

**EVALUASI KINERJA ENERGI SISTEM TATA UDARA
GEDUNG IBNU SUTOWO MELALUI AUDIT ENERGI DAN
PEMODELAN ENERGI PADA BANGUNAN**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

TUGAS AKHIR

Linus Gregorius Radithya

0000051159

**PROGRAM STUDI TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNIK & INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2024

**EVALUASI KINERJA ENERGI SISTEM TATA UDARA
GEDUNG IBNU SUTOWO MELALUI AUDIT ENERGI DAN
PEMODELAN ENERGI PADA BANGUNAN**



TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Linus Gregorius Radithya

0000051159

**PROGRAM STUDI TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNIK & INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2024

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Linus Gregorius Radithya
NIM : 00000051159
Program studi : Teknik Fisika

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul:

EVALUASI KINERJA ENERGI SISTEM TATA UDARA GEDUNG IBNU
SUTOWO MELALUI AUDIT ENERGI DAN PEMODELAN ENERGI PADA
BANGUNAN

merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan hasil plagiat, dan tidak pula dituliskan oleh orang lain; Semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya cantumkan dan nyatakan dengan benar pada bagian Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan karya ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi untuk dinyatakan TIDAK LULUS. Saya juga bersedia menanggung segala konsekuensi hukum yang berkaitan dengan tindak plagiarisme ini sebagai kesalahan saya pribadi dan bukan tanggung jawab Universitas Multimedia Nusantara.

Tangerang, 13/05/2023



(Linus Gregorius Radithya)

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul

EVALUASI KINERJA ENERGI SISTEM TATA UDARA GEDUNG IBNU
SUTOWO MELALUI AUDIT ENERGI DAN PEMODELAN ENERGI PADA
BANGUNAN

Oleh
Nama : Linus Gregorius Radithya
NIM : 00000051159
Program Studi : Teknik Fisika
Fakultas : Teknik & Informatika

Telah diujikan pada hari Rabu, 29 Mei 2024
Pukul 09.30 s.d 11.00 dan dinyatakan
LULUS
Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang



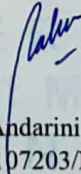
Fahmy Rinanda Saputri, S.T., M.Eng.
IDN 0326089301/NIK 066629

Penguji



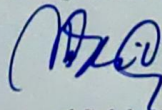
Muhammad Salehuddin, S. T., M. T.
NIDN 0306108702/NIK 033878

Pembimbing



Dr. techn. Rahmi Andarini, S. T., M. Eng. Sc.
NIDN 0328107203/NIK L00753

Ketua Program Studi Teknik Fisika



Muhammad Salehuddin, S. T., M. T.

iii

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Linus Gregorius Radithya
NIM : 00000051159
Program Studi : Teknik Fisika
Jenjang : S1
Judul Karya Ilmiah : EVALUASI KINERJA ENERGI SISTEM
TATA UDARA GEDUNG IBNU
SUTOWO MELALUI AUDIT ENERGI
DAN PEMODELAN ENERGI PADA
BANGUNAN

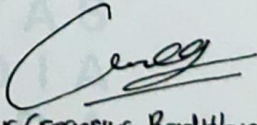
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia:

- o Memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya di repositori Knowledge Center, sehingga dapat diakses oleh Civitas Akademika/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial dan saya juga tidak akan mencabut kembali izin yang telah saya berikan dengan alasan apapun.

Saya tidak bersedia, dikarenakan:

- Dalam proses pengajuan untuk diterbitkan ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance***.

Tangerang, 13 Mei 2024


(Linus Gregorius Radithya)

** Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI selama 6 bulan kedepan, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk diunggah ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas selesainya penulisan tugas akhir ini dengan judul "Evaluasi Kinerja Energi Sistem Tata Udara Gedung Ibnu Sutowo Melalui Audit Energi Dan Pemodelan Energi Pada Bangunan" yang dilakukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Fisika di Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini sangat sulit untuk diselesaikan. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc, selaku Dekan Fakultas Universitas Multimedia Nusantara dan Dosen Pembimbing Akademik.
3. Muhammad Salehuddin, S. T., M. T., selaku Ketua Program Studi Universitas Multimedia Nusantara.
4. Dr. techn. Rahmi Andarini, S. T., M. Eng. Sc., sebagai Pembimbing pengerjaan tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi atas terselesainya tugas akhir ini.
5. Bapak Dedi Suntoro, S.T., M.Sc. dan Bapak Paber Parluhutan Sinaga, S.T., M.T. yang telah memberikan material pendukung pengerjaan tugas akhir ini.

Semoga penulisan tugas akhir ini dapat memberikan sumber informasi, sumber inspirasi, serta manfaat lainnya bagi para pembaca.

