

TESIS

PENGEMBANGAN PURWARUPA *PORTABLE* DIFFUSER DISPLACEMENT AC DAN POLA PELETAKANNYA DALAM RUANG (Studi Kasus: Desain *Student Center* Universitas Atma Jaya Yogyakarta)



MARIANUS BAHANTWELU
No.Mhs.: 135402032/PS/MTA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ARSITEKTUR
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2015

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ARSITEKTUR

PENGESAHAN TESIS

Nama : Marianus Bahantwelu
Nomor Mahasiswa : 135402032/PS/MTA
Konsentrasi : Digital Arsitektur
Judul Tesis : Pengembangan Purwarupa *Portable Diffuser Displacement AC* dan Pola Peletakannya Dalam Ruang
(Studi Kasus: Desain *Student Center* Universitas Atma Jaya Yogyakarta)

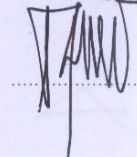
Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda tangan

Prof. Prasasto Satwiko, MBSc., Ph.D.

6/2/15





UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK
ARSITEKTUR

PENGESAHAN TESIS

Nama : Marianus Bahantwelu
Nomor Mahasiswa : 135402032/PS/MTA
Konsentrasi : Digital Arsitektur
Judul Tesis : Pengembangan Purwarupa *Portable Diffuser Displacement AC* dan Pola Peletakannya Dalam Ruang (Studi Kasus: Desain *Student Center* Universitas Atma Jaya Yogyakarta)

Nama Penguji

Tanggal

Tanda tangan

Floriberta Binarti S.T., Dipl.NDS.Arch.

6.2.2015

Ir.Djoko Istiadji, M.Sc.Bld.

6.2.2015

Ketua program Studi

Dr. Amos Setiadi, MT.
PROGRAM
PASCASARJANA

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa
tesis dengan judul:

**PENGEMBANGAN PURWARUPA *PORTABLE DIFFUSER*
DISPLACEMENT AC DAN POLA PELETAKANNYA DALAM RUANG**

(Studi Kasus: Desain *Student Center* Universitas Atma Jaya Yogyakarta)

adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri. Pernyataan, ide maupun
kutipan langsung dan tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang
lain dinyatakan secara tertulis dalam tesis ini pada lembar yang bersangkutan dan
daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti saya melakukan duplikasi atau plagiasi sebagian
atau seluruhnya dari tugas akhir ini, maka gelar dan ijazah yang saya peroleh
dinyatakan batal dan akan saya kembalikan ke Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 6 Februari 2015



Marianus Bahantwelu

No.Mhs.: 135402032/PS/MTA

INTISARI

Displacement AC adalah salah satu sistem pengondisian udara dalam bangunan yang sudah diaplikasikan di bangunan-bangunan industri oleh negara-negara Skandinavia sejak 1978. *Displacement AC* memiliki kualitas udara ruang yang lebih bagus (dibandingkan dengan AC konvensional) sehingga dapat memberikan kenyamanan yang lebih besar bagi pengguna. Selain keuntungan, *displacement AC* memiliki kerugian diantaranya dapat menyebabkan efek *draft cooling* (bagi yang berada dekat dengan *diffuser* pasokan) dan terciptanya gradien temperatur vertikal. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui sistem dan desain purwarupa *portable diffuser displacement AC* yang dapat mencegah *draft effect* dan gradien temperatur ruang, serta untuk mengetahui jumlah kebutuhan *diffuser* dalam beragam ukuran ruang (3m x 3m x 4 m dan kelipatannya sampai 28m x 28m x 4 m) serta pola peletakannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu simulasi dengan menggunakan program CFD ACE+. Hasil yang didapat diantaranya *Diffuser* pada tengah ruangan tidak perlu memakai pengarah angin karena akan menambah kecepatan hembusan udara. Pada ukuran ruang dengan bentang lebar di atas 25 m maka lebih optimal jika meletakkan *diffuser* dengan pola grid menyebar, sedangkan ruang dengan bentang lebar dibawah 21 m maka pola peletakan *diffuser* dengan grid menyebar maupun terpusat tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penyejukan ruang.

Kata kunci: *Displacement AC*, *draft cooling*, gradien temperatur vertikal, purwarupa *portable diffuser*, sebaran penyejukan, waktu penyejukan.

