

**KENYAMANAN TERMAL DAN KINERJA VENTILASI ALAMI  
PADA RUANG KULIAH JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**PANDU PRAJA MUKTI WARDHANA  
NIM. 135060501111033**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

# KENYAMANAN TERMAL DAN KINERJA VENTILASI ALAMI PADA RUANG KULIAH JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## SKRIPSI

PROGRAM STUDI SARJANA ARSITEKTUR  
LABORATORIUM SAINS DAN TEKNOLOGI BANGUNAN

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**PANDU PRAJA MUKTI WARDHANA**  
**NIM. 135060501111033**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 24 Mei 2018

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Sarjana Aritektural



Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D.  
NIP. 19650218 199002 1 001

Dosen Pembimbing

Wasiska Iyati, ST., MT.  
NIK. 201304 870504 2 001

*Teriring Ucapan Terima Kasih Kepada:  
Ayahanda dan Ibunda Tercinta*

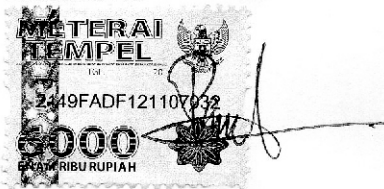
## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan atau daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 23 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 30 Mei 2018

Mahasiswa



Pandu Praja Mukti Wardhana

NIM. 135060501111033





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 497 /UN10.F07.15/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

**PANDU PRAJA MUKTI WARDHANA**

Dengan Judul Skripsi :

**KENYAMANAN TERMAL DAN KINERJA VENTILASI ALAMI PADA RUANG KULIAH  
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 28 Mei 2018



Ketua Jurusan Arsitektur

**Dr. Eng. Herry Santosa, ST, MT**  
NIP. 19730525 20003 1 004

Ketua Program Studi S1 Arsitektur

**Ir. Heru Sufianto, M.Arch, St, Ph.D**  
NIP. 19650218 199002 1 001





KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN ARSITEKTUR

Jl. Mayjend Haryono No. 167 MALANG 65145 Indonesia  
Telp. : +62-341-567486 ; Fax : +62-341-567486  
<http://arsitektur.ub.ac.id> E-mail : [arsftub@ub.ac.id](mailto:arsftub@ub.ac.id)

**LEMBAR HASIL  
DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI**

Nama : Pandu Praja Mukti Wardhana  
NIM : 135060501111033  
Judul Skripsi : Kenyamanan Termal dan Kinerja Ventilasi Alami pada Ruang  
Kuliah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya  
Dosen Pembimbing : Wasiska Iyati, ST., MT.  
Periode Skripsi : 2017 / 2018  
Alamat Email : [pandu.praja11@gmail.com](mailto:pandu.praja11@gmail.com)

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Staf LDTA
25 Mei 2018	1	14%	<i>P-1</i>
	2		
	3		
	4		
	5		

Malang, 30 Mei 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Wasiska Iyati, ST., MT.  
NIP. 201304 870504 2 001

Kepala Laboratorium  
Dokumentasi Dan Tugas Akhir

Ir. Chairil Budiarto Amiuza, MSA  
NIP.19531231 198403 1 009

**Keterangan:**

1. Batas maksimal plagiasi yang terdeteksi adalah sebesar 20%
2. Hasil lembar deteksi plagiasi skripsi dilampirkan bagian belakang setelah surat Pernyataan Orisinalitas

## RINGKASAN

**Pandu Praja Mukti Wardhana**, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2018, *Kenyamanan Termal dan Kinerja Ventilasi Alami pada Ruang Kuliah Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya*, Dosen Pembimbing: Wasiska Iyati, ST., MT.

Secara termal manusia dinyatakan nyaman apabila tidak menghendaki perubahan suhu lebih panas atau dingin pada ruangan yang dipengaruhi oleh temperatur udara, temperatur radiasi, kecepatan angin, kelembaban udara, jenis pakaian dan aktivitas pengguna ruang. Kenyamanan termal dapat ditingkatkan dengan kinerja ventilasi alami yang baik, namun pada umumnya aspek kenyamanan cenderung diselesaikan dengan penghawaan buatan daripada mengetahui tingkat kenyamanan termal dan memaksimalkan kinerja ventilasi alami pada ruangan.

