

SKRIPSI

**ANALISIS KENYAMANAN TERMAL PADA GEDUNG BERTINGKAT
MENGUNAKAN SEFAIRA - SKETCHUP**

**(STUDI KASUS: GEDUNG PUSAT PENGEMBANGAN IPTEK DAN
INOVASI GAMBUT UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)**

Oleh:

**JONATAN SILITONGA
NIM. 213020501032**



JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

PALANGKA RAYA

2026

**ANALISIS KENYAMANAN TERMAL PADA GEDUNG BERTINGKAT
MENGUNAKAN SEFAIRA - SKETCHUP
(STUDI KASUS: GEDUNG PUSAT PENGEMBANGAN IPTEK DAN
INOVASI GAMBUT UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-I pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh:

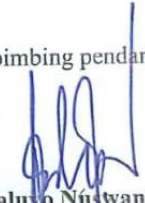
JONATAN SILITONGA
NIM. 213020501032

**Disetujui sesuai revisi dalam Form Rekomendasi dan Berita Acara Ujian
Skripsi**

Pembimbing utama


Dr. Ir. Subrata Aditama K.A. Uda, S.T., M.T.
NIP. 19780929 200501 1 010

Pembimbing pendamping


Dr. Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T.
NIP. 19651119 199302 1 001

Mengetahui
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua


Ir. VERONIKA HAPPY PUSPASARI, S.T., M.T.
NIP. 19740724 200501 2 002

**ANALISIS KENYAMANAN TERMAL PADA GEDUNG BERTINGKAT
MENGUNAKAN SEFAIRA - SKETCHUP
(STUDI KASUS: GEDUNG PUSAT PENGEMBANGAN IPTEK DAN
INOVASI GAMBUT UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)**

SKRIPSI

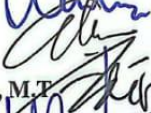
Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh:

JONATAN SILITONGA
NIM. 213020501032

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji, pada:

Hari/Tanggal : 23 Juni 2026
Waktu : 13.00 – 16.00 WIB
Tempat : Ruang Ujian Skripsi (Ruang KBK MRK)

- | | | |
|--|---|------------------------------------|
| 1. Dr. Ir. Lendra, S.T., M.T.
NIP. 19780329 200501 1 004 |  | (Ketua Tim Penguji/ Penguji I) |
| 2. Ir. Almuntofa Purwantoro, S.T., M.T.
NIP. 19760922 200501 1 003 |  | (Sekretaris Penguji/Penguji II) |
| 3. Dr. Ir. Subrata Aditama K.A.Uda, S.T., M.T.
NIP. 19780929 200501 1 010 |  | (Pembimbing Utama/Penguji III) |
| 4. Dr. Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T.
NIP. 19651119 199302 1 001 |  | (Pembimbing Pendamping/Penguji IV) |

Mengetahui
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua


Ir. VERONIKA HAPPY PUSPASARI, S.T., M.T.
NIP. 19740724 200501 2 002

BIODATA MAHASISWA

DATA PRIBADI

Nama : Jonatan Silitonga
NIM : 213020501032
Tempat, Tanggal lahir : Sosor Sibide, 11 November 2001
Status : Belum Menikah
Agama : Kristen Protestan
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat di Palangka Raya : Jl. Bukit Raya IX E No.01, Kecamatan Jekan Raya
No. Telp Rumah : -
Alamat Asal : Sosor Sibide, Kecamatan Sipahutar, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara
Email : Jonatansilitonga361@gmail.com
No. Hp : 082167815317
No. Wa : 082167815317
Facebook : Jonatan Silitonga
Instagram : 70n4t4n_01
Nama Ayah : Marlon Silitonga
Pekerjaan Ayah : Petani
Alamat : Sosor Sibide, Kecamatan Sipahutar, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara
No. Hp : 085275167230
Nama Ibu : Marliani Siahaan
Pekerjaan Ibu : Petani
Alamat : Sosor Sibide, Kecamatan Sipahutar, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara
No. HP : 085275167230

Riwayat Pendidikan*)

- TK :
- SD : SDN 173175 Simarpinggan (2008-2014)
- SLTP : SMPN 1 Sipahutar (2014-2017)
- SLTA : SMKN 1 Siborong-borong (2017-2020)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya Bulan Agustus 2021

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan segala puji dan syukur kepada **Tuhan Yang Maha Esa** atas penyertaan, kasih dan anugerah-Nya dengan melalui orang-orang yang mendukung dan membimbing dengan berbagai cara dimana penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih juga saya ucapkan untuk Kedua Orang Tua saya **Marlon Silitonga** dan ibu saya **Marliani Siahaan** yang sudah mendidik, berjuang untuk saya mendapatkan pendidikan, serta memotivasi saya dalam segala hal, saya bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa telah memberikan kedua orang tua yang hebat di dalam hidup saya, Sehingga saya sampai di tahap skripsi ini. Semoga ini menjadi awal untuk membuat kedua orang tua saya bangga.

Terima kasih saya ucapkan untuk Saudara Kandung saya, **Maju D Silitonga** dan **Mayesti Silitonga** dan kakak **Ridah Hutagalung** yang berjuang juga untuk pendidikan saya serta memberikan dukungan, motivasi dan semangat untuk saya.

Terima kasih juga kepada Dosen Pembimbing Akademik saya Bapak **APRIA B.P. GAWEL, ST., M.T.** yang telah memberikan saran, masukan dan semangat dalam proses pembimbingan akademik saya.

Dosen pembimbing Skripsi, Bapak **Dr. Subrata Aditama K.A. Uda, S.T., M.T.** dan Bapak **Dr.Ir. Waluyo Nuswantoro, S.T., M.T.** dan juga dosen-dosen penguji, Bapak **Dr. Ir. Lendra, S.T., M.T.** dan Bapak **Ir. Almuntofa Purwantoro, S.T., M.T.** yang telah membimbing, dan memberi banyak masukan dan saran yang membangun dalam penulisan Skripsi ini sehingga dapat terselesaikan.

Untuk sahabat-sahabat saya **Jaya Pardede, Rika, Agnes Pebrianta Simarmata, Maulida Evi Yanti Purba, Lasdo Artha Pasaribu, Wendy Sutrio Situmeang,** dan teman-teman lain yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang juga menjadi rekan dalam mengerjakan tugas-tugas, serta dukungan, semangat dan bantuan.

Ucapan terima kasih juga turut saya sampaikan kepada **Nelly Etika Tampubolon,** teman dari SD sampai saat ini, yang sama-sama berjuang di perkuliahan meskipun kuliahnya beda pulau tetapi tidak menjadi penghalang untuk saling support dan sharing dan selalu membantu dalam menyelesaikan Skripsi saya ini.

Untuk Teman-teman **Teknik sipil seluruh Angkatan 2021** yang memberikan support, masukan untuk saya.

Saya ucapkan Terima Kasih juga kepada Staf Jurusan Teknik Sipil Ibu **Yunita** dan Bapak **Jhon** yang membantu dalam berbagai administrasi perkuliahan.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh bahwa Skripsi saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, 22 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



Jonatan Silitonga

NIM. 213020501032

RINGKASAN

Analisis Kenyamanan Termal pada Gedung Bertingkat Menggunakan Sefaira–SketchUp (Studi Kasus : Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya) Jonatan Silitonga. (2026), Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya.

Pentingnya kenyamanan termal pada bangunan bertingkat di wilayah tropis seperti Kota Palangka Raya yang memiliki suhu dan kelembapan tinggi menjadi dasar penelitian ini. Berdasarkan standar ASHRAE 55-2017 dan SNI 03-6572-2001, kenyamanan termal dipengaruhi oleh temperatur udara, kelembapan relatif, kecepatan udara, insulasi pakaian, dan tingkat metabolisme. Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut UPR diduga mengalami ketidaknyamanan termal akibat suhu tinggi dan ventilasi yang kurang optimal, sehingga penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kenyamanan termal, mengidentifikasi faktor dominan, serta menguji skenario perbaikan desain menggunakan Sefaira pada SketchUp.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dan simulatif melalui pengukuran lapangan (suhu, kelembapan, kecepatan angin) dan simulasi kinerja termal menggunakan Sefaira. Analisis dilakukan dengan metode PMV (*Predicted Mean Vote*) dan uji sensitivitas untuk mengetahui pengaruh parameter, serta simulasi kondisi eksisting dan skenario perbaikan seperti penambahan shading, variasi kaca, serta variasi suhu setpoint AC dan jumlah penghuni untuk mengevaluasi dampaknya terhadap beban panas dan kenyamanan ruang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi termal Gedung PPIIG UPR berada pada kategori *slightly warm*, dengan suhu ruang di atas 26°C dan nilai PMV di luar batas kenyamanan. Temperatur udara menjadi faktor dominan akibat radiasi matahari, beban panas internal, serta minimnya *shading*. Simulasi menunjukkan bahwa penambahan *shading* mampu menurunkan beban pendinginan sekitar 8%, sedangkan penggunaan kaca saja kurang signifikan. Kombinasi *shading* dan kaca multi-panel menjadi strategi paling efektif dalam meningkatkan performa termal bangunan. Variasi suhu setpoint AC dan jumlah penghuni juga berpengaruh signifikan terhadap kenyamanan termal. Penurunan suhu setpoint mendekatkan nilai PMV ke kondisi netral sehingga meningkatkan kenyamanan, sedangkan peningkatan jumlah penghuni menambah beban panas internal dan menurunkan kenyamanan. Secara simulatif, suhu 22°C menghasilkan kenyamanan termal terbaik, sementara suhu 25°C masih cukup nyaman meskipun cenderung *slightly warm*, terutama jika didukung kelembapan terkendali, sirkulasi udara baik, dan pakaian ringan ($\pm 0,3-0,5$ clo) dan masih sesuai dengan batas nyaman suhu adaptif di iklim tropis (24°C-28°C).

