 to 27,870 kWh/m<sup>2</sup>/month. The highest was 27,870 kWh/m<sup>2</sup>/month in the information and communication technology (ICT) workshop, the lowest was 1,606 kWh/m<sup>2</sup>/month in the light vehicle engineering (TKR) workshop. Then the AHP method was applied to optimize energy, where the criteria used were IKE value, training intensity, training hours and number of facilities, while the alternative was 6 workshops. The priority choice based on AHP was welding workshop (24.8%). Based on the energy optimization implementation steps in the welding workshop, energy savings of 648 kWh were obtained, equivalent to cost savings of IDR. 1,101,295,- per month*

*Keywords: Audit Energy, IKE, Optimization, Workshop.*



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang Permasalahan**

UPTD Balai Latihan Kerja Kabupaten Demak merupakan Lembaga Pelatihan Kerja milik Pemerintah yang berstatus sebagai Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) berdasarkan Peraturan Bupati Demak Nomor 4 Tahun 2018 tentang pembentukan, kedudukan, susunan organisasi, tugas dan fungsi serta tata kerja. UPTD merupakan unsur pelaksana teknis operasional dan/atau teknis penunjang Perangkat Daerah, dipimpin oleh seorang kepala balai yang bertanggungjawab kepada Kepala Perangkat Daerah. UPTD Balai Latihan Kerja Kabupaten Demak merupakan bagian dari Dinas Tenaga Kerja dan Perindustrian Demak yang mempunyai tugas pokok melaksanakan urusan Pemerintahan Daerah di Bidang Tenaga Kerja dan Perindustrian di Kabupaten Demak [1]. Lokasi UPTD Balai Latihan Kerja (BLK) Kabupaten Demak terletak di Jl. Raya Katonsari No. 19 Demak dengan luas area 25.000 m<sup>2</sup>. Terdiri dari beberapa bangunan gedung yaitu kantor, aula, mushola, ruang teori serta workshop. Ada 8 workshop yaitu workshop menjahit, workshop tata rias, workshop prosesing hasil pertanian (PHP), workshop teknologi informasi dan komunikasi (TIK), workshop teknik sepeda motor (TSM), workshop teknik kendaraan ringan (TKR), workshop teknik refrigerasi serta workshop teknik las. Untuk workshop menjahit dan workshop TIK terdiri dari 2 ruangan/gedung. UPTD Balai Latihan Kerja Kabupaten Demak disuplai daya listrik 53 KVA dan generator 30 KVA sebagai daya cadangan.

Daya listrik tersebut menyuplai hampir seluruh gedung yang ada di BLK. Daya listrik 5,5 KVA khusus untuk menyuplai mushola dan pompa air. Sehingga energi listrik merupakan hal yang sangat penting untuk menunjang kegiatan sehari-hari di BLK. Permasalahannya dalam penggunaan energi listrik, pihak BLK belum mencatat secara terperinci. Padahal tidak terdapat KWH meter pada tiap gedung. Sejak BLK beroperasi belum pernah dilakukan perhitungan kebutuhan daya serta pemakaian energi listrik per gedung. Dimana dari tahun 2009-2023 telah terjadi

perubahan fungsi ruangan, penambahan workshop/gedung baru, serta penambahan beban listrik seiring bertambahnya sarana dan prasarana pelatihan di BLK Demak. Jika pemakaian energi listrik tidak diperhatikan secara optimal akan berpotensi mengakibatkan pemborosan dalam penggunaannya. Selain itu kadang terjadi overload beban pada salah satu jaringan/MCB terutama pada saat padatnya pelatihan.

Alternatif solusi dari permasalahan tersebut perlu dilakukan audit energi dan perhitungan beban listrik per gedung, hal ini untuk mengetahui tingkat konsumsi energi listrik. Langkah audit energi listrik diawali dengan survei lapangan, hal ini bertujuan untuk mengkaji energi listrik yang digunakan sudah optimal atau belum. Audit energi dilakukan sebagai bentuk langkah awal optimalisasi konsumsi energi listrik di BLK Demak.

Untuk dapat meningkatkan optimalisasi energi listrik dari hasil audit energi dibutuhkan suatu metode pengambilan keputusan yang tepat. Dimana metode Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai pengambil keputusan berdasarkan pada satu set alternatif dipilih. Selain itu dasar dipilihnya AHP dapat memecahkan kompleksitas yang disebabkan oleh struktur masalah yang belum jelas, adanya ketidakpastian persepsi pengambil keputusan serta ketidakpastian adanya data statistik yang akurat [2]. Penggunaan AHP diharapkan dapat memberikan alternatif keputusan yang tepat dalam optimalisasi konsumsi energi listrik di BLK Demak.

Berdasarkan uraian tersebut penelitian ini membahas tentang audit energi untuk optimalisasi energi listrik pada sebagian gedung dengan metode berbasis Analytical Hierarchy Process (AHP). Sebagai objek penelitian yaitu Gedung BLK Demak.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang diutarakan maka perumusan masalah yang akan diselesaikan adalah:

- a. Bagaimanakah nilai intensitas konsumsi energi (IKE) yang diperoleh pada BLK Demak?

- b. Bagaimana mengimplementasikan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam pengambilan keputusan untuk memilih optimalisasi energi listrik pada gedung di BLK Demak berdasarkan audit energi?
- c. Bagaimanakah langkah implementasi optimalisasi energi pada gedung terpilih berdasarkan AHP serta berapa besarnya penghematan yang bisa dilakukan?

### 1.3. Batasan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini penulis membatasi permasalahan hanya sebatas dibawah ini:

1. Audit energi dilakukan dengan perhitungan nilai Intesitas Konsumsi Energi (IKE) berdasarkan beban listrik pada sebagian bangunan gedung BLK Demak (kantor, workshop teknik las, workshop TKR, workshop PHP, workshop menjahit, workshop teknik refrigerasi, workshop tata rias serta workshop TIK). Dimana mushola, aula serta ruang teori tidak dilakukan audit karena konsumsi energi listrik relatif kecil. Sedangkan workshop TSM beban listriknya hampir sama dengan workshop TKR. Workshop menjahit dan workshop TIK masing-masing diambil salah satu dari 2 ruangan yang ada karena beban listriknya relatif sama.
2. Parameter yang mempengaruhi konsumsi energi listrik adalah sistem pencahayaan, sistem penataan udara (AC), utilitas (peralatan pelatihan).
3. Nilai intensitas cahaya (lux) berdasarkan hasil pengukuran dibandingkan dengan standar.
4. Nilai kapasitas pendingan (AC) hasil perhitungan dibandingkan dengan kapasitas AC terpasang.
5. Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah metode yang digunakan untuk pengambilan keputusan dalam menentukan alternatif terbaik untuk optimalisasi energi listrik pada gedung BLK Demak.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menghitung nilai intensitas konsumsi energi (IKE) pada sebagian gedung BLK Demak.
2. Mengimplementasikan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam pengambilan keputusan untuk mencari rekomendasi berdasarkan prioritas dalam optimalisasi energi listrik gedung BLK Demak. Dimana variabel yang digunakan:
  - a) Tujuan analisis: Optimalisasi Energi Listrik.
  - b) Kriteria: nilai intensitas konsumsi energi (IKE), intensitas pelatihan, jam pelatihan serta jumlah sarana.
  - c) Alternatif pilihan: workshop las, workshop menjahit, workshop Prosesing Hasil Pertanian (PHP), workshop rias, workshop teknik refrigerasi dan workshop TIK.
3. Mengimplementasikan langkah optimalisasi energi listrik pada gedung terpilih berdasarkan AHP serta mengetahui besarnya penghematan yang bisa dilakukan.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat Kontribusi dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Menambah pengetahuan mengenai audit energi dan Analytical Hierarchy Process (AHP).
2. Mengetahui besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik pada sebagian gedung BLK Demak.
3. Menjadi referensi untuk langkah optimalisasi energi listrik dan perencanaan kebutuhan daya listrik untuk jangka panjangnya di BLK Demak.

#### 1.6. Keaslian Penelitian

Penelitian tentang optimalisasi energi listrik telah banyak dilakukan sebelumnya, tetapi sejauh penelusuran terhadap penelitian yang ada belum ada

penelitian tentang audit energi pada sebuah Balai Latihan Kerja (BLK). Berikut beberapa penelitian terkait optimalisasi energi listrik untuk mendukung keaslian penelitian.

**Tabel 1.1. Keaslian Penelitian**

No	Nama	Judul	Tahun
1	Ratnanto Fitriadi dan Yanuarti Werdaningsih	Audit Energi Dengan Pendekatan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) Untuk Penghematan Energi Listrik (studi kasus: PT. ABC) [3]	2016
2	Samsuddin dan Yuwaldi Away	Audit Dan Optimasi Energi Listrik Pada Bangunan Kampus Menggunakan Metode Algoritma Genetika [4]	2019
3	A. M. Sunu Arsy Pratomo, Muhammad Haddin	Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Pada Gedung Dengan Metode Demand Side Manajement (DSM) Berbasis Analytical Hierarchy Process (AHP) [5]	2019

Dibawah ini penjelasan dari penelitian efisiensi energi pada tabel 1.1.

Audit energi pada PT. ABC berdasarkan IKE dengan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) [3]. Penelitian ini menggunakan metode manajemen energi, audit energi dan perhitungan IKE. Hasil audit energi dari pemakaian daya listrik dalam waktu satu bulan  $\pm$  135 ribu Kwh. Hasil IKE berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Kesimpulannya ruangan *office* masih dalam keadaan efisien, akan tetapi pada pabrik/lantai produksi masuk dalam kriteria agak boros dan sangat boros. Dengan pendekatan menggunakan metode AHP hasil yang diperoleh dari prioritas usulan alternatif penghematan energi listrik berdasarkan urutan nilai bobot tertinggi yaitu: tindakan penghematan teknologi sekarang dengan bobot 0,6203, tindakan penghematan energi pada karyawan 0,2852 serta penggunaan teknologi baru dengan bobot 0,0945.

Audit gedung kampus berdasarkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) [4], dimana penggunaan energi listrik rata-rata sebesar 3.059 kWh/bulan, dengan biaya rata-rata sebesar Rp. 3.036.333,- per bulan di tahun 2016. Berdasarkan kajian audit terhadap energi yang digunakan, didapatkan langkah-langkah penghematan

terhadap penggunaan energi listrik. Langkah-langkah efisiensi yang dilakukan seperti optimalisasi penggunaan ruang dengan peralatan yang hemat energi, dari SDM dengan memberikan pedoman perilaku hemat energi. Audit dan analisis terkait nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) berdasarkan data historis tahunan. Kemudian berdasarkan IKE akan dikenali Peluang Hemat Energi (PHE) dengan mengkombinasikan alat sensor infrared dengan algoritma genetika (AG), lalu mengimplementasikan pada gedung Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah dalam bentuk nilai IKE optimum. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode algoritma genetika (AG) mendapatkan hasil penggunaan energi yang lebih optimal sebesar 45,65% sesuai dengan IKE dan juga memberikan Peluang Hemat Energi (PHE) dengan penerapan alat bantu sensor infrared.

Efisiensi gedung dengan menerapkan Demand Side Management (DSM) [5], dengan berpedoman pada hasil audit energi berupa IKE dan profil pemakaian energi maka ditentukan kriteria, subkriteria dan alternatif kebijakan energi pada gedung tersebut. Maka dengan perhitungan Analytical Hierarchy Process (AHP) didapatkan suatu set alternatif keputusan yang tepat dalam mengurangi konsumsi energi listrik sehingga mencapai titik efisiensi yang diinginkan sesuai dengan kebijakan pengelola gedung. Hasil pengolahan dari AHP didapatkan set alternatif efisiensi energi listrik berdasarkan urutan nilai bobot tertinggi yaitu: SOP peralatan listrik sebesar 53,3%, perawatan peralatan listrik sebesar 26,9%, teknologi baru sebesar 19,8%.

Penelitian optimalisasi energi listrik pada gedung berbasis metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) berdasarkan hasil audit energi. Dimana perbedaan dari penelitian yang telah lampau adalah objek penelitian, daya dan variabel beban serta implementasi kriteria AHP yang digunakan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Berikut ini adalah beberapa referensi penelitian yang pernah dilakukan untuk mendukung penulisan Tesis, antara lain:

Konservasi Energi dan Audit Energi Listrik Pada Rumah Tinggal [6]. Permasalahan rumah tinggal dalam penggunaan energi listrik diantaranya mengoperasikan peralatan listrik dengan tidak efisien dan peralatan pencahayaan yang tidak berlabel hemat energi. Dari hasil membandingkan intensitas konsumsi energi (IKE) dengan standar IKE, menghitung potensi peluang hemat energi (PHE) dan rekomendasi hasil audit. Observasi yang dilakukan yaitu data awal seperti luas rumah, biaya konsumsi energi setiap bulannya dalam satu tahun, peralatan rumah tinggal dan waktu pengoperasiannya. Hasil penelitian yaitu IKE 18 rumah tanpa AC adalah 8 rumah (rumah 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10 dan 15) masuk kategori sangat efisien, 8 rumah (rumah 2, 5, 6, 11, 12, 13, 14 dan 16) masuk kategori efisien, 1 rumah (rumah 18) masuk kategori cukup efisien dan 1 rumah (rumah 17) masuk dalam kategori sangat boros. IKE rumah dengan AC adalah rumah 20 masuk kategori efisien dan rumah 19 masuk kategori sangat boros. PHE untuk mencapai target cukup efisien, rumah tanpa AC yaitu rumah 17 termasuk kategori sangat boros, harus menurunkan nilai IKE sebesar 4,0599 kWh/m<sup>2</sup>/bulan, sedangkan rumah dengan AC yaitu rumah 19 termasuk kategori sangat boros, harus menurunkan nilai IKE sebesar 3,0705 kWh/m<sup>2</sup>/bulan. Cara mencapai target cukup efisien bagi rumah berpeluang hemat energi ialah dengan mengimplementasikan rekomendasi.

Analisis Pemakaian dan Upaya Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Listrik Di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo [7]. Semakin bertambahnya gedung baru tentunya akan ada penambahan fasilitas baru untuk menunjang proses perkuliahan sehingga diperlukan adanya audit energi dan analisis pemakaian energi. Setelah dilakukan Audit energi pada sistem penerangan dan sistem pendingin pada lima gedung di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yaitu gedung A sebesar 118 kWh/m<sup>2</sup>,

Gedung B sebesar 140 kWh/m<sup>2</sup>, Gedung C sebesar 151 kWh/m<sup>2</sup>, Gedung D sebesar 86 kWh/m<sup>2</sup> dan Gedung E sebesar 179 kWh/m<sup>2</sup>. Dari ke lima gedung tersebut nilai IKE nya masih tergolong efisien karena masih di bawah standart ASEAN-USAID yaitu sebesar 240 kWh/m<sup>2</sup>.

Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila [8]. Penggunaan energi listrik pada gedung A tidak tercatat secara pasti karena belum tersedia Kwh Meter tersendiri pada Gedung, sehingga tidak dapat dipastikan apakah penggunaan energi sudah efisien atau belum. Sehingga dilakukan audit penggunaan energi listrik guna mengetahui nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang memberikan informasi tingkat efisiensi penggunaan energinya. Pengukuran konsumsi energi secara langsung adalah metode audit yang dilakukan untuk mendapatkan nilai aktual dalam rangka konservasi dan efisiensi energi. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai IKE 9,487 kWh/m<sup>2</sup>/bulan dan termasuk kategori efisien untuk gedung ber AC menurut Peraturan Menteri ESDM No.13 Tahun 2012.

Penerapan Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Perangkingan Bengkel Mobil Terbaik Di Kota Kupang [9]. Dalam perawatan dan perbaikan sebuah mobil, tidak semua konsumen khususnya masyarakat Kota Kupang melakukannya dengan benar sesuai dengan aturan yang ditentukan. Perlu adanya ketelitian, ketepatan demi menjaga dan mempertahankan kondisi mesin sehingga kerusakan yang terjadi tidak membawa akibat yang lebih berat. Perangkingan bengkel mobil di Kota Kupang dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) bertujuan untuk membantu konsumen dalam pengambilan keputusan untuk menentukan bengkel mobil yang cocok/terbaik di Kota Kupang berdasarkan kriteria suku cadang, teknisi, pelayanan, waktu tunggu dan fasilitas ruang tunggu.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Energi Listrik**

Energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja menurut Eugene C. Lister yang diterjemahkan Hanapi Gunawan (1993). Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan.



Energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Energi listrik merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik [10].

Kegunaan energi listrik banyak sekali dalam kehidupan sehari-hari terutama untuk peralatan elektronik/listrik seperti tv, kulkas, lampu dan masih banyak lainnya. Energi yang digunakan peralatan listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan. Bila energi diukur dalam watt jam, dimana Watt jam (watt-hour = Wh) merupakan energi yang dikeluarkan 1 watt digunakan selama 1 jam.

Persamaanya dapat dilihat sebagai berikut:

$$W = P \times t \quad (2.1)$$

Dimana:  $P$  = Daya dalam watt

$t$  = Waktu dalam jam

$W$  = Energi dalam watt jam

### 2.2.2 Audit Energi

Audit energi adalah teknik yang dipakai untuk menghitung besarnya konsumsi energi pada suatu bangunan/gedung dan mengenali cara-cara untuk penghematannya. Audit energi merupakan aktifitas pemeriksaan berkala untuk mengetahui ada tidaknya penyimpangan dalam suatu kegiatan penggunaan energi [11]. Dengan melaksanakan audit energi diharapkan:

- a) Besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan dapat diketahui.
- b) Penghematan biaya energi dari pencegahan pemborosan energi tanpa harus mengurangi tingkat kenyamanan gedung.
- c) Profil penggunaan energi dapat diketahui.
- d) Peningkatkan efisiensi penggunaan energi dari upaya yang dilakukan.

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012 [12], audit energi adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi. Dapat juga diartikan gabungan antara pengumpulan data, analisa data dan definisi kegiatan konservasi.

### **2.2.3 Audit Energi Pada Bangunan Gedung - SNI 036196-2000 [13]**

#### **a. Audit Energi Awal**

Audit energi awal berupa pengumpulan contoh data awal, dimana pada prinsipnya dapat dilakukan pengelola bangunan gedung yang bersangkutan berdasarkan data rekening pembayaran energi yang dikeluarkan dan pengamatan visual. Kegiatan audit energi awal meliputi pengumpulan data energi bangunan dengan datayang tersedia dan tidak memerlukan pengukuran serta melakukan perhitungan Intensitas Konsumsi Energi berdasarkan data yang telah dikumpulkan.

#### **b. Audit Energi Rinci**

Audit energi rinci merupakan tindak lanjut yang dilakukan jika dari analisa sebelumnya nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan. Audit energi rinci perlu dilakukan untuk mengetahui profil penggunaan energi pada bangunan gedung, sehingga dapat diketahui peralatan listrik apa saja yang pemakaian energinya cukup besar. Kegiatan yang dilakukan pada audit energi rinci diantaranya: penelitian dan pengukuran konsumsi energi.

#### **c. Analisis Peluang Hemat Energi**

Berdasarkan profil penggunaan energi bangunan gedung. Apabila besarnya IKE hasil perhitungan ternyata sama/kurang dari IKE target maka kegiatan audit energi rinci dapat dihentikan/diteruskan untuk memperoleh IKE yang lebih rendah lagi. Bila hasilnya lebih tinggi dari IKE target, dilanjutkan proses audit energi rinci berikutnya guna memperoleh penghematan energi. Penghematan energi pada bangunan gedung harus tetap memperhatikan kenyamanan penghuni. Apabila peluang hemat energi telah diidentifikasi, dilanjutkan dengan analisis peluang hemat energi, yaitu dengan cara membandingkan potensi perolehan hemat energi dengan biaya yang harus dibayar untuk pelaksanaan rencana penghematan energi yang direkomendasikan.

#### **2.2.4 Prosedur Audit Energi Bangunan Gedung SNI 6196:2011 [14]**

Pada SNI 6196:2011 dijelaskan tatalaksana audit energi agak sedikit kompleks dibanding SNI 03-6196-2000. Prosedur audit energi berdasarkan SNI 6196:2011 pada sebuah bangunan gedung dibagi dalam tahapan berikut:

##### **1. Audit Energi Singkat (walk through audit)**

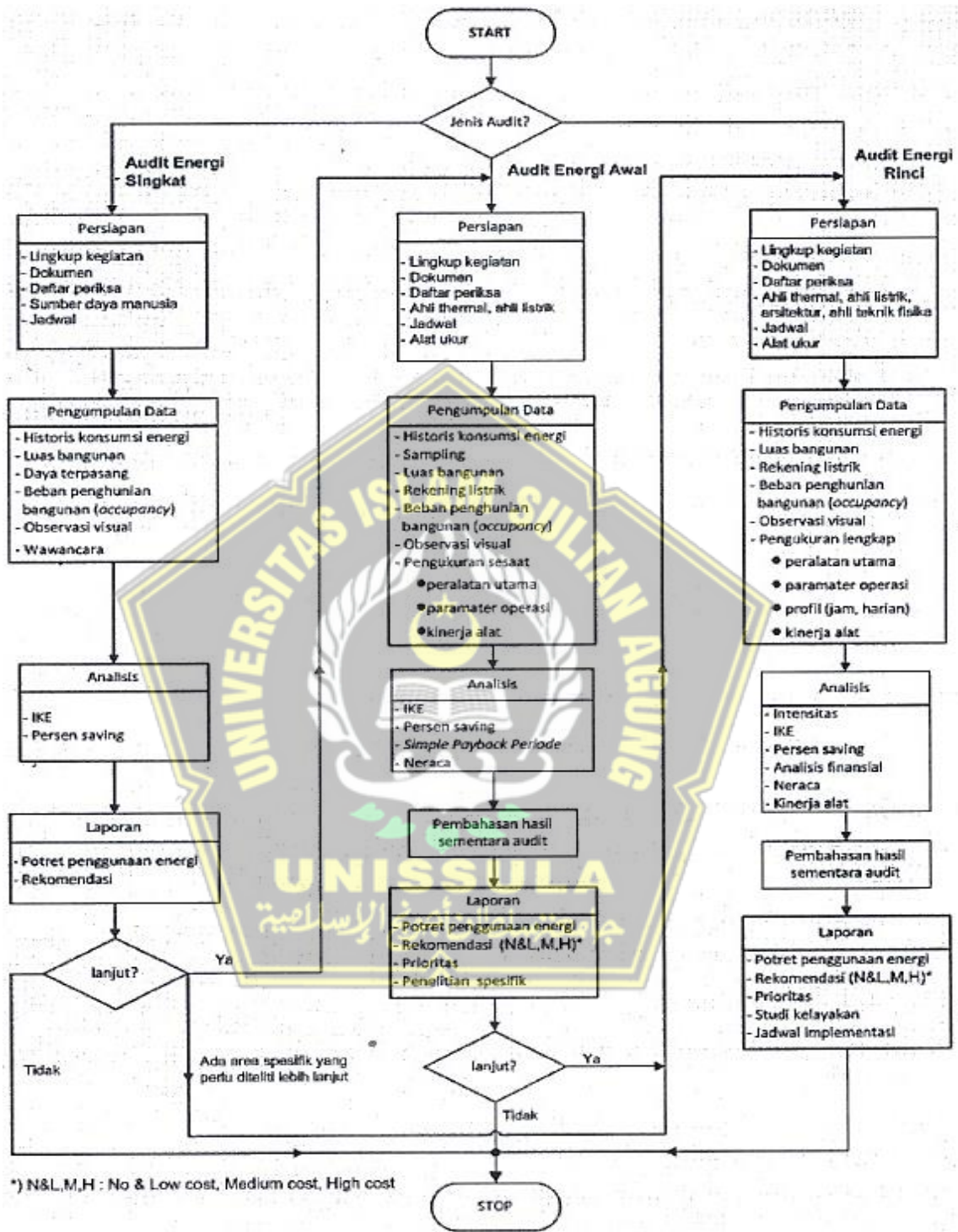
Audit energi singkat adalah kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

##### **2. Audit Energi Awal (preliminary audit)**

Audit Energi Awal adalah kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit.

