

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb

Alhamdulillah Robbil' Alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena telah memberikan rahmat serta karunia-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Audit Energi Pada Sistem Tata Udara Gedung Rumah Sakit Umum Prasetya Bunda Kota Tasikmalaya” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Siliwangi, penulis mengharapkan agar apa yang terdapat dan tertuang dalam Laporan Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi yang membacanya dan bagi kita semua.

Penulis sadar bahwa segala hal tiada yang sempurna dalam laporan ini, dimana atas dasar kemampuan individu yang kurang mampu dalam menyelesaikan penulisan laporan ini sehingga penulis banyak mendapatkan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, untuk itu atas segala, bimbingan, dorongan, dan pengorbanan yang telah diberikan, dari hati yang paling dalam penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Rudi Priyadi, Ir., M.S., selaku Rektor Universitas Siliwangi Tasikmalaya.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. H. Aripin, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Siliwangi Tasikmalaya.
3. Bapak Nurul Hiron, S.T., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Siliwangi Tasikmalaya dan pembimbing I yang telah memberikan pengarahan kepada penulis.
4. Bapak Firmansyah Maulana SN, S.T., M.Kom, selaku pembimbing II dan wali dosen yang telah memberikan pengarahan kepada penulis.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Siliwangi Tasikmalaya yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama masa studi.

6. Seluruh karyawan dan staff Fakultas Teknik Universitas Siliwangi yang telah membantu dalam segala urusan administrasi dan lain-lain.
7. Kedua orang tua tercinta yaitu ibu Siti Solihat dan bapak Ending yang tiada hentinya memanjatkan doa, memberikan semangat, dan selalu mendukung agar diberikan kelancaran dan kemudahan hingga sampai penulisan tugas akhir penelitian ini selesai.
8. Kakak saya tersayang yaitu Siti Liawati, yang telah memberikan dukungan baik itu material, moral, serta doa sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
9. Adik saya tercinta yaitu Dodoh Siti Saadah dan Nurul Siti Fazriah, yang telah senantiasa memberikan semangat dan doa sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
10. Seluruh keluarga besar kakek saya bapak H. Abbas, yang tiada hentinya memanjatkan doa, memberikan semangat, memberikan dukungan baik itu material, moral, serta doa sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
11. Kakek dan nenek saya tercinta Alm bapak Lili Sadili dan Alm ibu rumi, yang selalu memberikan semangat dan dukungan namun tidak sempat melihat saya lulus, karena keduanya berpulang pada tahun ini, semoga almarhum ditempatkan di sisi Allah SWT.
12. Kak Sasanto Maulana ST, selaku teknisi dan penanggung jawab lapangan di gedung Rumah Sakit Umum Prasetya Bunda yang telah membantu dan membimbing dalam pengumpulan dan pengukuran data rumah sakit.
13. Seluruh Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro.
14. Seluruh senior dan junior di Teknik Elektro yang telah memberikan segala bentuk bantuannya kepada penulis.
15. Teman – teman jurusan Teknik Elektro 2017 yang tidak bisa disebutkan satu-satu, terima kasih atas kebersamaannya, telah menjadi teman yang baik dan menyenangkan selama masa studi.
16. Semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhirnya hanya kepada Allah kita mengucapkan syukur Alhamdulillah dan juga memohon petunjuk serta pertolongan. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bisa bermanfaat.

Tasikmalaya, 20 Januari 2022

Siti Ratnasari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN MENYERAHKAN HAK MILIK ATAS TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-4
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.5 Batasan Penelitian	I-5
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-6
II. BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1 Energi Listrik.....	II-1
2.2 Daya	II-1
2.3 Konservasi Energi	II-2
2.4 Manajemen Energi	II-3
2.5 Audit Energi	II-3
2.5.1 Jenis Pelaksanaan Audit Energi	II-4
2.5.2 Proses Audit Energi Listrik.....	II-4
2.5.2.1 Audit Energi Awal	II-4
2.5.2.2 Audit Energi Rinci	II-5
2.5.2.3 Analisis Peluang Hemat Energi.....	II-5
2.6 <i>Occupancy Rate</i> Gedung Rumah Sakit	II-6
2.7 Intensitas Konsumsi Energi (IKE)	II-6
2.8 Sistem Tata Udara	II-8