Kata Kunci: Kenyamanan termal, bangunan bertingkat, PMV (*Predicted Mean Vote*), Sefaira-SketchUp, ASHRAE 55-2017, SNI 03-6572-2001.

SUMMARY

Thermal Comfort Analysis in Multi-Storey Buildings Using Sefaira-SketchUp (Case Study: Center for Peat Science and Technology Development and Innovation Building, University of Palangka Raya) Jonatan Silitonga. (2026), Department/Study Program of Civil Engineering, University of Palangka Raya.

The importance of thermal comfort in multi-storey buildings in tropical regions such as Palangka Raya, which experience high temperatures and humidity, forms the basis of this study. Based on ASHRAE 55-2017 and SNI 03-6572-2001 standards, thermal comfort is influenced by air temperature, relative humidity, air velocity, clothing insulation, and metabolic rate. The PPIIG UPR is suspected to experience thermal discomfort due to high temperatures and inadequate ventilation. Therefore, this study aims to analyze the level of thermal comfort, identify dominant influencing factors, and evaluate design improvement scenarios using Sefaira in SketchUp.

This study employs a quantitative method with descriptive and simulation approaches through field measurements (*air temperature, humidity, and air velocity*) and thermal performance simulation using Sefaira. The analysis is conducted using the PMV (*Predicted Mean Vote*) method and sensitivity analysis to determine the influence of each parameter. In addition, simulations are carried out under existing conditions and improvement scenarios such as the addition of shading, variations in glazing types, as well as variations in AC setpoint temperatures and occupancy levels to evaluate their impact on heat gain and indoor comfort.

The results indicate that the thermal condition of the PPIIG UPR Building falls within the slightly warm category, with indoor temperatures exceeding 26°C and PMV values outside the comfort range. Air temperature is identified as the dominant factor, influenced by solar radiation, internal heat gains, and the lack of shading. Simulation results show that the addition of shading can reduce cooling loads by approximately 8%, while the use of glazing alone has a limited effect. The combination of shading and multi-panel glazing proves to be the most effective strategy in improving the building's thermal performance. Variations in AC setpoint temperature and occupancy levels also have a significant impact on thermal comfort. Lowering the setpoint temperature brings PMV values closer to neutral, thereby enhancing comfort, whereas increased occupancy raises internal heat gains and reduces comfort levels. Simulation results indicate that a temperature of 22°C provides the best thermal comfort condition, while 25°C remains acceptable although still slightly warm, particularly when supported by controlled humidity, adequate air circulation, and light clothing (± 0.3 – 0.5 clo) and still falls within the adaptive thermal comfort range for tropical climates (24°C–28°C).

Keywords: Thermal comfort, multi-storey building, PMV (Predicted Mean Vote), Sefaira-SketchUp, ASHRAE 55-2017, SNI 03-6572-2001.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan, kemudahan, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“ANALISIS KENYAMANAN TERMAL PADA GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN SEFAIRA – SKETCHUP (STUDI KASUS: GEDUNG PUSAT PENGEMBANGAN IPTEK DAN INOVASI GAMBUT UNIVERSITAS PALANGKA RAYA)”** sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini, Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

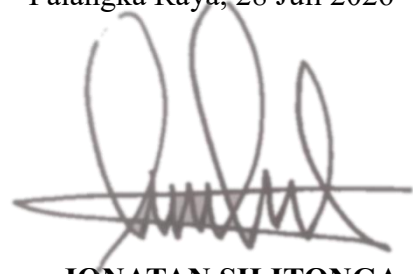
1. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.T.P., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Ibu Dr. Noor Hamidah, S.T., M.U.P selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

5. Ibu Ir. Veronika Happy Puspasari, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Okta Meilawaty, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Apria Brita Pandohop Gawei, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak Dr. Ir. Lendra, S.T., M.T. selaku Ketua Penguji/Penguji I Skripsi.
9. Bapak Ir. Almuntofa Purwantoro, S.T., M.T. selaku Sekretaris Penguji/Penguji II Skripsi.
10. Bapak Dr. Ir. Subrata Aditama K.A.Uda, S.T., M.T. selaku Penguji 3 Skripsi.
11. Bapak Dr. Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Penguji 4 Skripsi.
12. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil, Staf Tata Usaha dan Staf Akademik di Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
13. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik khususnya keluarga besar Teknik Sipil angkatan 2021 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi pembaca, khususnya dalam bidang analisis kenyamanan

termal bangunan. Semoga karya ini dapat menjadi salah satu referensi yang berguna bagi penelitian selanjutnya.

Palangka Raya, 28 Juli 2026

A handwritten signature in dark ink, featuring large, stylized loops and a series of horizontal strokes at the bottom.

JONATAN SILITONGA

NIM. 213020501032

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
BIODATA MAHASISWA.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
SURAT PERNYATAAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY.....	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xliv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.6 SistematikaPenulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Definisi Kenyamanan Termal	10
2.2 Indikator Kenyamanan Termal	13
2.2.1 Faktor Eksternal.....	16
2.2.2 Faktor Internal	23

2.3	Indeks Kenyamanan Termal	28
2.3.1	Model PMV-PPD.....	28
2.4	Standar Kenyamanan Termal.....	31
2.4.1	ASHARAE 55	31
2.4.2	Standar Nasional Indonesia (SNI)	34
2.5	Iklim Dan Suhu.....	36
2.5.1	Kondisi Iklim Dan Suhu di Indonesia	36
2.5.2	Kondisi Iklim Dan Suhu di Kota Palangka Raya	38
2.5.3	Pengaruh Kondisi Iklim Tropis Terhadap Kenyamanan Termal	40
2.6	Rekayasa Kenyamanan Termal.....	41
2.6.1	Material.....	42
2.6.2	Ventilasi	44
2.6.3	Vegetasi.....	47
2.6.4	Orientasi Bangunan	48
2.6.5	Sistem Pendingin (Air Conditioning/AC)	49
2.7	Pengendali Kenyamanan Termal	51
2.7.1	Pengendali termal secara aktif.....	51
2.7.2	Pengendali termal secara pasif.....	52
2.8	Software Analisis (SEFAIRA - SKETCHUP).....	52
2.8.1	Kekurangan dan Kelebihan Plugin Sefaira.....	54
2.9	Penelitian Terdahulu	57
2.10	Kerangka Berpikir Penelitian	64

BAB III METODE PENELITIAN	68
3.1 Lokasi Penelitian	68
3.2 Metode Penelitian	69
3.3 Justifikasi Penggunaan Metode PMV dalam Studi Kenyamanan Termal Tropis.....	72
3.3.1 Alasan Penggunaan Metode PMV:	73
3.3.2 Keterbatasan PMV dan Strategi Mitigasi	76
3.3.3 Rebuttals Singkat	77
3.3.4 Tabel Perbandingan PMV dan Kenyamanan Adaptif	79
3.4 Sumber Data	80
3.4.1 Waktu Penelitian	81
3.4.2 Tahapan Penelitian	81
3.5 Metode Pengumpulan Data.	91
3.5.1 Observasi	92
3.5.2 Pengukuran	94
3.5.3 Pemodelan dan Simulasi Bangunan.....	96
3.5.4 Dokumentasi	96
3.6 Sampel Penelitian	98
3.7 Variabel Penelitian	100
3.8 Teknik Analisis Data.....	100
3.8.1 Kenyamanan Termal	101
3.8.2 Simulasi Sefaira-Sketchup.....	107
3.8.3 Validasi Model Simulasi	120

3.9 Jadwal Penelitian	125
3.10 Bagan Alir Penelitian	126
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	128
4.1 Data Umum Bangunan	128
4.1.1 Site Plan Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	128
4.1.2 Denah Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	130
4.1.3 Titik pengukuran.....	137
4.2 Hasil Observasi.....	167
4.2.1 Ventilasi	171
4.2.2 Vegetasi.....	173
4.2.3 Orientasi Bangunan	175
4.3 Keadaan Kenyamanan Termal Kota Palangka Raya	177
4.4 Hasil Pengukuran.....	178
4.4.1 Data Hasil Pengukuran Pagi Hari	179
4.4.2 Data Hasil Pengukuran Siang Hari	180
4.4.3 Data Hasil Pengukuran Sore Hari.....	182
4.4.4 Data Rata-Rata Hasil Pengukuran Pagi, Siang dan Sore Hari	184
4.4.5 Data Rata-Rata Semua Variabel.....	187
4.5 Analisis Pengukuran Kenyamanan Termal.....	188
4.5.1 Temperature Udara	191