##### **3. Audit energi rinci (detail audit)**

Audit energi rinci adalah kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit



Gambar 2. 1 Skema Prosedur Audit Energi Pada SNI 6196:2011 [14]

### 2.2.5 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Berdasarkan SNI 03-6196-2000 merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan besarnya jumlah penggunaan energi tiap meter persegi luas kotor bangunan dalam suatu kurun waktu tertentu. Untuk menghitung potensi penghematan energi yang mungkin diterapkan di tiap ruangan/seluruh area bangunan menggunakan IKE sebagai tolak ukur. Efisien tidaknya suatu gedung diketahui dengan membandingkan IKE pada bangunan dengan standar kriteria IKE. Besarnya nilai IKE menentukan tingkat efisiensi penggunaan energi listrik suatu gedung berdasarkan standar yang digunakan, seperti yang diperlihatkan pada persamaan (2.2).

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}} \quad (2.2)$$

Berbagai negara (ASEAN, APEC) telah menentukan nilai Intensitas Konsumsi Energi listrik yang dinyatakan dalam satuan kWh/m<sup>2</sup> per tahun. Untuk menetapkan “target” digunakan nilai IKE dari hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID (US Agency for International Development) yang dikeluarkan pada tahun 1992 dan diterapkan pada SNI 05-3052-1992 dengan rincian seperti pada Tabel 2.1 [15].

**Tabel 2.1. Standard Kriteria IKE (Intensitas Konsumsi Energi) [25]**

No	Klasifikasi	IKE (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)
1	Perkantoran/Komersial	240
2	Pusat Perbelanjaan	330
3	Hotel/ Apartemen	300
4	Rumah Sakit	380

Berdasarkan nilai standar IKE yang ditetapkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia tahun 2004 untuk bangunan di Indonesia seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2 [16].

**Tabel 2.2. Standar IKE Pada Bangunan Gedung di Indonesia [16]**

<b>Kriteria</b>	<b>Ruangan AC (kWh/m<sup>2</sup>/bulan)</b>	<b>Ruangan Non AC (kWh/m<sup>2</sup>/bulan)</b>
Sangat Efisien	4,17 – 7,92	0,84 – 1,67
Efisien	7,92 – 12,08	1,67 – 2,5
Cukup Efisien	12,08 – 14,58	–
Agak Boros	14,58 – 19,17	–
Boros	19,17 – 23,75	2,5 – 3,34
Sangat Boros	23,75 – 37,75	3,34 – 4,17

### 2.2.6 Penyusunan dan Pengumpulan Data Gedung

Profil energi bangunan gedung merupakan kumpulan dari data sekunder, dimana pengumpulan data sekunder pada pelaksanaan audit energi ditujukan untuk mendapatkan informasi mengenai konsumsi energi pada gedung BLK Demak, performa peralatan pengguna energi dan kondisi operasi pada masing-masing peralatan pengguna energi.

Pengumpulan data sekunder yang dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data gedung  
Lokasi gedung pelaksanaan audit adalah sebagian gedung BLK Demak yang berlokasi di Jalan Raya Katonsari no.19 Demak. Datanya berupa: denah, wiring diagram, luas bangunan dan daya listrik terpasang.
2. Pengumpulan data pelatihan, jam pelatihan dan jam operasional.
3. Pengumpulan data peralatan pelatihan, pencahayaan, tata udara/AC dan peralatan kantor lainnya yang menggunakan daya listrik.

Pengumpulan data yang dilaksanakan berdasarkan ijin dari pihak pengelola gedung dan dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang berlaku pada gedung BLK Demak.

## 2.2.7 Parameter Utama Analisis Audit Energi

### 2.2.7.1. Daya Listrik

Daya adalah jumlah usaha yang dilakukan tiap satu satuan waktu. Daya listrik dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horsepower* (HP), *horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 hp setara dengan 746 watt atau lbft/second. Satu watt setara dengan perkalian arus 1 ampere dengan tegangan 1 volt [17].

Daya dinyatakan dalam P, tegangan dalam V dan arus dalam I, sehingga besar daya dapat dinyatakan:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \emptyset \quad (\text{AC 1 phasa}) \quad (2.3)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \emptyset \quad (\text{AC 3 phasa}) \quad (2.4)$$

$$P = V \cdot I \quad (\text{DC}) \quad (2.5)$$

Dimana:

$P$  = Daya aktif dalam watt atau J/s

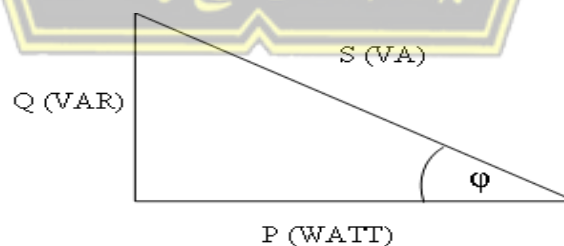
$V$  = Tegangan dalam volt

$I$  = Arus yang mengalir dalam ampere

$\cos \emptyset$  = Faktor daya

### 2.2.7.2. Segitiga Daya

Dimana definisi umum dari segitiga daya adalah suatu hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu.



Gambar 2.2. Segitiga Daya [27]

#### a) Daya Semu

Daya semu adalah daya yang disuplai ke sirkuit listrik dari pemasok daya ke jaringan, untuk menutupi konsumsi daya nyata dan reaktif dalam beban. Satuan daya nyata adalah VA (Volt.Ampere). Beban daya semu

adalah beban resistif (R). Misalnya: setrika, pemanas listrik dan lain sebagainya. Karena tegangan dan arus berada dalam satu fase, perbedaan sudut fase adalah  $0^\circ$  dan nilai faktor daya adalah 1, sehingga tidak mungkin untuk menyimpan beban pada perangkat/rangkaian dengan resistansi. Berikut ini persamaan daya semu:

Menurut persamaan  $P = V.I.\cos\phi$ , hasil perkalian V dengan I disebut daya semu, dan dilambangkan dengan S.

$$S = V \cdot I \quad (2.6)$$

Dimana:

$S$  = Daya semu dalam volt ampere

$V$  = Tegangan dalam volt

$I$  = Arus listrik dalam ampere

Satuan dari daya semu adalah Volt Ampere (VA).

Dalam vektor, daya semu adalah jumlah daya aktif dan daya reaktif. Ini akan terlihat jelas melalui penggunaan segitiga daya dan akan dijelaskan di bawah ini. Hubungan antara daya semu dan daya aktif dapat dinyatakan sebagai:

Daya aktif (Watt) = daya semu (VA) x faktor daya

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi \text{ dengan } S = V \cdot I \quad (2.7)$$

$$\text{Sehingga} \quad P = S \cdot \cos\phi \quad (2.8)$$

Dimana:

$P$  = Daya aktif (VA)

$V$  = Tegangan (V)

$I$  = Arus listrik (A)

$S$  = Daya semu (VA)

$\cos\phi$  = faktor daya

#### b) Daya Aktif (Active Power)

Daya aktif (Active Power) adalah daya yang sebenarnya digunakan dalam rangkaian AC dan dikenal sebagai Daya nyata. Dilambangkan dengan



simbol 'P' diukur dalam satuan Watt (W), kilowatt (kW), atau Megawatt (MW), dengan hubungan matematisnya adalah :

$$1 \text{ fasa/ Line to netral : } P = V \times I \times \cos \varphi \quad (2.9)$$

$$3 \text{ fasa/ Line to line : } P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (2.10)$$

Dimana:

$P$  = Daya Nyata (Watt)

$I$  = Arus listrik (A)

$V$  = Tegangan (Volt)

$\cos \varphi$  = Faktor daya

### c) Daya Reaktif (Reactive Power)

Daya reaktif adalah karakteristik AC di mana daya listrik bergerak bolak-balik antara medan magnet induktor dan medan listrik kapasitor. Tidak seperti resistor, induktor dan kapasitor menyimpan energi sesaat dan dengan demikian daya reaktif berosilasi di antara keduanya. Daya reaktif terjadi ketika tegangan dan arus tidak sefasa, dan tidak seperti daya nyata, ia tidak melakukan kerja. Ini dihitung sebagai akar kuadrat dari perbedaan antara kuadrat daya nyata (volt-ampere) dan kuadrat daya nyata (watt).

$$Q = V.I.\sin\varphi \quad (2.11)$$

Dimana:

$Q$  = Daya reaktif (Watt)

$I$  = Arus listrik (A)

$V$  = Tegangan (Volt)

$\sin \varphi$  = Faktor reaktif

### d) Faktor Daya

Faktor daya adalah ukuran seberapa efektif daya yang digunakan dalam suatu sistem kelistrikan. Faktor daya yang tinggi menunjukkan bahwa daya yang menyuplai ke sistem kelistrikan digunakan secara efektif. Tidak ada faktor daya yang terlibat dalam rangkaian DC karena frekuensi nol. Tapi, di sirkuit AC, nilai faktor daya selalu terletak antara 0 dan 1.

Faktor daya didefinisikan sebagai kosinus sudut antara tegangan dan arus. Idealnya, di sirkuit AC, perbedaan fasa antara tegangan dan arus adalah nol. Tapi, praktis ada beberapa perbedaan fase antara keduanya. Kosinus dari perbedaan fasa antara keduanya didefinisikan sebagai faktor daya. Jadi, faktor dayanya adalah:

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya nyata (Watt)}}{\text{Daya semu (VA)}}$$

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S} \quad (2.12)$$

Dimana:

Cos  $\varphi$  = Faktor daya

P = Daya nyata (Watt)

S = Daya semu (VA)

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0-1 dan dapat juga dinyatakan dalam nilai persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu.

### 2.2.8 Perhitungan Daya Sistem Tata Cahaya Pada Bangunan Gedung

Prinsip hemat energi sistem tata cahaya dengan mengacu pada ketentuan pedoman pencahayaan pada bangunan gedung sebagaimana ditetapkan dalam SNI sistem pencahayaan, jika sistem pencahayaan dioperasikan dengan optimal akan dihasilkan penggunaan energi yang efisien tanpa harus mengurangi fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas penghuni, serta mempertimbangkan aspek ramah lingkungan dan biaya [18].

Prinsip tata cahaya yang efisien berkaitan dengan: standar densitas daya lampu maksimum (Watt/m<sup>2</sup>), tingkat pencahayaan rata-rata minimum (Lux), konsumsi daya berbagai jenis lampu (Watt), teknologi sistem pencahayaan, daya guna lampu (Lumen/Watt). Tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan pada pencahayaan buatan sesuai fungsi ruangan diatur dalam SNI Pencahayaan 6197-2020 dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Tingkat Pencahayaan dan Renderansi Berdasarkan SNI 2020 [18]**

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan Rata-Rata ( $E_{\text{Rata-Rata}}$ ) Minimum (Lux)	Renderasi Warna Minimum
<b>Perkantoran</b>		
Ruang Resepsionis	300	80
Ruang Direktur	350	80
Ruang Kerja	350	80
Ruang Komputer	150	80
Ruang Rapat	300	80
Ruang Gambar	750	80
Gudang Arsip	150	80
Ruang Parkir	100	80
<b>Lembaga Pendidikan</b>		
Ruang Kelas	350	80
Ruang Baca Perpustakaan	350	80
Laboratorium	500	80
Ruang Praktek Komputer	500	80
Ruang Laboratorium Bahasa	300	80
Ruang Guru	300	80
Ruang Olahraga	300	80
Ruang Gambar	750	80
Ruang Auditorium	300	80
Lobby	100	80
Kantin	200	80

**Tabel 2.4. Contoh Nilai Renderasi Warna ( $R_a$ ) Beberapa Jenis Lampu [18]**

Lampu	Temperatur Warna (K)	$R_a$
Pijar/Halogen	< 3300	95
TLD (Fluoresen)	<3300 s.d. >5500	50 s.d. 95
CFL/PL	<3300 s.d. >5500	70 s.d. 90
Metal Halida	>4000	>70
LPS	< 3300	25
Lampu Electrodeles/LVD	>5500	70 s.d. 90
Lampu LED	<3300 s.d. >5500	70 s.d. 95

**Tabel 2.5. Densitas Daya Lampu Maksimum Metode Ruang [18]**

<b>Fungsi Ruangan</b>	<b>Densitas Daya Lampu Maksimum (Watt/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Perkantoran</b>	
Ruang Resepsionis	7,97
Ruang Direktur	7,53
Ruang Kerja	7,53
Ruang Komputer	7,53
Ruang Rapat	7,53
Ruang Gambar	15
Gudang Arsip	3,88
Ruang Parkir	1,4
<b>Lembaga Pendidikan</b>	
Ruang Kelas	11,95
Ruang Baca Perpustakaan	10,33
Laboratorium	12,16
Ruang Praktek Komputer	10,12
Ruang Laborotrium Bahasa	11,84

Daya pencahayaan lampu disesuaikan dengan tingkat pencahayaan (lux) yang dibutuhkan berdasarkan SNI. Dimana intensitas tingkat pencahayaan ditetapkan seperti Tabel 2.3. dan daya listrik maksimum untuk pencahayaan ditunjukkan pada Tabel 2.5.

#### **2.2.8.1. Perhitungan Tingkat Pencahayaan**

Berdasarkan SNI petunjuk teknis sistem pencahayaan digunakan acuan bagi para perancang dan pelaksana pembangunan gedung didalam merancang sistem pencahayaan buatan dan sebagai pegangan bagi para pengelola gedung didalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem pencahayaan buatan. Agar diperoleh sistem pencahayaan buatan yang sesuai dengan syarat kesehatan, kenyamanan, keamanan dan memenuhi ketentuan yang berlaku pada bangunan gedung.

##### **1. Tingkat Pencahayaan Rata-rata (E rata-rata).**

Tingkat pencahayaan rata-rata  $E_{rata-rata}$  (lux), dapat dihitung dengan persamaan:

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times kp \times kd}{A} \quad (2.13)$$

Dimana:

$E_{rata-rata}$  = Tingkat iluminasi rata-rata (lux)

$F_{Total}$  = Fluks luminus total semua lampu pada bidang kerja (lumen).

$A$  = Luas bidang kerja (m<sup>2</sup>).

$kp$  = koefisien penggunaan.

$kd$  = koefisien penyusutan.

## 2. Koefisien Penggunaan (kp)

Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke semua arah. Faktor penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sampai dibidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu. Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor:

- 1) Dimensi ruangan.
- 2) Distribusi intensitas cahaya dari armatur.
- 3) Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur.
- 4) Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.

Nilai dari koefisien penggunaan untuk sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat armatur yang didasarkan dari hasil pengujian dari instansi terkait. Merupakan suatu keharusan dari pembuat armatur untuk memberikan tabel kp, karena tanpa tabel ini perancangan pencahayaan yang menggunakan armatur tersebut tidak dapat dilakukan dengan baik. Nilai dari koefisien penggunaan diambil sebesar 0,9.

## 3. Koefisien Depresiasi/Penyusutan (kd).

Koefisien depresiasi/koefisien rugi-rugi cahaya didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru. Nilai dari koefisien depresiasi dipengaruhi oleh:

- 1) Kebersihan dari lampu dan armatur.
- 2) Kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan.
- 3) Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan.
- 4) Penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik.

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0,8.

#### 4. Fluks Luminous Total ( $F_{total}$ ).

Fluks luminus total yang diperlukan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan yang direncanakan, diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$F_{total} = \frac{E \times A}{k_p \times k_d} \quad (2.14)$$

Dimana:

$F_{total}$  = Fluks luminous total (lumen)

$E$  = tingkat pencahayaan rata-rata (lux)

$A$  = luas bidang kerja (m<sup>2</sup>)

$k_p$  = Koefisien pengguna

$k_d$  = koefisien depresi (penyusutan)

EFFICIENCY	Least			Most
BULB TYPE				
LUMENS	STANDARD	HALOGEN	CFL	LED
450	40 W	29 W	9 W	8 W
800	60 W	43 W	14 W	13 W
1100	75 W	53 W	19 W	17 W
1600	100 W	72 W	23 W	20 W
RATED LIFE	1 year	1-3 years	6-10 years	15-25 years
SAVINGS	X	up to 30%	up to 75%	up to 80%

Gambar 2.3. Nilai Lumens Berdasar Jenis dan Daya Lampu [19]

#### 2.2.8.2. Perhitungan Kebutuhan Daya Pencahayaan

Daya listrik yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pencahayaan rata-rata tertentu pada bidang kerja dapat dihitung mulai dengan persamaan (2.15) yang digunakan untuk menghitung daya lampu berdasarkan nilai lumen sebuah

lampu (gambar 2.3). Setelah itu dihitung jumlah lampu yang dibutuhkan dengan persamaan:

$$NLampu = \frac{FTotal}{Flampu} \quad (2.15)$$

Dimana:

$N_{Lampu}$  = Jumlah lampu yang dibutuhkan

$F_{total}$  = Fluks luminous total (lumen)

$F_{lampu}$  = Fluks luminous lampu (lumen)

Daya yang dibutuhkan dapat dihitung :

$$P_{Total} = N_{Lampu} \cdot P_{Lampu} \quad (2.16)$$

$P_{Lampu}$  = Daya sesuai besar lumens

Dengan membagi daya total dengan luas bidang kerja, didapatkan kepadatan daya ( $Watt/m^2$ ) yang dibutuhkan untuk sistem pencahayaan tersebut. Dimana untuk ruangan kelas  $11,95 \text{ Watt}/m^2$  (lihat Tabel 2.5).

### 2.2.9 Perhitungan Daya untuk Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung

Sistem tata udara pada bangunan gedung di Indonesia umumnya berupa *Air Conditioner* (AC). Fungsinya digunakan untuk mengkondisikan udara dalam ruangan gedung agar nyaman saat beraktifitas. Untuk sistem tata udara pada gedung BLK Demak menggunakan AC split standar. Untuk menentukan kebutuhan PK (Paard Kracht/Daya Kuda) pada AC di suatu ruangan, terdapat tiga faktor yang perlu diperhatikan yaitu:

- 1) Daya pendingin AC (BTU/hr – *British Thermal Unit per hour*)
- 2) Daya listrik yang dipakai (*Watt*)
- 3) PK *compressor* AC.

PK adalah satuan daya pada *compressor* AC bukan daya pendingin AC. Satuan PK lebih dikenal dari pada BTU/hr [20]. Untuk menghitung dan menyesuaikan daya pendingin AC maka perlu mengkonversi satuan PK menjadi satuan BTU/hr menggunakan Tabel 2.6 untuk jenis AC standar.

**Tabel 2.6. Konversi Satuan PK ke BTU/hr dan Daya [20]**

PK	BTU/hour	Daya (Watt)
1/2	± 5000	400
3/4	± 7000	600
1	± 9000	840
1½	± 12000	1170
2	± 18000	1920

Penentuan kapasitas AC sangat diperlukan agar konsumsi energi listrik pada gedung lebih optimal. Persamaan (2.17) digunakan untuk menentukan kapasitas AC dalam suatu ruangan [21].

$$BTU = (L \times W \times H \times F1 \times 37) + (F2 \times n_h) \quad (2.17)$$

Dimana:

L = panjang ruangan (m)

W = lebar ruangan (m)

H = tinggi ruangan

F1 = faktor penggunaan ruangan (untuk kamar tidur bernilai 5, kantor bernilai 6 dan supermarket bernilai 7)

F2 = faktor penghuni ruangan (anak-anak bernilai 300 BTU sedangkan orang dewasa bernilai 600 BTU)

$n_h$  = jumlah manusia yang berada di dalam ruangan.

Setelah diperoleh nilai BTU dengan menggunakan persamaan (2.17), maka kapasitas AC yang diperlukan dalam satuan PK dapat ditentukan dengan menggunakan data pada tabel 2.6. Selanjutnya, untuk menentukan kebutuhan daya listrik AC dapat digunakan persamaan (2.18).

$$P_{AC \text{ ruangan}} = N \times P_{AC} \quad (2.18)$$

Dimana :

$P_{AC}$  = daya listrik pada AC nilainya dipengaruhi oleh kapasitas AC yang digunakan.

$P_{AC \text{ ruangan}}$  = total daya AC yang diperlukan dalam suatu ruangan (Watt).

Untuk menentukan nilai  $P_{AC}$  digunakan tabel 2.6



### 2.2.10 Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan metode analisa pengambilan keputusan berdasarkan prinsip matematika yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty [22]. Dimana metode pengambilan keputusan dengan melakukan perbandingan berpasangan antara kriteria pilihan dan juga perbandingan berpasangan antara pilihan yang ada. Permasalahan pengambilan keputusan dengan AHP umumnya dikomposisikan menjadi kriteria dan alternatif pilihan.

Secara umum prosedur AHP terdiri dari empat tahapan utama, yaitu:

1. *Dekomposisi*: menyusun model hirarki sederhana yang terdiri dari tiga tingkat hirarki, yaitu tujuan, kriteria, dan alternatif pilihan. Level alternatif dapat dibagi lebih lanjut menjadi tingkatan yang lebih detail, mencakup beberapa kriteria lainnya.
2. *Perbandingan Penilaian (comparative judgements)*: semua elemen pada strategi/alternatif dan kriteria diperbandingkan satu dengan lainnya, untuk menghasilkan skala kepentingan relatif dari tiap elemen. Penilaian yang dihasilkan merupakan skala penilaian numerik, disajikan dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan yang memuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk tiap kriteria. Misalkan terdapat kriteria C dan sejumlah n alternatif dibawahnya, A1 sampai An. Perbandingan antar alternatif dapat dibuat dalam bentuk matriks  $n \times n$ . Nilai perbandingan pada seluruh elemen menggunakan 9 skala angka, masing-masing diindikasikan dengan tingkat kepentingan relatif yang berbeda sebagaimana terlihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7. Skala Perbandingan Berpasangan [26]**

Skala	Definisi	Penjelasan
1	Sama pentingnya	Kedua elemen sama pentingnya, dua elemen mempunyai pengaruh sama besar
3	Agak lebih penting yang satu atas lainnya	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya.
5	Cukup penting	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya.

Tabel 2.7. Lanjutan

Skala	Definisi	Penjelasan
7	Sangat penting	Satu elemen sangat penting daripada elemen lainnya.
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen mutlak lebih 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 tengah diantara dua nilai keputusan yang berdekatan	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan, nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara 2 pilihan
Resiprokal dari skala diatas	Jika untuk aktifitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktifitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding kan dengan i	Kebalikan = Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j , maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i.