Pada penelitian ini dilakukan proses observasi lapangan dan kuesioner untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal ruang serta tingkat kepuasan termal pengguna ruang. Hasil dari perhitungan menunjukkan ruangan tidak memenuhi zona nyaman untuk daerah tropis, mayoritas pengguna ruang tidak puas terhadap kondisi termal eksisting dan menginginkan perubahan sensasi termal yang lebih rendah. Hasil dari evaluasi termal menunjukkan bahwa kenyamanan termal pada ruangan masih dapat diakomodasi menjadi lebih baik dengan meningkatkan kecepatan aliran udara di dalam ruang. Peningkatan aliran udara membutuhkan kinerja ventilasi alami yang baik, sehingga dilakukan evaluasi terhadap kinerja ventilasi alami dan didapatkan hasil bahwa rekayasa terhadap bukaan ventilasi alami dapat memberikan peningkatan kecepatan aliran udara di dalam ruang. Terdapat 8 jenis rekayasa bukaan ventilasi alami yang disimulasikan secara digital dengan nilai peningkatan kecepatan aliran udara yang berbeda – beda dan dipilih kriteria yang sesuai dan dapat menyelesaikan permasalahan termal pada ruang.

Hasil dari evaluasi kinerja ventilasi alami yaitu rekayasa bukaan ventilasi alami tipe 8 dapat memberi peningkatan kecepatan aliran udara sekaligus mengkompensasi temperatur udara kering yang tinggi sehingga dapat menurunkan tingkat kenyamanan termal ruang dan tingkat kepuasan pengguna ruang ke dalam zona nyaman (standar). Hal ini menunjukkan bahwa kenyamanan termal pada ruang masih dapat diakomodasi tanpa penghawaan buatan (AC), yaitu dengan cara meningkatkan kinerja ventilasi alami pada ruang.

Kata kunci : *kenyamanan termal, kepuasan pengguna ruang, kinerja ventilasi alami*

## **SUMMARY**

**Pandu Praja Mukti Wardhana**, *Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2018, Thermal Comfort and Natural Ventilation Performance at Lecture Room of Brawijaya University Irrigation Department, Academic Supervisor : Wasiska Iyati, ST., MT.*

*Thermally humans declared comfortable if they do not want to change the temperature of hot or cold in the room that is influenced by air temperature, radiation temperature, wind speed, air humidity, clothing type and users activity. Thermal comfort can be enhanced by good performance of natural ventilation, but generally convenience aspects tend to be solved with artificial ventilation (AC) rather than knowing thermal comfort levels and maximizing the performance of natural ventilation in the room.*

*In this research conducted field observation process and questionnaire to know thermal comfort levels of the lecture rooms and thermal satisfaction level of users. The results of calculations show the room does not meet the comfort zone of tropics, the majority of room users are not satisfied with the existing thermal conditions and want a lower thermal sensation changes. The results of the thermal evaluation show that the thermal comfort of the room can still be accommodated better by increasing the speed of air flow. Increased airflow requires good natural ventilation performance, so an evaluation of the performance of natural ventilation openings can provide increased airflow velocity in the room. There are 8 types of digital ventilation openings that are simulated digitally with different airflow speeds and selected appropriate criteria and can solve thermal problems in rooms.*

*The result of a natural ventilation performance evaluation of the type 8 can provide increased airflow speed while compensating for high dry air temperature so as to decrease the thermal comfort level and the levels of user satisfaction into the comfort zone (standard). This indicates that thermal comfort in lecture rooms can still be accommodated without artificial air conditioning, that is by improving the performance of natural ventilation.*

**Keywords:** thermal comfort, room user satisfaction, natural ventilation performance



## PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga laporan skripsi dengan judul “Kenyamanan Termal dan Kinerja Ventilasi Alami pada Ruang Kuliah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya” ini dapat terselesaikan. Skripsi ini merupakan pengerjaan laporan akhir penelitian yang telah dilakukan dari proses perkuliahan di jurusan Arsitektur FT-UB. Laporan ini dibuat untuk memenuhi syarat menjadi Sarjana Teknik di Universitas Brawijaya.