2.8.1	Konsep Dasar Tata Udara	II-8
2.8.2	Sistem Tata Udara Rumah Sakit (AC).....	II-9
2.8.3	Jenis <i>Air Conditioner</i> (AC).....	II-9
2.8.3.1	Sistem Tata Udara Langsung Dan Tidak Langsung.....	II-9
2.8.3.2	<i>Air Conditioner</i> Inverter Dan Non Inverter.....	II-11
2.8.3.3	Jenis Penggunaan Freon Pada <i>Air Conditioner</i>	II-12
2.8.4	Performa AC	II-13
2.8.4.1	<i>Energy Efficiency Ratio</i> (EER)	II-13
2.8.4.2	<i>Coefficient Of Performance</i> (COP)	II-13
2.8.5	Kualitas Kenyamanan Termal.....	II-14
2.8.6	Perhitungan Beban <i>Air Conditioner</i>	II-15
2.9	Rekomendasi Penghematan Energi	II-17
2.9.1	Penghematan Energi Tanpa Biaya	II-17
2.9.2	Penghematan Energi Dengan Biaya Sedang.....	II-18
2.9.3	Penghematan Energi Dengan Biaya Tinggi	II-18
2.10	Waktu Pengembalian Biaya Investasi	II-18
III.	BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	III-1
3.1.1	Identifikasi Masalah.....	III-2
3.1.2	Studi Literatur	III-2
3.1.3	Observasi Lapangan.....	III-2
3.1.4	Proses Audit Energi	III-3
3.1.4.1	Analisis Audit Energi Awal	III-3
3.1.4.2	Analisis Audit Energi Rinci	III-3
3.1.4.3	Analisis Peluang Hemat Energi.....	III-4
3.1.5	Kesimpulan Penelitian	III-4
3.2	Alat Penelitian	III-4
3.3	Teknik Pengambilan Data	III-6
3.3.1	Data Tanpa Pengukuran	III-6
3.3.2	Data Hasil Pengukuran	III-7
3.3.2.1	Pengukuran Beban Pada Panel Induk.....	III-7
3.3.2.2	Pengukuran Beban Konsumsi Daya <i>Air Conditioner</i>	III-7
3.3.2.3	Pengukuran Suhu Dan Kelembaban.....	III-7
3.4	Pengolahan Dan Analisis Data	III-8

3.4.1	Data Intensitas Konsumsi energi	III-8
3.4.2	Data Sistem Tata Udara	III-8
3.4.2.1	Analisis Performa AC	III-8
3.4.2.2	Perhitungan Kebutuhan Beban AC	III-8
3.4.3	Analisis Biaya Investasi	III-9
3.5	Jadwal Pelaksanaan Penelitian	III-9
IV.	BAB IV PEMBAHASAN	IV-1
4.1	Audit Energi Awal	IV-1
4.1.1	Deskripsi Bangunan	IV-1
4.1.2	Sistem Kelistrikan	IV-2
4.1.2.1	Profil Beban Harian.....	IV-3
4.1.2.2	Faktor Daya	IV-5
4.1.2.3	Distribusi Beban	IV-7
4.1.3	Luas Dan Komposisi Bangunan Gedung Rumah Sakit	IV-8
4.1.4	Data Konsumsi Energi Listrik	IV-13
4.1.4.1	Konsumsi Energi Listrik Data Rekening Listrik.....	IV-13
4.1.4.2	Konsumsi Energi Listrik Hasil Pengukuran.....	IV-15
4.1.5	Data Konsumsi Energi listrik Sistem Tata Udara	IV-17
4.1.5.1	Pengukuran Konsumsi Energi Sistem Tata Udara	IV-17
4.1.5.2	Perhitungan Konsumsi Energi Sistem Tata Udara	IV-21
4.1.5.3	Persentase Konsumsi Energi Sistem Tata Udara	IV-24
4.1.5.4	Kalibrasi nilai pengukuran daya AC	IV-25
4.1.6	Data Tingkat Hunian Rumah Sakit (<i>Occupancy Rate</i>)	IV-26
4.1.6.1	Data jumlah orang yang menempati rumah sakit.....	IV-26
4.1.6.2	Data Kapasitas Yang Tersedia Di Gedung Rumah Sakit.....	IV-26
4.1.6.3	Data tingkat hunian rumah sakit (<i>Occupancy Rate</i>).....	IV-29
4.1.7	Intensitas Konsumsi Energi	IV-31
4.1.7.1	Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi Gedung Non AC	IV-31
4.1.7.2	Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi Gedung Ber AC	IV-31
4.2	Audit Energi Rinci	IV-32
4.2.1	Kualitas Kenyamanan Termal Ruangan	IV-32
4.2.1.1	Pengukuran suhu ruangan	IV-33
4.2.1.2	Pengukuran kelembaban ruangan.....	IV-35
4.2.2	Pola Penggunaan Sistem Tata Udara	IV-37

4.2.2.1	Waktu Penggunaan <i>Air Conditioner</i>	IV-37
4.2.2.2	Perawatan <i>Air Conditioner</i>	IV-40
4.2.3	Performa Sistem Tata Udara	IV-40
4.2.3.1	Jenis Peralatan Sistem Tata Udara	IV-40
4.2.3.2	Merk Peralatan Sistem Tata Udara.....	IV-43
4.2.3.3	Perbandingan Daya <i>Name Plate</i> Dan Daya Pengukuran	IV-47
4.2.3.4	Perhitungan Nilai EER Peralatan Sistem Tata Udara	IV-50
4.2.3.5	Perhitungan Nilai COP Peralatan Sistem Tata Udara	IV-54
4.2.4	Perhitungan Ulang Kebutuhan Beban Pendingin Ruangan	IV-58
4.2.4.1	Beban Kalor Melalui Beban Kaca.....	IV-58
4.2.4.2	Beban Kalor Oleh Transmisi Bidang Dinding	IV-59
4.2.4.3	Beban Kalor Kalor Internal	IV-60
4.2.4.4	Beban Kalor Kalor Eksternal	IV-61
4.2.4.5	Total Beban Keseluruhan	IV-62
4.2.5	Kebutuhan kapasitas AC.....	IV-64
4.3	Potensi Peluang Penghematan Energi Sistem Tata Udara	IV-67
4.3.1	Rekomendasi Peluang Penghematan Energi Sistem Tata Udara ...	IV-67
4.3.1.1	Pengurangan Jam Operasional Khusus Ruang Karyawan	IV-67
4.3.1.2	Penggantian <i>Refrigerant</i> R22 Diganti Menjadi MC-22	IV-71
4.3.1.3	Penggantian Unit AC Ke AC Inverter Hemat Energi	IV-75
4.3.2	Waktu Pengembalian Biaya Investasi.....	IV-80
4.3.2.1	Penghematan Energi Biaya Sedang.....	IV-80
4.3.2.2	Penghematan Energi Biaya Tinggi.....	IV-84
4.3.3	Hasil Akhir Peluang Hemat Energi.....	IV-88
V.	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran.....	V-4
	DAFTAR PUSTAKA	I
	LAMPIRAN.....	III

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung di Indonesia	II-7
Tabel 2. 2 Standar dan kategori nilai IKE bangunan gedung non AC dan ber AC	II-8
Tabel 2. 3 Jenis – jenis <i>air conditioner</i> bangunan gedung.....	II-11
Tabel 2. 4 Perbandingan <i>air conditioner</i> inverter dan non inverter	II-13
Tabel 2. 5 Jenis – jenis <i>refrigerant air conditioner</i> di Indonesia.....	II-13
Tabel 2. 6 Tingkatan efisiensi <i>refrigerant AC</i>	II-14
Tabel 2. 7 Standar COP dan EER AC split.....	II-15
Tabel 2. 8 Standar suhu dan kelembaban menurut Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia	II-16
Tabel 2. 9 Ukuran PK unit <i>air conditioner</i>	II-18
Tabel 3. 1 Data alat pengukuran yang digunakan pada penelitian audit energi.....	IV-5
Tabel 3. 2 Jadwal pelaksanaan penelitian	IV-9
Tabel 4. 1 Data profil beban harian di gedung rumah sakit.....	IV-3
Tabel 4. 2 Data nilai faktor daya gedung rumah sakit	IV-5
Tabel 4. 3 Data distribusi keseluruhan beban peralatan (<i>name plate</i>)	IV-7
Tabel 4. 4 Komposisi luas bangunan gedung rumah sakit.....	IV-9
Tabel 4. 5 Data konsumsi energi listrik gedung rumah sakit.....	IV-13
Tabel 4. 6 Data pengukuran dan perhitungan konsumsi energi listrik gedung	IV-14
Tabel 4. 7 Data hasil pengukuran konsumsi energi sistem tata udara gedung.....	IV-17
Tabel 4. 8 Data hasil perhitungan konsumsi daya peralatan AC	IV-20
Tabel 4. 9 Data orang yang menempati gedung rumah sakit.....	IV-24
Tabel 4. 10 Data kapasitas orang yang tersedia di gedung rumah sakit	IV-24
Tabel 4. 11 Data <i>occupancy rate</i> gedung rumah sakit.....	IV-28
Tabel 4. 12 Data hasil pengukuran suhu ruangan gedung rumah sakit	IV-31
Tabel 4. 13 Data hasil pengukuran kelembaban ruangan gedung rumah sakit	IV-34
Tabel 4. 14 Data pola waktu penggunaan <i>air conditioner</i> gedungt.....	IV-36
Tabel 4. 15 Data kapasitas penggunaan merek dan daya (<i>nameplate</i>) sistem tata udara.....	IV-38
Tabel 4. 16 Data merk peralatan sistem tata udara <i>air conditioner</i>	IV-42
Tabel 4. 17 Data perbandingan daya <i>name plate</i> dan daya pengukuran AC ...	IV-45
Tabel 4. 18 Data perhitungan nilai EER peralatan AC sistem tata udara	IV-49
Tabel 4. 19 Data perhitungan nilai COP pada <i>air conditioner</i>	IV-53
Tabel 4. 20 Data total beban kalor ruangan gedung rumah sakit.....	IV-60
Tabel 4. 21 Pengurangan jam operasional khusus ruang karyawan	IV-63
Tabel 4. 22 Data penggantian <i>refrigerant R22</i> menjadi <i>refrigerant MC-22</i> ..	IV-66
Tabel 4. 23 Data penggantian unit AC ke AC inverter hemat energi	IV-70
Tabel 4. 24 Data perhitungan daya penggantian unit AC ke AC inverter hemat energi.....	IV-72
Tabel 4. 25 Data biaya penggantian <i>refrigerant R-22</i> ke <i>refrigerant MC-22</i> ..	IV-76
Tabel 4. 26 Data biaya pembelian unit AC inverter	IV-79
Tabel 4. 27 Data hasil akhir peluang hemat energi gedung rumah sakit	IV-83
Tabel 4. 28 Data keuntungan jangka panjang hasil audit energi	IV-88
Tabel 4. 29 Data Keuntungan bersih audit energi <i>air conditioner</i>	IV-88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 beban kalor ruangan	II-17
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	III-1
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> observasi lapangan	III-2
Gambar 4. 1 Gedung Rumah Sakit Umum Prasetya Bunda	IV-1
Gambar 4. 2 Single line diagram dan titik pengukuran kelistrikan	IV-2
Gambar 4. 3 Proses pengukuran panel induk dengan <i>power quality analyzer</i>	IV-3
Gambar 4. 4 Grafik profil beban harian di gedung rumah sakit	IV-4
Gambar 4. 5 Grafik nilai faktor daya ($\cos \phi$) gedung rumah sakit	IV-6
Gambar 4. 6 Diagram distribusi konsumsi energi peralatan rumah sakit	IV-6
Gambar 4. 7 Denah gedung rumah sakit lantai 1	IV-7
Gambar 4. 8 Denah gedung rumah sakit lantai 2	IV-8
Gambar 4. 9 Denah gedung rumah sakit lantai 3	IV-8
Gambar 4. 10 Denah gedung rumah sakit lantai 4	IV-9
Gambar 4. 11 Diagram perbandingan luas ruangan ber AC dan non AC	IV-12
Gambar 4. 12 Grafik data rekening listrik konsumsi energi gedung rumah sakit	IV-13
Gambar 4. 13 Diagram selisih nilai konsumsi energi listrik gedung rumah sakit	IV-15
Gambar 4. 14 Proses pengukuran daya konsumsi energi listrik pada AC	IV-16
Gambar 4. 15 Diagram persentase daya AC	IV-28
Gambar 4. 16 Grafik data selisih nilai daya AC	IV-28
Gambar 4. 17 Grafik data hubungan <i>occupancy rate</i> dengan konsumsi energi ..	IV-28
Gambar 4. 18 proses pengukuran suhu ruangan menggunakan temperatur alarm	IV-30
Gambar 4. 19 Diagram persentase AC inverter dan non inverter	IV-41
Gambar 4. 20 Diagram persentase penggunaan merek <i>air conditioner</i>	IV-44
Gambar 4. 21 Grafik diagram perbandingan daya <i>name plate</i> dan daya pengukuran AC	IV-48
Gambar 4. 22 Diagram persentase perbandingan nilai EER	IV-51
Gambar 4. 23 Diagram persentase perbandingan nilai COP	IV-55
Gambar 4. 24 Gambar kaca di gedung rumah sakit	IV-56
Gambar 4. 25 Gambar dinding di gedung rumah sakit	IV-57
Gambar 4. 26 Gambar beban internal di gedung rumah sakit	IV-58
Gambar 4. 27 Diagram kebutuhan kapasitas AC di gedung rumah sakit	IV-64
Gambar 4. 28 Grafik perbandingan daya sebelum dan sesudah penghematan tanpa biaya	IV-68
Gambar 4. 29 Grafik perbandingan daya sebelum dan sesudah penghematan biaya sedang	IV-72
Gambar 4. 30 Grafik perbandingan daya sebelum dan sesudah penghematan biaya tinggi	IV-78
Gambar 4. 31 Grafik hasil akhir audit energi listrik	IV-87