UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Simulasi Sistem Energi pada Rancangan Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada Gedung L2
dengan EnergyPlus**
ARYO BAYU TEJOKUSUMO, Dr. Eng. M. Kholid Ridwan, ST., M.Sc. ; Sentagi Sesotya U, ST., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN TUGAS iv
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN xx
INTISARI xxiii
ABSTRACT xxv
BAB I PENDAHULUAN 1
I.1. Latar Belakang 1
I.2. Perumusan Masalah 2
I.3. Batasan Masalah 2
I.4. Tujuan Penelitian 3
I.5. Manfaat Penelitian 3
BAB II STUDI PUSTAKA 4
II.1. Perpustakaan Pusat UGM gedung L1 [14] 4
II.2. Ruang Rawat Inap Rumah Sakit Yadika Pondok Bambu, Jakarta [15] 4
II.3. Gedung Kantor XYZ, Makassar [16] 6
II.4. Gedung Manufacturing Research Center FT-UI [17] 6
II.5. Efek dari Lampu LED pada Beban Pendinginan dan Pemanasan di Bangunan Kantor [22] 8
II.6. Analisis Sensitivitas dan Validasi dari Model *EnergyPlus* 9

Simulasi Sistem Energi pada Rancangan Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada Gedung L2
dengan EnergyPlus
ARYO BAYU TEJOKUSUMO, Dr. Eng. M. Kholid Ridwan, ST., M.Sc. ; Sentagi Sesotya U, ST., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III DASAR TEORI 11
III.1. *Green Building* dan Konservasi Energi 11
III.2. Audit Energi Bangunan 12
III.2.1. Definisi Audit 12
III.2.2. Tujuan Audit 13
III.2.3. Diagram Alir Audit Energi dengan Simulasi *EnergyPlus* 13
III.3. Perangkat Lunak Pemodelan 13
III.3.1. *EnergyPlus* 13
III.3.2. *Google SketchUp* 15
III.3.3. *OpenStudio* 15
III.4. Beban Pendinginan Udara 15
III.5. Perhitungan Beban Pendinginan Eksternal 19
III.5.1. Metode Kesetimbangan Panas (*Heat Balance*) 19
III.5.2. Kesetimbangan Panas Sisi Luar (*Outside-face Heat Balance*) 20
III.5.4. Konduksi pada Dinding 21
III.5.5. Kesetimbangan Panas Sisi Dalam (*Inside-face Heat Balance*) 23
III.5.5.1. Kesetimbangan Panas Udara di dalam Zona 26
III.5.5.2. Persamaan Kesetimbangan Panas 27
III.5.5.2. Solusi Iteratif Persamaan Kesetimbangan Panas 29
III.5.6. Beban Pendinginan Kaca Jendela 30
III.6. Perhitungan Beban Pendinginan Internal 34
III.6.1. Beban Pendinginan Penghuni 35
III.6.2. Beban Pendinginan Sistem Tata Cahaya 35
III.6.3. Beban Pendinginan Peralatan Listrik 36
III.7. Sistem Tata Udara (HVAC) 37

Simulasi Sistem Energi pada Rancangan Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada Gedung L2
dengan EnergyPlus
ARYO BAYU TEJOKUSUMO, Dr. Eng. M. Kholid Ridwan, ST., M.Sc. ; Sentagi Sesotya U, ST., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

III.8. OTTV (Overall Thermal Transfer Value) 40
III.8.1. Absorptansi Termal (α) 41
III.8.2. Transmitansi Termal (U) 43
III.8.3. Windows to Wall Ratio (WWR) 46
III.8.4. Beda Temperatur Ekuivalen (TD_{Ek}) 46
III.8.5. Faktor Rerata Radiasi Matahari 46
III.8.6. Koefisien Peneduh (SC) 47
III.8.7. Delta T (DT) 47
IV.1. Alat dan Bahan Penelitian 48
IV.2. Tata Laksana Penelitian 50
IV.2.1. Studi Pustaka 51
IV.2.2. Pengumpulan Data 52
IV.2.2.1. Cetak Biru 52
IV.2.2.2. Wawancara 52
IV.2.2.3. Situs Internet 52
IV.2.3. Deskripsi Rancangan Bangunan Perpustakaan Pusat UGM Gedung L2 53
IV.2.4. Gambaran Proses Input Data 53
IV.2.4.1. Input Data Kondisi Lingkungan 55
IV.2.4.2. Input *Schedule* 57
IV.2.5. Proses Konversi Data 58
IV.2.5.1. Pemodelan Geometri Bangunan 58
IV.2.5.1.1. Pemodelan Zona Termal 61
IV.2.5.1.2. Pemodelan Zona Plenum 65
IV.2.5.1.3. Pemodelan Elemen Konstruksi Bangunan 66

