

**ANALISIS *OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE* PADA SISTEM AIR
CONDITIONING DI GEDUNG AB DALAM PENERAPAN MANAJEMEN
ENERGI**



KHAIRIL MUNAWAR

NIM: 55820020001

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

JANUARI 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Analisis Overall Thermal Transfer Value Pada Sistem Air
Conditioning Di Gedung AB Dalam Penerapan Manajemen Energi
Nama : Khairil Munawar
NIM : 55820020001
Program : Magister Teknik Mesin
Tanggal : 17 Januari 2023

Mengesahkan,
Dosen Pembimbing,



(Dafit Feriyanto, M. Eng., Ph.D.)

UNIVERSITAS

Dekan Fakultas Teknik,

Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin,



(Dr. Ir. Mawardi Amin, MT)



(Dafit Feriyanto, M. Eng., Ph.D.)

HALAMAN DEKLARASI

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Khairil Munawar
NIM : 55820020001
Jurusan : Magister Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul : Analisis *Overall Thermal Transfer Value* Pada Sistem Air
Conditioning Di Gedung AB Dalam Penerapan Manajemen
Energi

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS Jakarta, 26 Desember 2022

MERCU BUANA



Khairil Munawar

PERNYATAAN *SIMILARITY CHECK*

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh:

Nama : Khairil Munawar
NIM : 55820020001
Program Studi : Magister Teknik Mesin

Dengan Judul “Kajian *Envelope Thermal Transfer Value* pada apartemen batu ceper – Tangerang” telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada 28 Desember 2022, didapatkan hasil persentase 28%



Jakarta, 18 Juli 2023
Administrator Turnitin

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miyono, S. Kom', is written over the printed name.

Miyono, S. Kom

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PENGHARGAAN

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Laporan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai gelar Sarjana Strata Dua (S2). Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapat bantuan, arahan dan dorongan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do'a dan semangat terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak Dafit Feriyanto, M. Eng., Ph.D. sebagai dosen pembimbing.
3. Dear Rizki Pratiwi selaku istri.
4. Bapak Janna Silalahi selaku Manager di Regional Premises Jakarta 2, Bank BTPN.
5. Rekan Kerja dan staff di Bank BTPN yang memberikan data-data penulis dibutuhkan.
6. Teman-teman magister teknik mesin Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan laporan tugas akhir.

Laporan tugas akhir ini mungkin jauh dari kata sempurna, sehingga kritik dan saran yang mambangun sangat diharapkan guna penyempurnaan. Akhirnya semoga laporan tugas akhir ini dapat menambah wawasan pembaca mengenai jurusan teknik mesin.

Jakarta, 26 Desember 2022

Khairil Munawar

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN DEKLARASI | ii |
| PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i> | iii |
| PENGHARGAAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| <i>ABSTRACT</i> | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR SIMBOL | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2. RUMUSAN MASALAH | 3 |
| 1.3. TUJUAN | 3 |
| 1.4. NOVELTY | 4 |
| 1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH | 6 |
| 1.6. MANFAAT PENELITIAN | 6 |
| 1.7. SISTEMATIKA PENULISAN | 7 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 8 |
| 2.1. <i>OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE (OTTV)</i> | 11 |
| 2.2. MANAJEMEN ENERGI PADA GEDUNG | 21 |
| 2.3. KONSERVASI ENERGI PADA BANGUNAN | 24 |
| 2.4. REGULASI PEMERINTAHAN TERKAIT MANAJEMEN ENERGI | 30 |
| 2.5. SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA BANGUNAN GEDUNG | 31 |
| 2.6. ANALISIS STATISTIK <i>IBM SPSS STATISTIC</i> | 50 |
| 2.7. PENELITIAN SEBELUMNYA (STUDI LITERATUR) | 50 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 60 |
| 3.1. DIAGRAM ALIR | 61 |
| 3.2. ALAT DAN BAHAN | 62 |
| 3.3. PENGAMBILAN DATA | 64 |
| 3.4. TAHAP ANALISIS | 66 |