4.5.2 Kelembapan Udara	207
4.5.3 Kecepatan Angin.....	223
4.5.4 Nilai Insulasi Pakaian	240
4.5.5 Nilai MET	241
4.6 Analisis Nilai PMV (<i>Predicted Mean Vote</i>)	244
4.6.1 Pengukuran Pagi Hari	244
4.6.2 Pengukuran Siang Hari	259
4.6.3 Pengukuran Sore Hari.....	274
4.6.4 PMV Rata-Rata.....	289
4.7 Uji Sensitivitas.....	292
4.7.1 Hasil uji sensitivitas pada CBE Thermal Comfort Tool	294
4.8 Analisis Kenyamanan Termal Dengan Perubahan Pada Fasad Gedung.....	325
4.8.1 Uji Skenario Pertama	348
4.8.1.1 Hasil Simulasi Penambahan Shading Tipe 1	349
4.8.1.2 Hasil Simulasi Penambahan Shading Tipe 2	374
4.8.2 Karakteristik Shading	399
4.8.2.1 Konsep Penambahan Shading.....	400
4.8.2.2 Karakteristik Shading Tipe 1	401
4.8.2.3 Karakteristik Shading Tipe 2	402
4.8.2.4 Alasan Pemilihan Shading	402
4.8.3 Uji Skenario Kedua.....	408
4.8.3.1 Hasil Simulasi Dengan Kaca 1 Panel	409
4.8.3.2 Hasil Simulasi Dengan Kaca 2 Panel	417

4.8.3.3 Hasil Simulasi Dengan Kaca 3 Panel	425
4.8.4 Detail Hasil Simulasi Thermal.....	433
4.8.4.1 Detail Hasil Simulasi Desain Gedung Normal	433
4.8.4.2 Kesimpulan Hasil Simulasi Dengan Perubahan Pada Fasad Gedung.....	439
4.8.4.3 Perbandingan Efektivitas Seluruh Skenario Perubahan Fasad	446
4.9 Analisis Kenyamanan Termal Berdasarkan Variasi Suhu dan Jumlah Peghuni Menggunakan Sefaira	448
4.9.1 Pemilihan Suhu Setpoint AC	448
4.9.2 Setpoint Ac 18°c Dengan Pengguna Gedung 30 Dan 20 Orang	450
4.9.3 Setpoint Ac 22°c Dengan Pengguna Gedung 30 Dan 20 Orang	472
4.9.4 Setpoint Ac 25°c Dengan Pengguna Gedung 30 Dan 20 Orang	491
4.9.5 Kesimpulan Hasil Simulasi Variasi Suhu Dan Jumlah Peghuni	511
4.10 Analisis Energy Use Intensity (EUI) dan Biaya Energi Bangunan	517
3.11 Perbandingan Biaya Operasional Energi Hasil Simulasi dengan Biaya Listrik Aktual Gedung.....	521
4.11.1 Biaya Listrik Aktual Gedung.....	528
4.11.2 Biaya Energi Berdasarkan Hasil Simulasi.....	529

4.11.3 Perbandingan Biaya Aktual dan Hasil Simulasi.....	530
4.11.4 Kesimpulan Perbandingan Biaya Operasional Energi Hasil Simulasi dengan Biaya Listrik Aktual Gedung	532
3.12 Kesesuaian Model Baseline Building Performance Simulation (BPS) dengan Kondisi Aktual Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	532
4.13 Validasi Perilaku Model Simulasi (<i>Behavioral Validation</i>).....	538
4.13.1 Validasi Kondisi Awal	538
4.13.2 Hasil Validasi Skenario Pertama (Penambahan Shading) ..	539
4.13.3 Hasil Validasi Skenario Kedua (Penggantian Jenis Kaca) .	539
4.13.4 Hasil Validasi Skenario Ketiga (Variasi Setpoint AC dan Jumlah Penghuni)	540
4.13.5 Rekapitulasi Hasil Validasi.....	541
4.13.6 Pembahasan Validasi	544
4.14 Hasil Analisa Responden	547
4.15 Hubungan Hasil Kuesioner Responden dengan Hasil Simulasi Sefaira	549
BAB V PENUTUP.....	554
5.1 Kesimpulan	554
5.2 Saran.....	555

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi Pengukuran di Lapangan

Lampiran 2: Rekap Hasil Koesioner

Lampiran 3: Hasil Uji Sensitifitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Zona Nyaman Termal	20
Gambar 2.2 PMV dan PDD	31
Gambar 2.3 Proses Masuknya Panas ke dalam Bangunan	42
Gambar 2.4 Pantulan Sinar Matahari Terhadap Material Yang Digunakan.....	43
Gambar 2.5 Ventilasi Silang (Gambar bawah Lebih Efektif).....	44
Gambar 2.6 Posisi Inlet dan Outlet Berpengaruh Terhadap Arah Angin Di Dalam Ruang/Bangunan.....	45
Gambar 2.7 Perbedaan Dimensi Inlet dan Outlet Mempengaruhi Kecepatan Angin Pada Bangunan	46
Gambar 2.8 Desain Bukaan	46
Gambar 2.9 Perbedaan Antara Bukaan Udara Menggunakan Kanopi Tidak Menggunakan Kanopi.....	47
Gambar 2.10 Peneduh Vegetasi yang Tepat Pada Posisi yang Tepat.....	48
Gambar 2.11 Jarak Pohon Terhadap Bangunan dan Pengaruhnya Terhadap Ventilasi Alami.....	48
Gambar 2.12 Perbandingan Bangunan Terkait Orientasi Terhadap Matahari	49
Gambar 2.13 Kerangka Berpikir	66
Gambar 3.1 Lokasi Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	68
Gambar 3.2 Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	69
Gambar 3.3 Tahapan Penelitian	85
Gambar 3.4 Kamera Handphone	86

Gambar 3.5 Environment meter Multifunction Krisbow KW06-291 5 in 1 pro .	87
Gambar 3.6 simulasi PMV	101
Gambar 3.7 Bagan alir Simulasi CBE Thermal Comfort Tools	104
Gambar 3.8 Bagan alir Uji Sensitivitas Termal dengan simulasi CBE Thermal Comfort Tool.....	107
Gambar 3.9 Bagan alir simulasi Sefaira	113
Gambar 3.10 Bagan alir Uji validasi	114
Gambar 3.11 Bagan Alir Penelitian	127
Gambar 4.1 Site Plan Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	129
Gambar 4.2 Denah lantai 1 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	130
Gambar 4.3 Denah lantai 2 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	131
Gambar 4.4 Denah lantai 3 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	132
Gambar 4.5 Denah lantai 4 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	133
Gambar 4.6 Denah lantai 5 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	134
Gambar 4.7 Denah lantai 6 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	135

Gambar 4.8 Denah lantai 7 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi

Gambut Universitas Palangka Raya 136

Gambar 4.9 Titik lokasi Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut

Universitas Palangka Raya 137

Gambar 4.10 Rg. Laboratorium Beton 138

Gambar 4.11 Rg. Laboratorium Hydrolog..... 139

Gambar 4.12 Rg. Laboratorium Mesin..... 140

Gambar 4.13 Rg. Exhibition Hall 141

Gambar 4.14 Rg. Lab. Kimia Dasar 142

Gambar 4.15 Rg. Lab. Fisika Dasar 143

Gambar 4.16 Rg. Lab. Biologi Dasar 144

Gambar 4.17 Rg. Lab. Analitik..... 145

Gambar 4.18 Rg. Lab. Mikrobiolog 146

Gambar 4.19 Rg. Kuliah 1 147

Gambar 4.20 Rg. Kuliah 2..... 148

Gambar 4.21 Rg. Kuliah 3 149

Gambar 4.22 Rg. Kuliah 4..... 150

Gambar 4.23 Rg. Kuliah 5 151

Gambar 4.24 Rg. Kuliah 6 152

Gambar 4.25 Rg. Kuliah 7 153

Gambar 4.26 Rg. Kuliah 8 154

Gambar 4.27 Rg. Kuliah 3 155

Gambar 4.28 Rg. Seminar 2 156

Gambar 4.29 Rg. Lab. Farmakologi	157
Gambar 4.30 Rg. Lab. Inovasi Teknologi Pangan.....	158
Gambar 4.31 Rg. Lab. Teknologi Pangan.....	159
Gambar 4.32 Rg. Lecture Theater 1	160
Gambar 4.33 Rg. Lecture Theater 2	160
Gambar 4.34 Ball room	161
Gambar 4.35 Rg. Executive Lounge	162
Gambar 4.36 Sisi sebelah kiri gedung	163
Gambar 4.37 Sisi bagian belakang gedung	164
Gambar 4.38 Sisi sebelah kanan gedung	165
Gambar 4.39 Sisi bagian depan gedung	166
Gambar 4.40 Ixonometri Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya.	168
Gambar 4.41 Ixonometri Lantai 1, 2 dan 3 Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya.....	169
Gambar 4.42 Ixonometri Lantai 4 dan 5 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya.	170
Gambar 4.43 Ixonometri Lantai 6 dan 7 Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya.	171
Gambar 4.44 Detail jendela atau bukaan.....	173
Gambar 4.45 Tampak vegetasi di sekeliling gedung	175
Gambar 4.46 Kondisi Lingkungan Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	177