Tangerang, 13 Mei 2024



(Linus Gregorius Radithya)

EVALUASI KINERJA ENERGI SISTEM TATA UDARA GEDUNG IBNU SUTOWO MELALUI AUDIT ENERGI DAN PEMODELAN ENERGI PADA BANGUNAN

Linus Gregorius Radithya

ABSTRAK

Salah satu faktor kenyamanan termal penghuni bangunan adalah aliran udara dalam ruangan yang dihasilkan oleh mesin pendingin udara. Mesin pendingin udara mengonsumsi 64% dari seluruh peralatan konsumsi energi listrik pada gedung perkantoran. Pengaruh konsumsi energi tersebut dipengaruhi suhu udara luar bangunan yang masuk ke dalam bangunan secara fisika yang meningkat dalam 5 tahun sekali. Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah mengetahui kinerja energi gedung Ibnu Sutowo, membandingkan hasil audit energi bangunan dengan pemodelan energi, dan rekomendasi peningkatan kinerja energi. Kinerja energi gedung Ibnu Sutowo adalah 200,92 kWh/m²/tahun 2021 dan 210,40 kWh/m²/tahun 2022 dengan penggunaan energi signifikan terbesar adalah sistem tata udara, yaitu sebesar 57,21% dari total peralatan konsumsi energi pada gedung. Perbandingan hasil audit energi dengan pemodelan energi dengan piranti-lunak *Designbuilder* adalah 4%. Pengurangan luas kaca pada sisi barat pada lantai 6 zona kerja dapat menurunkan beban pendinginan pada puncak hari sebesar 15% dan penambahan material insulasi tidak memengaruhi besar pada beban pendinginan pada ruang kerja

Kata kunci: Konsumsi energi, Audit energi, Pemodelan energi

EVALUATION OF ENERGY PERFORMANCE OF AIR CONDITIONING SYSTEM AT IBNU SUTOWO THROUGH ENERGY AUDIT AND ENERGY MODELLING

(Linus Gregorius Radithya)

ABSTRACT (English)

One of the thermal comfort factors of building occupants is the indoor airflow generated by air conditioning machines. Air conditioning machines consume 64% of all electrical energy consumption equipment in office buildings. The effect of energy consumption is influenced by the outside air temperature of the building that enters the building physically which increases every 5 years. The purpose of this final project is to determine the energy performance of Ibnu Sutowo building, comparing the results of building energy audit with energy modelling, and recommendations for improving energy performance. The energy performance of Ibnu Sutowo building is 200.92 kWh/m²/year 2021 and 210.40 kWh/m²/year 2022 with the largest significant energy use is the air conditioning system, which is 57.21% of the total energy consumption equipment in the building. Comparison of energy audit results with energy modelling with Designbuilder software is 4%. Reducing the glazing area on the west side of the 6th floor work zone can reduce the cooling load at peak daytime by 15% and the addition of insulation material does not have a major effect on the cooling load in the workspace.

Keywords: *Energy consumption, Energy audit, Energy modelling*

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT (English)</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.1 Rumusan Masalah	3
1.2 Tujuan pengerjaan tugas akhir	3
1.3 Manfaat pengerjaan tugas akhir	4
1.4 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Perpindahan panas.....	8
2.2.2 Perpindahan panas pada bangunan.....	11
2.2.3 Audit energi [SNI 6390:2020 & SNI ISO 50002-2014]	12
2.2.4 Sistem Tata Udara pada Bangunan	14
2.2.5 Pemodelan & Simulasi Energi Bangunan	16
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN.....	20
3.1 Gambaran Umum	20
3.2 Metode Perancangan dan Eksperimen	20
3.2.1 Profil bangunan	20
3.2.2 Metode audit energi pada bangunan	22

3.2.3	Alat ukur yang digunakan dalam Audit energi	23
3.2.4	Pemodelan energi	24
3.2.5	Perangkat-lunak <i>Energyplus</i>	25
BAB IV ANALISIS		26
4.1	Audit Energi Bangunan.....	26
4.1.1	Potret penggunaan energi	26
4.1.1.1	Sistem tata udara	27
4.1.2	Profil penggunaan energi harian	30
4.1.3	Penggunaan energi signifikan	31
4.1.4	Intensitas konsumsi energi (IKE).....	31
4.2	Pemodelan energi	32
4.2.1	Selubung bangunan	32
4.2.2	Aktivitas dan operasional dalam bangunan.....	35
4.2.3	Sistem tata udara	36
4.3	Hasil Simulasi	36
4.3.1	Simulasi temperatur udara.....	36
4.3.2	Simulasi penggunaan energi listrik	49
4.3.3	Rekomendasi untuk peningkatan kinerja sistem tata udara	50
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		56
5.1	Simpulan	56
5.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN		62