Simulasi Sistem Energi pada Rancangan Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada Gedung L2
dengan EnergyPlus
ARYO BAYU TEJOKUSUMO, Dr. Eng. M. Kholid Ridwan, ST., M.Sc. ; Sentagi Sesotya U, ST., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

IV.2.5.2. Estimasi Beban Pendinginan Penghuni 67
IV.2.5.2.1. Estimasi Okupansi Ruang Baca 24jam Lantai 1, Ruang ATM, dan Ruang Toilet Lantai 1 68
IV.2.5.2.2. Estimasi Okupansi Kantin, Toko Buku dan Pos 69
IV.2.5.2.3. Estimasi Okupansi Ruang Baca, Toilet dan Pantri pada Lantai 2, 3, 4, dan 5 70
IV. 2.5.2.4. Estimasi Okupansi Lobi Lantai 2,3,4, dan 5 72
IV.2.5.2.5. Rekapitulasi Okupansi Tiap Zona 73
IV.2.5.2.6. Beban Pendinginan Penghuni 75
IV.2.5.3. Estimasi Konsumsi Energi dan Beban Pendinginan Sistem Tata Cahaya 77
IV.2.5.3.1. Penjadwalan Nyala Lampu pada Zona Ruang Baca dan Toilet Lantai 1 82
IV.2.5.3.2. Penjadwalan Nyala Lampu pada Zona Ruang ATM 83
IV.2.5.3.3. Penjadwalan Nyala Lampu pada Zona Kantin, Toko Buku, Ruang Baca Lantai 2, 3, 4, dan 5, Lobi Lantai 2, 3, 4, dan 5, dan Toilet lantai 2, 3, 4, dan 5. 83
IV.2.5.4. Estimasi Konsumsi Energi dan Beban Pendinginan Peralatan Listrik 84
IV.2.5.5. Estimasi Konsumsi Energi Sistem *Lift* 86
IV.2.5.6. OTTV (Overall Thermal Transfer Value) 87
IV.2.5.7. Pemodelan Sistem Tata Udara 91
IV.3. Rencana Analisis Hasil 93
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 95
V.1. Validasi Perangkat Lunak *EnergyPlus* 95
V.2. Hasil Simulasi *EnergyPlus* 96

Simulasi Sistem Energi pada Rancangan Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada Gedung L2
dengan EnergyPlus
ARYO BAYU TEJOKUSUMO, Dr. Eng. M. Kholid Ridwan, ST., M.Sc. ; Sentagi Sesotya U, ST., M.Sc., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

V.2.1. Konsumsi Energi Sistem Tata Udara 96
V.2.2. Konsumsi Energi Sistem Tata Cahaya 97
V.2.3. Konsumsi Energi Peralatan Listrik 97
V.2.4. Konsumsi Total Energi Bangunan 98
V.2.5. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Bangunan 99
V.3. Skenario Konservasi Energi 100
V.3.1. Penggantian Sistem Tata Udara dari CAV menjadi VAV 100
V.3.2. Penggantian Sistem Tata Cahaya dari Lampu T5 *Fluorescent* menjadi T8 LED pada Sistem Tata Udara CAV 102
V.3.3. Penggantian Sistem Tata Cahaya dari Lampu T5 *Fluorescent* menjadi T8 LED pada Sistem Tata Udara VAV 106
V.4. Analisis Skenario Konservasi Energi 108
V.5. Analisis Kenyamanan Visual 109
V.6. Analisis Pemodelan Termal pada Zona Termal 111
V.7. Analisis OTTV 113
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 115
VI.1. Kesimpulan 115
VI.2. Saran 117
DAFTAR PUSTAKA 119
LAMPIRAN A 122
LAMPIRAN B 123