Gambar 4.47 Grafik kondisi temperatur udara pada lantai 1	191
Gambar 4.48 Grafik kondisi temperatur udara pada lantai 2	193
Gambar 4.49 Grafik kondisi temperatur udara pada lantai 3	194
Gambar 4.50 Grafik kondisi temperatur udara pada lantai 4	196
Gambar 4.51 Grafik kondisi temperatur udara pada lantai 5	197
Gambar 4.52 Grafik kondisi temperatur udara pada luar gedung	199
Gambar 4.53 Grafik Temperatur Udara Tertinggi Sampai Terendah Pada Pagi Hari	204
Gambar 4.54 Grafik Temperatur Udara Tertinggi Sampai Terendah Pada Siang Hari	205
Gambar 4.55 Grafik Temperatur Udara Tertinggi Sampai Terendah Pada Sore Hari	206
Gambar 4.56 Grafik kondisi kelembapan udara pada lantai 1	207
Gambar 4.57 Grafik kondisi kelembapan udara pada lantai 2	208
Gambar 4.58 Grafik kondisi kelembapan udara pada lantai 3	210
Gambar 4.59 Grafik kondisi kelembapan udara pada lantai 4	211
Gambar 4.60 Grafik kondisi kelembapan udara pada lantai 5	212
Gambar 4.61 Grafik kondisi kelembapan udara pada lantai 6 dan lantai 7	214
Gambar 4.62 Grafik kondisi kelembapan udara pada luar gedung	215
Gambar 4.63 Grafik Kelembapan Udara Tertinggi Sampai Terendah Pada Pagi Hari	220
Gambar 4.64 Grafik Kelembapan Udara Tertinggi Sampai Terendah Pada Siang Hari	221

Gambar 4.65 Grafik Kelembapan Udara Tertinggi Sampai Terendah Pada Sore Hari.....	222
Gambar 4.66 Grafik kondisi kecepatan angin pada lantai 1	223
Gambar 4.67 Grafik kondisi kecepatan angin pada lantai 2	224
Gambar 4.68 Grafik kondisi kecepatan angin pada lantai 3	226
Gambar 4.69 Grafik kondisi kecepatan angin pada lantai 4	227
Gambar 4.70 Grafik kondisi kecepatan angin pada lantai 5	228
Gambar 4.71 Grafik kondisi kecepatan angin pada lantai 6 dan 7	230
Gambar 4.72 Grafik kondisi kecepatan angin pada luar gedung.....	231
Gambar 4.73 Grafik Kecepatan Angin Tertinggi Sampai Terendah Pada Pagi Hari	237
Gambar 4.74 Grafik Kecepatan Angin Tertinggi Sampai Terendah Pada Siang Hari	238
Gambar 4.75 Grafik Kecepatan Angin Tertinggi Sampai Terendah Pada Sore Hari	239
Gambar 4.76 Aktivitas dalam Ruangan Kelas.....	242
Gambar 4.77 Aktivitas dalam Ruangan Labolatorium	243
Gambar 4.78 Aktivitas dalam Ruangan Ball Room	243
Gambar 4.79 Hasil PMV Pagi Hari Titik 1 di Rg. Laboratorium Beton	247
Gambar 4.80 Hasil PMV Pagi Hari Titik 2 di Rg. Laboratorium Hydrolog	247
Gambar 4.81 Hasil PMV Pagi Hari Titik 3 di Rg. Laboratorium Jalan Raya ...	247
Gambar 4.82 Hasil PMV Pagi Hari Titik 4 di Rg. Laboratorium Mesin.....	247

Gambar 4.83 Hasil PMV Pagi Hari Titik 5 di Rg. Laboratorium Mekanika Tanah	248
Gambar 4.84 Hasil PMV Pagi Hari Titik 6 di Rg. Exhibition Hall	248
Gambar 4.85 Hasil PMV Pagi Hari Titik 7 di Rg. Lab. Alam Komputasi, Survey dan Pemetaan.....	248
Gambar 4.86 Hasil PMV Pagi Hari Titik 8 di Rg. Lab. Kimia Dasar	248
Gambar 4.87 Hasil PMV Pagi Hari Titik 9 di Rg. Lab. Fisika Dasar	249
Gambar 4.88 Hasil PMV Pagi Hari Titik 10 di Rg. Lab. Biologi Dasar	249
Gambar 4.89 Hasil PMV Pagi Hari Titik 11 di Rg. Lab. Analitik.....	249
Gambar 4.90 Hasil PMV Pagi Hari Titik 12 di Rg. Lab. Mikrobiolog	249
Gambar 4.91 Hasil PMV Pagi Hari Titik 13 di Rg. Kerja/ Kantor Pengelola Lab	250
Gambar 4.92 Hasil PMV Pagi Hari Titik 14 di Rg. Kuliah 1	250
Gambar 4.93 Hasil PMV Pagi Hari Titik 15 di Rg. Kuliah 2	250
Gambar 4.94 Hasil PMV Pagi Hari Titik 16 di Rg. Kuliah 3	250
Gambar 4.95 Hasil PMV Pagi Hari Titik 17 di Rg. Kuliah 4	251
Gambar 4.96 Hasil PMV Pagi Hari Titik 18 di Rg. Kuliah 5	251
Gambar 4.97 Hasil PMV Pagi Hari Titik 19 di Rg. Kuliah 6	251
Gambar 4.98 Hasil PMV Pagi Hari Titik 20 di Rg. Kuliah 7	251
Gambar 4.99 Hasil PMV Pagi Hari Titik 21 di Rg. Kuliah 8	252
Gambar 4.100 Hasil PMV Pagi Hari Titik 22 di Rg. Kuliah 1	252
Gambar 4.101 Hasil PMV Pagi Hari Titik 23 di Rg. Kuliah 2	252
Gambar 4.102 Hasil PMV Pagi Hari Titik 24 di Rg. Kuliah 3	252

Gambar 4.103 Hasil PMV Pagi Hari Titik 25 di Rg. Kuliah 4	253
Gambar 4.104 Hasil PMV Pagi Hari Titik 26 di Rg. Kuliah 5	253
Gambar 4.105 Hasil PMV Pagi Hari Titik 27 di Rg. Seminar 1	253
Gambar 4.106 Hasil PMV Pagi Hari Titik 28 di Rg. Seminar 2	253
Gambar 4.107 Hasil PMV Pagi Hari Titik 29 di Rg. Meeting I	254
Gambar 4.108 Hasil PMV Pagi Hari Titik 30 di Rg. Meeting II	254
Gambar 4.109 Hasil PMV Pagi Hari Titik 31 di Rg. Lab. Inovasi Farmakologi	254
Gambar 4.110 Hasil PMV Pagi Hari Titik 32 di Rg. Lab. Inovasi II	254
Gambar 4.111 Hasil PMV Pagi Hari Titik 33 di Rg. Lab. Farmakologi	255
Gambar 4.112 Hasil PMV Pagi Hari Titik 34 di Rg. Lab. Inovasi I	255
Gambar 4.113 Hasil PMV Pagi Hari Titik 35 di Rg. Lab. Inovasi Teknologi Pangan	255
Gambar 4.114 Hasil PMV Pagi Hari Titik 36 di Rg. Lab. Teknologi Pangan ...	255
Gambar 4.115 Hasil PMV Pagi Hari Titik 37 di Rg. Lecture Theater 1	256
Gambar 4.116 Hasil PMV Pagi Hari Titik 38 di Rg. Lecture Theater 2	256
Gambar 4.117 Hasil PMV Pagi Hari Titik 39 di Rg. Ball room	256
Gambar 4.118 Hasil PMV Pagi Hari Titik 40 di Executive Lounge	256
Gambar 4.119 Hasil PMV Pagi Hari Titik 41 berada di sebelah kiri gedung	257
Gambar 4.120 Hasil PMV Pagi Hari Titik 42 berada di bagian belakang gedung	257
Gambar 4.121 Hasil PMV Pagi Hari Titik 43 berada di sebelah kanan gedung	257
Gambar 4.122 Hasil PMV Pagi Hari Titik 44 berada di bagian depan gedung.	257

Gambar 4.123 Hasil PMV Siang Hari Titik 1 di Rg. Laboratorium Beton	262
Gambar 4.124 Hasil PMV Siang Hari Titik 2 di Rg. Laboratorium Hydrolog .	262
Gambar 4.125 Hasil PMV Siang Hari Titik 3 di Rg. Laboratorium Jalan Raya	262
Gambar 4.126 Hasil PMV Siang Hari Titik 4 di Rg. Laboratorium Mesin.....	262
Gambar 4.127 Hasil PMV Siang Hari Titik 5 di Rg. Laboratorium Mekanika Tanah	263
Gambar 4.128 Hasil PMV Siang Hari Titik 6 di Rg. Exhibition Hall	263
Gambar 4.129 Hasil PMV Siang Hari Titik 7 di Rg. Lab. Alam Komputasi, Survey dan Pemetaan	263
Gambar 4.130 Hasil PMV Siang Hari Titik 8 di Rg. Lab. Kimia Dasar	263
Gambar 4.131 Hasil PMV Siang Hari Titik 9 di Rg. Lab. Fisika Dasar	264
Gambar 4.132 Hasil PMV Siang Hari Titik 10 di Rg. Lab. Biologi Dasar	264
Gambar 4.133 Hasil PMV Siang Hari Titik 11 di Rg. Lab. Analitik.....	264
Gambar 4.134 Hasil PMV Siang Hari Titik 12 di Rg. Lab. Mikrobiolog	264
Gambar 4.135 Hasil PMV Siang Hari Titik 13 di Rg. Kerja/ Kantor Pengelola Lab	265
Gambar 4.136 Hasil PMV Siang Hari Titik 14 di Rg. Kuliah 1	265
Gambar 4.137 Hasil PMV Siang Hari Titik 15 di Rg. Kuliah 2	265
Gambar 4.138 Hasil PMV Siang Hari Titik 16 di Rg. Kuliah 3	265
Gambar 4.139 Hasil PMV Siang Hari Titik 17 di Rg. Kuliah 4	266
Gambar 4.140 Hasil PMV Siang Hari Titik 18 di Rg. Kuliah 5	266
Gambar 4.141 Hasil PMV Siang Hari Titik 19 di Rg. Kuliah 6	266
Gambar 4.142 Hasil PMV Siang Hari Titik 20 di Rg. Kuliah 7	266

Gambar 4.143 Hasil PMV Siang Hari Titik 21 di Rg. Kuliah 8	267
Gambar 4.144 Hasil PMV Siang Hari Titik 22 di Rg. Kuliah 1	267
Gambar 4.145 Hasil PMV Siang Hari Titik 23 di Rg. Kuliah 2	267
Gambar 4.146 Hasil PMV Siang Hari Titik 24 di Rg. Kuliah 3	267
Gambar 4.147 Hasil PMV Siang Hari Titik 25 di Rg. Kuliah 4	268
Gambar 4.148 Hasil PMV Siang Hari Titik 26 di Rg. Kuliah 5	268
Gambar 4.149 Hasil PMV Siang Hari Titik 27 di Rg. Seminar 1	268
Gambar 4.150 Hasil PMV Siang Hari Titik 28 di Rg. Seminar 2	268
Gambar 4.151 Hasil PMV Siang Hari Titik 29 di Rg. Meeting I	269
Gambar 4.152 Hasil PMV Siang Hari Titik 30 di Rg. Meeting II	269
Gambar 4.153 Hasil PMV Siang Hari Titik 31 di Rg. Lab. Inovasi Farmakologi	269
Gambar 4.154 Hasil PMV Siang Hari Titik 32 di Rg. Lab. Inovasi II	269
Gambar 4.155 Hasil PMV Siang Hari Titik 33 di Rg. Lab. Farmakologi	270
Gambar 4.156 Hasil PMV Siang Hari Titik 34 di Rg. Lab. Inovasi I	270
Gambar 4.157 Hasil PMV Siang Hari Titik 35 di Rg. Lab. Inovasi Teknologi Pangan	270
Gambar 4.158 Hasil PMV Siang Hari Titik 36 di Rg. Lab. Teknologi Pangan.	270
Gambar 4.159 Hasil PMV Siang Hari Titik 37 di Rg. Lecture Theater 1	271
Gambar 4.160 Hasil PMV Siang Hari Titik 38 di Rg. Lecture Theater 2	271
Gambar 4.161 Hasil PMV Siang Hari Titik 39 di Rg. Ball room	271
Gambar 4.162 Hasil PMV Siang Hari Titik 40 di Rg. Executive Lounge	271
Gambar 4.163 Hasil PMV Siang Hari Titik 41 berada di sebelah kiri gedung .	272

Gambar 4.164 Hasil PMV Siang Hari Titik 42 berada di bagian belakang gedung	272
Gambar 4.165 Hasil PMV Siang Hari Titik 43 berada di sebelah kanan gedung	272
Gambar 4.166 Hasil PMV Siang Hari Titik 44 berada di bagian depan gedung	272
Gambar 4.167 Hasil PMV Sore Hari Titik 1 di Rg. Laboratorium Beton	277
Gambar 4.168 Hasil PMV Sore Hari Titik 2 di Rg. Laboratorium Hydrolog ...	277
Gambar 4.169 Hasil PMV Sore Hari Titik 3 di Rg. Laboratorium Jalan Raya .	277
Gambar 4.170 Hasil PMV Sore Hari Titik 4 di Rg. Laboratorium Mesin.....	277
Gambar 4.171 Hasil PMV Sore Hari Titik 5 di Rg. Laboratorium Mekanika Tanah	278
Gambar 4.172 Hasil PMV Sore Hari Titik 6 di Rg. Exhibition Hall.....	278
Gambar 4.173 Hasil PMV Sore Hari Titik 7 di Rg. Lab. Alam Komputasi, Survey dan Pemetaan	278
Gambar 4.174 Hasil PMV Sore Hari Titik 8 di Rg. Lab. Kimia Dasar	278
Gambar 4.175 Hasil PMV Sore Hari Titik 9 di Rg. Lab. Fisika Dasar	279
Gambar 4.176 Hasil PMV Sore Hari Titik 10 di Rg. Lab. Biologi Dasar	279
Gambar 4.177 Hasil PMV Sore Hari Titik 11 di Rg. Lab. Analitik.....	279
Gambar 4.178 Hasil PMV Sore Hari Titik 12 di Rg. Lab. Mikrobiolog	279
Gambar 4.179 Hasil PMV Sore Hari Titik 13 di Rg. Kerja/ Kantor Pengelola Lab	280
Gambar 4.180 Hasil PMV Sore Hari Titik 14 di Rg. Kuliah 1.....	280
Gambar 4.181 Hasil PMV Sore Hari Titik 15 di Rg. Kuliah 2.....	280

Gambar 4.182 Hasil PMV Sore Hari Titik 16 di Rg. Kuliah 3.....	280
Gambar 4.183 Hasil PMV Sore Hari Titik 17 di Rg. Kuliah 4.....	281
Gambar 4.184 Hasil PMV Sore Hari Titik 18 di Rg. Kuliah 5.....	281
Gambar 4.185 Hasil PMV Sore Hari Titik 19 di Rg. Kuliah 6.....	281
Gambar 4.186 Hasil PMV Sore Hari Titik 20 di Rg. Kuliah 7.....	281
Gambar 4.187 Hasil PMV Sore Hari Titik 21 di Rg. Kuliah 8.....	282
Gambar 4.188 Hasil PMV Sore Hari Titik 22 di Rg. Kuliah 1.....	282
Gambar 4.189 Hasil PMV Sore Hari Titik 23 di Rg. Kuliah 2.....	282
Gambar 4.190 Hasil PMV Sore Hari Titik 24 di Rg. Kuliah 3.....	282
Gambar 4.191 Hasil PMV Sore Hari Titik 25 di Rg. Kuliah 4.....	283
Gambar 4.192 Hasil PMV Sore Hari Titik 26 di Rg. Kuliah 5.....	283
Gambar 4.193 Hasil PMV Sore Hari Titik 27 di Rg. Seminar 1	283
Gambar 4.194 Hasil PMV Sore Hari Titik 28 di Rg. Seminar 2	283
Gambar 4.195 Hasil PMV Sore Hari Titik 29 di Rg. Meeting I.....	284
Gambar 4.196 Hasil PMV Sore Hari Titik 30 di Rg. Meeting II.....	284
Gambar 4.197 Hasil PMV Sore Hari Titik 31 di Rg. Lab. Inovasi Farmakologi	284
Gambar 4.198 Hasil PMV Sore Hari Titik 32 di Rg. Lab. Inovasi II.....	284
Gambar 4.199 Hasil PMV Sore Hari Titik 33 di Rg. Lab. Farmakologi.....	285
Gambar 4.200 Hasil PMV Sore Hari Titik 34 di Rg. Lab. Inovasi I	285
Gambar 4.201 Hasil PMV Sore Hari Titik 35 di Rg. Lab. Inovasi Teknologi Pangan.....	285
Gambar 4.202 Hasil PMV Sore Hari Titik 36 di Rg. Lab. Teknologi Pangan ..	285

Gambar 4.203 Hasil PMV Sore Hari Titik 37 di Rg. Lecture Theater 1	286
Gambar 4.204 Hasil PMV Sore Hari Titik 38 di Rg. Lecture Theater 2	286
Gambar 4.205 Hasil PMV Sore Hari Titik 39 di Rg. Ball room	286
Gambar 4.206 Hasil PMV Sore Hari Titik 40 di Executive Lounge	286
Gambar 4.207 Hasil PMV Sore Hari Titik 41 berada di sebelah kiri gedung ...	287
Gambar 4.208 Hasil PMV Sore Hari Titik 42 berada di bagian belakang gedung	287
Gambar 4.209 Hasil PMV Sore Hari Titik 43 berada di sebelah kanan gedung	287
Gambar 4.210 Hasil PMV Sore Hari Titik 44 berada di bagian depan gedung.	287
Gambar 4.211 Kondisi normal.....	295
Gambar 4.212 Kondisi suhu di kurangi.....	295
Gambar 4. 213 Kondisi suhu di tambah	295
Gambar 4.214 Kondisi normal	296
Gambar 4.215 Kondisi kelembapan di kurangi	296
Gambar 4.216 Kondisi kelembapan di tambah	297
Gambar 4.217 Kondisi normal	298
Gambar 4.218 Kondisi kecepatan angin di kurangi	298
Gambar 4.219 Kondisi kecepatan angin di tambah.....	298
Gambar 4.220 Kondisi normal	299
Gambar 4.221 Kondisi insulasi pakaian di kurangi.....	299
Gambar 4.222 Kondisi insulasi pakaian di tambah	300
Gambar 4.223 Kondisi normal	301
Gambar 4.224 Kondisi nilai MET dikurangi.....	301

Gambar 4.225 Kondisi nilai MET ditambah	301
Gambar 4.226 Tampak Depan Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Rayaaw	325
Gambar 4.227 Tampak Kanan Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya.....	326
Gambar 4.228 Tampak Kiri Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya.....	327
Gambar 4.229 Tampak Belakang Gedung Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya.....	328
Gambar 4.230 Pemodelan sketchup	329
Gambar 4.231 Pemodelan sefaira	329
Gambar 4.232 Pendefinisian material gedung.....	330
Gambar 4.233 Pengecekan defenisi material gedung.....	330
Gambar 4.234 Tampilan model sefaira.....	331
Gambar 4.235 Penginputan topologi bangunan	331
Gambar 4.236 Pengupload an ke web sefaira.....	332
Gambar 4.237 Pengupload an model 3D Gedung dalam web.....	333
Gambar 4.238 Pengisian data Gedung	333
Gambar 4.239 Tampilan web setelah selesai upload desain Gedung	334
Gambar 4.240 Pengisian u-value desain gedung.....	335
Gambar 4.241 Penentuan HVAC and cooling unit.....	336
Gambar 4.242 Penentuan layout desain gedung.....	336
Gambar 4.243 Run simulasi desain gedung	337

Gambar 4.244 Pengaturan Drybulb	337
Gambar 4.245 Pengaturan Operative.....	338
Gambar 4.246 Pengaturan ASHARAE 55 PMV	338
Gambar 4.247 Indeks PMV	339
Gambar 4.248 Pengaturan Legenda warnanya	339
Gambar 4.249 Penambahan desain baru.....	340
Gambar 4.250 Tampilan pengaturan envelope	341
Gambar 4.251 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1	342
Gambar 4.252 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2	343
Gambar 4.253 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3	344
Gambar 4.254 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4	345
Gambar 4.255 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5	346
Gambar 4.256 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6	347
Gambar 4.257 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7	348
Gambar 4.258 Desain gedung dengan shading tipe 1	349
Gambar 4.259 Tampilan pengaturan envelope (Shading 1 dengan kaca 1 panel)	350
Gambar 4.260 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (Shading 1 dengan kaca 1 panel).....	351
Gambar 4.261 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (Shading 1 dengan kaca 1 panel).....	352
Gambar 4.262 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (Shading 1 dengan kaca 1 panel).....	353

Gambar 4.263 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (Shading 1 dengan kaca 1 panel).....	354
Gambar 4.264 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (Shading 1 dengan kaca 1 panel).....	355
Gambar 4.265 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (Shading 1 dengan kaca 1 panel).....	356
Gambar 4.266 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (Shading 1 dengan kaca 1 panel).....	357
Gambar 4.267 Tampilan pengaturan envelope (Shading 1 dengan kaca 2 panel)	358
Gambar 4.268 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (Shading 1 dengan kaca 2 panel).....	359
Gambar 4.269 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (Shading 1 dengan kaca 2 panel).....	360
Gambar 4.270 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (Shading 1 dengan kaca 2 panel).....	361
Gambar 4.271 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (Shading 1 dengan kaca 2 panel).....	362
Gambar 4.272 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (Shading 1 dengan kaca 2 panel).....	363
Gambar 4.273 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (Shading 1 dengan kaca 2 panel).....	364

Gambar 4.274 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (Shading 1 dengan kaca 2 panel).....	365
Gambar 4.275 Tampilan pengaturan envelope (Shading 1 dengan kaca 3 panel)	366
Gambar 4.276 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (Shading 1 dengan kaca 3 panel).....	367
Gambar 4.277 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (Shading 1 dengan kaca 3 panel).....	368
Gambar 4.278 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (Shading 1 dengan kaca 3 panel).....	369
Gambar 4.279 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (Shading 1 dengan kaca 3 panel).....	370
Gambar 4.280 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (Shading 1 dengan kaca 3 panel).....	371
Gambar 4.281 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (Shading 1 dengan kaca 3 panel).....	372
Gambar 4.282 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (Shading 1 dengan kaca 3 panel).....	373
Gambar 4.283 Desain gedung dengan shading tipe 2	374
Gambar 4.284 Tampilan pengaturan envelope (Shading 2 dengan kaca 1 panel)	375
Gambar 4.285 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (Shading 2 dengan kaca 1 panel).....	376

Gambar 4.286 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (Shading 2 dengan kaca 1 panel).....	377
Gambar 4.287 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (Shading 2 dengan kaca 1 panel).....	378
Gambar 4.288 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (Shading 2 dengan kaca 1 panel).....	379
Gambar 4.289 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (Shading 2 dengan kaca 1 panel).....	380
Gambar 4.290 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (Shading 2 dengan kaca 1 panel).....	381
Gambar 4.291 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (Shading 2 dengan kaca 1 panel).....	382
Gambar 4.292 Tampilan pengaturan envelope (Shading 2 dengan kaca 2 panel)	383
Gambar 4.293 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (Shading 2 dengan kaca 2 panel).....	384
Gambar 4.294 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (Shading 2 dengan kaca 2 panel).....	385
Gambar 4.295 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (Shading 2 dengan kaca 2 panel).....	386
Gambar 4.296 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (Shading 2 dengan kaca 2 panel).....	387

Gambar 4.297 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (Shading 2 dengan kaca 2 panel).....	388
Gambar 4.298 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (Shading 2 dengan kaca 2 panel).....	389
Gambar 4.299 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (Shading 2 dengan kaca 2 panel).....	390
Gambar 4.300 Tampilan pengaturan envelope (Shading 2 dengan kaca 3 panel)	391
Gambar 4.301 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (Shading 2 dengan kaca 3 panel).....	392
Gambar 4.302 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (Shading 2 dengan kaca 3 panel).....	393
Gambar 4.303 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (Shading 2 dengan kaca 3 panel).....	394
Gambar 4.304 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (Shading 2 dengan kaca 3 panel).....	395
Gambar 4.305 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (Shading 2 dengan kaca 3 panel).....	396
Gambar 4.306 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (Shading 2 dengan kaca 3 panel).....	397
Gambar 4.307 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (Shading 2 dengan kaca 3 panel).....	398
Gambar 4.308 Tampilan pengaturan envelope (kaca 1 panel).....	409

Gambar 4.309 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (kaca 1 panel)	410
Gambar 4.310 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (kaca 1 panel)	411
Gambar 4.311 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (kaca 1 panel).....	412
Gambar 4.312 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (kaca 1 panel)	413
Gambar 4.313 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (kaca 1 panel)	414
Gambar 4.314 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (kaca 1 panel)	415
Gambar 4.315 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (kaca 1 panel)	416
Gambar 4.316 Tampilan pengaturan envelope (kaca 2 panel).....	417
Gambar 4.317 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (kaca 2 panel)	418
Gambar 4.318 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (kaca 2 panel)	419
Gambar 4.319 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (kaca 2 panel)	420
Gambar 4.320 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (kaca 2 panel)	421
Gambar 4.321 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (kaca 2 panel)	422
Gambar 4.322 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (kaca 2 panel)	423
Gambar 4.323 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (kaca 2 panel)	424
Gambar 4.324 Tampilan pengaturan envelope (kaca 3 panel).....	425
Gambar 4.325 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 1 (kaca 3 panel)	426
Gambar 4.326 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 2 (kaca 3 panel)	427
Gambar 4.327 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 3 (kaca 3 panel)	428
Gambar 4.328 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 4 (kaca 3 panel)	429
Gambar 4.329 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 5 (kaca 3 panel)	430
Gambar 4.330 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 6 (kaca 3 panel)	431
Gambar 4.331 Hasil Simulasi Thermal pada lantai 7 (kaca 3 panel)	432

Gambar 4.332 Detail hasil simulasi desain gedung normal	433
Gambar 4.333 Detail desain shading type 1	434
Gambar 4.334 Detail hasil simulasi desain penambahan shading type 1	434
Gambar 4.335 Detail desain shading type 2	435
Gambar 4.336 Detail hasil simulasi desain penambahan shading type 2	435
Gambar 4.337 Detail hasil simulasi desain penggantian jenis kaca dengan 1 panel	436
Gambar 4.338 Detail hasil simulasi desain penggantian jenis kaca dengan 2 panel	437
Gambar 4.339 Detail hasil simulasi desain penggantian jenis kaca dengan 3 panel	438
Gambar 4.340 Setpoint pada bagian envelope	452
Gambar 4.341 Setpoint pada bagian space use.....	453
Gambar 4.342 Setpoint pada bagian nat-ventilation	453
Gambar 4.343 Detail hasil simulasi setpoint AC 18°c dan 30 pengguna ruangan	454
Gambar 4.344 Detail zona yang gagal mencapai kenyamanan	454
Gambar 4.345 Hasil simulasi thermal (18°c ; 30 orang) pada lantai 1	456
Gambar 4.346 Hasil simulasi thermal (18°c ; 30 orang) pada lantai 2	457
Gambar 4.347 Hasil simulasi thermal (18°c ; 30 orang) pada lantai 3	458
Gambar 4.348 Hasil simulasi thermal (18°c ; 30 orang) pada lantai 4	459
Gambar 4.349 Hasil simulasi thermal (18°c ; 30 orang) pada lantai 5	460
Gambar 4.350 Hasil simulasi thermal (18°c ; 30 orang) pada lantai 6	461

Gambar 4.351 Hasil simulasi thermal (18°c ; 30 orang) pada lantai 7	462
Gambar 4.352 Detail hasil simulasi setpoint AC 18°c dan 20 pengguna ruangan	464
Gambar 4.353 Detail zona yang gagal mencapai kenyamanan	465
Gambar 4.354 Hasil simulasi thermal (18°c ; 20 orang) pada lantai 1	466
Gambar 4.355 Hasil simulasi thermal (18°c ; 20 orang) pada lantai 2	467
Gambar 4.356 Hasil simulasi thermal (18°c ; 20 orang) pada lantai 3	468
Gambar 4.357 Hasil simulasi thermal (18°c ; 20 orang) pada lantai 4	469
Gambar 4.358 Hasil simulasi thermal (18°c ; 20 orang) pada lantai 5	470
Gambar 4.359 Hasil simulasi thermal (18°c ; 20 orang) pada lantai 6	471
Gambar 4.360 Hasil simulasi thermal (18°c ; 20 orang) pada lantai 7	472
Gambar 4.361 Detail hasil simulasi setpoint AC 22°c dan 30 pengguna ruangan	474
Gambar 4.362 Detail zona yang gagal mencapai kenyamanan	475
Gambar 4.363 Hasil simulasi thermal (22°c ; 30 orang) pada lantai 1	476
Gambar 4.364 Hasil simulasi thermal (22°c ; 30 orang) pada lantai 2	477
Gambar 4.365 Hasil simulasi thermal (22°c ; 30 orang) pada lantai 3	478
Gambar 4.366 Hasil simulasi thermal (22°c ; 30 orang) pada lantai 4	479
Gambar 4.367 Hasil simulasi thermal (22°c ; 30 orang) pada lantai 5	480
Gambar 4.368 Hasil simulasi thermal (22°c ; 30 orang) pada lantai 6	481
Gambar 4.369 Hasil simulasi thermal (22°c ; 30 orang) pada lantai 7	482
Gambar 4.370 Detail hasil simulasi setpoint AC 22°c dan 20 pengguna ruangan	483

Gambar 4.371 Detail zona yang gagal mencapai kenyamanan	484
Gambar 4.372 Hasil simulasi thermal (22°c ; 20 orang) pada lantai 1	485
Gambar 4.373 Hasil simulasi thermal (22°c ; 20 orang) pada lantai 2	486
Gambar 4.374 Hasil simulasi thermal (22°c ; 20 orang) pada lantai 3	487
Gambar 4.375 Hasil simulasi thermal (22°c ; 20 orang) pada lantai 4	488
Gambar 4.376 Hasil simulasi thermal (22°c ; 20 orang) pada lantai 5	489
Gambar 4.377 Hasil simulasi thermal (22°c ; 20 orang) pada lantai 6	490
Gambar 4.378 Hasil simulasi thermal (22°c ; 20 orang) pada lantai 7	491
Gambar 4.379 Detail hasil simulasi setpoint AC 25°c dan 30 pengguna ruangan	493
Gambar 4.380 Detail zona yang gagal mencapai kenyamanan	494
Gambar 4.381 Hasil simulasi thermal (25°c ; 30 orang) pada lantai 1	495
Gambar 4.382 Hasil simulasi thermal (25°c ; 30 orang) pada lantai 2	496
Gambar 4.383 Hasil simulasi thermal (25°c ; 30 orang) pada lantai 3	497
Gambar 4.384 Hasil simulasi thermal (25°c ; 30 orang) pada lantai 4	498
Gambar 4.385 Hasil simulasi thermal (25°c ; 30 orang) pada lantai 5	499
Gambar 4.386 Hasil simulasi thermal (25°c ; 30 orang) pada lantai 6	500
Gambar 4.387 Hasil simulasi thermal (25°c ; 30 orang) pada lantai 7	501
Gambar 4.388 Detail hasil simulasi setpoint AC 25°c dan 20 pengguna ruangan	502
Gambar 4.389 Detail zona yang gagal mencapai kenyamanan	503
Gambar 4.390 Hasil simulasi thermal (25°c ; 20 orang) pada lantai 1	504
Gambar 4.391 Hasil simulasi thermal (25°c ; 20 orang) pada lantai 2	505

Gambar 4.392 Hasil simulasi thermal (25°c ; 20 orang) pada lantai 3	506
Gambar 4.393 Hasil simulasi thermal (25°c ; 20 orang) pada lantai 4	507
Gambar 4.394 Hasil simulasi thermal (25°c ; 20 orang) pada lantai 5	508
Gambar 4.395 Hasil simulasi thermal (25°c ; 20 orang) pada lantai 6	509
Gambar 4.396 Hasil simulasi thermal (25°c ; 20 orang) pada lantai 7	510

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Indikator kenyamanan termal	8
Tabel 2.2 Standar Nilai Insulasi Pakaian	16
Tabel 2.3 Nilai Tingkat Metabolisme Berdasarkan Aktivitas.....	19
Tabel 2.4 Hubungan antara PMV, PDD, dan Sensasi Termal.....	22
Tabel 2.5 Kategori Kenyamanan Termal PMV	23
Tabel 2.6 Batas kenyamanan termal	24
Tabel 2.7 Penelitian terdahulu yang relevan.....	47
Tabel 3.1 Perbandingan PMV dan Kenyamanan Adaptif.....	79
Tabel 3.2 Metode Pengumpulan Data.....	91
Tabel 3.3 Variabel Penelitian	100
Tabel 3.4 perubahan nilai PMV	106
Tabel 3.5 Ringkasan Alur Simulasi Sefaira	112
Tabel 3.6 Hasil Simulasi Energi dan Termal Tahunan.....	115
Tabel 3.7 Distribusi Beban Termal	116
Tabel 3.8 Kriteria keberhasilan kenyamanan termal	123
Tabel 3.9 Jadwal Penelitian	126
Tabel 4.1 Data Iklim Periode Maret s.d. Agustus (2026) di Stasiun Meteorologi Kelas I Tjilik Riwut, Kecamatan Pahandut, Kota Palangka Raya.....	178
Tabel 4.2 Data Pengukuran Kelembapan, Suhu Udara dan Kecepatan Angin Pada Pagi Hari	179
Tabel 4.3 Data Pengukuran Kelembapan, Suhu Udara dan Kecepatan Angin Pada Siang Hari	180

Tabel 4.4 Data Pengukuran Kelembapan, Suhu Udara dan Kecepatan Angin Pada Sore Hari.....	182
Tabel 4.5 Data Rata-Rata Pengukuran Kelembapan, Suhu Udara dan Kecepatan Angin Pada Pagi, Siang dan Sore	184
Tabel 4.6 Data rata-rata semua variabel	187
Tabel 4.7 Nilai Temperatur Udara Tertinggi Sampai Terendah Dalam Gedung PPIIG UPR	201
Tabel 4.8 Temperatur Udara Tertinggi.....	202
Tabel 4.9 Temperatur Udara Terendah	203
Tabel 4.10 Nilai Kelembapan Udara Tertinggi Sampai Terendah Dalam Gedung PPIIG UPR	217
Tabel 4.11 Kelembapan Tertinggi.....	218
Tabel 4.12 Kelembapan Terendah	219
Tabel 4.13 Kecepatan Angin Tertinggi Sampai Terendah Dalam Gedung PPIIG UPR	233
Tabel 4.14 Kecepatan Angin Tertinggi	234
Tabel 4.15 Kecepatan Angin Terendah.....	235
Tabel 4.16 Nilai Insulasi Pakaian Pada Pria	240
Tabel 4.17 Nilai Insulasi Pakaian Pada Wanita	241
Tabel 4.18 Nilai MET (Aktifitas) Pengguna Gedung	241
Tabel 4.19 Nilai Rata-Rata Pengukuran Pada Pagi Hari	244
Tabel 4.20 Hasil PMV (Sensasi Termal dan Nilai PMV).....	258
Tabel 4.21 Nilai Rata-Rata Pengukuran Pada Siang Hari	259

Tabel 4.22 Hasil PMV (Sensasi Termal dan Nilai PMV)	273
Tabel 4.23 Nilai Rata-Rata Pengukuran Pada Sore Hari	274
Tabel 4.24 Hasil PMV (Sensasi Termal dan Nilai PMV)	288
Tabel 4.25 PMV Rata-Rata (Pagi, Siang dan Sore).....	289
Tabel 4.26 Uji Sensitivitas PMV (Ruang Kuliah 1 (Titik 14)).....	293
Tabel 4.27 Tabel Nilai Uji Sensitivitas PMV	294
Tabel 4.28 Data Uji sensitivitas Temperatur Udara.....	295
Tabel 4.29 Hasil Uji Sensitivitas Temperatur Udara	296
Tabel 4.30 Data Uji Sensitivitas Kelembapan	296
Tabel 4.31 Hasil Uji Sensitivitas Kelembapan	297
Tabel 4.32 Data Uji sensitivitas Kecepatan Angin	297
Tabel 4.33 Hasil Uji Sensitivitas Kecepatan Angin.....	299
Tabel 4.34 Data Uji Sensitivitas Insulasi Pakaian	299
Tabel 4.35 Hasil Uji Sensitivitas Insulasi Pakaian	300
Tabel 4.36 Data Uji sensitivitas Tingkat Metabolisme.....	300
Tabel 4.37 Hasil Uji Sensitivitas Nilai Metabolisme	302
Tabel 4.38 Data Nilai Uji, Nilai PMV Awal, Nilai PMV Akhir dan Selisih Nilai PMV.....	303
Tabel 4.39 Hasil Uji Sensitivitas Temperatur Udara di 40 Ruangan Dalam Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	304

Tabel 4.40 Hasil Uji Sensitivitas Kecepatan Udara di 40 Ruangan Dalam Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	307
Tabel 4.41 Hasil Uji Sensitivitas Kecepatan Udara di 40 Ruangan Dalam Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	310
Tabel 4.42 Hasil Uji Sensitivitas Insulasi Pakaian di 40 Ruangan Dalam Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	313
Tabel 4.43 Hasil Uji Sensitivitas Tingkat Metabolisme di 40 Ruangan Dalam Gedung Pusat Pengembangan Iptek Dan Inovasi Gambut Universitas Palangka Raya	316
Tabel 4.44 Detail Hasil Uji Sensitivitas Variabel	320
Tabel 4.45 Karakteristik Shading Tipe 1	401
Tabel 4.46 Tabel Perbandingan Karakteristik Shading Tipe 1 dan Shading Tipe 2	404
Tabel 4.47 Detail hasil simulasi desain gedung normal	433
Tabel 4.48 Detail hasil simulasi desain gedung setelah penambahan shading...	436
Tabel 4.49 Detail hasil simulasi desain penggantian jenis kaca dengan 1 panel.	437
Tabel 4.50 Detail hasil simulasi desain penggantian jenis kaca dengan 2 panel.	438
Tabel 4.51 Detail hasil simulasi desain penggantian jenis kaca dengan 3 panel	438
Tabel 4.52 Detail hasil uji penurunan termal.....	443
Tabel 4.53 Perbandingan Efektivitas Seluruh Skenario Perubahan Fasad	447

Tabel 4.54	Detail hasil simulasi setpoint AC 18°c dan 30 pengguna ruangan ...	454
Tabel 4.55	Detail hasil simulasi setpoint AC 18°c dan 20 pengguna ruangan ...	464
Tabel 4.56	Detail hasil simulasi setpoint AC 22°c dan 30 pengguna ruangan ...	474
Tabel 4.57	Detail hasil simulasi setpoint AC 22°c dan 20 pengguna ruangan ...	484
Tabel 4.58	Detail hasil simulasi setpoint AC 25°c dan 30 pengguna ruangan ...	493
Tabel 4.59	Detail hasil simulasi setpoint AC 25°c dan 20 pengguna ruangan ...	503
Tabel 4.60	Kesimpulan hasil simulasi variasi suhu dan jumlah penghuni	511
Tabel 4.61	Energy Use Intensity (EUI) dan Biaya Energi Bangunan	518
Tabel 4.62	Biaya listrik aktual gedung	529
Tabel 4.63	Biaya Energi Hasil Simulasi	529
Tabel 4.64	Perbandingan Biaya Aktual dengan Hasil Simulasi	530
Tabel 4.65	Selisih Biaya	530
Tabel 4.66	Kesesuaian Model Baseline Building Performance Simulation (BPS) dengan Kondisi Aktual Gedung	534
Tabel 4.67	Hasil simulasi awal	538
Tabel 4.68	Hasil simulasi penambahan shading	539
Tabel 4.69	Hasil simulasi penggantian jenis kaca	539
Tabel 4.70	Hasil simulasi pengaturan setpoint AC dan jumlah pengguna ruangan	540
Tabel 4.71	Rekapitulasi Hasil Validasi Perilaku Model Building Performance Simulation (BPS)	542

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina Tri Mulyani, & Octarino, C. N. (2023). Optimization of energy efficiency performance and space comfort in coworking space building, case study: Relationship of coworking space and cafe.
- Anggoro, B. D. (2019). Analisa kualitas pencahayaan alami pada Treasury Tower di Kota Jakarta Selatan menggunakan software plugin Sefaira.
- ASHRAE. (2017). ASHRAE Standard 55-2020 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. *Ashrae*.
- ASHRAE Standard 170. (2017). Ventilation of Health Care Facilities. *Ashrae*, 8400.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). ((2026)). *Data Iklim Palangka Raya*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2001). Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung (SNI 03-6572-2001).
- Badan Standardisasi Nasional. (2001). Tata cara perhitungan kenyamanan termal dalam bangunan (SNI 03-6572-2001).
- Cheung, T., Schiavon, S., Parkinson, T., Li, P., & Brager, G. (2019). Analysis of the accuracy on PMV – PPD model using the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II. *Building and Environment*, 153, 205–217. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2019.01.055>
- Duapadang, N. (2020). Analisis kenyamanan termal ruang studio desain Gedung Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Hariguna, A. A., & Nasution, A. M. (2024). Optimalisasi termal pada perancangan bangunan creative hub di Kota Medan dengan plug-in Sefaira.
- Helfialna, F. (2023). Analisis tingkat kenyamanan termal dan kepuasan pengguna (Studi Kasus: Gedung Laboratorium Teknik Mesin Universitas Malikussaleh).
- Hwang, R. L., et al. (2016). The Impact of Building Orientation on Energy Consumption in Residential Buildings. *Energy and Buildings*, 130, 1–12.
- Hwang, S. (2018). Energy Efficiency in Building Design: A Case Study of Sefaira. *Journal of Building Performance*, 9(2), 123–135.
- Indraganti, M., & Humphreys, M. A. (2021). A comparative study of gender differences in thermal comfort and environmental satisfaction in air-conditioned offices in Qatar, India, and Japan. *Building and Environment*, 206. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108297>

- Jayaweera, N., Rajapaksha, U., & Manthilake, I. (2021). *Enhancing the daylight and energy performance of external shading devices in high-rise residential buildings in dense urban tropics*. *Journal of Green Building*, 16(3), 87–108. <https://doi.org/10.3992/jgb.16.3.87>
- Jayaweera, N., Rajapaksha, U., & Manthilake, I. (2021). *A parametric approach to optimize solar access for energy efficiency in high-rise residential buildings in dense urban tropics*. *Solar Energy*, 220, 187–203. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.02.054>
- Johnson, R. (2021). Challenges in Building Design Software: Connectivity Issues. *Architectural Review*, 45(3), 56–60.
- Kamaruddin, N. (2022). Analisis kenyamanan termal bangunan perkantoran (Studi Kasus: Gedung Rektorat Universitas Hasanuddin).
- Karyono, T. H. (2019). *Penelitian Kenyamanan Termis di Jakarta sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia*. *Dimensi: Journal of Architecture and Built Environment*, 29(1), 24–33.
- Larasati, N. S., & Setyowati, S. (2023). Identifikasi kenyamanan termal ruang kelas pada bangunan sekolah menengah atas (Studi Kasus: SMA Muhammadiyah Kudus).
- Lisa, N. P., & Qamar, S. (2022). Simulasi konsumsi energi bangunan berbentuk dome sebagai upaya optimalisasi desain.
- McGraw-Hill Construction. (2019). *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*.
- Prastiwi, D. A., & Nugrahaini, F. T. (2022). Identifikasi kenyamanan termal bangunan Beteng Trade Center (BTC).
- Rupp, R. F., Vásquez, N. G., & Lamberts, R. (2015). A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy and Buildings*, 105, 178–205. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2015.07.047>
- Sefaira. (2021). *Sefaira: The Future of Building Performance Analysis*. <https://www.sefaira.com>
- Sefaira. (2023). *Sefaira: Energy and Comfort Analysis for Building Design*. <https://www.sefaira.com>
- Smith, J. A., et al. (2019). Evaluating Thermal Comfort in High-Rise Buildings: A Case Study Using Sefaira. *Building Simulation*, 12(4), 769–780.
- Smith, T. (2020). Limitations of Building Performance Analysis Tools. *International Journal of Architectural Research*, 14(1), 78–89.
- Tajudeen D.M, Ahmad S.H, Fatemeh K, & Hilary O.O. (2023) Examining thermal comfort levels and ASHRAE Standard-55 applicability: A case study of free-running classrooms in Abuja, Nigeria. *Sage Journals*

Yu, G., Yang, H., Luo, D., Cheng, X., & Ansah, M. K. (2021). *A review on developments and researches of building integrated photovoltaic (BIPV) windows and shading blinds*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 149, 111355. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111355>