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar referensi tinjauan pustaka	5
Tabel 2.2 Kinerja peralatan tata udara	15
Tabel 4.1 Pembagian lantai pada gedung.....	21
Tabel 3.1 Daftar peralatan sistem tata udara.....	27
Tabel 4.2 pembagian range IKE gedung perkantoran.....	32
Tabel 4.3 Perbandingan luas area yang dikondisikan	34
Tabel 4.4 Material bangunan.....	34
Tabel 4.5 Material kaca.....	34
Tabel 4.6 Pengaturan layer lantai 1 zone1, floor	35
Tabel 4.7 Daftar jenis huan dan pengkondisian gedung	35
Tabel 4.8 Kendali temperatur udara.....	35
Tabel 4.9 Model energi HVAC.....	36
Tabel 4.10 Persentase perbedaan aktual dengan simulasi.....	50
Tabel 4.11 Material Insulasi.....	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Komposisi konsumsi energi pada bangunan[4]	1
Gambar 1.2 Perubahan suhu udara rata-rata Indonesia[8]	2
Gambar 2.1 Ilustrasi perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi [23]	9
Gambar 2.2 Konduksi dalam satu dimensi	9
Gambar 2.3 Ilustrasi perpindahan panas konveksi [23]	10
Gambar 2.4 Ilustrasi perpindahan panas radiasi	11
Gambar 2.5 Merupakan ilustrasi perpindahan panas pada bangunan [27]	11
Gambar 2.6 Diagram alur proses audit pada bangunan	12
Gambar 2.7 Kisaran suhu dan kelembaban pengoperasian yang dapat diterima untuk ruangan yang memenuhi kriteria pada sebuah ruangan dengan 80% okupansi dan kecepatan udara tidak lebih dari 0,2m/s [2]	14
Gambar 2.8. Kategori COP [35]	15
Gambar 2.9 Pengaruh kenyamanan dan kebutuhan energi pada bangunan [36] ..	16
Gambar 2.10 Perpindahan panas pada bangunan	17
Gambar 2.11 Diagram blok tinjauan Pustaka	18
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir	20
Gambar 3.2 Gedung Ibnu Sutowo Jakarta	21
Gambar 3.3 Diagram alur proses audit pada bangunan	22
Gambar 3.4 alat ukur Power Quality Analyzer	23
Gambar 3.5 alat ukur suhu dan kelembaban	24
Gambar 3.6 alur pembuatan model energi	24
Gambar 3.7 <i>Hourly wather data</i> Jakarta-Soekarno Hatta <i>energyplus</i>	25
Gambar 4.1 Potret penggunaan energi tahun 2021-2022	26
Gambar 4.2 Hasil pengukuran temperatur udara pada ruang kerja	29
Gambar 4.3 Hasil pengukuran temperatur udara pada ruang transit/koridor/lobi	29
Gambar 4.4 Hasil pengukuran kelembaban udara pada ruang kerja	30
Gambar 4.5 Pengukuran daya listrik pada panel 2	31
Gambar 4.6 Profil penggunaan energi listrik	31
Gambar 4.7 transformasi bentuk bangunan pada piranti-lunak <i>Designbuilder</i>	33
Gambar 4.8 transformasi bentuk lantai 1 pada piranti-lunak <i>Designbuilder</i>	33
Gambar 4.9 transformasi bentuk lantai 2-5 pada piranti-lunak <i>Designbuilder</i>	33
Gambar 4.10 transformasi bentuk lantai 6-16 pada piranti-lunak <i>Designbuilder</i> .	33
Gambar 4.11 Hasil simulasi lobi LT 1	37
Gambar 4.12 Hasil simulasi koridor LT 6	38
Gambar 4.13 Hasil simulasi koridor LT 7	38
Gambar 4.14 Hasil simulasi koridor LT 8	39
Gambar 4.15 Hasil simulasi koridor LT 9	39
Gambar 4.16 Hasil simulasi koridor LT 10	40
Gambar 4.17 Hasil simulasi koridor LT 11	40
Gambar 4.18 Hasil simulasi koridor LT 12	41
Gambar 4.19 Hasil simulasi koridor LT 13	41

Gambar 4.20 Hasil simulasi koridor LT 14	42
Gambar 4.21 Hasil simulasi koridor LT 15	42
Gambar 4.22 Hasil simulasi koridor LT 16	43
Gambar 4.23 Hasil simulasi ruang kerja LT 6	44
Gambar 4.24 Hasil simulasi ruang kerja LT 7	44
Gambar 4.25 Hasil simulasi ruang kerja LT 8	45
Gambar 4.26 Hasil simulasi ruang kerja LT 9	45
Gambar 4.27 Hasil simulasi ruang kerja LT 10	46
Gambar 4.28 Hasil simulasi ruang kerja LT 11	46
Gambar 4.29 Hasil simulasi ruang kerja LT 12	47
Gambar 4.30 Hasil simulasi ruang kerja LT 13	47
Gambar 4.31 Hasil simulasi ruang kerja LT 14	48
Gambar 4.32 Hasil simulasi ruang kerja LT 15	48
Gambar 4.33 Hasil simulasi ruang kerja LT 16	49
Gambar 4.34 Perbandingan hasil simulasi dengan pengukuran langsung pada 18-22 Agustus.....	49
Gambar 4.35 Beban pendingin pada ruang kerja	51
Gambar 4.36 Skenario 1 LT 6.....	52
Gambar 4.37 Skenario 1 LT 7.....	52
Gambar 4.38 Skenario 1 LT 16.....	53
Gambar 4.39 Skenario 2 LT 16.....	54
Gambar 4.40 Skenario 2 LT 7.....	54
Gambar 4.41 Skenario 2 LT 6.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar peralatan/sarana gedung Ibnu Sutowo.....	62
Lampiran 2 Perhitungan <i>Auxiliary Energy</i>	63



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA