

## Daftar Isi

Halaman Judul	
Halaman Pengesahan	
Halaman Pernyataan	
Pernyataan.....	iii
Prakata .....	iv
Daftar Isi .....	vi
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar .....	x
Daftar Lampiran.....	xiii
Daftar Istilah .....	xiv
Intisari .....	xvi
Abstract.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Isu Permasalahan Energi Dunia .....	1
1.1.2. Energi dan Arsitektur .....	1
1.1.3. Setting Temperature Kenyamanan dalam Ruang .....	3
1.1.4. Permasalahan .....	7
<b>1.2. Perumusan Masalah.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Tujuan Penelitian .....</b>	<b>9</b>
<b>1.4. Manfaat Penelitian .....</b>	<b>9</b>
<b>1.5. Keaslian Penelitian.....</b>	<b>10</b>
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Karakteristik Selubung Bangunan .....</b>	<b>20</b>
2.1.1. Elemen Peneduh.....	20
2.1.2. <i>Window to Wall Ratio</i> .....	21
2.1.3. Karakteristik Material ( <i>U-Value dan SHGC</i> ) .....	22
2.1.4. Orientasi.....	25
<b>2.2 Operative Temperature.....</b>	<b>26</b>

2.2.1.	<i>Operative Temperature</i> .....	26
2.2.2.	Selubung Bangunan dan <i>Operative Temperature</i> .....	29
2.3.	<b>Bangunan Hemat Energi</b> .....	32
2.4.	<b>Landasan Teori</b> .....	35
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		39
3.1.	<b>Metode Penelitian</b> .....	39
3.2.	<b>Perangkat Lunak Simulasi</b> .....	40
3.2.1.	EnergyPlus .....	40
3.2.2.	OpenStudio .....	41
3.2.3.	LBNL Window .....	42
3.3.	<b>Data Iklim</b> .....	43
3.4.	<b>Objek Penelitian</b> .....	44
3.4.1.	Geometri/ Bentuk Bangunan .....	44
3.4.2.	Fungsi Bangunan .....	46
3.4.3.	Lapisan Konstruksi Bangunan .....	46
3.5.	<b>Penentuan Variabel Bebas Penelitian</b> .....	47
3.5.1.	<i>Wall to window ratio (WWR)</i> .....	47
3.5.2.	<i>Glazing Material (Solar Heat Gain Coefficient –SHGC dan U-Value)</i> .....	48
3.5.3.	Tipe elemen pembayang ( <i>Shading</i> ) .....	48
3.5.4.	Orientasi .....	48
3.6.	<b>Penentuan Variabel Terikat Penelitian</b> .....	48
3.6.1.	<i>Operative Temperature</i> .....	48
3.6.2.	<i>Inside Surface Temperature</i> .....	48
3.6.3.	<i>Mean Radiant Temperature</i> .....	49
3.6.4.	Intensitas Konsumsi Energi .....	49
3.7.	<b>Input Data Untuk Simulasi</b> .....	50
3.7.1.	Konstruksi Dan Material .....	51

3.7.2.	Internal Gain .....	54
3.7.3.	Sistem HVAC .....	60
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>62</b>
<b>4.1.</b>	<b>Gambaran Umum Hasil Simulasi .....</b>	<b>62</b>
4.1.1.	Periode simulasi .....	62
4.1.2.	Variabel-variabel yang digunakan .....	62
4.1.3.	Tipe modelling yang dilakukan .....	63
4.1.4.	Validasi Software <i>EnergyPlus</i> .....	65
<b>4.2.</b>	<b>Pengaruh Variasi <i>Window to Wall Ratio</i> (WWR), <i>Solar Heat Gain Coefficient</i> (SHGC) dan <i>Shading</i> terhadap Nilai <i>Mean Radiant Temperature</i> .....</b>	<b>66</b>
4.2.1.	Pengaruh Variasi WWR terhadap Nilai <i>Mean Radiant Temperature</i> .....	67
4.2.2.	Pengaruh Variasi SHGC terhadap Nilai <i>Mean Radiant Temperature</i> .....	72
4.2.3.	Pengaruh Variasi Shading terhadap Nilai <i>Mean Radiant Temperature</i> .....	75
<b>4.3.</b>	<b>Pengaruh Variasi <i>Window to Wall Ratio</i> (WWR), <i>Solar Heat Gain Coefficient</i> (SHGC) dan <i>Shading</i> terhadap Nilai <i>Operative Temperature</i> .....</b>	<b>78</b>
4.3.1.	Pengaruh Variasi WWR terhadap Nilai <i>Operative Temperature</i> .....	79
4.3.2.	Pengaruh Variasi SHGC terhadap Nilai <i>Operative Temperature</i> .....	81
4.3.3.	Pengaruh Variasi Shading terhadap Nilai <i>Operative Temperature</i> .....	82
<b>4.4.</b>	<b>Pengaruh <i>Air Temperature</i> Terhadap Nilai <i>Operative Temperature</i> .....</b>	<b>85</b>
<b>4.5.</b>	<b>Pengaruh Penurunan <i>Air Temperature</i> Terhadap Intensitas Konsumsi Energi .....</b>	<b>92</b>
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>		<b>98</b>
<b>5.1.</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>98</b>
<b>5.2.</b>	<b>Saran .....</b>	<b>101</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>103</b>
<b>Lampiran .....</b>		<b>106</b>

## Daftar Tabel

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Mengenai <i>Operative Temperature</i> .....	11
Tabel 2. Transmisi Cahaya dan Radiasi Panas .....	24
Tabel 3. Nilai Optimum <i>Operative Temperature</i> untuk Ruang Kerja .....	29
Tabel 4. Input Beban Internal untuk Perkantoran sesuai SNI dan Kepmen PU .....	46
Tabel 5. Asumsi Material Dinding yang Digunakan dalam Simulasi .....	46
Tabel 6. Hubungan antar variabel, parameter dengan rumusan masalah .....	49
Tabel 7. Karakteristik Material Dinding Masif yang Digunakan .....	52
Tabel 8. Perbandingan Hasil Cooling Load antara Hasil Simulasi dengan Perhitungan Manual .....	66
Tabel 9. Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> antar Pengaplikasian Shading .....	76
Tabel 10. Nilai <i>Mean Radiant Temperature</i> antar Pengaplikasian Shading.....	77
Tabel 11. Perbandingan Perolehan Nilai Maksimum dan Minimum <i>Surface Inside Temperature</i> dengan <i>Mean Radiant Temperature</i> .....	78
Tabel 12. Tabel Perolehan Konsumsi Energi antar WWR .....	80
Tabel 13. Tabel Perolehan Konsumsi Energi antar SHGC .....	82
Tabel 14. Tabel Perolehan Konsumsi Energi antar Shading .....	84
Tabel 15. Tabel Perbandingan Nilai <i>Operative Temperature</i> antar Variabel .....	85
Tabel 16. Tabel Perolehan Nilai <i>Operative Temperature</i> tiap variabel SHGC ketika Air Temperature diturunkan.....	88
Tabel 17. Perbandingan Perolehan <i>Operative Temperature</i> antar Variabel WWR, SHGC dan Shading dengan Diturunkan Pengaturan <i>Air Temperature</i> pada Dinding Barat.....	90
Tabel 18. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m <sup>2</sup> ) antar WWR berdasar Penurunan Pengaturan <i>Air Temperature</i> .....	93
Tabel 19. Selisih Nilai Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m <sup>2</sup> ) antar WWR .....	93
Tabel 20. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m <sup>2</sup> ) antar SHGC berdasar Penurunan Pengaturan <i>Air Temperature</i> .....	93
Tabel 21. Selisih Nilai Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m <sup>2</sup> ) antar SHGC .....	94
Tabel 22. Nilai Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m <sup>2</sup> ) antar <i>Shading</i> berdasar Penurunan Pengaturan <i>Air Temperature</i> .....	94
Tabel 23. Selisih Nilai Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m <sup>2</sup> ) antar <i>Shading</i> .....	95
Tabel 24. Perbandingan Selisih Nilai Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m <sup>2</sup> ) antar Variabel .....	95

## Daftar Gambar

Gambar 1. Grafik perbedaan <i>Mean Radiant Temperature</i> dan <i>Operative temperature</i> pada ruangan dengan jarak berbeda .....	5
Gambar 2. Hasil Simulasi <i>Operative Temperature</i> Tahap Awal .....	7
Gambar 3. Diagram Hubungan antar Konsep Rumusan Masalah .....	9
Gambar 4. Diagram Posisi Kebaharuan Penelitian.....	17
Gambar 5. Konfigurasi Efektif VT dan WWR Kaca.....	23
Gambar 6. Grafik Tipikal Nilai <i>Operative Temperature</i> .....	29
Gambar 7. Grafik Perbedaan <i>Operative Temperature</i> dengan Tiga Jenis Material yang Berbeda .....	30
Gambar 8. Grafik Perbedaan <i>Mean Radiant Temperture</i> dan <i>Operative Temperature</i> pada Ruangan dengan Jarak Berbeda.....	31
Gambar 9. Potensi Penghematan Energi HVAC Melalui Elemen Selubung.....	33
Gambar 10. Grafik Perbandingan Konsumsi Energi Pendinginan dengan Variasi WWR .....	34
Gambar 11. Perangkat Lunak EnergyPlus .....	41
Gambar 12. Perangkat Lunak Google Sketchup dan <i>Plugin</i> Openstudio .....	42
Gambar 13. Perangkat Lunak LBNL Window .....	43
Gambar 14. Ringkasan Data Iklim Dilihat dari Software Climate Consultant.....	44
Gambar 15. Modeling Bangunan Hipotetik.....	45
Gambar 16. Denah Dan Tampak Bangunan Hipotetik .....	45
Gambar 17. Diagram Hubungan Anaar Variabel .....	50
Gambar 18. Asumsi-Asumsi Simulasi.....	51
Gambar 19. Input <i>Run Period</i> Untuk Analisis IKE – Energi Plus.....	51
Gambar 20. Input Material Kaca-EnergyPlus.....	54
Gambar 21. Input Internal Gain: People / Occupancy.....	56
Gambar 22. Detil Jadwal Operasional untuk Internal Gain: People / Occupancy.....	57
Gambar 23. Input Internal Gain : Lighting .....	58
Gambar 24. Detil Jadwal Operasional untuk Internal Gain : Lighting .....	58
Gambar 25. Input Internal Gain: Equipment .....	59
Gambar 26. Detil Jadwal Operasional untuk Internal Gain: Equipment .....	60
Gambar 27. Input <i>Setting</i> Thermostat.....	61
Gambar 28. Input Jadwal <i>Setpoint</i> Pendinginan (°C).....	61
Gambar 29. Input COP Pada Chiller.....	61

Gambar 30. <i>Layout</i> Pembagian Zona Dan Nilai <i>Top</i> yang Didapat .....	64
Gambar 31. Potongan Ruang Dengan Perochan Top Tiap Jarak 3.5 M. ....	64
Gambar 32. Gambaran Elemen-Elemen yang Mempengaruhi Nilai $T_{mrt}$ .....	67
Gambar 33. Grafik Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> pada WWR 30% .....	68
Gambar 34. Grafik Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> Pada WWR 65% .....	68
Gambar 35. Grafik Nilai <i>Mean Radiant Temperature</i> Antar WWR .....	69
Gambar 36. Grafik nilai <i>Surface Inside Temperature</i> dan <i>Mean Radiant Temperature</i> pada WWR 40% di Dinding Barat Laut.....	70
Gambar 37. Grafik nilai <i>Surface Inside Temperature</i> dan <i>Mean Radiant Temperature</i> pada WWR 40% di Dinding Selatan .....	71
Gambar 38. Grafik Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> Dan <i>Mean Radiant Temperature</i> Pada SHGC 0.2.....	73
Gambar 39. Grafik Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> Dan <i>Mean Radiant Temperature</i> Pada SHGC 0.4.....	73
Gambar 40. Grafik Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> Dan <i>Mean Radiant Temperature</i> pada SHGC 0.8.....	74
Gambar 41. Grafik Nilai Dan <i>Mean Radiant Temperature</i> antar SHGC .....	74
Gambar 42. Grafik nilai <i>Surface Inside Temperature</i> dan <i>Mean Radiant Temperature</i> pada VSA 30.....	75
Gambar 43. Grafik Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> dan <i>Mean Radiant Temperature</i> Ketika Tidak Menggunakan Shading .....	75
Gambar 44. Grafik Nilai <i>Surface Inside Temperature</i> antar Shading.....	76
Gambar 45. Grafik Nilai <i>Mean Radiant Temperature</i> antar Shading .....	77
Gambar 46. Grafik Nilai <i>Operative Temperature</i> Antar WWR .....	79
Gambar 47. Grafik nilai <i>Operative Temperature</i> tiap orientasi antar WWR .....	80
Gambar 48. Grafik Nilai <i>Operative Temperature</i> antar SHGC .....	82
Gambar 49. Grafik Nilai <i>Operative Temperature</i> antar Shading .....	83
Gambar 50. Grafik Perbandingan, <i>Mean Radiant Temperature</i> , <i>Operative Temperature</i> dan Standar Kenyamanan 25° C .....	85
Gambar 51. Grafik Nilai <i>Operative Temperature</i> Ketika Dilakukan Penurunan Pengaturan <i>Air Temperature</i> .....	86
Gambar 52. Grafik Nilai <i>Operative Temperature</i> Ketika Dilakukan Penurunan Pengaturan <i>Air Temperature</i> Antar WWR.....	87



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Karakteristik Selubung Bangunan yang Berpengaruh terhadap Nilai Operative Temperature Bangunan**

**Kantor Berdasar Data Iklim Jakarta**

NURINA VIDYA A., Ir. Jatmika Adi Suryabrata, M.Sc., Ph.D ;Dr. Ir. Ahmad Sarwadi, M.Eng.

Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Gambar 53. Grafik Nilai <i>Operative Temperature</i> Ketika Dilakukan Penurunan Pengaturan <i>Air Temperature</i> antar <i>Shading</i> .....	90
Gambar 54. Grafik Nilai Kenaikan Intensitas Konsumsi Energi Setelah dilakukan Penurunan Pengaturan <i>Air Temperature</i> .....	92
Gambar 55. Diagram Pertambahan Intensitas Konsumsi Energi Setiap Menurunkan Pengaturan <i>Air Temperature</i> .....	96

## **Daftar Lampiran**

Lampiran 1. Alur Tahapan Penelitian.....	106
Lampiran 2. Alur Tahapan Simulasi.....	107
Lampiran 3. Karakteristik Pemodelan .....	108
Lampiran 4. Perbandingan Surface inside Temperature dan Mean Radiant Temperature antar WWR .....	108
Lampiran 5. Perbandingan Surface Inside Temperature dan Mean Radiant Temperature antar Shading .....	110
Lampiran 6. Perolehan <i>Operative Temperature</i> pada Orientasi Timur dan Tenggara .....	111
Lampiran 7. Perolehan <i>Operative Temperature</i> pada Orientasi Selatan dan Barat Daya ....	112
Lampiran 8. Perolehan <i>Operative Temperature</i> pada Orientasi Barat dan Barat Laut.....	113
Lampiran 9. Perolehan <i>Operative Temperature</i> pada Orientasi Utara dan Timur Laut .....	114
Lampiran 10. Diagram Pertambahan Intensitas Konsumsi Energi setiap menurunkan <i>Air Temperature</i> sebesar 1°C (Pada Variasi WWR) .....	115
Lampiran 11. Diagram Pertambahan Intensitas Konsumsi Energi setiap menurunkan <i>Air Temperature</i> sebesar 1°C (Pada Variasi Shading).....	116
Lampiran 12. Grafik Persentase Kenaikan Intensitas Konsumsi Energi setiap WWR.....	117



### Daftar Istilah

ISTILAH	HAL
<b>Adiabatik:</b> merupakan objek yang digunakan untuk mendeskripsikan objek yang memiliki kesamaan kondisi termal sehingga tidak terjadi penambahan atau pengurangan panas.	45
<b>Air Temperature:</b> keadaan panas atau dinginnya udara di suatu tempat pada waktu tertentu, yang di pengaruhi oleh banyaknya atau sedikitnya panas matahari yang di terima bumi.	3
<b>COP (coefficient of perform):</b> Nilai koefisien performa mesin AC. Dinyatakan dalam angka yang menunjukkan perbandingan konsumsi listrik per-watt dengan panas yang dikeluarkan. Misal COP 4 artinya setiap 1 watt listrik sama dengan mengeluarkan panas 4 watt	61
<b>Fraction Radiant;</b> Presentasi panas yang menyebar ke dalam ruangan sebagai radiasi termal	46
<b>IDF (Input Data File):</b> format file input data simulasi berupa baris-baris teks pada perangkat lunak EnergyPlus.	40
<b>Hipotetik;</b> Model bangunan rekayasa yang menjadi obyek simulasi. Model yang diterapkan fungsi perkantoran sehingga diaplikasikan beban aktifitas, peralatan dan pencahayaan sesuai dengan kondisi ideal perkantoran.	11
<b>IGDB (International Glazing Data Base):</b> Database kaca internasional, kumpulan data optik produk kaca dari berbagai produsen kaca yang dikembangkan oleh LBNL ( <i>Lawrence Berkeley National Laboratory</i> ) Amerika Serikat. Tiap rekaman data terdiri atas data spektral optik, data termal, detail struktur dan deskripsi produk yang bisa digunakan untuk mendesain sistem fenestrasi dan menghitung kinerja energi secara akurat	42
<b>IKE (Intensitas Konsumsi Energi):</b> besaran yang menyatakan tingkat konsumsi energi per satuan luas lantai bangunan gedung. Satuan IKE adalah kWh/m <sup>2</sup> /tahun atau dapat juga dihitung perbulan kWh/m <sup>2</sup> /bulan.	9
<b>Surface Inside Temperature :</b> suhu lapisan permukaan dinding dalam bangunan	65
<b>Internal Heat Gain</b> (beban panas internal): Perolehan panas ke dalam interior ruangan yang berasal dari sumber-sumber panas penghuni, peralatan listrik, dan pencahayaan buatan.	7



<b>Konveksi:</b> Proses perpindahan panas akibat perbedaan suhu dan tekanan pada bangunan.	21
<b>Mean Radiant Temperature:</b> merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai <i>Operative Temperature</i> . MRT merupakan besarnya panas yang dikeluarkan oleh benda-benda maupun elemen-elemen yang ada di sekeliling ruangan tersebut	4
<b>Operative Temperature</b> : suhu yang dirasakan oleh tubuh manusia dan merupakan nilai rata-rata antara <i>air temperature</i> dan <i>mean radiant temperature</i>	3
<b>Plenum:</b> ruangan terpisah yang disediakan untuk jalur pemipaan sirkulasi udara sistem HVAC dan biasanya terletak diantara ruangan fungsional dan ruangan fungsional lantai di atasnya.	47
<b>SC (Shading Coefficient):</b> angka perbandingan antara perolehan kalor melalui fenestrasi, dengan atau tanpa peneduh, dengan perolehan kalor melalui kaca biasa/bening setebal 3 mm tanpa peneduh yang ditempatkan pada fenestrasi yang sama	21
<b>SHGC (Solar Heat Gain Coefficient):</b> Perbandingan antara panas radiasi sinar matahari yang masuk ke dalam interior ruangan melalui bidang fenestrasi dengan panas radiasi sinar matahari yang jatuh ke bidang permukaan luar fenestrasi. Rentang angkanya berkisar antara 0,9 hingga 0,1 dengan angka yang rendah menunjukkan perolehan panas radiasi yang rendah.	14
<b>Selubung Bangunan:</b> elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut	6
<b>Weather file (Data Iklim):</b> file data iklim untuk lokasi tertentu dalam format yang dikenali perangkat lunak simulasi energi.	43
<b>U-value:</b> transmitans termal, koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya.	22
<b>WWR (Window to Wall Ratio):</b> perbandingan/persentase luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan. Dinyatakan dalam rentang angka 0,10 – 0,70.	11
<b>Konduksi:</b> Perpindahan panas pada selubung bangunan berupa konstruksi dinding dan system fenestrasinya melalui proses perambatan	7