| | |
|---|-----|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 71 |
| 4.1. AUDIT ENERGI | 71 |
| 4.2. ANALISIS OTTV | 78 |
| 4.3. PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN | 96 |
| 4.4. VALIDASI OTTV DENGAN METODE CLTD/SCL/CLF | 107 |
| 4.5. UPAYA EFISIENSI ENERGI SELUBUNG BANGUNAN | 110 |
| 4.6. PERHITUNGAN PASCA MODIFIKASI | 117 |
| 4.7. UJI <i>PAIRED SAMPLES T-TEST</i> | 124 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 127 |
| 5.1. KESIMPULAN | 127 |
| 5.2. SARAN | 128 |
| DAFTAR PUSTAKA | 129 |
| LAMPIRAN | 134 |



DAFTAR GAMBAR

BAB II

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Pembagian transmisi kalor pada selubung bangunan | 12 |
| Gambar 2.2. Selubung bangunan | 13 |
| Gambar 2.3. Faktor radiasi matahari kota tangerang | 19 |
| Gambar 2.4. Tampilan <i>software autodesk ecotect analysis 2011</i> | 20 |
| Gambar 2.5. Buaran konsumsi energi per jenis energi pada tahun 2025 | 23 |
| Gambar 2.6. Konsep manajemen energi ISO 50001 | 23 |
| Gambar 2.7. Rangkuman hasil audit energi gedung balaikota makassar | 28 |
| Gambar 2.8. Diagram skematik analisa penghematan energi | 29 |
| Gambar 2.9. Diagram tekanan dan entalpi siklus kompresi uap standar | 36 |
| Gambar 2.10. Pemasangan <i>Alumunium Composite Panel (ACP)</i> | 44 |
| Gambar 2.11. Tampilan <i>IBM SPSS statistic</i> | 50 |

BAB III

| | |
|--|----|
| Gambar 3.1. Diagram alir | 61 |
| Gambar 3.2. Denah lantai 1 | 62 |
| Gambar 3.3. Denah lantai 2 | 63 |
| Gambar 3.4. Denah lantai 3 | 63 |
| Gambar 3.5. Data <i>weather</i> pada kota tangerang | 68 |
| Gambar 3.6. Input data <i>weather</i> kota tangerang | 68 |

BAB IV

| | |
|--|----|
| Gambar 4.1. Gedung AB | 71 |
| Gambar 4.2. kWh 66 kVA pada Gedung AB | 72 |
| Gambar 4.3. Grafik konsumsi energi listrik bulanan pada Gedung AB | 72 |
| Gambar 4.4. Grafik kondisi nilai IKE terhadap pemakaian energi listrik | 76 |
| Gambar 4.5. Material dinding bata dan ACP pada Gedung AB | 80 |
| Gambar 4.6. Pemodelan <i>software Autodesk Ecotect Analysis 2011</i> | 83 |
| Gambar 4.7. Input <i>Weather Data</i> | 83 |
| Gambar 4.8. Simulasi <i>solar shade</i> Gedung AB | 84 |
| Gambar 4.9. <i>Stereographic</i> diagram pada orientasi timur | 84 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4.10. Hasil <i>solar shade</i> pada orientasi timur | 85 |
| Gambar 4.11. Grafik kondisi nilai SC terhadap nilai OTTV | 93 |
| Gambar 4.12. Simulasi <i>Autodesk Ecotect Analysis 2011</i> orientasi selatan | 94 |
| Gambar 4.13. Simulasi <i>Autodesk Ecotect Analysis 2011</i> orientasi utara | 94 |
| Gambar 4.14. Grafik kondisi nilai WWR terhadap nilai OTTV | 95 |
| Gambar 4.15. Grafik kondisi OTTV berdasarkan jenis perpindahan panas | 95 |
| Gambar 4.16. Kaca <i>clear glass</i> pada ruang banking hall | 98 |
| Gambar 4.17. Material kaca pada orientasi barat | 111 |
| Gambar 4.18. Modifikasi SC_{eff} pada orientasi barat | 111 |
| Gambar 4.19. <i>Stereographic</i> diagram orientasi barat setelah modifikasi | 111 |
| Gambar 4.20. Input data material V-Kool VIP | 114 |
| Gambar 4.21. Kombinasi <i>layer</i> pada material kaca | 114 |
| Gambar 4.22. Hasil akhir kalkulasi nilai transmitansi termal | 115 |
| Gambar 4.23. Orientasi timur sebelum dimodifikasi | 115 |
| Gambar 4.24. Orientasi timur sesudah dimodifikasi | 116 |
| Gambar 4.25. Perbandingan OTTV orientasi sebelum dan sesudah | 119 |
| Gambar 4.26. Perbandingan nilai SC sebelum dan sesudah modifikasi | 120 |

DAFTAR TABEL

BAB I

| | |
|---|---|
| Tabel 1.1 Matriks jurnal penelitian terdahulu | 5 |
|---|---|

BAB II

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Beda temperatur ekuivalen untuk dinding | 18 |
| Tabel 2.2 Faktor radiasi matahari berbagai orientasi | 18 |
| Tabel 2.3 Faktor radiasi matahari berbagai orientasi kota tangerang | 19 |
| Tabel 2.4 Standar IKE ASEAN USAID 1987 | 25 |
| Tabel 2.5 Standar IKE permen ESDM no. 13 tahun 2012 | 27 |
| Tabel 2.6 Transmisi konstruksi berdasarkan tipe konstruksi | 33 |
| Tabel 2.7 Perbandingan faktor penentu suhu nyaman | 34 |
| Tabel 2.8 Temperatur efektif | 35 |
| Tabel 2.9 Nilai koreksi lintang selatan 8° | 40 |
| Tabel 2.10 SHGF dengan <i>Latitude Month</i> 8° | 41 |
| Tabel 2.11 CLF untuk kaca | 42 |
| Tabel 2.12 Nilai absorbtansi termal permukaan cat dinding luar | 42 |
| Tabel 2.13 Nilai transmitansi termal pada dinding | 44 |
| Tabel 2.14 Nilai transmitansi termal pada ACP | 44 |
| Tabel 2.15 Nilai transmitansi termal pada kaca | 45 |
| Tabel 2.16 Nilai SC pada material kaca | 45 |
| Tabel 2.17 Spesifikasi material V-Kool VIP kaca film | 46 |
| Tabel 2.18 <i>Cooling load factor</i> pada lampu | 47 |
| Tabel 2.19 Standar okupansi pada suatu ruangan | 48 |
| Tabel 2.20 Acuan perolehan panas berbagai aktifitas | 48 |
| Tabel 2.21 <i>Cooling load factor</i> pada okupansi | 49 |
| Tabel 2.22 Studi literatur terkait <i>Overall Thermal Transfer Value</i> (OTTV) | 51 |

BAB III

| | |
|---------------------------------------|----|
| Tabel 3.1 Data ruangan pada Gedung AB | 64 |
|---------------------------------------|----|

BAB IV

| | |
|---|-----|
| Tabel 4.1 Rekapitulasi sumber pemakaian energi listrik lampu penerangan | 73 |
| Tabel 4.2 Rekapitulasi sumber pemakaian energi listrik AC | 73 |
| Tabel 4.3 Rekapitulasi sumber pemakaian energi listrik alat elektronik | 74 |
| Tabel 4.4 Perolehan IKE pada Gedung AB periode 2021 - 2022 | 75 |
| Tabel 4.5 Pemakaian beban listrik pada lembur akhir tahun | 76 |
| Tabel 4.6 Perolehan IKE tanpa lembur akhir tahun | 77 |
| Tabel 4.7 Variabel dan rujukan untuk perhitungan OTTV | 78 |
| Tabel 4.8 Nilai absorbtansi termal sesuai material pada Gedung AB | 79 |
| Tabel 4.9 Transmittansi pada setiap material di Gedung AB | 80 |
| Tabel 4.10 Luas selubung material | 81 |
| Tabel 4.11 WWR untuk material selubung bangunan | 81 |
| Tabel 4.12 Perhitungan nilai SC_{eff} orientasi utara | 85 |
| Tabel 4.13 Perhitungan nilai SC_{eff} orientasi timur | 86 |
| Tabel 4.14 Perhitungan nilai SC_{eff} orientasi selatan | 87 |
| Tabel 4.15 Perhitungan nilai SC_{eff} orientasi barat | 89 |
| Tabel 4.16 Perhitungan nilai SC setiap orientasi | 90 |
| Tabel 4.17 Rekapitulasi hasil perhitungan OTTV | 92 |
| Tabel 4.18 Data temperatur di kota tangerang | 96 |
| Tabel 4.19 Keterangan perpindahan panas tiap ruangan | 96 |
| Tabel 4.20 Nilai CLTD pada materal ruangan di Gedung AB | 98 |
| Tabel 4.21 Nilai CLF dan SC | 99 |
| Tabel 4.22 Nilai SHGF dan LM | 99 |
| Tabel 4.23 Hasil perhitungan $CLDT_{corr}$ 10 Mei 2022 | 100 |
| Tabel 4.24 Hasil perhitungan $CLDT_{corr}$ 6 Juni 2022 | 101 |
| Tabel 4.25 Hasil perhitungan $CLDT_{corr}$ 6 Juli 2022 | 102 |
| Tabel 4.26 Hasil perhitungan $CLDT_{corr}$ 08 Agustus 2022 | 102 |
| Tabel 4.27 Beban panas eksternal pada 10 Mei 2022 | 104 |
| Tabel 4.28 Beban panas eksternal pada 6 Juni 2022 | 104 |
| Tabel 4.29 Beban panas eksternal pada 6 Juli 2022 | 104 |
| Tabel 4.30 Beban panas eksternal pada 8 Agustus 2022 | 105 |
| Tabel 4.31 Beban panas internal pada Gedung AB | 105 |
| Tabel 4.32 Rekapitulasi hasil perhitungan beban pendinginan | 106 |
| Tabel 4.32 Rekapitulasi hasil perhitungan beban pendinginan | 106 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4.32 Rekapitulasi hasil perhitungan beban pendinginan | 106 |
| Tabel 4.33 Data teknis dinding bata | 107 |
| Tabel 4.34 Data teknis ACP | 108 |
| Tabel 4.35 Data teknis kaca | 108 |
| Tabel 4.36 Hasil perhitungan $CLTD_{corr}$ metode CLTD/SCL/CLF | 108 |
| Tabel 4.37 Rekapitulasi hasil perhitungan metode CLTD/SCL/CLF | 109 |
| Tabel 4.38 Perhitungan nilai SC_{eff} orientasi barat modifikasi | 112 |
| Tabel 4.39 Perhitungan nilai SC setiap orientasi | 113 |
| Tabel 4.40 Luas selubung material setelah modifikasi | 116 |
| Tabel 4.41 WWR untuk material selubung bangunan setelah modifikasi | 117 |
| Tabel 4.42 Nilai CLTD pada materal ruangan tanggal 21 November 2022 | 120 |
| Tabel 4.43 Nilai CLF dan SC tanggal 21 November 2022 | 121 |
| Tabel 4.44 Nilai SHGF dan LM tanggal 21 November 2022 | 121 |
| Tabel 4.45 Hasil perhitungan $CLDT_{corr}$ 21 November 2022 | 122 |
| Tabel 4.46 Beban panas eksternal pada 21 November 2022 | 123 |
| Tabel 4.47 Rekapitulasi beban pendinginan 21 November 2022 | 123 |
| Tabel 4.48 Rekapitulasi OTTV | 124 |
| Tabel 4.49 Rekapitulasi perhitungan beban pendinginan | 125 |
| Tabel 4.50 <i>Paired samples statistics</i> OTTV | 125 |
| Tabel 4.51 <i>Paired samples correlations</i> OTTV | 125 |
| Tabel 4.52 <i>Paired samples test</i> OTTV | 125 |
| Tabel 4.53 <i>Paired samples statistics</i> beban pendinginan | 126 |
| Tabel 4.54 <i>Paired samples correlations</i> beban pendinginan | 126 |
| Tabel 4.55 <i>Paired samples test</i> beban pendinginan | 126 |