Proses penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan, dorongan dan doa selama proses pengerjaan. Untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Wasiska Iyati, ST., MT. selaku dosen pembimbing
2. Bapak Ary Deddy Putranto, ST., MT. dan Bapak Ir. Jusuf Thojib, MSA. selaku dosen penguji
3. Jurusan Arsitektur dan Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Kedua orang tua, keluarga dan kerabat penulis
5. Teman – teman dan seluruh elemen kehidupan yang menjadi penyemangat

Penulis menyadari laporan skripsi ini masih memiliki kekurangan, namun diharapkan laporan skripsi ini dapat berguna bagi pihak yang membutuhkan serta dapat menjadi sumbangan pemikiran dan preseden terhadap penelitian sejenis.

Malang, 29 Mei 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Lingkup dan Pembahasan .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Kontribusi Penelitian .....	4
1.7 Sistematika Pembahasan.....	5
1.8 Kerangka Pemikiran .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Gedung Kuliah.....	9
2.2 Ventilasi Alami.....	9
2.2.1 Standar ventilasi alami .....	10
2.3 Kenyamanan Termal .....	10
2.3.1 Definisi kenyamanan termal .....	10
2.3.2 Standar kenyamanan termal .....	11
2.3.3 Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal .....	12
2.4 Prinsip Desain Pengendalian Termal .....	18
2.4.1 Elemen ruang luar .....	19
2.4.2 Elemen bukaan pada bangunan.....	21
2.5 Penelitian Terdahulu .....	25
2.6 Kerangka Teoritik .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	28
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian.....	29
3.2 Metode Umum .....	29
3.3 Variabel Penelitian .....	30

3.4	Metode dan Instrumen Pengumpulan Data.....	30
3.4.1	Pengukuran lapangan .....	30
3.4.2	Kuesioner .....	31
3.5	Metode dan Instrumen Analisis Data.....	31
3.5.1	Perhitungan rumus .....	31
3.5.2	Alternatif desain.....	35
3.5.3	Simulasi.....	35
3.6	Kerangka Alur Penelitian.....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>37</b>
4.1	Analisis Data.....	37
4.1.1	Analisa situasi .....	37
4.1.2	Kondisi ruang.....	38
4.1.3	Titik pengukuran .....	41
4.1.4	Pembayang Matahari.....	42
4.2	Hasil Kuesioner .....	42
4.2.1	Jenis aktivitas dan nilai metabolisme .....	42
4.2.2	Jenis dan nilai insulasi pakaian .....	43
4.2.3	Respon pengguna ruang terhadap kenyamanan termal.....	43
4.3	Hasil Pengukuran.....	57
4.3.1	Temperatur udara .....	57
4.3.2	Kelembaban udara.....	64
4.3.3	Kecepatan angin.....	69
4.3.4	Indeks kenyamanan termal PMV dan PPD.....	74
4.4	Evaluasi Kinerja Termal Eksisting .....	77
4.4.1	Desain bangunan.....	77
4.4.2	Bukaan dan <i>shading devices</i> .....	78
4.4.3	Indeks kenyamanan termal.....	79
4.4.4	PMV dan PPD.....	83
4.5	Kinerja Ventilasi Alami dan Rekayasa Bukaan .....	84
4.5.1	Aliran udara terhadap bangunan .....	84
4.5.2	Jenis bukaan .....	84
4.5.3	Posisi bukaan.....	89
4.5.4	Pembayang matahari .....	92



4.6	Simulasi Angin.....	96
4.6.1	Perbandingan kinerja alternatif desain.....	118
4.7	Rekomendasi desain .....	119
4.7.1	Pengaruh Rekomendasi Desain Terhadap Kenyamanan Termal dan Kinerja Ventilasi Alami .....	122
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>123</b>
5.1	Kesimpulan .....	123
5.2	Saran .....	123
	DAFTAR PUSTAKA.....	124
	LAMPIRAN .....	127

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Halaman
Gambar 1.1	Diagram kerangka alur pemikiran .....	7
Gambar 2.1	Orientasi bangunan bermassa persegi panjang .....	12
Gambar 2.2	Orientasi bangunan terhadap arah angin .....	13
Gambar 2.3	Pola kecepatan udara berbeda tergantung letak dan orientasi bukaan.....	13
Gambar 2.4	Vegetasi sebagai penghalang radiasi .....	14
Gambar 2.5	Jenis pembayang matahari pasif .....	15
Gambar 2.6	Pola tatanan masa catur .....	19
Gambar 2.7	Pola tatanan masa grid .....	19
Gambar 2.8	Peneduhan dengan vegetasi pada posisi yang tepat .....	21
Gambar 2.9	Posisi inlet dan outlet pada ruang.....	21
Gambar 2.10	Posisi ketinggian bukaan inlet dan outlet terhadap aliran udara .....	22
Gambar 2.11	Perbedaan kecepatan aliran udara terhadap rasio bukaan .....	23
Gambar 2.12	Tipe bukaan pada jendela .....	23
Gambar 2.13	Jenis <i>shading devices</i> terhadap pergerakan udara dalam ruang .....	24
Gambar 2.14	Kerangka teoritik .....	27
Gambar 3.1	Fasad gedung A jurusan Teknik Pengairan.....	29
Gambar 3.2	Instrumen penelitian .....	30
Gambar 3.3	Titik ukur pada ruangan yang diteliti .....	31
Gambar 3.4	CBE thermal comfort tool .....	34
Gambar 3.5	Pengaruh dimensi dan posisi bukaan terhadap aliran udara .....	35
Gambar 3.6	Simulasi aliran angin menggunakan software Ansys .....	35
Gambar 3.7	Diagram kerangka alur penelitian .....	36
Gambar 4.1	<i>Layout plan</i> Gedung Pengairan Fak. Teknik Universitas Brawijaya.....	37
Gambar 4.2	Kondisi ruang kelas 2 (lantai 2).....	38
Gambar 4.3	Kondisi ruang kelas 4 (lantai 2).....	39
Gambar 4.4	Kondisi ruang kelas 2 (lantai 4).....	39
Gambar 4.5	Kondisi ruang kelas 4 (lantai 4).....	39
Gambar 4.6	Detil jendela ruang kelas 2 .....	40
Gambar 4.7	Detil jendela ruang kelas 4 .....	40
Gambar 4.8	Detil ventilasi pasif ruang kelas .....	40
Gambar 4.9	Denah lantai 2 dan 4 (tipikal) .....	41

Gambar 4.10	Radiasi matahari yang tidak terbayangi sempurna pada ruang kelas 2 ...	42
Gambar 4.11	Diagram aktivitas yang dilakukan pengguna ruang .....	42
Gambar 4.12	Sensasi termal yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 2).....	44
Gambar 4.13	Temperatur udara yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 2).....	45
Gambar 4.14	Kelembaban udara yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 2).....	46
Gambar 4.15	Kecepatan aliran udara yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 2) ...	47
Gambar 4.16	Radiasi matahari yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 2) .....	48
Gambar 4.17	Sensasi termal yang diinginkan pada ruang kelas 4 (lantai 2).....	49
Gambar 4.18	Temperatur udara yang diinginkan pada ruang kelas 4 (lantai 2).....	50
Gambar 4.19	Kelembaban udara yang diinginkan pada ruang kelas 4 (lantai 2).....	51
Gambar 4.20	Kecepatan aliran udara yang diinginkan pada ruang kelas 4 (lantai 2) ...	51
Gambar 4.21	Radiasi matahari yang diinginkan pada ruang kelas 4 (lantai 2) .....	52
Gambar 4.22	Sensasi termal yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 4).....	53
Gambar 4.23	Temperatur udara yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 4).....	54
Gambar 4.24	Kelembaban udara yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 4).....	55
Gambar 4.25	Kecepatan aliran udara yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 4) ...	56
Gambar 4.26	Radiasi matahari yang diinginkan pada ruang kelas 2 (lantai 4) .....	56
Gambar 4.27	Grafik rata-rata temperatur udara ruang kelas 2 (lantai 2) .....	58
Gambar 4.28	Temperatur efektif ruang kelas 2 (lantai 2) .....	58
Gambar 4.29	Grafik rata-rata temperatur udara ruang kelas 4 (lantai 2) .....	59
Gambar 4.30	Temperatur efektif ruang kelas 4 (lantai 2) .....	60
Gambar 4.31	Grafik rata-rata temperatur udara ruang kelas 2 (lantai 4) .....	61
Gambar 4.32	Temperatur efektif ruang kelas 2 (lantai 4) .....	62
Gambar 4.33	Grafik rata-rata temperatur udara ruang kelas 4 (lantai 4) .....	63
Gambar 4.34	Temperatur efektif ruang kelas 4 (lantai 4) .....	63
Gambar 4.35	Perbandingan temperatur efektif ruang kelas .....	64
Gambar 4.36	Grafik rata-rata kelembaban udara ruang kelas 2 (lantai 2) .....	65
Gambar 4.37	Grafik rata – rata kelembaban udara ruang kelas 4 (lantai 2).....	66
Gambar 4.38	Grafik rata – rata kelembaban udara ruang kelas 2 (lantai 4).....	67
Gambar 4.39	Grafik rata – rata kelembaban udara ruang kelas 4 (lantai 4).....	68
Gambar 4.40	Perbandingan kelembaban udara ruang kelas.....	68
Gambar 4.41	Grafik rata-rata kecepatan udara ruang kelas 2 (lantai 2).....	70
Gambar 4.42	Grafik rata – rata kecepatan udara ruang kelas 4 (lantai 2).....	71
Gambar 4.43	Grafik rata – rata kecepatan angin ruang kelas 2 (lantai 4).....	72



Gambar 4.44	Grafik rata – rata kecepatan angin ruang kelas 4 (lantai 4).....	73
Gambar 4.45	Perbandingan kecepatan aliran udara ruang kelas .....	73
Gambar 4.46	PMV, PPD dan sensasi nyaman ruang kelas 2 (lantai 2) .....	74
Gambar 4.47	PMV, PPD dan sensasi nyaman ruang kelas 4 (lantai 2) .....	75
Gambar 4.48	PMV, PPD dan sensasi nyaman ruang kelas 2 (lantai 4) .....	76
Gambar 4.49	PMV, PPD dan sensasi nyaman ruang kelas 4 (lantai 4) .....	77
Gambar 4.50	Desain bangunan eksisting terhadap radiasi matahari dan arah angin ....	77
Gambar 4.51	Aliran udara bukaan dan <i>shading</i> eksisting berdasarkan literatur .....	78
Gambar 4.52	Kondisi bukaan dan <i>shading devices</i> eksisting .....	78
Gambar 4.53	Perbandingan temperatur udara kering terhadap standar .....	79
Gambar 4.54	Perbandingan temperatur efektif terhadap standar .....	79
Gambar 4.55	Perbandingan kelembaban udara relatif terhadap standar .....	80
Gambar 4.56	Perbandingan kecepatan aliran udara relatif terhadap standar .....	80
Gambar 4.57	Grafik hasil kusioner sensasi termal pengguna ruang kelas 2 (lantai 2) .	81
Gambar 4.58	Grafik hasil kusioner sensasi termal pengguna ruang kelas 4 (lantai 2)	82
Gambar 4.59	Grafik hasil kusioner sensasi termal pengguna ruang kelas 2 (lantai 2)	82
Gambar 4.60	Perbandingan persepsi termal pengguna antar ruang kelas .....	83
Gambar 4.61	Perbandingan PMV dan PPD antar ruang kelas .....	83
Gambar 4.62	Aliran udara terhadap bangunan.....	84
Gambar 4.63	Arah angin dominan terhadap bukaan eksisting pada ruang kelas .....	85
Gambar 4.64	Aliran udara terhadap jendela <i>side-hung</i> dan <i>vertical pivot</i> .....	85
Gambar 4.65	Denah ruang alternatif 1 (jenis bukaan) .....	86
Gambar 4.66	Perspektif alternatif 1 (jenis bukaan).....	86
Gambar 4.67	Potongan ruang alternatif 1 (jenis bukaan).....	87
Gambar 4.68	Denah ruang alternatif 2 (jenis bukaan) .....	87
Gambar 4.69	Perspektif alternatif 2 (jenis bukaan).....	88
Gambar 4.70	Potongan ruang alternatif 2 (jenis bukaan).....	88
Gambar 4.71	Aliran udara di dalam ruang terhadap posisi bukaan eksisting .....	89
Gambar 4.72	Perspektif alternatif 1 (posisi bukaan).....	90
Gambar 4.73	Potongan ruang alternatif 1 (posisi bukaan) .....	90
Gambar 4.74	Perspektif alternatif 2 (posisi bukaan) .....	91
Gambar 4.75	Potongan ruang alternatif 2 (posisi bukaan) .....	91
Gambar 4.76	Aliran udara di dalam ruangan terhadap pembayang matahari eksisting	92
Gambar 4.77	Denah ruang alternatif 1 (pembayang matahari) .....	93

Gambar 4.78	Perspektif alternatif 1 (pembayang matahari) .....	94
Gambar 4.79	Potongan ruang alternatif 1 (pembayang matahari) .....	94
Gambar 4.80	Denah ruang alternatif 2 (pembayang matahari) .....	95
Gambar 4.81	Perspektif alternatif 2 (pembayang matahari) .....	95
Gambar 4.82	Potongan ruang alternatif 2 (pembayang matahari) .....	96
Gambar 4.83	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 1).....	97
Gambar 4.84	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 1) .....	97
Gambar 4.85	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 1) .....	97
Gambar 4.86	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 1) .....	98
Gambar 4.87	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 1).....	98
Gambar 4.88	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 1) .....	98
Gambar 4.89	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 1).....	99
Gambar 4.90	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 2).....	99
Gambar 4.91	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 2) .....	100
Gambar 4.92	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 2) .....	100
Gambar 4.93	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 2) .....	100
Gambar 4.94	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 2) .....	101
Gambar 4.95	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 2) .....	101
Gambar 4.96	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 2) .....	101
Gambar 4.97	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 3).....	102
Gambar 4.98	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 3) .....	102
Gambar 4.99	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 3) .....	103
Gambar 4.100	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 3) .....	103
Gambar 4.101	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 3) .....	103
Gambar 4.102	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 3) .....	104
Gambar 4.103	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 3) .....	104
Gambar 4.104	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 4).....	105
Gambar 4.105	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 4) .....	105
Gambar 4.106	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 4) .....	105
Gambar 4.107	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 4) .....	106
Gambar 4.108	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 4) .....	106
Gambar 4.109	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 4) .....	106
Gambar 4.110	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 4) .....	107
Gambar 4.111	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 5).....	107

Gambar 4.112	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 5) .....	108
Gambar 4.113	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 5) .....	108
Gambar 4.114	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 5) .....	108
Gambar 4.115	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 5) .....	109
Gambar 4.116	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 5) .....	109
Gambar 4.117	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 5) .....	109
Gambar 4.118	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 6).....	110
Gambar 4.119	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 6) .....	110
Gambar 4.120	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 6) .....	111
Gambar 4.121	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 6) .....	111
Gambar 4.122	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 6) .....	111
Gambar 4.123	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 6) .....	112
Gambar 4.124	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 6) .....	112
Gambar 4.125	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 7).....	113
Gambar 4.126	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 7) .....	113
Gambar 4.127	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 7) .....	113
Gambar 4.128	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 7) .....	114
Gambar 4.129	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 7) .....	114
Gambar 4.130	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 7) .....	114
Gambar 4.131	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 7) .....	115
Gambar 4.132	Tampak ruang kelas (kombinasi tipe 8).....	115
Gambar 4.133	Potongan ruang kelas (kombinasi tipe 8) .....	116
Gambar 4.134	Perspektif ruang kelas (kombinasi tipe 8) .....	116
Gambar 4.135	Visualisasi 1 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 8) .....	116
Gambar 4.136	Visualisasi 2 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 8) .....	117
Gambar 4.137	Visualisasi 3 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 8) .....	117
Gambar 4.138	Visualisasi 4 aliran udara pada ruang (kombinasi tipe 8) .....	117
Gambar 4.139	Grafik kecepatan udara masing – masing tipe kombinasi.....	118
Gambar 4.140	Tampak belakang Gedung A Teknik Pengairan.....	120
Gambar 4.141	Perspektif sisi utara bangunan hasil rekomendasi .....	120
Gambar 4.142	Fasad sisi utara Gedung A Teknik Pengairan .....	121
Gambar 4.143	Perspektif sisi selatan hasil rekomendasi .....	121
Gambar 4.144	Temperatur efektif setelah rekomendasi desain.....	122



## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Penelitian mengenai batas kenyamanan termal .....	11
Tabel 2.2	Tingkatan temperatur nyaman orang Indonesia.....	11
Tabel 2.3	Relativitas penutup tanah.....	20
Tabel 2.4	Peningkatan kecepatan gerak udara dalam ruang berdasarkan.....	23
Tabel 2.5	Studi riset terdahulu .....	25
Tabel 3.1	Jenis aktivitas dan tingkat metabolisme .....	32
Tabel 3.2	Jenis dan nilai pakaian .....	32
Tabel 3.3	Skala nilai PMV dan PPD.....	34
Tabel 4.1	Sensasi termal eksisting ruang kelas 2 (lantai 2) .....	43
Tabel 4.2	Temperatur udara eksisting ruang kelas 2 (lantai 2) .....	45
Tabel 4.3	Kelembaban udara eksisting ruang kelas 2 (lantai 2) .....	46
Tabel 4.4	Kecepatan aliran udara eksisting ruang kelas 2 (lantai 2) .....	46
Tabel 4.5	Radiasi matahari eksisting ruang kelas 2 (lantai 2) .....	47
Tabel 4.6	Sensasi termal eksisting ruang kelas 4 (lantai 2) .....	48
Tabel 4.7	Temperatur udara eksisting ruang kelas 4 (lantai 2) .....	49
Tabel 4.8	Kelembaban udara eksisting ruang kelas 4 (lantai 2) .....	50
Tabel 4.9	Kecepatan aliran udara eksisting ruang kelas 4 (lantai 2) .....	51
Tabel 4.10	Radiasi matahari eksisting ruang kelas 4 (lantai 2) .....	52
Tabel 4.11	Sensasi termal eksisting ruang kelas 2 (lantai 4) .....	53
Tabel 4.12	Temperatur udara eksisting ruang kelas 2 (lantai 4) .....	54
Tabel 4.13	Kelembaban udara eksisting ruang kelas 2 (lantai 4) .....	55
Tabel 4.14	Kecepatan aliran udara eksisting ruang kelas 2 (lantai 4) .....	55
Tabel 4.15	Radiasi matahari eksisting ruang kelas 2 (lantai 4) .....	56
Tabel 4.16	Rata – rata hasil pengukuran temperatur udara ruang kelas 2 (lantai 2) .....	57
Tabel 4.17	Rata – rata hasil pengukuran temperatur udara ruang kelas 4 (lantai 2) .....	59
Tabel 4.18	Rata – rata hasil pengukuran temperatur udara ruang kelas 2 (lantai 4) .....	60
Tabel 4.19	Rata – rata hasil pengukuran temperatur udara ruang kelas 4 (lantai 4) .....	62
Tabel 4.20	Rata-rata hasil pengukuran kelembaban udara ruang kelas 2 (lantai 2) .....	64
Tabel 4.21	Rata-rata hasil pengukuran kelembaban udara ruang kelas 4 (lantai 2) .....	65
Tabel 4.22	Rata-rata hasil pengukuran kelembaban udara ruang kelas 2 (lantai 4) .....	66
Tabel 4.23	Rata-rata hasil pengukuran kelembaban udara ruang kelas 4 (lantai 4) .....	67

Tabel 4.24	Rata-rata hasil pengukuran kecepatan udara ruang kelas 4 (lantai 4) .....	69
Tabel 4.25	Rata-rata hasil pengukuran kecepatan udara ruang kelas 4 (lantai 2) .....	70
Tabel 4.26	Rata-rata hasil pengukuran kecepatan udara ruang kelas 2 (lantai 4) .....	71
Tabel 4.27	Rata-rata hasil pengukuran kecepatan udara ruang kelas 4 (lantai 4) .....	72
Tabel 4.28	Kecepatan udara dan kesejukan .....	73
Tabel 4.29	Data pengukuran ruang kelas 2 (lantai 2) .....	74
Tabel 4.30	Data pengukuran ruang kelas 4 (lantai 2) .....	75
Tabel 4.31	Data pengukuran ruang kelas 2 (lantai 4) .....	76
Tabel 4.32	Data pengukuran ruang kelas 4 (lantai 4) .....	76
Tabel 4.33	Keunggulan dan kelemahan jenis bukaan alternatif 1 .....	87
Tabel 4.34	Keunggulan dan kelemahan jenis bukaan alternatif 2 .....	88
Tabel 4.35	Keunggulan dan kelemahan posisi bukaan eksisting .....	89
Tabel 4.36	Keunggulan dan kelemahan posisi bukaan alternatif 1 .....	91
Tabel 4.37	Keunggulan dan kelemahan posisi bukaan alternatif 2 .....	92
Tabel 4.38	Keunggulan dan kelemahan pembayang matahari eksisting .....	92
Tabel 4.39	Keunggulan dan kelemahan pembayang matahari alternatif 1 .....	94
Tabel 4.40	Keunggulan dan kelemahan pembayang matahari alternatif 2 .....	96
Tabel 4.41	Desain eksisting dan Rekomendasi .....	119