3. *Sintesa Prioritas*: sintesa prioritas dilakukan dengan menggunakan metode eigenvector, yaitu untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur-unsur pengambilan keputusan.
4. *Logical Consistency*: Pengukuran konsistensi didasarkan pada maximum eigen value dari matriks perbandingan berpasangan berorde-n ( $\lambda_{max}$ ). Dimana Consistency Index (CI) didapatkan dari:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (2.19)$$

Apabila CI bernilai nol, maka matriks perbandingan berpasangan tersebut dinyatakan konsisten. Batas ketidak konsistenan ditentukan dengan menggunakan Consistency Ratio (CR), yaitu perbandingan Consistency Index dengan nilai Random Indeks (RI). Consistency Ratio dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.20)$$

**Tabel 2.8. Nilai *Random Index* (RI) [26]**

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Jika matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari 0,1 maka ketidakkonsistenan pendapat dari pengambil keputusan masih dapat diterima. Apabila tidak maka hasil yang didapat dikategorikan tidak konsisten sehingga penilaian tersebut tidak dapat dipakai membentuk model, atau penilaian perlu diulang.

Untuk menjelaskan metode ini kita akan menggunakan contoh sederhana. Tujuannya adalah membeli mobil baru. Pembeliannya berdasarkan kriteria style, kehandalan dan konsumsi bahan bakar. Sedangkan pilihan alternatif mobil yang ada yaitu: Avansa, Xenia, Ertiga, Grand Livina (gambar 2.4).

Ketika membeli mobil, tidak semua kriteria sama pentingnya dalam waktu tertentu. Misalnya, orang tua mungkin lebih mementingkan faktor keamanan dibandingkan faktor lainnya. Pentingnya bobot masing-masing kriteria akan berbeda dan oleh karena itu, pertama-tama kita diharuskan untuk memperoleh prioritas relatif masing-masing kriteria dengan perbandingan berpasangan dengan menggunakan skala numerik untuk perbandingan yang dikembangkan oleh Saaty (2012).

Metode AHP hanya perlu membandingkan sepasang elemen pada setiap saat; keuntungan penting lainnya adalah dimasukkannya variabel berwujud (misalnya biaya) serta variabel tidak berwujud (misalnya kenyamanan) sebagai kriteria dalam pengambilan keputusan. Ada dua metode yang tersedia untuk tujuan ini: eksak dan perkiraan.



**Gambar 2.4. Hirarki, Kriteria dan Alternatif Pemilihan Mobil [23]**

Informasi yang ada kemudian di-sintesis untuk menentukan peringkat relatif dari alternatif pilihan yang ada. Kriteria dari jenis kualitatif dan kuantitatif dapat diperbandingkan menggunakan *Informed Judgement* untuk menghitung bobot dan prioritas. Cara menentukan tingkat kepentingan relatif dari kriteria yang ada dengan melakukan *judgement* untuk menentukan peringkat dari kriteria. Pengguna sistem AHP membandingkannya berdasarkan rekomendasi tabel 2.7.

Misalnya:

1. Kehandalan 2 kali lebih penting dari style.
2. Style 3 kali lebih penting dari konsumsi bahan bakar.
3. Kehandalan 4 kali lebih penting dari konsumsi bahan bakar.

Selanjutnya dengan *Pairwise Comparison* (perbandingan berpasangan), tingkat kepentingan satu kriteria dibandingkan dengan yang lain dapat diekspresikan. Dari *judgement* di atas bisa dibuatkan tabel perbandingan berpasangan sebagai berikut:

**Tabel 2.9. Perbandingan Berpasangan Pada Kriteria [23]**

Pembelian	Style	Kehandalan	Konsumsi BB
Style	1/1	1/2	3/1
Kehandalan	2/1	1/1	4/1
Konsumsi BB	1/3	1/4	1/1

### 2.2.10.1. Perhitungan AHP Dengan Metode Eksak

Naikkan matriks perbandingan ke pangkat (misalnya, naikkan matriks ke pangkat dua, naikkan lagi matriks yang dihasilkan ke pangkat dua, dan seterusnya) beberapa kali hingga semua kolom menjadi identik. Ini disebut matriks limit (Metode Eksak). Cara mengubah matrik berpasangan ini menjadi peringkat dari kriteria dengan menggunakan Eigenvector. Berikut cara untuk mencari solusi eigenvector:

1. Cara komputasi yang singkat yang bisa digunakan untuk mendapatkan peringkat adalah dengan menggunakan matrik berpasangan ini sebagai sebagai dasar penghitungan kuadrat matrik berpasangan setiap saat.
2. Jumlah setiap baris dihitung dan dinormalisasi
3. Perhitungan dihentikan apabila perbedaan dari jumlah-jumlah ini dalam dua penghitungan yang berturutan lebih kecil dari suatu angka.

#### Tahap 1: Kuadratkan Matrik Berpasangan

Pembelian Mobil	Style	Kehandalan	Konsumsi BB
Style	1	0,5	3
Kehandalan	2	1	4
Konsumsi BB	0,33	0,25	1

1	0,5	3	x	1	0,5	3	=	3	1,75	8
2	1	4		2	1	4		5,33	3	14
0,33	0,25	1		0,33	0,25	1		1,16	0,67	3

Dimana baris 1 didapat dari:

$$(1 \times 1 + 0,5 \times 2 + 3 \times 0,33) = 3$$

$$(1 \times 0,5 + 0,5 \times 1 + 3 \times 0,25) = 1,75$$

$$(1 \times 3 + 0,5 \times 4 + 3 \times 1) = 8$$

#### Tahap 2: Hitung Eigenvector Pertama

Langkah-langkahnya yaitu:

1. Jumlahkan baris.

3	1,75	8	=	12,75
5,33	3	14		22,333
1,16	0,67	3		4,833

2. Jumlahkan jumlah dari baris-baris yang ada.

12,75
22,333
4,833
<b>39,916</b>

+

3. Normalisasi nilai jumlah dari masing-masing baris.

12,75	:	39,916	=	<b>0,3194</b>
22,333	:	39,916	=	<b>0,5595</b>
4,833	:	39,916	=	<b>0,1211</b>

Jadi eigenvector yang pertama adalah:

<b>0,3194</b>
<b>0,5595</b>
<b>0,1211</b>

### Tahap 3: Hitung Eigenvector Kedua

Untuk eigenvector yang kedua diperoleh dengan langkah yang sama yaitu dikuadratkan, dijumlah, dan dinormalisasi. Dimana matrik yang dikuadratkan dari hasil matrik tahap 1.

3	1,75	8	x	3	1,75	8	=	27,6653	15,8830	72,4984
5,33	3	14		5,33	3	14		48,3311	27,6662	126,6642
1,16	0,67	3		1,16	0,67	3		10,5547	6,0414	27,6653

27,6653	15,8830	72,4984	=	<b>116,0467</b>
48,3311	27,6662	126,6642	=	<b>202,6615</b>
10,5547	6,0414	27,6653	=	<b>44,2614</b>

<b>116,0467</b>
<b>202,6615</b>
<b>44,2614</b>
<b>362,9696</b>

+

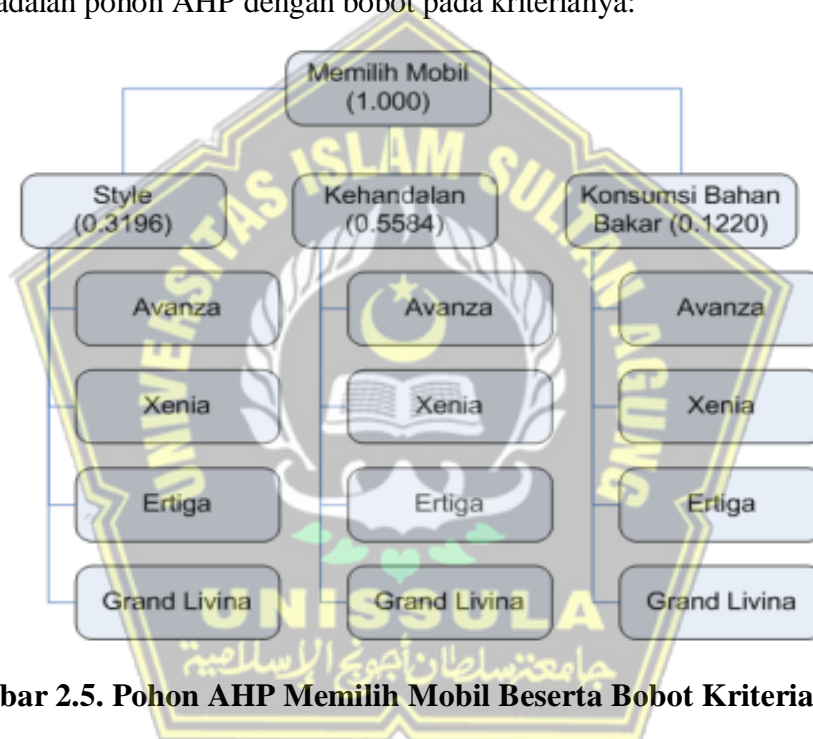
116,0467	:	362,9696	=	<b>0,3197</b>
202,6615	:	362,9696	=	<b>0,5583</b>
44,2614	:	362,9696	=	<b>0,1220</b>

Jadi eigenvector yang kedua adalah:

0,3197
0,5583
0,1220

Melihat pada nilai dari eigenvector bisa dikatakan bahwa: kriteria yang pertama adalah peringkat nomor 2 terpenting, kriteria yang kedua adalah peringkat 1 terpenting, dan kriteria yang ketiga adalah peringkat nomor 3 terpenting.

Berikut adalah pohon AHP dengan bobot pada kriterianya:



**Gambar 2.5. Pohon AHP Memilih Mobil Beserta Bobot Kriterianya [23]**

Cara menentukan peringkat alternatif pilihan juga dengan melakukan perbandingan berpasangan terhadap kriteria masing-masing. *Judgement* dalam proses ini umumnya dilakukan berbasis pada data/informasi tentang alternatif pilihan (kuantitatif approach) atau kalau tidak tersedia data/informasi tersebut, dapat dilakukan dengan judgement dari pakar terkait pemilihan alternatif tersebut (kualitatif approach).

Di dalam sebuah sistem, proses untuk menentukan nilai kriteria dari masing-masing alternatif pilihan dan perhitungan peringkat dilakukan pada saat melakukan entry dan edit data variabel dan kriteria alternatif pilihan. Dalam kasus ini, yang

memberikan judgement untuk kriteria style dan kehandalan adalah pakar tentang mobil dengan informasi bersifat kualitatif.

**Tabel 2.10. Perbandingan Berpasangan Peringkat Style [23]**

Style	Avanza	Xenia	Ertiga	Grand Livina
Avanza	1/1	¼	4/1	1/6
Xenia	4/1	1/1	4/1	1/4
Ertiga	1/4	¼	1/1	1/5
Grand Livina	6/1	4/1	5/1	1/1

**Tabel 2.11. Perbandingan Berpasangan Peringkat Kehandalan [23]**

Kehandalan	Avanza	Xenia	Ertiga	Grand Livina
Avanza	1/1	2/1	5/1	1/1
Xenia	1/2	1/1	3/1	2/1
Ertiga	1/5	1/3	1/1	1/4
Grand Livina	1/1	½	4/1	1/1

Dari matrik ini dihitung eigenvector, untuk menentukan peringkat dari alternatif pilihan untuk masing-masing kriteria. Dengan cara sama seperti tahap 1 sampai tahap 3 ( kuadratkan matrik berpasangan, hitung eigenvector pertama dengan jumlahkan baris lalu dinormalisasi, ulangi langkah tadi sehingga didapat eigenvector kedua). Sehingga diperoleh nilai eigenvector untuk peringkat alternatif sebagai berikut:

Style	Kehandalan
0,1160	0,3790
0,2470	0,2900
0,0600	0,0740
0,5770	0,2570

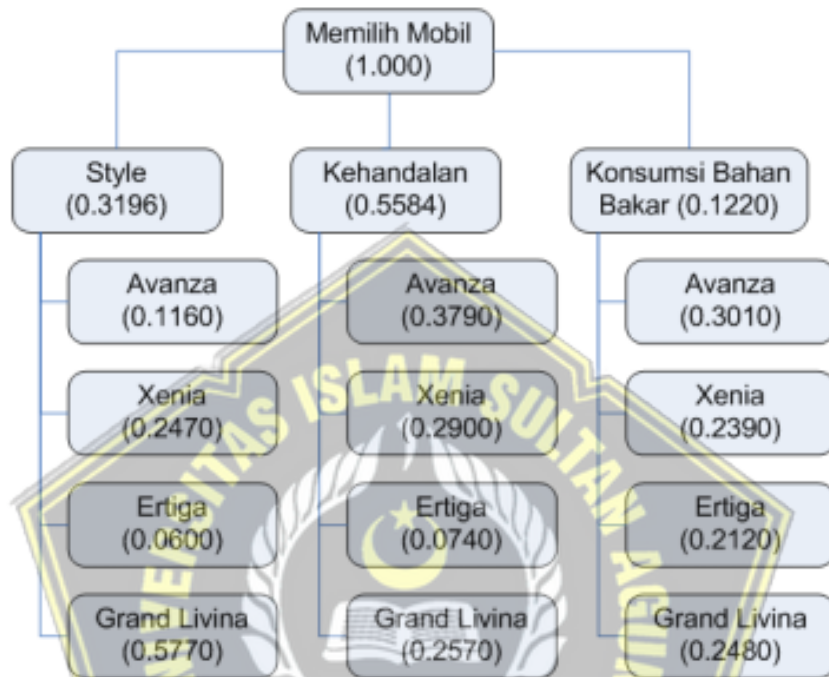
Untuk kriteria konsumsi bahan bakar, ditentukan dengan informasi yang bersifat kuantitatif sebagai berikut:

**Tabel 2.12. Peringkat Konsumsi Bahan Bakar [23]**

Avanza	34	34/113	<b>0,3010</b>
Xenia	27	27/113	<b>0,2390</b>
Ertiga	24	24/113	<b>0,2120</b>
Grand Livina	28	28/113	<b>0,2480</b>
	<b>113</b>		



Dengan menormalisasi informasi bersifat kuantitatif, akan bisa didapatkan peringkat konsumsi bahan bakar untuk masing-masing alternatif pilihan. Dengan demikian bobot kriteria dan alternatif pilihan sudah terlengkapi, sehingga pohon keputusan tergambar menjadi:



**Gambar 2.6. Pohon AHP Memilih Mobil Beserta Bobot Alternatif [23]**

Untuk mendapatkan hasil keputusan, masing-masing bobot untuk alternatif pilihan dikalikan dengan bobot dari kriteria dalam bentuk perkalian matrik. Sehingga perhitungan keseluruhan nilai masing-masing alternatif pilihan untuk mobil adalah sebagai berikut:

Avanza	0,1160	0,3790	0,3010	x	0,3197	=	0,3060
Xenia	0,2470	0,2900	0,2390		0,5583		0,2720
Ertiga	0,0600	0,0740	0,2120		0,1220		0,0940
Grand Livina	0,5770	0,2570	0,2480		0,3280		

Sehingga pilihan yang paling bagus untuk kasus pengambilan keputusan ini adalah mobil dengan tipe Grand Livina.

### 2.2.10.2. Perhitungan AHP Dengan Metode Perkiraan [24]

Jumlahkan kolom pada tabel perbandingan berpasangan, kemudian dinormalisasi. Prioritas dihasilkan dari rata-rata baris hasil normalisasi. Matrik penilaian dari perbandingan berpasangan kanannya ditambahkan kolom prioritas.

Langkah selanjutnya prioritas sebagai faktor perkalian terhadap nilai perbandingan berpasangan. Sehingga dari hasil perkalian didapatkan jumlah bobot pada penjumlahan barisnya. Jumlah bobot yang didapatkan dibagi terhadap nilai masing-masing prioritas sehingga didapatkan  $\lambda$  Max rata-rata untuk menghitung besarnya nilai CR (rasio konsistensi). Lebih jelasnya pada urutan tahapan berikut:

#### Tahap 1: Penjumlahan Kolom

Kriteria	Style	Kehandalan	Konsumsi BB
Style	1	0,5	3
Kehandalan	2	1	4
Konsumsi BB	0,333	0,250	1
Jumlah	3,333	1,750	8

#### Tahap 2: Normalisasi + Prioritas

Kriteria	Style	Kehandalan	Konsumsi BB	Prioritas
Style	0,300	0,286	0,375	<b>0,320</b>
Kehandalan	0,600	0,571	0,500	<b>0,557</b>
Konsumsi BB	0,100	0,143	0,125	<b>0,123</b>

#### Tahap 3: Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan

Kriteria	Style	Kehandalan	Konsumsi BB	Prioritas
Style	1	0,5	3	<b>0,320</b>
Kehandalan	2	1	4	<b>0,557</b>
Konsumsi BB	0,333	0,250	1	<b>0,123</b>

#### Tahap 4: Prioritas Sebagai Faktor Bobot

Kriteria	Style	Kehandalan	Konsumsi BB
Prioritas	<b>0,320</b>	<b>0,557</b>	<b>0,123</b>
Style	1	0,5	3
Kehandalan	2	1	4
Konsumsi BB	0,333	0,250	1

**Tahap 5: Perhitungan Jumlah Bobot**

Kriteria	Style	Kehandalan	Konsumsi BB	Jumlah Bobot
Style	0,320	0,279	0,368	0,967
Kehandalan	0,640	0,557	0,490	1,688
Konsumsi BB	0,107	0,139	0,123	0,369

**Tahap 6: Nilai Konsistensi Kriteria**

Kriteria	Jumlah Bobot	Prioritas	$\lambda$ Max
Style	0,967	0,320	3,018
Kehandalan	1,688	0,557	3,030
Konsumsi BB	0,369	0,123	3,006

Dimana  $\lambda$  Max =  $(3,018+3,030+3,006)/3 = 3,018$ . Untuk  $n=3$  dari tabel didapat nilai RI = 0,58. Sekarang kita perlu menghitung indeks konsistensi (CI) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{C.I.} &= (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \\ &= (3,018 - 3) / (3 - 1) \\ &= \mathbf{0,00901} \end{aligned}$$

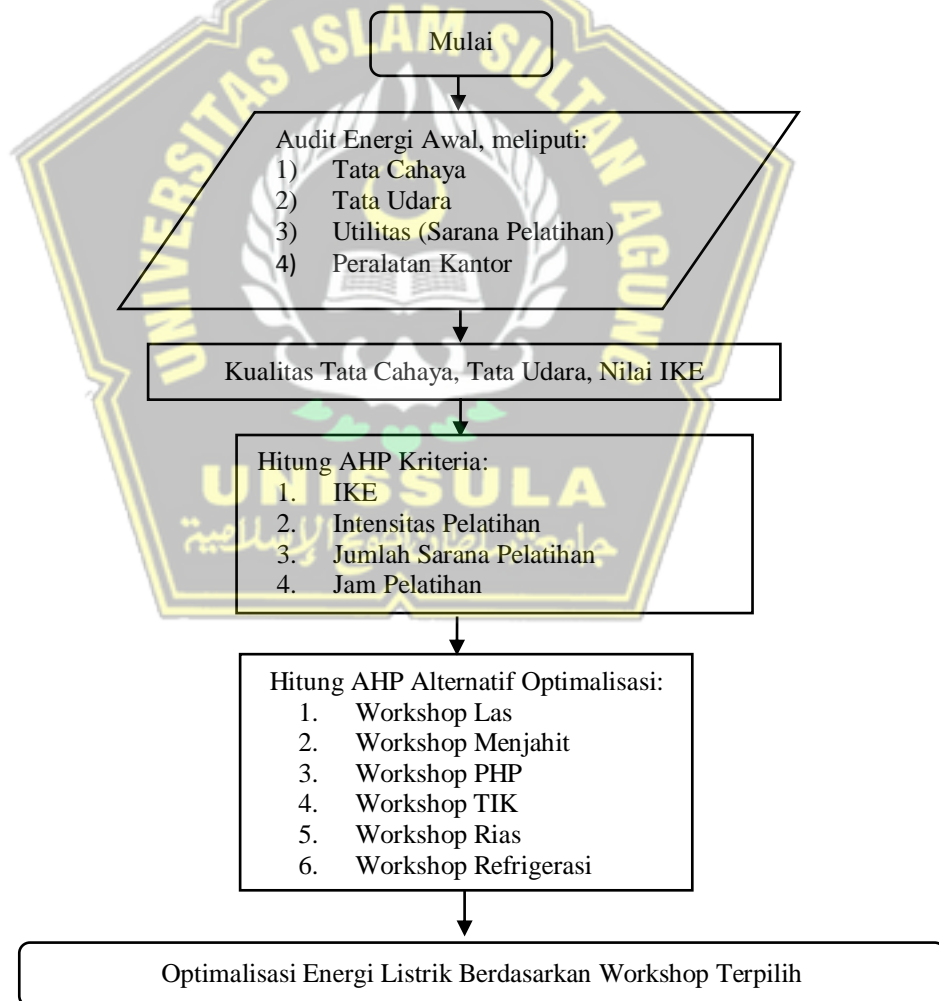
$$\begin{aligned} \text{CR} &= \text{CI} / \text{RI} \\ &= 0,00901 / 0,58 \\ &= \mathbf{0,0155} \end{aligned}$$

Karena nilai **0,0155** untuk proporsi CR yang tidak konsisten **kurang dari 0,10** sehingga matriks penilaian cukup konsisten, pengambilan keputusan menggunakan AHP dapat dilakukan.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Model Penelitian

Model penelitian disusun untuk memberikan panduan secara sistematis dalam melakukan penelitian. Susunan metode penelitian ini berdasarkan tujuan secara umum kemudian dirancang menjadi ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data, menganalisis konsumsi energi listrik berdasarkan hasil audit energi dan penarikan kesimpulan. Model penelitian disajikan pada Gambar 3.1.

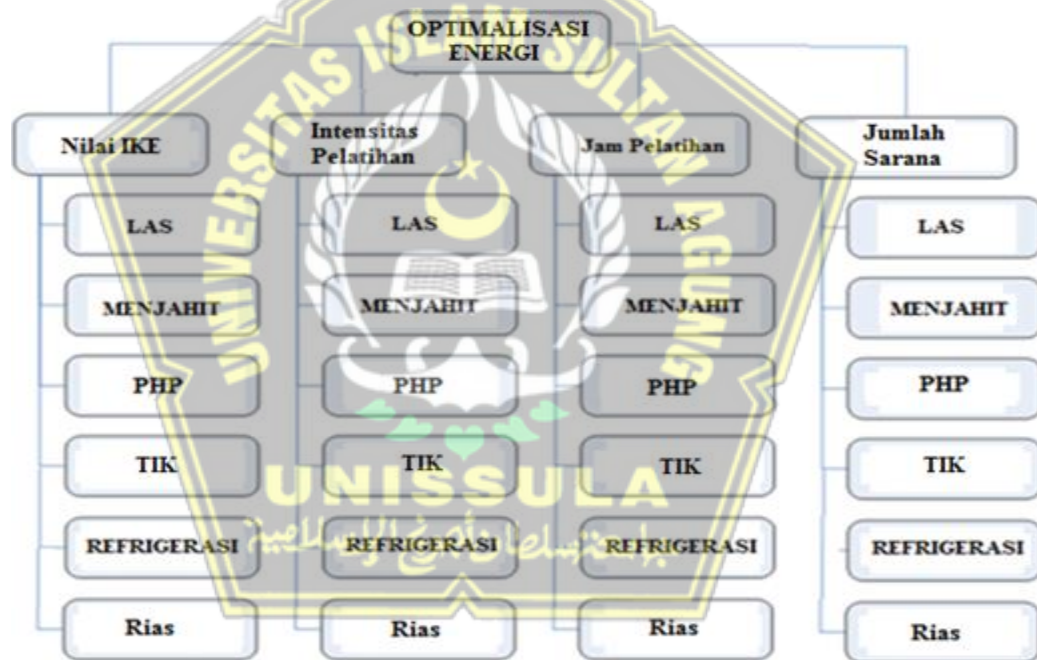


**Gambar 3.1. Model Penelitian**

### ***Pembentukan Model***

Pada penelitian ini, penyusunan model pengambilan keputusan dilakukan dengan memasukkan beberapa kriteria dan strategi. Bentuk struktur dekomposisi hirarki menggunakan 3 hirarki yaitu:

1. *Hirarki tingkat pertama (tujuan)*: Menentukan optimalisasi energi listrik berdasarkan pembebanan pada gedung BLK Demak.
2. *Hirarki tingkat kedua (kriteria)*: Menentukan kriteria apa yang akan digunakan untuk meningkatkan optimalisasi energi listrik.
3. *Hirarki tingkat ketiga (strategi)*: Menentukan strategi yang digunakan untuk meningkatkan optimalisasi energi listrik.



**Gambar 3.2. Hirarki, Kriteria dan Alternatif Optimalisasi Energi**

Pada pohon bertingkat AHP diatas, terdapat 4 kriteria yaitu:

- 1) Nilai IKE

Besarnya nilai intensitas konsumsi energi (IKE) yaitu besarnya konsumsi daya per satuan luas.

- 2) Intensitas Pelatihan

Banyaknya pelatihan per kejuruan selama 1 tahun yaitu berapa kali pelatihan suatu kejuruan dilakukan dalam 1 tahun.

## 3) Jam Pelatihan

Lamanya pelatihan untuk satu program pelatihan yaitu berapa jam pelatihan (JP) untuk satu program pelatihan.

## 4) Jumlah Sarana

Jumlah sarana pelatihan utama untuk suatu program pelatihan yaitu perbandingan jumlah sarana terhadap jumlah peserta pelatihan.

Strategi/alternatif yang dipilih terbatas pada 6 workshop. Workshop TKR tidak masuk alternatif karena selain beban energinya relatif kecil, intensitas pelatihannya termasuk paling sedikit. Ruang kantor tidak masuk alternatif karena kriteria yang digunakan tidak mempengaruhi besar kecilnya konsumsi energi listrik, setiap bulannya konsumsi energi relatif tetap.

### 3.2 Data Penelitian

#### 3.2.1 Profil BLK Demak

BLK Demak merupakan Unit Pelaksana Teknis Dinas dari Dinas Tenaga Kerja Dan Perindustrian yang berdiri di atas lahan seluas 25.000 m<sup>2</sup>. Dibangun pada tahun 2008 dan mulai beroperasi ditahun berikutnya. Terdiri dari beberapa bangunan sebagaimana tampak terlihat pada denah. Dimana beberapa luas bangunannya sebagaimana Tabel 3.1. di bawah ini.

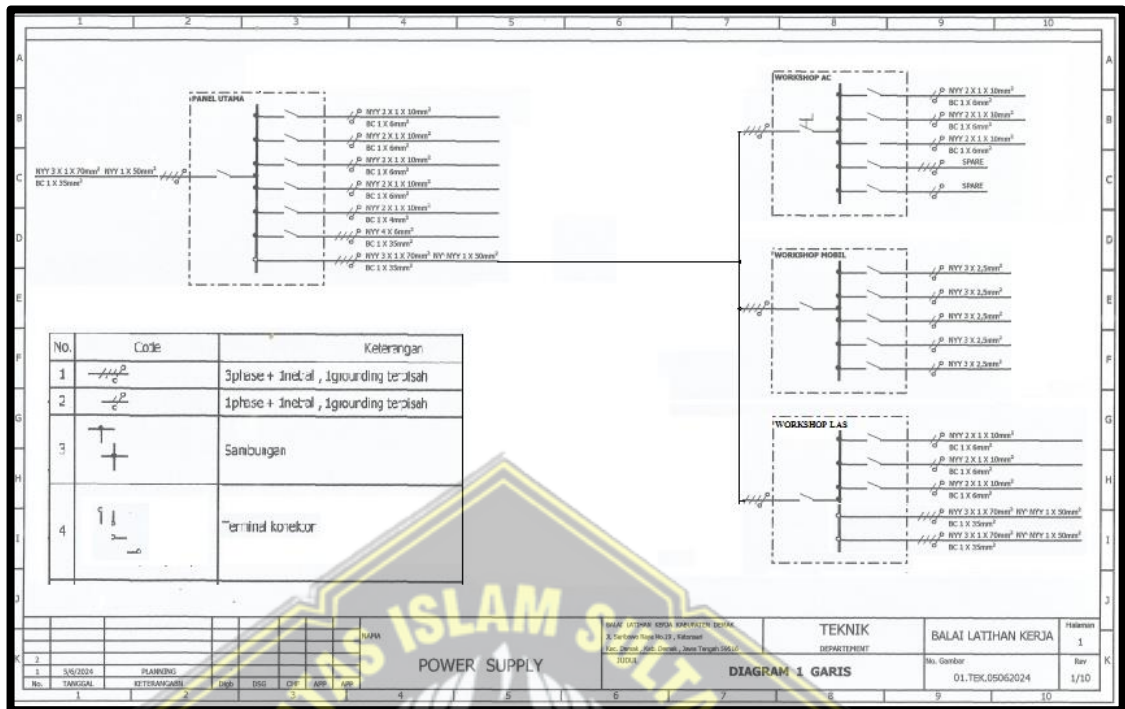
**Tabel 3.1. Komposisi Bangunan BLK Demak**

No	Nama Ruangan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5	6=3x4	7=3x4x5
1	Workshop Las	9	9	3,75	81	303,75
2	Workshop TKR	9	9	3,75	81	303,75
3	Workshop PHP	9	7	3,5	63	220,5
4	Workshop Menjahit	9	9	3,5	81	283,5
5	Workshop Refrigerasi	9	7	3,5	63	220,5
6	Workshop TIK	8	6	3,5	48	168
7	Workshop Rias	9	6	3	54	162
8	Ruang Kantor	9	6	3	54	162

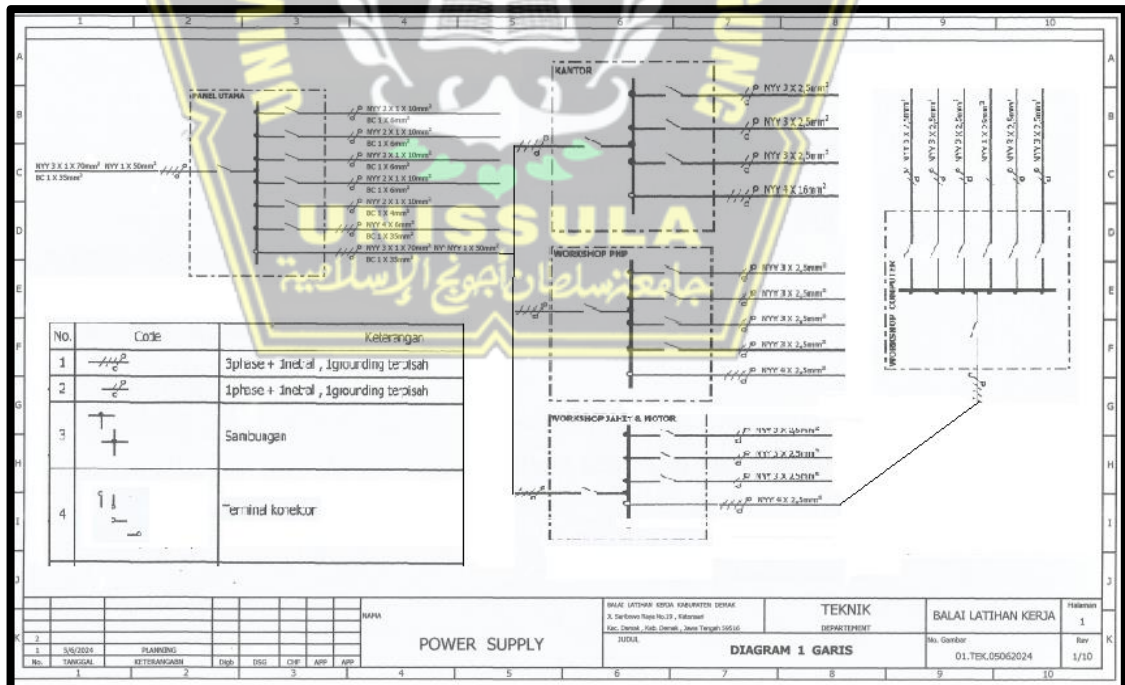
Sumber utama listrik dari PLN adalah sebesar 53 kVA untuk penggunaan beban listrik sistem pencahayaan (lampu), sistem pendingin (AC), peralatan pelatihan serta peralatan kantor. Di dukung sebuah Generator Set (Genset) sebesar 30 kVA untuk cadangan.



**Gambar 3.3. Denah BLK Demak**



Gambar 3.4. Diagram Single Line Panel Utama ke AC, TKR & Las



Gambar 3.5. Diagram Single Line Panel Utama ke Kantor, PHP & Jahit



### 3.2.2 Data Konsumsi Energi

Besaran konsumsi energi listrik dari Januari Tahun 2023 sampai dengan Desember Tahun 2023 berkisar antara 40.000 kWh/tahun. Dengan rata-rata konsumsi energi listrik berkisar antara 3300 kWh/bulan, dimana konsumsi penggunaan energi listrik tertinggi sekitar 5000kWh/bulan sebagaimana terlihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2. Data Konsumsi Energi (kWh) Januari 2023 – Desember 2023**

Bulan	kWh 2023
Januari	2420
Februari	2420
Maret	3004
April	3557
Mei	2420
Juni	3479
Juli	3404
Agustus	2906
September	4912
Oktober	5098
November	2909
Desember	3067
<b>Total Konsumsi</b>	<b>39.596</b>
<b>Rata-Rata/Bulan</b>	<b>3299,67</b>

### 3.2.3 Daftar Beban Kantor dan Kejuruan

Dalam penggunaan energi listrik, konsumsi energi tersebar dari penggunaan sarana peralatan penunjang pelatihan seperti mesin las, mesin jahit serta masih banyak lainnya. Peralatan tiap kejuruan berbeda penggunaannya sesuai program pelatihan/jadwal pelatihan yang berjalan. Dimana jam operasional kantor dari jam 7.30 - 15.30 WIB, sedangkan jam pelatihan dari jam 7.30 - 14.30 WIB dengan jam istirahat mulai 12.00 - 13.00 WIB. Berikut daftar beban dan durasi penggunaan per harinya berdasarkan informasi yang kami peroleh.

Tabel 3.3. Beban Listrik Harian Ruangan Tanpa AC

No	Nama Mesin	Spesifikasi	Daya (Watt)	Jam	Jumlah
<b>Workshop Las</b>					
1	Mesin Las SMAW	Krisbow, MIG/MAG 250	±2000	4	3
		General, BX1-250-2	±2000	4	3
		Fintech 350	±2400	4	2
2	Gerinda Duduk	Wipro, TDS150 6"	250	2	2
3	Gerinda Tangan	Makita, 9553B	600	3	2
		Makita, N9500 N	570	3	2
		Maktek, MT-90	540	3	2
		Maktek, MT-91A	540	3	2
4	Cutting Off	Makita, 2414 NB	2200	0,5	2
5	Oven Elektroda	Caldwell, 5Kg	120	2	2
6	Kipas Angin	Regency, 20"	100	7	4
7	Lampu	TLD Philips	18	7	12
		LED Luby	18	5	8
8	Dispenser	Miyako, HOT-COOL	420	7	1
<b>Workshop TKR</b>					
1	Kompresor	Lakoni, 1,5 HP	1100	0,5	1
3	Kipas Angin	Regency, 20"	100	7	2
4	Lampu	TLD Philips	18	7	12
5	Dispenser	Miyako, HOT-Normal	350	7	1
<b>Workshop PHP</b>					
1	Mixer	HS40 Spiral Mixer	2900	1	1
2	Oven	MKS-RS24	120	2	1
3	Electric Proofer M.	DT F-5-050b	1200	2	1
4	Blender	Cosmos, CB 802	250	0,5	8
5	Freezer	GEA, AB 106-R	100	24	2
		Maspion, MT-193	200	24	1
6	Kipas Angin	Regency, 20"	100	7	4
7	Lampu	TLD Philips	18	7	12
8	Dispenser	Miyako, HOT-Normal	350	7	1
<b>Workshop Menjahit</b>					
1	Mesin Jahit HS	JACK JK-768-4-514M2-24	250	5	8
		DURKOF ADLER 261	550	5	8
2	Mesin Obras	PEGASUS, M932-355	550	1	4
3	Setrika	Philip GC 122 /77	350	1	4
4	Kipas Angin	Regency, 20"	100	7	4
5	Lampu	LED Philips	18	7	9
6	Dispenser	Miyako, HOT-Normal	350	7	1

Tabel 3.4. Beban Listrik Harian Ruangan Dengan AC

No	Nama Mesin	Spesifikasi	Daya (Watt)	Jam	Jumlah
<b>Workshop Refrigerasi</b>					
1	PC	ProDesk 600 G3 MT	180	7	1
2	Monitor	HP V194 18.5Inch	13	7	1
3	Projecktor	InFocus IN126x Projector	260	7	1
4	AC Split	Polytron 2 PK	1920	2	2
		Panasonic 1,5 PK	1170	2	2
		Midea 1 PK	840	2	2
		Changhong 0,5 PK	400	2	2
		Panasonic 1 PK	840	7	2
		Panasonic 0,5 PK	400	7	2
5	Mesin Recovery		450	1	1
6	Refrigeration	PUDAK	175	1	1
7	Vacuum Pump	Value, 1/3 HP	250	1	4
8	Kulkas	Sharp	115	24	1
9	Exhaust Fan	Maspion, 8"	30	7	1
10	Lampu	TLD Philips	18	7	12
11	Dispenser	Miyako, HOT-Normal	350	7	1
<b>Workshop Rias</b>					
1	Hairdryer	Philips, BHC010/12	1200	1	8
2	Catok Rambut	Philips, BHS376/00	55	1	8
3	AC Split	Polytron 1,5 PK	1170	7	2
4	Lampu	LED Philips	18	7	6
5	Dispenser	Miyako, HOT-Normal	350	7	1
<b>Workshop TIK</b>					
1	PC Server	HPE ML310e Gen8 v2	350	24	1
2	Monitor	HP V194 18.5Inch V5E94AA	13	7	17
3	PC	ProDesk 600 G3 MT	180	7	16
4	Printer	LaserJet Pro M203 dn	480	2	1
		DeskJet Ink Advantage 4675	15	2	1
5	Projecktor	InFocus IN126x Projector	260	7	1
6	AC Split	Sharp 2 PK	1920	7	1
		Polytron 1,5 PK	1170	7	1
7	Lampu	LED Philips	18	7	6
8	Dispenser	Miyako, HOT-Normal	350	7	1
<b>Kantor</b>					
1	AC Split	Polytron 1,5 PK	1170	8,5	1
		Polytron 1 PK	840	8,5	2
2	PC	HP Pocket	200	8	8

Tabel 3.4. Lanjutan

No	Nama Mesin	Spesifikasi	Daya (Watt)	Jam	Jumlah
3	Monitor	HP V194 18.5Inch	13	8	8
4	Printer	Epson, L310	10	2	2
		Canon, Imageruner 2520	1300	2	1
5	PC Server	HPE ML310e Gen8 v2	350	24	1
6	TV LED	TCL, 32 “	50	24	2
7	Lampu	LED Philips	18	8	6
8	Kulkas	Sharp	115	24	1
9	Dispenser	Miyako, HOT-Normal	350	8	1

### 3.2.4 Matrik Pelatihan

Matrik pelatihan tiap tahun berubah sesuai anggaran pelatihan yang ada. Dimana mengakibatkan konsumsi energi listrik pada bulan tertentu cenderung lebih besar dari bulan yang lain tergantung waktu tentatif pelaksanaan dari pelatihan yang ada selama satu tahun. Adapun pelatihan yang ada terdiri dari 7 kejuruan yaitu:

- 1) Kejuruan Teknik Las
- 2) Kejuruan Teknik Otomotif
- 3) Kejuruan Refrigerasi
- 4) Kejuruan Tata Boga
- 5) Kejuruan Tata Kecantikan
- 6) Kejuruan Garmen Apparel
- 7) Kejuruan Tehnologi Informasi dan Komunikasi

Tabel 3.5. Matrik Pelatihan Tahun Anggaran 2023

No	PROGRAM PELATIHAN	JP	JML PESERTA	TRIWULAN I		TRIWULAN II			TRIWULAN III			
				FEB	MARET	APRIL	MEI	JUNI	JULI	AGUSTUS	SEPTEMBER	
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	Menjahit Pakaian Wanita Dewasa 1 (DAU)	200	16	13	17							
	Menjahit Pakaian Wanita Dewasa 2 (DAU)	200	16	13	17							
	Menjahit Pakaian Wanita Dewasa 1 (APBN)	260	16				8		26			
	Menjahit Pakaian Wanita Dewasa 2 (APBN)	260	16							7		21
2	Pemeliharaan K.Ringan Konvensional (DAU)	200	16	13	17							
	Pemeliharaan K.Ringan Konvensional (APBN)	260	16							7		21
	Servis Sepeda Motor Konvensional 1 (DAU)	200	16	13	17							
	Servis Sepeda Motor Konvensional (APBN)	280	16				5		30			
3	Practical Office Advance 1 (DAU)	200	16	13	17							
	Practical Office Advance (APBN)	260	16				8		26			
	Desain Grafis Muda (DAU)	200	16	13	17							
	Desain Grafis Muda (APBN)	260	16							7		21
4	Teknisi Teknisi AC Residential (DAU)	200	16	13	17							
	Teknisi Teknisi AC Residential (APBN)	240	16							7		18
5	Pembuatan Roti dan Kue 1 (DBHCHT IN)	160	16				8		7			
	Pembuatan Roti dan Kue 2 (DBHCHT IN)	160	16						12		10	
	Pembuatan Roti dan Kue 1 (APBN)	140	16	13	8							
	Pembuatan Roti dan Kue 2 (APBN)	140	16		9		6					
6	Fillet Welder SMAW 2F 1 (DAU)	200	16	13	17							
	Plate Welder SMAW 2G (APBN)	260	16							7		21
7	Tata Rias Kecantikan 1 (DAU)	200	16	13	17							
	Tata Rias Kecantikan 2 (DBHCHT IN)	160	16				8		7			
	Tata Rias Kecantikan (APBN)	260	16							7		21

### 3.2.5 Sistem Tata Cahaya dan Udara Pada Gedung BLK

Penggunaan lampu sebagai cahaya buatan merupakan kebutuhan setiap ruangan pada gedung BLK. Sedangkan pengkondisi udara hanya pada ruangan tertentu. Dimana lampu dan pengkondisi udara yang digunakan buat dasar penelitian hanya yang ada pada ruangan. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan pada pukul 10.00 WIB. Berikut data sistem tata cahaya dan udara pada gedung BLK.

**Tabel 3.6. Data Sistem Tata Cahaya**

No	Nama Ruangan	Spesifikasi	Daya (Watt)	Jam	Jumlah	Intensitas Cahaya
1	Workshop Las	TLD Philips	18	7	12	90 Lux
		LED Luby	18	5	8	
2	Workshop TKR	TLD Philips	18	7	12	90 Lux
3	Workshop PHP	TLD Philips	18	7	12	180 Lux
4	Workshop Menjahit	LED Philips	18	7	9	220 Lux
5	Workshop Refrigerasi	TLD Philips	18	7	12	85 Lux
6	Workshop Rias	LED Philips	18	7	6	180 Lux
7	Workshop TIK	LED Philips	18	7	6	120 Lux
8	Ruang Kantor	LED Philips	18	8	6	200 Lux

**Tabel 3.7. Data Sistem Tata Udara**

No	Nama Ruangan	Spesifikasi	Daya (Watt)	BTU/hour	Jam	Jumlah
1	Workshop Refrigerasi	Panasonic 1 PK	840	9000	7	2
		Panasonic 0,5 PK	400	5000	7	2
2	Workshop Rias	Polytron 1,5 PK	1170	1200	7	2
3	Workshop TIK	Sharp 2 PK	1920	1800	7	1
		Polytron 1,5 PK	1170	1200	7	1
4	Ruang Kantor	Polytron 1,5 PK	1170	1200	8,5	1
		Polytron 1 PK	840	9000	8,5	2

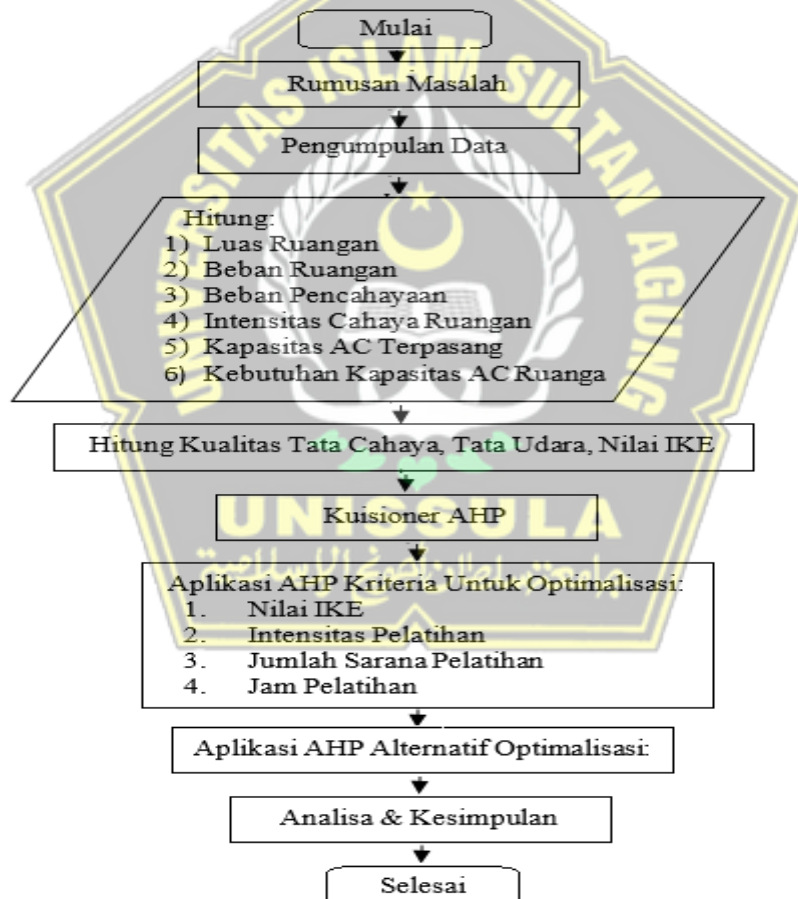
### 3.3 Peralatan Penelitian

Proses penelitian memerlukan beberapa perangkat lunak untuk membaca data, pemodelan dan pengolahan data yaitu:

1. Microsoft excel digunakan untuk mengolah data berupa angka dalam bentuk tabel dengan menggunakan beberapa fungsi.
2. Lux Light Meter digunakan untuk membaca nilai intensitas cahaya pada ruangan.
3. Tang Ampere digunakan untuk membaca kuat arus pada mesin las.

### 3.4 Alur Penelitian

Di dalam penelitian, penulis membuat diagram alir (*flowchart*) seperti Gambar 3.6. *Flowchart* ini bertujuan mempermudah penulis dalam melakukan penulisan hasil penelitian. Adapun langkah penelitiannya sebagai berikut :



Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Penerapan Metode AHP

Langkah pertama dalam analisis AHP adalah membangun hierarki keputusan. Pemodelan keputusan membangun hierarki untuk menganalisis keputusan. Dengan menyusun masalah sedemikian rupa, kita dapat lebih memahami keputusan yang ingin dicapai, kriteria yang akan digunakan dan alternatif yang akan dievaluasi. Langkah ini sangat penting dan dalam permasalahan yang lebih kompleks, dimungkinkan untuk meminta partisipasi para ahli untuk memastikan bahwa semua kriteria dan alternatif yang mungkin telah dipertimbangkan.

Dalam pelaksanaan pengambilan data kuesioner maka dibutuhkan perangkat atau instrumen kuesioner pertanyaan untuk dasar data perbandingan berpasangan. Dimana kuesioner diisi oleh pakar atau orang yang mempunyai otoritas pengambil keputusan. Penerapan metode AHP pada optimalisasi energi di BLK Demak menggunakan 3 kuesioner yang diisi 3 responden sebagai berikut:

1. Kepala BLK Demak
2. Instruktur Listrik
3. Instruktur Refrigerasi

Berdasarkan hasil kuesioner, tahapan selanjutnya dalam melakukan penerapan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) antara lain:

- a. Menyusun matrik perbandingan berpasangan yang merepresentasikan kontribusi relatif atau pengaruh tiap bagian terhadap tujuan.
- b. Menyusun perbandingan berpasangan kemudian diperoleh jumlah penilaian seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan  $n$  adalah banyaknya elemen yang dibandingkan. Hasil perbandingan dari masing-masing bagian akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang merepresentasikan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen.
- c. Mengkalkulasi nilai eigen dan mengetes konsistensinya. Jika tidak konsisten berdampak pada penghimpunan data akan diulang.
- d. Merepetisi tahap a,b dan c untuk semua tingkat hirarki. Mengkalkulasi vektor eigen tiap-tiap matriks perbandingan berpasangan yang mana adalah bobot tiap bagian untuk pemilihan prioritas bagian bagian di tingkat hirarki paling rendah hingga mencapai tujuan.



- e. Mengetes konsistensi hirarki. Mengetes rasio konsistensi dengan melihat index konsistensi. Konsistensi yang dituju adalah yang mendekati sempurna agar memperoleh keputusan yang mendekati valid.

**Tabel 3.8. Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria Optimalisasi Energi**

Optimalisasi Energi	Nilai IKE	Intensitas Pelatihan	Jam Pelatihan	Jumlah Sarana
Nilai IKE	1			
Intensitas Pelatihan		1		
Jam Pelatihan			1	
Jumlah Sarana				1

**Tabel 3.9. Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Nilai IKE**

Nilai IKE	Workshop Las	Workshop Menjahit	Workshop PHP	Workshop TIK	Workshop Refrigerasi	Workshop Rias
Workshop Las	1					
Workshop Menjahit		1				
Workshop PHP			1			
Workshop TIK				1		
Workshop Refrigerasi					1	
Workshop Rias						1

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Audit Energi

Dalam tahapan ini dilaksanakan perhitungan konsumsi energi pada sebagian gedung BLK Demak berdasarkan audit energi awal, data yang didapatkan antara bulan Desember 2023 – Januari 2024 sebagai berikut :

1. Data pencahayaan.
2. Data tata udara.
3. Data beban peralatan pelatihan dan kantor.

Data yang didapatkan digunakan untuk mengetahui profil pemakaian energi pada sebagian gedung BLK untuk optimalisasi energi listrik. Setelah itu ditentukan kriteria dan alternatif rekomendasi optimalisasi energi yang akan di implementasikan pada AHP untuk mendapatkan usulan alternatif rekomendasi berdasar prioritas.

#### 4.2.1. Analisa Tata Cahaya

Sistem pencahayaan yang digunakan merupakan sistem pencahayaan merata. Dimana memberikan tingkat pencahayaan yang merata di seluruh ruangan, sesuai untuk kebutuhan ruang kelas/workshop yang memerlukan tingkat pencahayaan yang sama.

**Tabel 4.1. Data Pengukuran Pencahayaan**

No	Nama Ruangan	Illuminasi (Lux)	SNI (Lux)	Keterangan
1	Workshop Las	90	350	Kurang
2	Workshop TKR	90	350	Kurang
3	Workshop PHP	180	350	Kurang
4	Workshop Menjahit	220	350	Kurang
5	Workshop Refrigerasi	85	350	Kurang
6	Workshop Rias	180	350	Kurang
7	Workshop TIK	120	350	Kurang
8	Ruang Kantor	200	350	Kurang

Dari Tabel 4.1. menggambarkan bahwa secara keseluruhan ruangan tingkat pencahayaannya kurang karena nilainya dibawah standar (350 Lux). Sedangkan tingkat densitas daya lampu secara keseluruhan masuk kategori efisien karena nilainya dibawah standar (11,95 W/m<sup>2</sup>). Dimana besarnya nilai densitas pencahayaan tiap ruangan dapat dilihat pada Tabel 4.2. Nilai densitas diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.16) dan luas ruangan. Untuk lebih jelasnya perhitungan densitas pencahayaan workshop las.

$$\begin{aligned} P_{\text{Total}} &= N_{\text{Lampu}} \cdot P_{\text{Lampu}} \\ &= 20 \cdot 18 \text{ W} \\ &= 360 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitas} &= \frac{\text{Daya Lampu Total (W)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{360 \text{ (W)}}{81 \text{ (m}^2\text{)}} \\ &= 4,44 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya densitas pencahayaan per workshop.

**Tabel 4.2. Data Densitas Tata Cahaya**

No	Nama Ruangan	Daya (W)	Jumlah	P <sub>Total</sub> (W)	Luas (m <sup>2</sup> )	Densitas (W/m <sup>2</sup> )	SNI (W/m <sup>2</sup> )	Ket.
1	2	3	4	5=3x4	6	7=5/6	8	9
1	Workshop Las	18	12	360	81	4,44	11,95	Efisien
		18	8					
2	Workshop TKR	18	12	216	81	2,67	11,95	Efisien
3	Workshop PHP	18	12	216	63	3,43	11,95	Efisien
4	Workshop Menjahit	18	9	162	81	2,00	11,95	Efisien
5	Workshop Refrigerasi	18	12	216	63	3,43	11,95	Efisien
6	Workshop Rias	18	6	108	54	2,00	11,95	Efisien
7	Workshop TIK	18	6	108	48	2,25	11,95	Efisien
8	Ruang Kantor	18	6	108	54	2,00	7,53	Efisien

#### 4.1.2. Analisa Tata Udara (AC)

Penentuan kapasitas AC sangat diperlukan agar konsumsi energi listrik pada gedung lebih optimal. Persamaan (2.17) digunakan untuk menentukan kapasitas AC dalam suatu ruangan.

$$BTU = (L \times W \times H \times F1 \times 37) + (F2 \times nh)$$

Dimana: L = panjang ruangan (m)

W = lebar ruangan (m)

H = tinggi ruangan

F1 = faktor penggunaan ruangan (kantor bernilai 6)

F2 = faktor penghuni ruangan (orang dewasa bernilai 600 BTU)

nh = jumlah manusia yang berada di dalam ruangan. (17 orang)

**Tabel 4.3. Perhitungan Kapasitas AC**

No	Nama Ruangan	Volume (m <sup>3</sup> )	F1	Konstanta	F2 (BTU)	nh	Kapasitas AC <sub>kebutuhan</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8=(3x4x5)+(5x6)
1	Workshop Refrigerasi	220,5	6	37	600	17	59.151
2	Workshop Rias	162	6	37	600	17	46.164
3	Workshop TIK	168	6	37	600	17	47.496
4	Ruang Kantor	162	6	37	600	17	46.164

Berdasarkan Tabel 4.3. didapatkan kebutuhan kapasitas AC per ruangan yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.17) berdasarkan data yang ada. Untuk lebih jelasnya perhitungan kapasitas AC workshop refrigerasi.

Diketahui:

F1= 6 (kategori kantor)

F2= 600 BTU (faktor penghuninya orang dewasa)

nh = 17 (rata-rata penghuninya 17 orang)

LxWxH merupakan volume ruangan, dimana volume ruangan workshop refrigerasi berdasar tabel 3.1. nilainya 220,5 m<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned} BTU_{WR} &= (L \times W \times H \times F1 \times 37) + (F2 \times nh) \\ &= (220,5 \text{ m}^3 \times 6 \times 37) + (600 \text{ BTU} \times 17) \\ &= \mathbf{59.151 \text{ BTU}} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya kebutuhan kapasitas AC untuk workshop rias, workshop TIK serta ruang kantor. Dari perhitungan kebutuhan kapasitas AC untuk ruangan dibandingkan dengan kapasitas AC terpasang berdasarkan pada Tabel 4.4. terlihat secara keseluruhan kapasitas AC terpasang

kurang. Untuk kantor kapasitas AC nya kurang 16.164 BTU, sedangkan kekurangan kapasitas AC terbesar pada workshop Refrigerasi yaitu sebesar 31.151 BTU. Berdasarkan tabel 2.6 didapatkan berapa PK kekurangan kebutuhan kapasitas AC untuk workshop refrigerasi, workshop rias, workshop TIK serta ruang kantor. Dimana workshop Refrigerasi kurang 31.151 BTU setara  $(18000+9000+5000)$  BTU =  $\pm (2+1+ \frac{1}{2})$  PK =  $\pm 3 \frac{1}{2}$  PK.

**Tabel 4.4. Kapasitas AC Terpasang Terhadap Kebutuhan**

No	Nama Ruangan	BTU/hour	Jumlah	Kapasitas AC <sub>Pasang</sub> (BTU)	Kapasitas AC <sub>kebutuhan</sub> (BTU)	Keterangan
1	2	3	4	5=3x4	6	7
1	Workshop Refrigerasi	9000	2	28.000	59.151	Kurang $\pm 3 \frac{1}{2}$ PK
		5000	2			
2	Workshop Rias	1200	2	24.000	46.164	Kurang $\pm 2 \frac{1}{2}$ PK
3	Workshop TIK	1800	1	30.000	47.496	Kurang $\pm 2$ PK
		1200	1			
4	Ruang Kantor	1200	1	30.000	46.164	Kurang $\pm 1 \frac{3}{4}$ PK
		9000	2			

#### 4.1.3. Analisa Nilai IKE

IKE digunakan sebagai acuan untuk menentukan kriteria penggunaan energi pada gedung BLK apakah boros atau efisien. Penentuan IKE ditentukan dari luas lantai dan beban total ruangan selama satu bulan/satu tahun. Gedung BLK termasuk pada kategori gedung ber-AC dan tanpa AC dengan perhitungan beban bulanan pada tabel 4.5. dan 4.6.

**Tabel 4.5. Beban Listrik Bulanan Ruangan Tanpa AC**

No	Nama Mesin	Daya (W)	Jam	Bulan (hari)	Jumlah	Energi Bulanan (kWh)
1	2	3	4	5	6	7= (3x4x5x6)/1000
	<b>Workshop Las</b>					<b>2.031,744</b>
1	Mesin Las SMAW	2000	4	22	3	528
		2000	4	22	3	528
		2400	4	22	2	422,4
2	Gerinda Duduk	250	2	22	2	22

Tabel 4.5. Lanjutan

No	Nama Mesin	Daya (W)	Jam	Bulan (hari)	Jumlah	Energi Bulanan (kWh)
1	2	3	4	5	6	$7 = (3 \times 4 \times 5 \times 6) / 1000$
3	Gerinda Tangan	600	3	22	2	79,2
		570	3	22	2	75,24
		540	3	22	2	71,28
		540	3	22	2	71,28
4	Cutting Off	2200	0,5	22	2	48,4
5	Oven Elektroda	120	2	22	2	10,56
6	Kipas Angin	100	7	22	4	61,6
7	Lampu	18	7	22	12	33,264
		18	5	22	8	15,84
8	Dispenser	420	7	22	1	64,68
	<b>Workshop TKR</b>					<b>130,064</b>
1	Kompresor	1100	0,5	22	1	12,1
3	Kipas Angin	100	7	22	2	30,8
4	Lampu	18	7	22	12	33,264
5	Dispenser	350	7	22	1	53,9
	<b>Workshop PHP</b>					<b>580,644</b>
1	Mixer	2900	1	22	1	63,8
2	Oven	120	2	22	1	5,28
3	Electric Proofer M.	1200	2	22	1	52,8
4	Blender	250	0,5	22	8	22
5	Freezer	100	24	30	2	144
		200	24	30	1	144
6	Kipas Angin	100	7	22	4	61,6
7	Lampu	18	7	22	12	33,264
8	Dispenser	350	7	22	1	53,9
	<b>Workshop Menjahit</b>					<b>923,648</b>
1	Mesin Jahit HS	250	5	22	8	220
		550	5	22	8	484
2	Mesin Obras	550	1	22	4	48,4
3	Setrika	350	1	22	4	30,8
4	Kipas Angin	100	7	22	4	61,6
5	Lampu	18	7	22	9	24,948
6	Dispenser	350	7	22	1	53,9

Berdasarkan Tabel 4.5. didapatkan beban listrik bulanan/energi untuk workshop las, workshop TKR, workshop PHP serta workshop menjahit. Beban listrik bulanan workshop las diperoleh dengan menghitung beban-beban yang ada dari mesin las sampai dispenser dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$W = P \times t$$

Semua beban yang ada dimasing-masing workshop dicari beban bulanannya kemudian dijumlahkan. Berikut contoh untuk perhitungan beban salah satu mesin las selama satu bulan.

$$\begin{aligned} W_{\text{mesin las}} &= P.Las \times t_{\text{jam}} \times t_{\text{hari}} \times n \\ &= (2000 \times 4 \times 22 \times 3) \text{ Wh} \\ &= 528.000 \text{ Wh} = \mathbf{528 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya beban masing-masing peralatan listrik serta beban total per workshop.

**Tabel 4.6. Beban Listrik Bulanan Ruangan Dengan AC**

No	Nama Mesin	Daya (W)	Jam	Bulan (hari)	Jumlah	Energi Bulanan (kWh)
1	2	3	4	5	6	7= (3x4x5x6)/1000
	<b>Workshop Refrigerasi</b>					<b>1.043,056</b>
1	PC	180	7	22	1	27,72
2	Monitor	13	7	22	1	2,002
3	Projecktor	260	7	22	1	40,04
4	AC Split	1920	2	22	2	168,96
		1170	2	22	2	102,96
		840	2	22	2	73,92
		400	2	22	2	35,2
		840	7	22	2	258,72
		400	7	22	2	123,2
5	Mesin Recovery	450	1	22	1	9,9
6	Refrigeration Trainer	175	1	22	1	3,85
7	Vacuum Pump	250	1	22	4	22
8	Kulkas	115	24	30	1	82,8
9	Exhaust Fan	30	7	22	1	4,62
10	Lampu	18	7	22	12	33,264
11	Dispenser	350	7	22	1	53,9
	<b>Workshop Rias</b>					<b>651,772</b>
1	Hairdryer	1200	1	22	8	211,2
2	Catok Rambut	55	1	22	8	9,68
3	AC Split	1170	7	22	2	360,36
4	Lampu	18	7	22	6	16,632
5	Dispenser	350	7	22	1	53.900

Tabel 4.6. Lanjutan

No	Nama Mesin	Daya (W)	Jam	Bulan (hari)	Jumlah	Energi Bulanan (kWh)
1	2	3	4	5	6	$7 = (3 \times 4 \times 5 \times 6) / 1000$
<b>Workshop TIK</b>						<b>1.337,766</b>
1	PC Server	350	24	30	1	252
2	Monitor	13	7	22	17	34,034
3	PC	180	7	22	16	443,52
4	Printer	480	2	22	1	21,12
		15	2	22	1	0,66
5	Projecktor	260	7	22	1	40,04
6	AC Split	1920	7	22	1	295,68
		1170	7	22	1	180,18
7	Lampu	18	7	22	6	16,632
8	Dispenser	350	7	22	1	53,9
<b>Ruang Kantor</b>						<b>1.317,834</b>
1	AC Split	1170	8,5	22	1	218,79
		840	8,5	22	2	314,16
2	PC	200	8	22	8	281,6
3	Monitor	13	8	22	8	18,304
4	Printer	10	2	22	2	0,88
		1300	2	22	1	57,2
5	PC Server	350	24	30	1	252
6	TV LED	50	24	30	2	72
7	Lampu	18	8	22	6	19,008
8	Kulkas	115	24	30	1	82,8
9	Dispenser	350	8	22	1	61,6

Berdasarkan Tabel 4.6. didapatkan beban listrik bulanan untuk workshop refrigerasi, workshop rias, workshop TIK serta ruang kantor. Beban listrik bulanan workshop refrigerasi diperoleh dengan menghitung beban-beban yang ada dari PC sampai dispenser dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$W = P \times t$$

Semua beban yang ada dimasing-masing workshop dicari beban bulanannya kemudian dijumlahkan. Berikut contoh untuk perhitungan beban salah satu AC split selama satu bulan.



$$\begin{aligned}
 W_{AC \text{ Split}} &= P_{AC} \times t_{\text{jam}} \times t_{\text{hari}} \times n \\
 &= (1920 \times 2 \times 22 \times 2) \text{ Wh} \\
 &= 168.960 \text{ Wh} = \mathbf{168,96 \text{ kWh}}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya beban masing-masing peralatan listrik serta beban total per workshop.

Berdasarkan tabel 4.7. didapatkan besarnya nilai IKE gedung untuk ruangan tanpa AC serta ruangan dengan AC. Dimana rekap data beban total masing-masing workshop diperoleh dari tabel 4.5 dan tabel 4.6 sedangkan data luas workshop dari tabel 3.1. Besarnya nilai IKE pada tabel 4.7. didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.2).

$$\text{IKE} = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}}$$

**Tabel 4.7. Nilai IKE Gedung BLK Demak**

No	Nama Ruang	Energi Bulanan (kWh)	Luas (m <sup>2</sup> )	Nilai IKE (kWh/m <sup>2</sup> /Bulan)	Ket
1	2	3	4	5=3/4	6
1	Workshop Las	2.031,74	81	25,283	<b>Sangat Boros</b>
2	Workshop TKR	130,06	81	1,606	<b>Efisien</b>
3	Workshop PHP	580,64	63	9,217	<b>Sangat Boros</b>
4	Workshop Menjahit	923,65	81	11,403	<b>Sangat Boros</b>
5	Workshop	1.043,06	63	16,556	<b>Boros</b>
6	Workshop Rias	651,77	48	12,070	<b>Cukup Efisien</b>
7	Workshop TIK	1.337,77	54	27,870	<b>Sangat Boros</b>
8	Ruang Kantor	1.378,34	54	25,525	<b>Sangat Boros</b>

Berikut contoh untuk perhitungan nilai IKE bulanan workshop las:

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai IKE}_{\text{workshop las}} &= \frac{2.031,74 \text{ (kWh)}}{81 \text{ (m}^2\text{)}} \\
 &= \mathbf{25,283 \text{ kWh/m}^2\text{/Bulan}}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya nilai IKE bulanan workshop lainnya. Sebagaimana besarnya nilai IKE gedung untuk ruangan tanpa AC serta ruangan dengan AC terlihat pada tabel 4.7. Hasil nilai IKE yang diperoleh dikategorikan boros/efisien berdasarkan tabel 2.2. Dari tabel 4.7. nilai IKE terbesar pada workshop TIK yaitu **27,870 kWh/m<sup>2</sup>/Bulan**.

## 4.2. Analytical Hierarchy Process (AHP)

Pada metode AHP permasalahan yang ada diuraikan menjadi beberapa kriteria dan strategi/alternatif yang disusun dalam sebuah hirarki. Kriteria didapatkan dari audit energi yang dilaksanakan. Masing-masing kriteria dan alternatif diberi bobot dengan melakukan perbandingan berpasangan. Alternatif dengan nilai terbesar pada akhir pengujian adalah alternatif terbaik/prioritas pertama. Gambar 3.1. merupakan pohon AHP optimalisasi energi yang digunakan pada penelitian ini.

### 4.2.1. Metode Pembobotan Kriteria dan Alternatif

Penggunaan kuisisioner dengan perbandingan berpasangan untuk setiap elemen baik untuk kriteria dan alternatif. Dimana diambil 3 responden yaitu kepala BLK, instruktur listrik dan instruktur refrigerasi. Hasil kuisisioner kemudian direkap dalam matrik penilaian perbandingan berpasangan.

<b>PERBANDINGAN FAKTOR DALAM KRITERIA</b>				<b>Responden 1</b>							
Perbandingan Berpasangan Faktor Berdasarkan Kriteria "Optimalisasi Energi"											
Berdasarkan "Optimalisasi Energi", faktor manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor-faktor berikut?			Berapa Tingkat Kepentingannya ?								
Nilai IKE	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Intenstias Pelatihan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nilai IKE	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jam Pelatihan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nilai IKE	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jumlah Sarana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Intenstias Pelatihan	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jam Pelatihan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Intenstias Pelatihan	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jumlah Sarana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Jam Pelatihan	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Jumlah Sarana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

<b>PERBANDINGAN FAKTOR DALAM KRITERIA</b>				<b>Responden 3</b>							
Perbandingan Berpasangan Faktor Berdasarkan Kriteria "Optimalisasi Energi"											
Berdasarkan "Optimalisasi Energi", faktor manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor-faktor berikut?			Berapa Tingkat Kepentingannya ?								
Nilai IKE	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Intenstias Pelatihan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nilai IKE	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jam Pelatihan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Nilai IKE	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jumlah Sarana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Intenstias Pelatihan	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jam Pelatihan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Intenstias Pelatihan	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Jumlah Sarana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Jam Pelatihan	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	Jumlah Sarana	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

Gambar 4.1. Penilaian Kriteria Oleh Responden

**Tabel 4.8. Matrik Rekap Penilaian Kriteria Oleh Responden**

Kriteria	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Geometri Mean
1	2	3	4	$5=(2 \times 3 \times 4)^{1/3}$
IKE-IP	3	4	3	3,302
IKE-JP	6	3	5	4,481
IKE-JS	3	1/4	3	1,310
IP-JP	6	8	7	6,952
IP-JS	2	1/4	2	1,000
JP-JS	1/8	1/4	1/7	0,165

Dimana :

IKE-IP = Perbandingan nilai IKE terhadap intensitas pelatihan

IKE-JP = Perbandingan nilai IKE terhadap jam pelatihan

IKE-JS = Perbandingan nilai IKE terhadap jumlah sarana

IP-JP = Perbandingan intensitas pelatihan terhadap jam pelatihan

IP-JS = Perbandingan intensitas pelatihan terhadap jumlah sarana

JP-JS = Perbandingan jam pelatihan terhadap jumlah sarana

Tabel 4.8. merupakan rekap penilaian untuk kriteria dari tiga diresponden. Dimana nilainya didapat dari perbandingan berpasangan antara elemen kriteria berdasarkan data pada gambar 4.1. Nilai pembobotan yang digunakan berdasarkan rata-rata geometrik dari tiga responden. Berikut contoh untuk perhitungan rata-rata geometrik pembobotan nilai IKE terhadap intensitas pelatihan.

$$\begin{aligned}
 G_{\text{IKE-IP}} &= \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n} \\
 &= \sqrt[3]{3 \times 4 \times 3} = \sqrt[3]{36} \\
 &= 3,302
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya rata-rata geometrik dari perbandingan berpasangan untuk kriteria yang ada.

#### 4.2.2. Perhitungan AHP Dengan Metode Perkiraan Untuk Kriteria

Matrik hasil pembobotan untuk kriteria diproses melalui tahapan-tahapan seperti pada contoh pada bab 2. Langkah awalnya yaitu memasukkan rekap nilai perbandingan berpasangan pada tabel 4.8. dalam matrik penjumlahan kolom kriteria (tabel 4.9.), kemudian dinormalisasi untuk mendapatkan prioritas (tabel 4.10.). Sehingga didapatkan  $\lambda$  Max rata-rata untuk menghitung besarnya nilai CR (rasio konsistensi). Lebih jelasnya urutan tahapan berikut:

**Tabel 4.9. Penjumlahan Kolom Kriteria Optimalisasi Energi**

Kriteria	IKE	IP	JP	JS
Nilai IKE	1,000	3,302	4,481	1,310
Intensitas Pelatihan	0,303	1,000	6,952	1,000
Jam Pelatihan	0,223	0,144	1,000	0,165
Jumlah Sarana	0,763	1,000	6,073	1,000
Jumlah	2,289	5,446	18,507	3,475

Dimana nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda) didapat dari perbandingan tabel 4.8. Nilai intensitas pelatihan dibanding IKE didapat dari nilai kebalikan nilai IKE dibanding intensitas pelatihan. Berikut contoh untuk perhitungan intensitas pelatihan dibanding IKE.

$$\begin{aligned}
 IP-IKE &= \frac{1}{IKE-IP} \\
 &= \frac{1}{3,302} \\
 &= \mathbf{0,303}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda).

**Tabel 4.10. Normalisasi & Nilai Prioritas Kriteria**

Kriteria	IKE	IP	JP	JS	Prioritas
1	2	3	4	5	$6=(2+3+4+5)/4$
Nilai IKE	0,437	0,606	0,242	0,377	0,416
Intensitas	0,132	0,184	0,376	0,288	0,245
Jam Pelatihan	0,097	0,026	0,054	0,047	0,056
Jumlah Sarana	0,333	0,184	0,328	0,288	0,283

Tahapan ini diperoleh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Normalisasi setiap baris dan kolom. Berikut contoh untuk perhitungan normalisasinya.

$$\begin{aligned}
 IKE-IKE &= \frac{1}{(1+0,303+0,223+0,763)} \\
 &= \frac{1}{2,289} \\
 &= \mathbf{0,437}
 \end{aligned}$$

- 2) Prioritas merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan Prioritas nilai IKE.

$$\begin{aligned} \text{Prioritas}_{\text{IKE}} &= (0,437+0,606+0,242+0,377)/4 \\ &= \mathbf{0,416} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka normalisasi dan nilai prioritas tabel diatas.

**Tabel 4.11. Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Kriteria**

Kriteria	IKE	IP	JP	JS	Prioritas
Nilai IKE	1,000	3,302	4,481	1,310	0,416
Intensitas Pelatihan	0,303	1,000	6,952	1,000	0,245
Jam Pelatihan	0,223	0,144	1,000	0,165	0,056
Jumlah Sarana	0,763	1,000	6,073	1,000	0,283

Dimana tabel 4.11. didapat dengan menambahkan kolom paling kanan nilai prioritas pada tabel 4.9. Kemudian nilai prioritas dijadikan faktor bobot/pengkali penilaian perbandingan berpasangan kriteria seperti terdapat pada tabel 4.12.

**Tabel 4.12. Prioritas Sebagai Faktor Bobot Kriteria**

Kriteria	IKE	IP	JP	JS
Prioritas	0,416	0,245	0,056	0,283
Nilai IKE	1,000	3,302	4,481	1,310
Intensitas Pelatihan	0,303	1,000	6,952	1,000
Jam Pelatihan	0,223	0,144	1,000	0,165
Jumlah Sarana	0,763	1,000	6,073	1,000

Perhitungan jumlah bobot diperoleh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai masing-masing kolom, berikut contoh untuk perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{IKE-IKE} &= (0,416 \times 1) \\ &= \mathbf{0,416} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka pada tabel 4.13.

- 2) Jumlah bobot merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan jumlah bobot.

$$\text{Jumlah Bobot}_{\text{IKE}} = (0,416+0,808+0,252+0,371) = \mathbf{1,848}$$

**Tabel 4.13. Perhitungan Jumlah Bobot Kriteria**

Kriteria	IKE	IP	JP	JS	Jumlah Bobot
1	2	3	4	5	$6=(2+3+4+5)/4$
Nilai IKE	0,416	0,808	0,252	0,371	1,848
Intensitas Pelatihan	0,126	0,245	0,392	0,283	1,046
Jam Pelatihan	0,093	0,035	0,056	0,047	0,231
Jumlah Sarana	0,317	0,245	0,342	0,283	1,187

Dimana nilai jumlah bobot pada tabel 4.13. digunakan untuk mencari  $\lambda$  Max dengan cara membagi jumlah bobot dengan nilai prioritas dari masing-masing kriteria seperti ditunjukkan pada tabel 4.14. dibawah ini.

**Tabel 4.14. Nilai Konsistensi Kriteria**

Kriteria	Jumlah	Prioritas	$\lambda$ Max
1	2	3	$4= 2/3$
Nilai IKE	1,848	0,416	4,446
Intensitas Pelatihan	1,046	0,245	4,270
Jam Pelatihan	0,231	0,056	4,100
Jumlah Sarana	1,187	0,283	4,192

Untuk mencari  $\lambda$  Max dengan membagi jumlah bobot terhadap prioritas, sehingga diperoleh  $\lambda$  Max untuk nilai IKE yaitu :

$$\begin{aligned}\lambda \text{ Max} &= \frac{1,848}{(0,416)} \\ &= \mathbf{4,446}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya  $\lambda$  Max pada tabel 4.14. diatas. Sehingga didapatkan  $\lambda \text{ Max}_{\text{rata-rata}} = (4,446+4,270+4,100+4,192)/4 = \mathbf{4,252}$ . Untuk  $n=4$  dari tabel didapat nilai  $RI = 0,9$ . Sekarang kita perlu menghitung indeks konsistensi (CI) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{C.I.} &= (\lambda \text{ Max} - n)/(n - 1) \\ &= (4,252 - 4)/(4 - 1) \\ &= \mathbf{0,084}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CR} &= \text{CI}/\text{RI} \\ &= 0,084/0,9 \\ &= \mathbf{0,093}\end{aligned}$$

Karena nilai **0,093** untuk proporsi CR yang tidak konsisten **kurang dari 0,10** bahwa matriks penilaian cukup konsisten sehingga dapat dilanjutkan proses selanjutnya. Pengambilan keputusan menggunakan AHP dapat dilakukan.

#### 4.2.3. Perhitungan AHP Untuk Alternatif Nilai IKE

Matrik hasil pembobotan untuk alternatif nilai IKE diproses melalui tahapan-tahapan seperti pada kriteria. Langkah awalnya yaitu hasil kuisisioner direkap dalam matrik penilaian perbandingan berpasangan alternatif nilai IKE. Lebih jelasnya pada urutan tahapan berikut:

1. Faktor : Nilai IKE		Responden 1									
Berdasarkan "Nilai IKE", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut?		Berapa Tingkat Kepentingannya ?									
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Menjahit	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	1	2	3	4	5	<input checked="" type="radio"/>	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	1	2	3	<input checked="" type="radio"/>	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Refrigerasi	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9

1. Faktor : Nilai IKE		Responden 3									
Berdasarkan "Nilai IKE", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut?		Berapa Tingkat Kepentingannya ?									
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Menjahit	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	<input checked="" type="radio"/>	2	3	4	5	6	7	8	9
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input type="radio"/>	Workshop TIK	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop Menjahit	<input type="radio"/>	Workshop Rias	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop PHP	<input type="radio"/>	Workshop TIK	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop PHP	<input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop PHP	<input type="radio"/>	Workshop Rias	1	2	<input checked="" type="radio"/>	4	5	6	7	8	9
Workshop TIK	<input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9
Workshop TIK	<input type="radio"/>	Workshop Rias	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9
Workshop Refrigerasi	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	1	<input checked="" type="radio"/>	3	4	5	6	7	8	9

Gambar 4.2. Penilaian Alternatif Nilai IKE Oleh Responden

**Tabel 4.15. Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Nilai IKE**

IKE	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Geometri Mean
1	2	3	4	$5=(2 \times 3 \times 4)^{1/3}$
WL-WM	2	3	3	2,621
WL-WP	5	4	3	3,915
WL-WT	2	3	3	2,621
WL-WAC	6	1/3	1	1,260
WL-WR	4	2	2	2,520
WM-WP	3	3	3	3,000
WM-WT	3	2	1/2	1,442
WM-WAC	2	1/3	1/3	0,606
WM-WR	3	3	1/3	1,442
WP-WT	3	1/3	1/3	0,693
WP-WAC	3	1/3	1/3	0,693
WP-WR	3	1/3	1/3	0,693
WT-WAC	3	1/3	1/2	0,794
WT-WR	3	1/3	1/2	0,794
WAC-WR	3	2	2	2,289

Dimana :

WL-WM = Perbandingan workshop las terhadap workshop menjahit dalam nilai IKE

WL-WP = Perbandingan workshop las terhadap workshop PHP dalam nilai IKE

WL-WT = Perbandingan workshop las terhadap workshop TIK dalam nilai IKE

WL-WAC = Perbandingan workshop las terhadap workshop refrigerasi dalam nilai IKE

WL-WR = Perbandingan workshop las terhadap workshop rias dalam nilai IKE

WM-WP = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop PHP dalam nilai IKE

WM-WT = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop TIK dalam nilai IKE

WM-WAC = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop refrigerasi dalam nilai IKE

WM-WR = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop rias dalam nilai IKE

WP-WT = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop TIK dalam nilai IKE

WP-WAC = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop refrigerasi dalam nilai IKE

WP-WR = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop rias dalam nilai IKE

WT-WAC = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop refrigerasi dalam nilai IKE

WT-WR = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop rias dalam nilai IKE

WAC-WR = Perbandingan workshop refrigerasi terhadap workshop rias dalam nilai IKE

Tabel 4.15. merupakan rekap penilaian untuk alternatif nilai IKE dari tiga diresponden. Dimana nilainya didapat dari perbandingan berpasangan antara elemen alternatif berdasarkan data pada gambar 4.2. Nilai pembobotan yang digunakan berdasarkan rata-rata geometrik dari tiga responden. Berikut contoh untuk perhitungan rata-rata geometrik pembobotan workshop las terhadap workshop menjahit.



$$\begin{aligned}
 G_{WL-WM} &= \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n} \\
 &= \sqrt[3]{2 \times 3 \times 3} = \sqrt[3]{18} \\
 &= \mathbf{2,621}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya rata-rata geometrik dari perbandingan berpasangan untuk alternatif nilai IKE.

**Tabel 4.16. Penjumlahan Kolom Alternatif Nilai IKE**

Nilai IKE	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
W. Las	1,000	2,621	3,915	2,621	1,260	2,520
W. Menjahit	0,382	1,000	3,000	1,442	0,606	1,442
W. PHP	0,255	0,333	1,000	0,693	0,693	0,693
W. TIK	0,382	0,693	1,442	1,000	0,794	0,794
W. Refrigerasi	0,794	1,651	1,442	1,260	1,000	2,289
W. Rias	0,397	0,693	1,442	1,260	0,437	1,000
Jumlah	3,209	6,992	12,242	8,276	4,789	8,739

Dimana nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda) didapat dari perbandingan tabel 4.15. Nilai workshop menjahit dibanding workshop las didapat dari nilai kebalikan nilai workshop las dibanding workshop menjahit. Berikut contoh untuk perhitungan workshop menjahit dibanding workshop las.

$$\begin{aligned}
 WM-WL &= \frac{1}{WL-WM} \\
 &= \frac{1}{2,621} \\
 &= \mathbf{0,382}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda).

Tahapan berikutnya menghitung normalisasi dan besarnya prioritas untuk alternatif Workshop Las (WL) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Normalisasi setiap baris dan kolom. Berikut contoh untuk perhitungan normalisasinya.

$$\begin{aligned}
 \text{WL-WL} &= \frac{1}{(1+0,382+0,255+0,382+0,794+0,397)} \\
 &= \frac{1}{3,209} \\
 &= \mathbf{0,312}
 \end{aligned}$$

- 2) Prioritas merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan Prioritas Workshop Las (WL).

$$\begin{aligned}
 \text{Prioritas}_{\text{WL}} &= (0,312+0,375+0,320+0,317+0,263+0,288)/6 \\
 &= \mathbf{0,312}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka normalisasi dan nilai prioritas tabel 4.17. dibawah ini.

**Tabel 4.17. Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Nilai IKE**

Nilai IKE	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Prioritas
1	2	3	4	5	6	7	$8=(2+...+7)/6$
W. Las	0,312	0,375	0,320	0,317	0,263	0,288	0,312
W. Menjahit	0,119	0,143	0,245	0,174	0,126	0,165	0,162
W. PHP	0,080	0,048	0,082	0,084	0,145	0,079	0,086
W. TIK	0,119	0,099	0,118	0,121	0,166	0,091	0,119
W. Refrigerasi	0,247	0,236	0,118	0,152	0,209	0,262	0,204
W. Rias	0,124	0,099	0,118	0,152	0,091	0,114	0,116

**Tabel 4.18. Matrik Penilaian Perbandingan Berpasangan Alternatif Nilai IKE**

Nilai IKE	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Prioritas
W. Las	1,000	2,621	3,915	2,621	1,260	2,520	0,312
W. Menjahit	0,382	1,000	3,000	1,442	0,606	1,442	0,162
W. PHP	0,255	0,333	1,000	0,693	0,693	0,693	0,086
W. TIK	0,382	0,693	1,442	1,000	0,794	0,794	0,119
W. Refrigerasi	0,794	1,651	1,442	1,260	1,000	2,289	0,204
W. Rias	0,397	0,693	1,442	1,260	0,437	1,000	0,116

Dimana tabel 4.18. didapat dengan menambahkan kolom paling kanan nilai prioritas pada tabel 4.16. Kemudian nilai prioritas dijadikan faktor bobot/pengkali penilaian perbandingan berpasangan kriteria seperti terdapat pada tabel 4.19.

**Tabel 4.19. Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Nilai IKE**

Nilai IKE	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
Prioritas	0,312	0,162	0,086	0,119	0,204	0,116
W. Las	1,000	2,621	3,915	2,621	1,260	2,520
W. Menjahit	0,382	1,000	3,000	1,442	0,606	1,442
W. PHP	0,255	0,333	1,000	0,693	0,693	0,693
W. TIK	0,382	0,693	1,442	1,000	0,794	0,794
W. Refrigerasi	0,794	1,651	1,442	1,260	1,000	2,289
W. Rias	0,397	0,693	1,442	1,260	0,437	1,000

Perhitungan jumlah bobot diperoleh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai masing-masing kolom, berikut contoh untuk perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{WL-WL} &= (0,312 \times 1) \\ &= \mathbf{0,312} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka pada tabel 4.20.

- 2) Jumlah bobot merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan jumlah bobot.

$$\text{Jumlah Bobot}_{\text{WL}} = (0,312 + 0,425 + 0,337 + 0,312 + 0,257 + 0,293) = \mathbf{1,937}$$

**Tabel 4.20. Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Nilai IKE**

Nilai IKE	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Jumlah Bobot
1	2	3	4	5	6	7	$8=(2+...+7)$
W. Las	0,312	0,425	0,337	0,312	0,257	0,293	1,937
W. Menjahit	0,119	0,162	0,258	0,171	0,124	0,168	1,003
W. PHP	0,080	0,054	0,086	0,082	0,141	0,081	0,525
W. TIK	0,119	0,112	0,124	0,119	0,162	0,092	0,729
W. Refrigerasi	0,248	0,268	0,124	0,150	0,204	0,267	1,260
W. Rias	0,124	0,112	0,124	0,150	0,089	0,116	0,716

Dimana nilai jumlah bobot pada tabel 4.20. digunakan untuk mencari  $\lambda$  Max dengan cara membagi jumlah bobot dengan nilai prioritas dari masing-masing alternatif nilai IKE seperti ditunjukkan pada tabel 4.21. dibawah ini.

**Tabel 4.21. Nilai Konsistensi Alternatif Nilai IKE**

Nilai IKE	Jumlah Bobot	Prioritas	$\lambda$ Max
1	2	3	$4= 2/3$
W. Las	1,937	0,312	6,199
W. Menjahit	1,003	0,162	6,185
W. PHP	0,525	0,086	6,090
W. TIK	0,729	0,119	6,133
W. Refrigerasi	1,260	0,204	6,176
W. Rias	0,716	0,116	6,150

Untuk mencari  $\lambda$  Max Workshop Las dengan membagi jumlah bobot terhadap prioritas, sehingga diperoleh  $\lambda$  Max untuk nilai Workshop Las (WL) yaitu :

$$\begin{aligned}\lambda \text{ Max} &= \frac{1,937}{(0,312)} \\ &= \mathbf{6,199}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya  $\lambda$  Max pada tabel 4.21. diatas. Sehingga didapatkan  $\lambda \text{ Max}_{\text{rata-rata}} = (6,199+6,185+6,090+6,133+6,176+6,150)/6 = \mathbf{6,155}$ . Untuk  $n=6$  dari tabel didapat nilai  $RI = 1,24$ . Sekarang kita perlu menghitung indeks konsistensi (CI) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{C.I.} &= (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \\ &= (6,155 - 6) / (6 - 1) \\ &= \mathbf{0,031}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CR} &= \text{CI}/\text{RI} \\ &= 0,031/1,24 \\ &= \mathbf{0,025}\end{aligned}$$

Karena nilai **0,025** untuk proporsi CR yang tidak konsisten **kurang dari 0,10**, bahwa matriks penilaian cukup konsisten sehingga dapat dilanjutkan proses selanjutnya. Pengambilan keputusan menggunakan AHP dapat dilakukan.

#### 4.2.4. Perhitungan AHP Untuk Alternatif Intensitas Pelatihan

Matrik hasil pembobotan untuk alternatif intensitas pelatihan diproses melalui tahapan-tahapan seperti pada alternatif nilai IKE. Langkah awalnya yaitu hasil kuisioner direkap dalam matrik penilaian perbandingan berpasangan alternatif intensitas pelatihan. Lebih jelasnya pada urutan tahapan berikut:

2. Faktor : Intenstitas Pelatihan		Responden 1	
Berdasarkan "Intenstitas Pelatihan", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut?		Berapa Tingkat Kepentingannya ?	
Workshop Las	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Menjahit	(1) (2) (3) (4) (5) (6) <input checked="" type="radio"/> (8) (9)
Workshop Las	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) <input checked="" type="radio"/> (8) (9)
Workshop Las	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) <input checked="" type="radio"/> (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) <input checked="" type="radio"/> (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) <input checked="" type="radio"/> (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) <input checked="" type="radio"/> (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) <input checked="" type="radio"/> (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) <input checked="" type="radio"/> (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Rias	(1) <input checked="" type="radio"/> (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) <input checked="" type="radio"/> (6) (7) (8) (9)
Workshop Refrigerasi	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) <input checked="" type="radio"/> (8) (9)

2. Faktor : Intenstitas Pelatihan		Responden 3	
Berdasarkan "Intenstitas Pelatihan", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut?		Berapa Tingkat Kepentingannya ?	
Workshop Las	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Menjahit	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) <input checked="" type="radio"/> (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) <input checked="" type="radio"/> (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) <input checked="" type="radio"/> (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) <input checked="" type="radio"/> (9)
Workshop Menjahit	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) <input checked="" type="radio"/> (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) <input checked="" type="radio"/> (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) <input checked="" type="radio"/> (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) <input checked="" type="radio"/> (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Refrigerasi	<input type="radio"/> <input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) <input checked="" type="radio"/> (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Gambar 4.3. Penilaian Alternatif Intensitas Pelatihan Oleh Responden

**Tabel 4.22. Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Intensitas Pelatihan**

Intensitas Pelatihan	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Geometri Mean
1	2	3	4	$5=(2 \times 3 \times 4)^{1/3}$
WL-WM	1/7	1/7	1/3	0,189
WL-WP	1/7	5	1/3	0,620
WL-WT	1/7	1/8	5	0,447
WL-WAC	5	1/8	3	1,233
WL-WR	1/7	4	1/3	0,575
WM-WP	5	3	1/2	1,957
WM-WT	3	4	1/2	1,817
WM-WAC	3	2	8	3,634
WM-WR	3	5	1/2	1,957
WP-WT	1/7	1/7	1/2	0,217
WP-WAC	4	1/7	3	1,197
WP-WR	2	3	1/2	1,442
WT-WAC	3	4	3	3,302
WT-WR	5	3	1/2	1,957
WAC-WR	1/7	4	1/3	0,575

Dimana :

WL-WM = Perbandingan workshop las terhadap workshop menjahit dalam intensitas pelatihan

WL-WP = Perbandingan workshop las terhadap workshop PHP dalam intensitas pelatihan

WL-WT = Perbandingan workshop las terhadap workshop TIK dalam intensitas pelatihan

WL-WAC = Perbandingan workshop las terhadap workshop refrigerasi dalam intensitas pelatihan

WL-WR = Perbandingan workshop las terhadap workshop rias dalam intensitas pelatihan

WM-WP = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop PHP dalam intensitas pelatihan

WM-WT = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop TIK dalam intensitas pelatihan

WM-WAC = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop refrigerasi dalam intensitas pelatihan

WM-WR = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop rias dalam intensitas pelatihan

WP-WT = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop TIK dalam intensitas pelatihan

WP-WAC = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop refrigerasi dalam intensitas pelatihan

WP-WR = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop rias dalam intensitas pelatihan

WT-WAC = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop refrigerasi dalam intensitas pelatihan

WT-WR = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop rias dalam intensitas pelatihan

WAC-WR = Perbandingan workshop refrigerasi terhadap workshop rias dalam intensitas pelatihan

Tabel 4.22. merupakan rekap penilaian untuk alternatif intensitas pelatihan dari tiga diresponden. Dimana nilainya didapat dari perbandingan berpasangan antara elemen alternatif berdasarkan data pada gambar 4.3. Nilai pembobotan yang digunakan berdasarkan rata-rata geometrik dari tiga responden. Berikut contoh untuk perhitungan rata-rata geometrik pembobotan workshop las terhadap workshop menjahit.

$$\begin{aligned}
 G_{WL-WM} &= \sqrt[n]{X1 \times X2 \times \dots \times Xn} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1}{7} \times \frac{1}{7} \times \frac{1}{3}} = \sqrt[3]{\frac{1}{147}} \\
 &= \mathbf{0,189}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya rata-rata geometrik dari perbandingan berpasangan untuk alternatif intensitas pelatihan.

**Tabel 4.23. Penjumlahan Kolom Alternatif Intensitas Pelatihan**

Intensitas Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
W. Las	1,000	0,189	0,620	0,447	1,233	0,575
W. Menjahit	5,278	1,000	1,957	1,817	3,634	1,957
W. PHP	1,613	0,511	1,000	0,217	1,197	1,442
W. TIK	2,237	0,550	4,610	1,000	3,302	1,957
W. Refrigerasi	0,811	0,275	0,836	0,303	1,000	0,575
W. Rias	1,738	0,511	0,693	0,511	1,738	1,000
Jumlah	12,677	3,037	9,717	4,295	12,104	7,508

Dimana nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda) didapat dari perbandingan tabel 4.22. Nilai workshop menjahit dibanding workshop las didapat dari nilai kebalikan nilai workshop las dibanding workshop menjahit. Berikut contoh untuk perhitungan workshop menjahit dibanding workshop las.

$$\begin{aligned}
 WM-WL &= \frac{1}{WL-WM} \\
 &= \frac{1}{0,189} \\
 &= \mathbf{5,278}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda).

Tahapan berikutnya menghitung normalisasi dan besarnya prioritas untuk alternatif Workshop Las (WL) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Normalisasi setiap baris dan kolom. Berikut contoh untuk perhitungan normalisasinya.

$$\begin{aligned} \text{WL-WL} &= \frac{1}{(1+5,278+1,613+2,237+0,811+1,738)} \\ &= \frac{1}{12,677} \\ &= \mathbf{0,079} \end{aligned}$$

- 2) Prioritas merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan Prioritas Workshop Las (WL).

$$\begin{aligned} \text{Prioritas}_{\text{WL}} &= (0,079+0,062+0,064+0,104+0,0102+0,077)/6 \\ &= \mathbf{0,081} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka normalisasi dan nilai prioritas tabel 4.24. dibawah ini.

**Tabel 4.24. Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Intensitas Pelatihan**

Intensitas Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Prioritas
1	2	3	4	5	6	7	$8=(2+..+7)/6$
W. Las	<b>0,079</b>	0,062	0,064	0,104	0,102	0,077	<b>0,081</b>
W. Menjahit	0,416	0,329	0,201	0,423	0,300	0,261	0,322
W. PHP	0,127	0,168	0,103	0,051	0,099	0,192	0,123
W. TIK	0,176	0,181	0,474	0,233	0,273	0,261	0,266
W. Refrigerasi	0,064	0,091	0,086	0,071	0,083	0,077	0,078
W. Rias	0,137	0,168	0,071	0,119	0,144	0,133	0,129



**Tabel 4.25. Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Intensitas Pelatihan**

Intensitas Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
Prioritas	0,081	0,322	0,123	0,266	0,078	0,129
W. Las	1,000	0,189	0,620	0,447	1,233	0,575
W. Menjahit	5,278	1,000	1,957	1,817	3,634	1,957
W. PHP	1,613	0,511	1,000	0,217	1,197	1,442
W. TIK	2,237	0,550	4,610	1,000	3,302	1,957
W. Refrigerasi	0,811	0,275	0,836	0,303	1,000	0,575
W. Rias	1,738	0,511	0,693	0,511	1,738	1,000

Perhitungan jumlah bobot diperoleh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai masing-masing kolom, berikut contoh untuk perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{WL-WL} &= (0,081 \times 1) \\ &= \mathbf{0,081} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka pada tabel 4.26.

- 2) Jumlah bobot merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan jumlah bobot.

$$\text{Jumlah Bobot}_{\text{WL}} = (0,081 + 0,061 + 0,076 + 0,119 + 0,097 + 0,074) = \mathbf{0,509}$$

**Tabel 4.26. Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Intensitas Pelatihan**

Intensitas Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Jumlah Bobot
W. Las	0,081	0,061	0,076	0,119	0,097	0,074	0,509
W. Menjahit	0,429	0,322	0,241	0,484	0,285	0,252	2,013
W. PHP	0,131	0,164	0,123	0,058	0,094	0,186	0,756
W. TIK	0,182	0,177	0,569	0,266	0,259	0,252	1,705
W. Refrigerasi	0,066	0,089	0,103	0,081	0,078	0,074	0,491
W. Rias	0,141	0,164	0,086	0,136	0,136	0,129	0,792

Dimana nilai jumlah bobot pada tabel 4.26. digunakan untuk mencari  $\lambda$  Max dengan cara membagi jumlah bobot dengan nilai prioritas dari masing-masing alternatif intensitas pelatihan seperti ditunjukkan pada tabel 4.27. dibawah ini.

**Tabel 4.27. Nilai Konsistensi Alternatif Intensitas Pelatihan**

Intensitas	Jumlah Bobot	Prioritas	$\lambda$ Max
1	2	3	4= 2/3
W. Las	0,509	0,081	6,257
W. Menjahit	2,013	0,322	6,255
W. PHP	0,756	0,123	6,132
W. TIK	1,705	0,266	6,399
W. Refrigerasi	0,491	0,078	6,259
W. Rias	0,792	0,129	6,154

Untuk mencari  $\lambda$  Max Workshop Las dengan membagi jumlah bobot terhadap prioritas, sehingga diperoleh  $\lambda$  Max untuk nilai Workshop Las (WL) yaitu :

$$\begin{aligned}\lambda \text{ Max} &= \frac{0,509}{(0,081)} \\ &= \mathbf{6,257}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya  $\lambda$  Max pada tabel 4.27. diatas. Sehingga didapatkan  $\lambda \text{ Max}_{\text{rata-rata}} = (6,257+6,255+6,132+6,399+6,259+6,154)/6 = 6,243$ . Untuk  $n=6$  dari tabel didapat nilai  $RI = 1,24$ . Sekarang kita perlu menghitung indeks konsistensi (CI) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{C.I.} &= (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \\ &= (6,243 - 6) / (6 - 1) \\ &= \mathbf{0,049}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CR} &= \text{CI}/\text{RI} \\ &= 0,049/1,24 \\ &= \mathbf{0,039}\end{aligned}$$

Karena nilai **0,039** untuk proporsi CR yang tidak konsisten **kurang dari 0,10** bahwa matriks penilaian cukup konsisten sehingga dapat dilanjutkan proses selanjutnya. Pengambilan keputusan menggunakan AHP dapat dilakukan.

#### 4.2.5. Perhitungan AHP Untuk Alternatif Jam Pelatihan

Matrik hasil pembobotan untuk alternatif jam pelatihan diproses melalui tahapan-tahapan seperti pada alternatif nilai IKE. Langkah awalnya yaitu hasil

kuisisioner direkap dalam matrik penilaian perbandingan berpasangan alternatif jam pelatihan. Lebih jelasnya pada urutan tahapan berikut:

3. Faktor : Jam Pelatihan			Responden 1
Berdasarkan "Jam Pelatihan", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut?			Berapa Tingkat Kepentingannya ?
Workshop Las	<input type="radio"/>	Workshop Menjahit	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Refrigerasi	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
3. Faktor : Jam Pelatihan			Responden 3
Berdasarkan "Jam Pelatihan", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut?			Berapa Tingkat Kepentingannya ?
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Menjahit	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Refrigerasi	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

Gambar 4.4. Penilaian Alternatif Jam Pelatihan Oleh Responden

**Tabel 4.28. Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Jam Pelatihan**

Jam Pelatihan	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Geometri Mean
1	2	3	4	$5=(2 \times 3 \times 4)^{1/3}$
WL-WM	1/7	1/7	4	0,434
WL-WP	3	5	2	3,107
WL-WT	5	1/7	2	1,126
WL-WAC	3	1/7	7	1,442
WL-WR	3	5	2	3,107
WM-WP	3	5	3	3,557
WM-WT	5	1/7	7	1,710
WM-WAC	3	5	3	3,557
WM-WR	3	5	2	3,107
WP-WT	2	1/7	1/3	0,457
WP-WAC	3	1/7	1/3	0,523
WP-WR	1/7	3	1/3	0,523
WT-WAC	3	1/7	2	0,950
WT-WR	3	4	2	2,884
WAC-WR	1/7	1/7	1	0,273

Dimana :

WL-WM = Perbandingan workshop las terhadap workshop menjahit dalam jam pelatihan

WL-WP = Perbandingan workshop las terhadap workshop PHP dalam jam pelatihan

WL-WT = Perbandingan workshop las terhadap workshop TIK dalam jam pelatihan

WL-WAC = Perbandingan workshop las terhadap workshop refrigerasi dalam jam pelatihan

WL-WR = Perbandingan workshop las terhadap workshop rias dalam jam pelatihan

WM-WP = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop PHP dalam jam pelatihan

WM-WT = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop TIK dalam jam pelatihan

WM-WAC = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop refrigerasi dalam jam pelatihan

WM-WR = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop rias dalam jam pelatihan

WP-WT = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop TIK dalam jam pelatihan

WP-WAC = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop refrigerasi dalam jam pelatihan

WP-WR = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop rias dalam jam pelatihan

WT-WAC = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop refrigerasi dalam jam pelatihan

WT-WR = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop rias dalam jam pelatihan

WAC-WR = Perbandingan workshop refrigerasi terhadap workshop rias dalam jam pelatihan

Tabel 4.28. merupakan rekap penilaian untuk alternatif jam pelatihan dari tiga diresponden. Dimana nilainya didapat dari perbandingan berpasangan antara elemen alternatif berdasarkan data pada gambar 4.4. Nilai pembobotan yang digunakan berdasarkan rata-rata geometrik dari tiga responden. Berikut contoh untuk

perhitungan rata-rata geometrik pembobotan workshop las terhadap workshop menjahit.

$$\begin{aligned} G_{WL-WM} &= \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n} \\ &= \sqrt[3]{\frac{1}{7} \times \frac{1}{7} \times 4} = \sqrt[3]{\frac{4}{49}} \\ &= \mathbf{0,434} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya rata-rata geometrik dari perbandingan berpasangan untuk alternatif jam pelatihan.

**Tabel 4.29. Penjumlahan Kolom Alternatif Jam Pelatihan**

Jam Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
W. Las	1,000	0,434	3,107	1,126	1,442	3,107
W. Menjahit	2,305	1,000	3,557	1,710	3,557	3,107
W. PHP	0,322	0,281	1,000	0,457	0,523	0,523
W. TIK	0,888	0,585	2,190	1,000	0,950	2,884
W. Refrigerasi	0,693	0,281	1,913	1,053	1,000	0,273
W. Rias	0,322	0,322	1,913	0,347	3,659	1,000
Jumlah	5,530	2,903	13,680	5,692	11,131	10,895

Dimana nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda) didapat dari perbandingan tabel 4.28. Nilai workshop menjahit dibanding workshop las didapat dari nilai kebalikan nilai workshop las dibanding workshop menjahit. Berikut contoh untuk perhitungan workshop menjahit dibanding workshop las.

$$\begin{aligned} WM-WL &= \frac{1}{WL-WM} \\ &= \frac{1}{0,434} \\ &= \mathbf{2,305} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda).

Tahapan berikutnya menghitung normalisasi dan besarnya prioritas untuk alternatif Workshop Las (WL) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Normalisasi setiap baris dan kolom. Berikut contoh untuk perhitungan normalisasinya.

$$\begin{aligned} \text{WL-WL} &= \frac{1}{(1+2,305+0,322+0,888+0,693+0,322)} \\ &= \frac{1}{5,530} \\ &= \mathbf{0,181} \end{aligned}$$

- 2) Prioritas merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan Prioritas Workshop Las (WL).

$$\begin{aligned} \text{Prioritas}_{\text{WL}} &= (0,181+0,149+0,227+0,198+0,130+0,285)/6 \\ &= \mathbf{0,195} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka normalisasi dan nilai prioritas tabel 4.30. dibawah ini.

**Tabel 4.30. Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Jam Pelatihan**

Jam Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Prioritas
1	2	3	4	5	6	7	$8=(2+..+7)/6$
W. Las	<b>0,181</b>	0,149	0,227	0,198	0,130	0,285	<b>0,195</b>
W. Menjahit	0,417	0,345	0,260	0,300	0,320	0,285	0,321
W. PHP	0,058	0,097	0,073	0,080	0,047	0,048	0,067
W. TIK	0,161	0,201	0,160	0,176	0,085	0,265	0,175
W. Refrigerasi	0,125	0,097	0,140	0,185	0,090	0,025	0,110
W. Rias	0,058	0,111	0,140	0,061	0,329	0,092	0,132

**Tabel 4.31. Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Jam Pelatihan**

Jam Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
Prioritas	0,195	0,321	0,067	0,175	0,110	0,132
W. Las	1,000	0,434	3,107	1,126	1,442	3,107
W. Menjahit	2,305	1,000	3,557	1,710	3,557	3,107
W. PHP	0,322	0,281	1,000	0,457	0,523	0,523
W. TIK	0,888	0,585	2,190	1,000	0,950	2,884
W. Refrigerasi	0,693	0,281	1,913	1,053	1,000	0,273
W. Rias	0,322	0,322	1,913	0,347	3,659	1,000

Perhitungan jumlah bobot diperoleh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai masing-masing kolom, berikut contoh untuk perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{WL-WL} &= (0,195 \times 1) \\ &= \mathbf{0,195} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka pada tabel 4.32.

- 2) Jumlah bobot merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan jumlah bobot.

$$\text{Jumlah Bobot}_{\text{WL}} = (0,303+0,414+0,314+0,295+0,247+0,379) = \mathbf{1,848}$$

**Tabel 4.32. Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Jam Pelatihan**

Jam Pelatihan	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Jumlah Bobot
W. Las	0,195	0,139	0,209	0,197	0,159	0,409	1,308
W. Menjahit	0,450	0,321	0,239	0,299	0,392	0,409	2,110
W. PHP	0,063	0,090	0,067	0,080	0,058	0,069	0,427
W. TIK	0,173	0,188	0,147	0,175	0,105	0,380	1,168
W. Refrigerasi	0,135	0,090	0,129	0,184	0,110	0,036	0,684
W. Rias	0,063	0,103	0,129	0,061	0,404	0,132	0,891

Dimana nilai jumlah bobot pada tabel 4.32. digunakan untuk mencari  $\lambda$  Max dengan cara membagi jumlah bobot dengan nilai prioritas dari masing-masing alternatif jam pelatihan seperti ditunjukkan pada tabel 4.33. dibawah ini.

**Tabel 4.33. Nilai Konsistensi Alternatif Jam Pelatihan**

Jam Pelatihan	Jumlah Bobot	Prioritas	$\lambda$ Max
1	2	3	4= 2/3
W. Las	1,308	0,195	6,709
W. Menjahit	2,110	0,321	6,572
W. PHP	0,427	0,067	6,345
W. TIK	1,168	0,175	6,685
W. Refrigerasi	0,684	0,110	6,202
W. Rias	0,891	0,132	6,762

Untuk mencari  $\lambda$  Max Workshop Las dengan membagi jumlah bobot terhadap prioritas, sehingga diperoleh  $\lambda$  Max untuk nilai Workshop Las (WL) yaitu :

$$\begin{aligned}\lambda \text{ Max} &= \frac{1,308}{(0,195)} \\ &= \mathbf{6,709}\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya  $\lambda \text{ Max}$  pada tabel 4.33. diatas. Sehingga didapatkan  $\lambda \text{ Max}_{\text{rata-rata}} = (6,709+6,572+6,345+6,685+6,202+6,762)/6 = 6,546$ . Untuk  $n=6$  dari tabel didapat nilai  $RI = 1,24$ . Sekarang kita perlu menghitung indeks konsistensi (CI) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{C.I.} &= (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \\ &= (6,546 - 6) / (6 - 1) \\ &= \mathbf{0,109}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{CR} &= \text{CI/RI} \\ &= 0,109/1,24 \\ &= \mathbf{0,088}\end{aligned}$$

Karena nilai **0,088** untuk proporsi CR yang tidak konsisten **kurang dari 0,10** bahwa matriks penilaian cukup konsisten sehingga dapat dilanjutkan proses selanjutnya. Pengambilan keputusan menggunakan AHP dapat dilakukan.

#### 4.2.6. Perhitungan AHP Untuk Alternatif Jumlah Sarana

Matrik hasil pembobotan untuk alternatif jumlah sarana diproses melalui tahapan-tahapan seperti pada alternatif nilai IKE. Langkah awalnya yaitu hasil kuisisioner direkap dalam matrik penilaian perbandingan berpasangan alternatif jam pelatihan. Lebih jelasnya pada urutan tahapan berikut:



**4. Faktor : Jumlah Sarana** **Responden 1**

Berdasarkan "Jumlah Sarana", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut? Berapa Tingkat Kepentingannya ?

Workshop Las	<input type="radio"/>	Workshop Menjahit	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Refrigerasi	<input type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

**4. Faktor : Jumlah Sarana** **Responden 3**

Berdasarkan "Jumlah Sarana", Workshop manakah yang lebih penting dari perbandingan faktor- faktor berikut? Berapa Tingkat Kepentingannya ?

Workshop Las	<input type="radio"/>	Workshop Menjahit	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Las	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop PHP	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Menjahit	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input type="radio"/>	Workshop TIK	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop PHP	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Refrigerasi	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop TIK	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)
Workshop Refrigerasi	<input checked="" type="radio"/>	Workshop Rias	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

**Gambar 4.5. Penilaian Alternatif Jumlah Sarana Oleh Responden**

**Tabel 4.34. Matrik Rekap Pembobotan Alternatif Jumlah Sarana**

Jumlah Sarana	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Geometri Mean
1	2	3	4	$5=(2 \times 3 \times 4)^{1/3}$
WL-WM	1/3	5	1/3	0,822
WL-WP	7	7	4	5,809
WL-WT	1/3	5	1/2	0,941

**Tabel 4.34. Lanjutan**

Jumlah Sarana	Responden 1	Responden 2	Responden 3	Geometri Mean
1	2	3	4	$5=(2 \times 3 \times 4)^{1/3}$
WL-WAC	5	8	2	4,309
WL-WR	7	3	7	5,278
WM-WP	7	1/7	5	1,710
WM-WT	3	5	1/2	1,957
WM-WAC	7	1/7	3	1,442
WM-WR	7	1/7	4	1,587
WP-WT	1/7	1/7	1/3	0,189
WP-WAC	3	1/7	1/3	0,523
WP-WR	3	1/6	1/3	0,550
WT-WAC	7	1/8	3	1,379
WT-WR	7	1/8	5	1,636
WAC-WR	1/7	1/8	5	0,447

Dimana :

WL-WM = Perbandingan workshop las terhadap workshop menjahit dalam jumlah sarana

WL-WP = Perbandingan workshop las terhadap workshop PHP dalam jumlah sarana

WL-WT = Perbandingan workshop las terhadap workshop TIK dalam jumlah sarana

WL-WAC = Perbandingan workshop las terhadap workshop refrigerasi dalam jumlah sarana

WL-WR = Perbandingan workshop las terhadap workshop rias dalam jumlah sarana

WM-WP = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop PHP dalam jumlah sarana

WM-WT = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop TIK dalam jumlah sarana

WM-WAC = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop refrigerasi dalam jumlah sarana

WM-WR = Perbandingan workshop menjahit terhadap workshop rias dalam jumlah sarana

WP-WT = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop TIK dalam jumlah sarana

WP-WAC = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop refrigerasi dalam jumlah sarana

WP-WR = Perbandingan workshop PHP terhadap workshop rias dalam jumlah sarana

WT-WAC = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop refrigerasi dalam jumlah sarana

WT-WR = Perbandingan workshop TIK terhadap workshop rias dalam jumlah sarana

WAC-WR = Perbandingan workshop refrigerasi terhadap workshop rias dalam jumlah sarana

Tabel 4.34. merupakan rekap penilaian untuk alternatif jumlah sarana dari tiga diresponden. Dimana nilainya didapat dari perbandingan berpasangan antara elemen alternatif berdasarkan data pada gambar 4.5. Nilai pembobotan yang digunakan berdasarkan rata-rata geometrik dari tiga responden. Berikut contoh untuk perhitungan rata-rata geometrik pembobotan workshop las terhadap workshop menjahit.

$$\begin{aligned}
 G_{WL-WM} &= \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1}{3} \times 5 \times \frac{1}{3}} = \sqrt[3]{\frac{5}{9}} \\
 &= \mathbf{0,822}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya rata-rata geometrik dari perbandingan berpasangan untuk alternatif jumlah sarana.

**Tabel 4.35. Penjumlahan Kolom Alternatif Jumlah Sarana**

Jumlah Sarana	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
W. Las	1,000	0,822	5,809	0,941	4,309	5,278
W. Menjahit	1,216	1,000	1,710	1,957	1,442	1,587
W. PHP	0,172	0,585	1,000	0,189	0,523	0,550
W. TIK	1,063	0,511	5,278	1,000	1,379	1,636
W. Refrigerasi	0,232	0,693	1,913	0,725	1,000	0,447
W. Rias	0,189	0,630	1,817	0,611	2,237	1,000
Jumlah	3,873	4,241	17,526	5,424	10,891	10,498

Dimana nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda) didapat dari perbandingan tabel 4.34. Nilai workshop menjahit dibanding workshop las didapat dari nilai kebalikan nilai workshop las dibanding workshop menjahit. Berikut contoh untuk perhitungan workshop menjahit dibanding workshop las.

$$\begin{aligned}
 WM-WL &= \frac{1}{WL-WM} \\
 &= \frac{1}{0,822} \\
 &= \mathbf{1,216}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilainya tabel yang dibawah angka satu diagonal (berwarna merah muda).

Tahapan berikutnya menghitung normalisasi dan besarnya prioritas untuk alternatif Workshop Las (WL) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Normalisasi setiap baris dan kolom. Berikut contoh untuk perhitungan normalisasinya.

$$\begin{aligned}
 WL-WL &= \frac{1}{(1+1,216+0,172+1,063+0,232+0,189)} \\
 &= \frac{1}{3,873} \\
 &= \mathbf{0,258}
 \end{aligned}$$

- 2) Prioritas merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan Prioritas Workshop Las (WL).

$$\begin{aligned}
 \text{Prioritas}_{WL} &= (0,258+0,194+0,331+0,173+0,396+0,503)/6 \\
 &= \mathbf{0,309}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka normalisasi dan nilai prioritas tabel 4.36. dibawah ini.

**Tabel 4.36. Normalisasi & Nilai Prioritas Alternatif Jumlah Sarana**

Jumlah Sarana	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Prioritas
1	2	3	4	5	6	7	8=(2+...+7)/6
W. Las	<b>0,258</b>	0,194	0,331	0,173	0,396	0,503	<b>0,309</b>
W. Menjahit	0,314	0,236	0,098	0,361	0,132	0,151	0,215
W. PHP	0,044	0,138	0,057	0,035	0,048	0,052	0,062
W. TIK	0,274	0,120	0,301	0,184	0,127	0,156	0,194
W. Refrigerasi	0,060	0,163	0,109	0,134	0,092	0,043	0,100
W. Rias	0,049	0,149	0,104	0,113	0,205	0,095	0,119

**Tabel 4.37. Prioritas Sebagai Faktor Bobot Alternatif Jumlah Sarana**

Jumlah Sarana	WL	WM	WP	WT	WAC	WR
Prioritas	<b>0,309</b>	<b>0,215</b>	<b>0,062</b>	<b>0,194</b>	<b>0,100</b>	<b>0,119</b>
W. Las	1,000	0,822	5,809	0,941	4,309	5,278
W. Menjahit	1,216	1,000	1,710	1,957	1,442	1,587
W. PHP	0,172	0,585	1,000	0,189	0,523	0,550
W. TIK	1,063	0,511	5,278	1,000	1,379	1,636
W. Refrigerasi	0,232	0,693	1,913	0,725	1,000	0,447
W. Rias	0,189	0,630	1,817	0,611	2,237	1,000

Perhitungan jumlah bobot diperoleh dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai masing-masing kolom, berikut contoh untuk perhitungannya.

$$\begin{aligned} \text{WL-WL} &= (0,309 \times 1) \\ &= \mathbf{0,309} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya angka pada tabel 4.38.

- 2) Jumlah bobot merupakan rata-rata pada baris. Berikut contoh untuk perhitungan jumlah bobot.

$$\text{Jumlah Bobot}_{\text{WL}} = (0,309+0,177+0,363+0,182+0,431+0,629) = \mathbf{2,091}$$

**Tabel 4.38. Perhitungan Jumlah Bobot Alternatif Jumlah Sarana**

Jumlah Sarana	WL	WM	WP	WT	WAC	WR	Jumlah Bobot
W. Las	0,309	0,177	0,363	0,182	0,431	0,629	2,091
W. Menjahit	0,376	0,215	0,107	0,379	0,144	0,189	1,411
W. PHP	0,053	0,126	0,062	0,037	0,052	0,066	0,396
W. TIK	0,329	0,110	0,330	0,194	0,138	0,195	1,295
W. Refrigerasi	0,072	0,149	0,119	0,140	0,100	0,053	0,634
W. Rias	0,059	0,136	0,113	0,118	0,224	0,119	0,769

Dimana nilai jumlah bobot pada tabel 4.38. digunakan untuk mencari  $\lambda$  Max dengan cara membagi jumlah bobot dengan nilai prioritas dari masing-masing alternatif jumlah sarana seperti ditunjukkan pada tabel 4.39. dibawah ini.

**Tabel 4.39. Nilai Konsistensi Alternatif Jumlah Sarana**

Jumlah Sarana	Jumlah Bobot	Prioritas	$\lambda$ Max
1	2	3	$4 = 2/3$
W. Las	2,091	0,309	6,763
W. Menjahit	1,411	0,215	6,553
W. PHP	0,396	0,062	6,343
W. TIK	1,295	0,194	6,682
W. Refrigerasi	0,634	0,100	6,337
W. Rias	0,769	0,119	6,459

Untuk mencari  $\lambda$  Max Workshop Las dengan membagi jumlah bobot terhadap prioritas, sehingga diperoleh  $\lambda$  Max untuk nilai Workshop Las (WL) yaitu :

$$\begin{aligned} \lambda \text{ Max} &= \frac{2,091}{(0,309)} \\ &= \mathbf{6,763} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan besarnya  $\lambda$  Max pada tabel 4.39. diatas. Sehingga didapatkan  $\lambda$  Max<sub>rata-rata</sub> = (6,763+6,553+6,343+6,682+6,337+6,459)/6 = 6,523. Untuk n=6 dari tabel didapat nilai RI = 1,24. Sekarang kita perlu menghitung indeks konsistensi (CI) sebagai berikut:

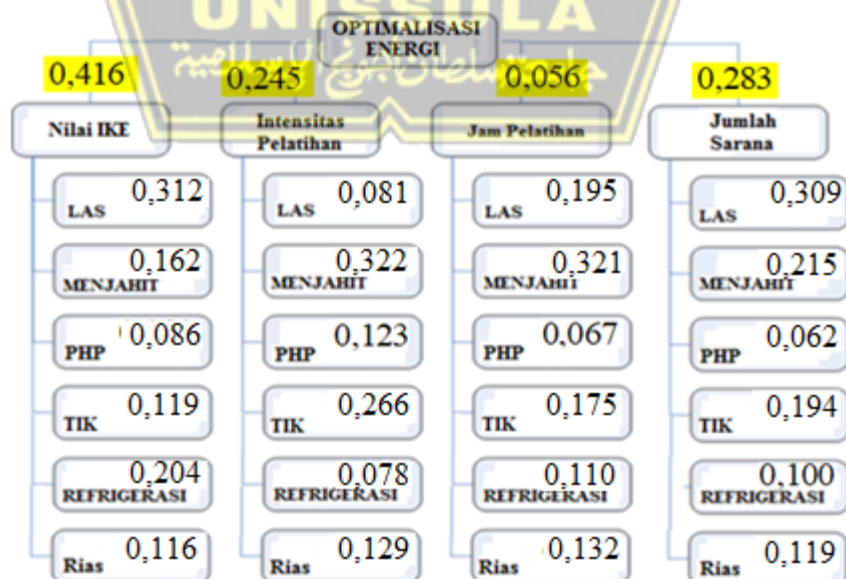
$$\begin{aligned} \text{C.I.} &= (\lambda \text{ Max} - n) / (n - 1) \\ &= (6,523 - 6) / (6 - 1) \\ &= \mathbf{0,105} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CR} &= \text{CI/RI} \\ &= 0,105/1,24 \\ &= \mathbf{0,084} \end{aligned}$$

Karena nilai **0,084** untuk proporsi CR yang tidak konsisten **kurang dari 0,10** bahwa matriks penilaian cukup konsisten sehingga dapat dilanjutkan proses selanjutnya. Pengambilan keputusan menggunakan AHP dapat dilakukan.

#### 4.2.7. Perangkingan Rekomendasi Optimalisasi Energi

Untuk mendapatkan hasil keputusan dengan metode AHP, kita masukan masing-masing bobot untuk kriteria dan alternatif dalam pohon AHP untuk memudahkan membacanya (gambar 4.6). Kemudian masing-masing bobot untuk alternatif pilihan dikalikan dengan bobot dari kriteria.



Gambar 4.6. Pohon AHP Optimalisasi Energi Beserta Bobotnya

Perhitungan keseluruhan nilai masing-masing alternatif pilihan untuk optimalisasi energi berdasarkan rekap prioritas untuk kriteria dan alternatif dalam pohon AHP (gambar 4.6) sebagai berikut:

Alternatif	Prioritas				Kriteria	Hasil	
Workshop Las	0,312	0,081	0,195	0,309	0,416	IKE	0,248
Workshop Menjahit	0,162	0,322	0,321	0,215	0,245	Intensitas Pelatihan	0,225
Workshop PHP	0,086	0,123	0,067	0,062	0,056	Jam Pelatihan	0,087
Workshop TIK	0,119	0,266	0,175	0,194	0,283	Jumlah Sarana	0,179
Workshop Refrigerasi	0,204	0,078	0,110	0,100			0,139
Workshop Rias	0,116	0,129	0,132	0,119			0,121

Dimana prioritas total untuk workshop las didapat dengan cara berikut:

$$(0,312 \times 0,416) + (0,081 \times 0,245) + (0,195 \times 0,056) + (0,309 \times 0,283) = 0,248$$

Dengan cara yang sama, prioritas total untuk workshop lain didapatkan. Sehingga prioritas tertinggi untuk optimalisasi energi yaitu **workshop las 0,248**.

#### 4.3. Implementasi Optimalisasi Energi Pada Workshop Las

Pada metode AHP terpilih workshop las untuk dilakukan implementasi optimalisasi energi. Dimana langkah-langkah optimalisasinya dibagi dua yaitu:

##### 1) Mesin Las

Optimalisasi terbatas pada mesin las yang digunakan, dengan cara efisiensi penggunaan dan SOP penggunaan.

##### 2) Peralatan Workshop Las

Semua peralatan yang ada diworkshop las diusahakan untuk dioptimalisasi semaksimal mungkin tanpa langkah penggantian peralatan yang ada. Terbatas pada efisiensi penggunaan dan SOP penggunaan.

#### 4.3.1 Langkah-Langkah Optimalisasi Energi

Optimalisasi penggunaan dilakukan dengan melihat pemakaian rutin peralatan dan disesuaikan dengan kebutuhan penggunaannya. Sedangkan SOP penggunaan untuk mendukung kegiatan optimalisasi penggunaan. Membuat aturan berdasarkan jam operasional, menggunakan peralatan sesuai spesifikasinya, setiap peralatan tidak digunakan pada waktu agak lama wajib dimatikan.

### Mesin Las

- Secara umum ampere pengelasan berkisar 70-140 A tergantung ukuran diameter elektroda serta ketebalan besi yang dilas. Untuk  $\varnothing = 2,6\text{mm}$  ampere pengelasan idealnya 85 A yang semula 91 A, sesuai ketebalan besi.
- Penggunaan mesin las dapat dimaksimalkan untuk waktu 3 jam per harinya, dengan penghematan waktu setting benda kerja serta perbaikan.

### Peralatan Workshop Las

- Penggunaan gerinda duduk dapat dimaksimalkan menjadi 1,5 jam per harinya. Dimana dengan penghematan saat waktu antrian pemakaian.
- Penggunaan gerinda tangan dapat dimaksimalkan menjadi 2 jam per harinya. Dimana dengan penghematan saat waktu perbaikan.
- Penggunaan lampu kabin las dapat dimaksimalkan menjadi 3 jam per harinya sesuai pemakaian pengelasan.
- Penggunaan dispenser dapat dimaksimalkan menjadi 2 jam per harinya, dihidupkan saat benar-benar diperlukan terutama saat jam istirahat.

**Tabel 4.40. Penghematan Beban Listrik Mesin Las**

No	Nama Mesin	Daya (W)	Jam	Bulan (hari)	Jumlah	Energi Bulanan (kWh)
1	2	3	4	5	6	$7 = (3 \times 4 \times 5 \times 6) / 1000$
	<b>Sebelum Optimalisasi</b>					<b>1.478,4</b>
1	Mesin Las SMAW	2000	4	22	3	528
		2000	4	22	3	528
		2400	4	22	2	422,4
	<b>Setelah Optimalisasi</b>					<b>987,36</b>
1	Mesin Las SMAW	1870	3	22	3	370,26
		1870	3	22	3	370,26
		1870	3	22	2	246,84

Berdasarkan Tabel 4.40. didapatkan beban listrik bulanan untuk penggunaan mesin sebelum dan sesudah dilakukan optimalisasi energi. Berikut contoh untuk perhitungan beban salah satu mesin las selama satu bulan.

$$\begin{aligned}
 W_{m. \text{ las Opt}} &= (P.Las) \times t_{\text{jam}} \times t_{\text{hari}} \times n = (V \times A \times 0,1) \times t_{\text{jam}} \times t_{\text{hari}} \times n \\
 &= ((220 \times 85 \times 0,1) \times 3 \times 22 \times 3) \text{ Wh} \\
 &= 370.260 \text{ Wh} = \mathbf{370,26 \text{ kWh}}
 \end{aligned}$$



Dengan cara yang sama didapatkan besarnya beban masing-masing mesin las, sehingga besarnya penghematan yang bisa dilakukan:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{Hemat}} &= W_{\text{sebelum Optimalisasi}} - W_{\text{setelah Optimalisasi}} \\
 &= 1.478,4 \text{ kWh} - 987,36 \text{ kWh} \\
 &= 491,04 \text{ kWh} \\
 &= \mathbf{491 \text{ kWh}}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.41. Penghematan Beban Listrik Workshop Las**

No	Nama Mesin	Daya (W)	Jam	Bulan (hari)	Jumlah	Energi Bulanan (kWh)
1	2	3	4	5	6	$7 = (3 \times 4 \times 5 \times 6) / 1000$
	<b>Sebelum Optimalisasi</b>					<b>2.031,744</b>
1	Mesin Las SMAW	2000	4	22	3	528
		2000	4	22	3	528
		2400	4	22	2	422,4
2	Gerinda Duduk	250	2	22	2	22
3	Gerinda Tangan	600	3	22	2	79,2
		570	3	22	2	75,24
		540	3	22	2	71,28
		540	3	22	2	71,28
4	Cutting Off	2200	0,5	22	2	48,4
5	Oven Elektroda	120	2	22	2	10,56
6	Kipas Angin	100	7	22	4	61,6
7	Lampu	18	7	22	12	33,264
		18	5	22	8	15,84
8	Dispenser	420	7	22	1	64,68
	<b>Setelah Optimalisasi</b>					<b>1.383,668</b>
1	Mesin Las SMAW	1870	3	22	3	370,26
		1870	3	22	3	370,26
		1870	3	22	2	246,84
2	Gerinda Duduk	250	1,5	22	2	16,5
3	Gerinda Tangan	600	2	22	2	52,8
		570	2	22	2	50,16
		540	2	22	2	47,52
		540	2	22	2	47,52
4	Cutting Off	2200	0,5	22	2	48,4
5	Oven Elektroda	120	2	22	2	10,56
6	Kipas Angin	100	7	22	4	61,6
7	Lampu	18	7	22	12	33,264
		18	3	22	8	9,504
8	Dispenser	420	2	22	1	18,48

Berdasarkan Tabel 4.41. didapatkan beban listrik bulanan untuk penggunaan workshop las sebelum dan sesudah dilakukan optimalisasi energi, sehingga besarnya energi penghematan yang bisa dilakukan:

$$\begin{aligned} W_{\text{Hemat}} &= W_{\text{sebelum Optimalisasi}} - W_{\text{setelah Optimalisasi}} \\ &= 2.031,744 \text{ kWh} - 1.383,668 \text{ kWh} \\ &= 648,076 \text{ kWh} \\ &= \mathbf{648 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Besarnya Optimalisasi Energi Workshop Las

Besarnya optimalisasi energi pada workshop las yaitu energi penghematan workshop las dikalikan biaya listrik per kWh. Sehingga didapatkan besarnya penghematan energi khusus yang optimalisasi mesin las dan juga penghematan energi total pada workshop las. Lebih jelasnya seperti dibawah ini:

- 1) Penghematan Mesin Las  $W_{\text{Opt}} = W_{\text{Hemat m. las Optimalisasi}} \times \text{Tarif Listrik}$   
 $= 491 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.699,53 / \text{kWh}$   
 $= \mathbf{\text{Rp. } 834.469,-}$
- 2) Penghematan Workshop Las  $W_{\text{Opt}} = W_{\text{Hemat workshop las Optimalisasi}} \times \text{Tarif Listrik}$   
 $= 648 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.699,53 / \text{kWh}$   
 $= \mathbf{\text{Rp. } 1.101.295,-}$

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan dalam penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan :

- 1) Setelah dilaksanakan audit energi awal maka berdasarkan perhitungan dan pengukuran diketahui besarnya:
  - Nilai intensitas cahaya dibawah standar semua, nilainya antara 85-220 LUX. Tertinggi 220 Lux pada workshop menjahit, terendah 85 LUX pada workshop refrigerasi.
  - Kapasitas AC terpasang lebih kecil daripada kapasitas kebutuhan, kekurangannya antara  $\pm 1 \frac{3}{4}$  PK sampai  $\pm 3 \frac{1}{2}$  PK.
  - Nilai IKE berkisar 1,606 sampai 27,870 kWh/m<sup>2</sup>/Bulan. Tertinggi 27,870 kWh/m<sup>2</sup>/Bulan pada workshop TIK, terendah 1,606 kWh/m<sup>2</sup>/Bulan pada workshop TKR.
- 2) Berdasarkan dari audit energi, kemudian dilakukan AHP untuk optimalisasi energi memilih alternatif yang tepat. Dimana kriteria yang digunakan nilai IKE, intensitas pelatihan, jam pelatihan serta jumlah sarana. Alternatifnya yaitu workshop las, workshop PHP, workshop menjahit, workshop rias, workshop refrigerasi serta workshop TIK. Berdasarkan pengolahan data dengan pendekatan metode AHP hasil yang diperoleh dari prioritas usulan alternatif optimalisasi energi terpilih workshop las (**24,8 %**).
- 3) Berdasarkan langkah implementasi optimalisasi energi pada workshop las diperoleh estimasi penghematan energi yaitu sebesar **648 kWh** per bulan. Penghematan energi tersebut sebanding penghematan biaya pengeluaran sebesar **Rp. 1.101.295,-** per bulan berdasarkan perhitungan menggunakan tarif dasar listrik tahun 2024.

## 5.2. Saran.

1. Dibuat SOP buat acuan penggunaan peralatan dan pekerjaan yang ada di workshop las untuk mendukung optimalisasi energi.
2. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan atau rekomendasi bagi *decision maker* dalam proses pengambilan keputusan dalam menentukan kebijakan penghematan pada gedung.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bupati Kabupaten Demak, *Peraturan Bupati Kab. Demak No. 4 Tahun 2018*. 2018. Accessed: Oct. 31, 2023. [Online]. Available: <https://Peraturan.Bpk.Go.Id/Details/77061/Perbup-Kab-Demak-No-4-Tahun-2018>
- [2] N. H. Cahyana, “Teknik Permodelan Analytical Hierarchy Proses (AHP) Sebagai Pendukung Keputusan,” *Telematika*, Vol. 6, No. 2, Pp. 49–58, 2010, Doi: 10.31315/Telematika.V6i2.1419.
- [3] R. Fitriadi And Y. Werdaningsih, “Audit Energi Dengan Pendekatan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) Untuk Penghematan Energi Listrik (Studi Kasus: PT. ABC),” *Simp. Nas. RAPI XV-2016 FT UMS*, 2016.
- [4] Samsuddin, Suriadi, And Y. Away, “Audit Dan Optimasi Energi Listrik Pada Bangunan Kampus Menggunakan Metode Algoritma Genetika,” *J. Nas. Komputasi Dan Teknol. Inf.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 31–37, Apr. 2019, Accessed: Oct. 31, 2023. [Online]. Available: <https://www.ojs.serambimekkah.ac.id/index.php/jnkti/article/view/1054>
- [5] S. A. Pratomo, M. Haddin, And A. Marwanto, “Efficiency Of Electrical Energy In Building Base On DSM With AHP Method,” *J. Telemat. Informatics*, Vol. 7, No. 4, Pp. 198–204, Feb. 2020, Doi: 10.12928/JTI.V7I4.
- [6] H. B. Utomo, H. Purnama, And G. J. Adryan, “Konservasi Energi Dan Audit Energi Listrik Pada Rumah Tinggal,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, Vol. 12, Pp. 236–242, Sep. 2021, Accessed: Oct. 31, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-.1.2/proceeding/article/view/2698>
- [7] G. Adhiaksa, N. A. Basyarach, And H. Tasmono, “Analisis Pemakaian Dan Upaya Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Listrik Di Universitas Listrik Di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo,” *El Sains J. Elektro*, Vol. 1, No. 2, Jan. 2020, Doi: 10.30996/ELSAINS.V1I2.3188.

- [8] S. Despa, G. F. Nama, T. Septiana, And M. B. Saputr, "Audit Energi Listrik Berbasis Hasil Pengukuran Dan Monitoring Besaran Listrik Pada Gedung A Fakultas Teknik Unila," *J. Rekayasa Dan Tek. Elektro*, Vol. 15, No. 1, Pp. 33–38, Jan. 2021, Accessed: Oct. 31, 2023. [Online]. Available: [Https://Electrician.Unila.Ac.Id/Index.Php/Ojs/Article/View/2180/389](https://Electrician.Unila.Ac.Id/Index.Php/Ojs/Article/View/2180/389)
- [9] S. J. Bulan And S. J. Bulan, "Penerapan Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Perangkingan Bengkel Mobil Terbaik Di Kota Kupang," *J. Teknol. Terpadu*, Vol. 5, No. 1, Jul. 2019, Doi: 10.54914/JTT.V5I1.189.
- [10] H. P. Muhamad, E. Susanto, And A. S. Wibowo, "Perancangan Alat Sistem Monitoring Energi Listrik Kos-Kosan Berbasis Internet Of Things (Iot) Design Of A Boarding House Electrical Energy Monitoring System Tool Based On The Internet Of Thing (Iot)," *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 9, No. 5, P. 4377, 2021.
- [11] A.H. Santoso, A. Hermawan, And S. Harianto, "Analisis Audit Energi Terhadap Intensitas Konsumsi Energi Listrik Sistem Pencahayaan Dan Sistem Penyimpanan Ikan Di Cold Storage Kabupaten Malang," *Jurnal Sistem Kelistrikan*, Vol. 8, No. 3, 2021.
- [12] Menteri Energi Dan Sumber Mineral Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 14 Tahun 2012 Tentang Manajemen Energi*. 2014.
- [13] Badan Standarisasi Nasional (BSN), *SNI 03-6196-2000 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*. 2020.
- [14] B. S. Nasional, *Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*. 2011.
- [15] Suharto, "Analisis Penghematan Energi Listrik Pada Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Soedarso Pontianak Ditinjau Dari Desain Instalasi," *Elkha*, Vol. 8, No. 1, P. 357487, Mar. 2016, Doi: 10.26418/ELKHA.V8I1.16192.
- [16] K. Naimah, "Analisa Konsumsi Energi Dan Sistem Pencahayaan Gedung C Institut Teknologi Sumatera," *Journal Of Energy And Electrical Engineering*, Vol. 2, No. 2, Pp. 1–5, 2021, Doi: 10.37058/Jee.V2i2.2607.

- [17] Y. Yuniarto And E. Ariyanto, “Korektor Faktor Daya Otomatis Pada Instalasi Listrik Rumah Tangga,” *Gema Teknologi*, Vol. 19, No. 4, P. 24, 2018, Doi: 10.14710/Gt.V19i4.19153.
- [18] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 6197 2020 Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan,” *Standar Nas. Indones.*, Pp. 1–38, 2020.
- [19] S-Gala.Com, “Memilih Besar Watt Lampu Yang Sesuai Untuk Ruangan.” Accessed: Jul. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.s-gala.com/blog-post/watt-lampu>
- [20] A. N. K, M. Haddin, And A. Marwanto, “Electrical Energy Monitoring System In Buildings Based On Fuzzy Logic,” Vol. 10, No. 10, Pp. 58–69, 2023.
- [21] Dwiyanto *Et Al.*, “Evaluasi Kebutuhan Daya Listrik Pada Gedung Distributor Kertas Pt . X,” *J. Ilm. Tek. Mesin, Ind. Elektro Dan Sipil Eval.*, Vol. 04, No. 01, Pp. 257–263, 2023, Doi: 10.54123/Vorteks.V4i1.266.
- [22] T. L. Saaty, “Decision Making With The Analytic Hierarchy Process,” *Int. J. Serv. Sci.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 83–98, 2008.
- [23] Y. Agusta, “Analytical Hierarchy Process (AHP).” [Online]. Available: <https://yudiagusta.wordpress.com/2014/02/23/analytical-hierarchy-process-ahp/>
- [24] K. Kulakowski, “Understanding The Analytic Hierarchy Process,” *Underst. Anal. Hierarchy Process*, No. 2012, 2020, Doi: 10.1201/B21817.
- [25] A. Dwi Yuliantoro, A. Adhi Nugroho, And H. Budu Sukoco, “Analisa Konsumsi Energi Listrik Untuk Penghematan Energi Listrik Di Gedung Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung,” *Konferensi Limiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2*, Pp. 172–179, Oct. 2019.
- [26] N. Marlyana, A. Sugiyono, and S. Rezqya Tsani, “Analisis Kontribusi Komponen Teknologi dengan Pendekatan Teknometrik dan Analytical Hierrarchy Process (AHP) (Studi Kasus di IKM Anyaman Bambu di Kecamatan Kroya, Cilacap, Jawa Tengah),” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI)*, pp. 738–746, 2023.

- [27] M. Huda, S. Budi Utomo, And D. Nugroho, “Analysis Of Electric Energy Consumption On Induction Motors In Production Water Treatment Installation Ii Company Regional Drinking Water (Perumda) Semarang City L,” 2021.