DAFTAR SIMBOL

| Simbol | Keterangan |
|---------------|--|
| q_k | Laju perpindahan panas konduksi |
| dT | Perbedaan suhu |
| dx | Perbedaan jarak benda |
| q_c | Laju perpindahan panas konveksi |
| h_c | Koefisien perpindahan panas konveksi |
| A | Luas permukaan |
| A_w | Luas keseluruhan dinding |
| A_f | Luas keseluruhan kaca |
| A TOTAL | Luas keseluruhan selubung bangunan |
| T_w | Suhu permukaan |
| T_s | Suhu lingkungan |
| T_o | Temperatur udara luar rata-rata |
| T_t | Temperatur udara tertinggi |
| T_p | Perubahan temperatur |
| q_r | Laju perpindahan panas radiasi |
| ε | Emisivitas |
| σ | Konstanta Stefan-Boltzman, $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ (konstanta proporsionalitas) |
| T | Tuhu absolut benda |
| TD | Perbedaan temperatur |
| OTTV | Nilai perpindahan panas selubung bangunan |
| OTTV | Nilai perpindahan panas selubung bangunan pada orientasi dinding tertentu |
| OTTV total | Nilai perpindahan panas menyeluruh selubung bangunan |
| Q | Nilai perpindahan panas |
| Q_{wc} | Panas konduksi pada dinding |
| Q_{gs} | Panas konduksi pada kaca |

| | |
|-----------------|--|
| Q_{sol} | Panas radiasi pada kaca |
| A_w | Luas material tidak tembus cahaya |
| A_f | Luas material tembus cahaya |
| WWR | Perbandingan rasio jendela terhadap luas total orientasi tertentu |
| $1 - WWR_{ACP}$ | Perbandingan rasio ACP dengan luas total orientasi tertentu |
| $1 - WWR_{DB}$ | Perbandingan rasio dinding bata dengan luas total orientasi tertentu |
| α | Nilai absorbtansi termal |
| U | Transmitansi termal |
| U_w | Transmitansi termal dinding |
| U_f | Transmitansi termal kaca |
| U_{ACP} | Transmitansi termal material ACP |
| U_{DB} | Transmitansi termal material dinding bata |
| U_K | Transmitansi termal material kaca |
| SC | Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi |
| SC_k | Koefisien peneduh kaca material |
| SC_{eff} | Koefisien peneduh efektif peralatan peneduh luar |
| WWR | Perbandingan rasio jendela terhadap luas total orientasi tertentu |
| TD_{Ek} | Beda temperatur ekuivalen |
| SF | Faktor radiasi matahari |
| SHGF | Faktor radiasi matahari |
| CLF | Faktor perpindahan panas |
| ΔT | Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam |
| $CLTD_{corr}$ | Perbedaan temperatur dengan pengaruh lintang dan absorbtansi termal |
| CLTD | Nilai CLTD berdasarkan orientasi tertentu |
| LM | Nilai koreksi CLTD berdasarkan lintang |
| T_i | Temperatur udara perancangan gedung |

| | |
|-------------|--|
| T_o | Temperatur udara luar rata-rata |
| P_k | Kerja kompresor |
| P_c | Kerja kondensor |
| P_e | Kerja evaporator |
| m | Laju aliran massa |
| h_1 | Entalpi pada titik 1 |
| h_2 | Entalpi pada titik 2 |
| h_3 | Entalpi pada titik 3 |
| Q_{lamp} | Nilai perpindahan panas pada lampu |
| F_u | Jumlah fitting |
| F_b | Faktor ballast |
| Q_{occup} | Nilai perpindahan panas pada orang |
| Q_{appl} | Nilai perpindahan panas pada peralatan |



UNIVERSITAS
MERCU BUANA