ABSTRAK

Displacement air conditioning is one of the air conditioning systems in a building that has been applied in industrial buildings by the Scandinavian countries since 1978. Displacement AC has good air quality room (compared with conventional AC) so as to provide greater comfort for the user. In addition to the advantages, displacement air conditioning has disadvantages which can cause draft cooling effect (for those who are close to the supply diffuser) and the creation of the vertical temperature gradient. The purpose of this research is to know the system and design of the portable prototype diffuser displacement AC that can prevent a draft effect of temperature gradient and spaces, as well as to find out the amount of variety in the size of the diffuser needs spaces (3m x 3m x 4 m and multiply to 28m x 28m x 4 m) as well as the pattern of position. The methods used in this research is simulation using CFD ACE + programs. The results obtained were in the middle of the room diffuser does not need to wear the steering wind speeds will increase because of wind gusts. For the size space with wide span over 25 m then the more optimal if grid pattern with a diffuser put spreads, whereas the space with wide span 21 m under the pattern of laying the grid spreads as well as centralized has no significant influence of cooling space.

Keywords: Cooling distribution, cooling draft, cooling time, displacement AC, prototype diffuser, vertical temperature gradient.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat TRITUNGGA MAHAKUDUS, yang telah memberikan berkat dan karuniaNYA sehingga penulis telah menyelesaikan tesis yang berjudul “**PENGEMBANGAN PURWARUPA PORTABLEDIFFUSERDISPLACEMENT AC DAN POLA PELETAKANNYA DALAM RUANG** (Studi Kasus: Desain *Student Center* Universitas Atma Jaya Yogyakarta)”, selesai dengan lancar.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun tesis ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof.Ir.Prasasto Satwiko, MBSc, Ph.D. selaku pembimbing. Terimakasih atas segala arahan dan masukan yang telah diberikan.
2. Ir.Djoko Istiadji,M.Sc.Bld.dan Floriberta Binarti S.T., Dipl.NDS.Arch. selaku dosen penguji. Terimakasih atas masukan-masukannya yang sungguh berharga.
3. Dr. Amos Setiadi, MT selaku ketua program studi pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta
4. Orangtua saya atas segala dorongan, doa dan semangat yang telah diberikan.Terimakasih mama dan almarhum papa.
5. Adekku berdua Imma dan Ephy, nana Sipri, nana Natus,Nana Adi,Mama Kris, Mama Date, dan neneku, bapak Paron dan para kakak-ku di Balaweling
6. Bang Frengky dan Bang Ivan yang telah dengan sepenuh hati membantu penulis dalam penyusunan tesis ini.
7. Mbak Melani yang rajin, Cici Velda yang budiman, Bang Beny yang baik hati, Bang Andre yang cool, Mas Jean yang rendah hati, Bang Robert yang dermawan, Bang Kamil yang soleh, Mbak Rini yang murah hati,dan Mbak Winie yang rajin,.. Kalian semua sangat-sangat baik.
8. Spesial terimakasihku kepada yang tersayangIna Septy Lamahoda, dikaulah penyemangat yang sesungguhnya.

Penulis

Marianus Bahantwelu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
INTISARI.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR ISTILAH	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Latar Belakang Arti Penting Kasus	1
1.1.2 Latar belakang permasalahan	5
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Batasan Penelitian	9
1.4 Keaslian Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	11
1.6 Tujuan Penelitian.....	11
1.7 Sistematika Penelitian.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. Kenyamanan Termal Ruang di Iklim Tropis.....	13
2.2. Angin dan Perilakunya	17
2.3. <i>Displacement Ventilation (DV)</i>	18
2.3.1. Pengertian.....	18
2.3.2. Jenis-jenis <i>diffuserdisplacement AC</i>	22

2.3.3. Keuntungan dan kerugian displacement AC.....	24
2.3.4. Konservasi energi listrik	28
2.3.5 <i>Optimum Start</i>	29
2.4. <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	31
2.4.1. <i>CFD-ACE</i> +	33
2.4.2. <i>CFD-ACE</i> dan displacement ventilation.....	34
2.4.3. Kesulitan dalam simulasi dengan menggunakan <i>CFD-ACE</i>	35
2.5. <i>SketchUp</i>	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1. Deskripsi Objek Studi.....	37
3.1.1. Desain kampus Kledokan, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.....	37
3.1.2. GOR dan <i>student center</i> UAJY	38
3.2. Alat Yang Digunakan	40
3.3. Langkah-Langkah Penelitian.....	41
3.4. Parameter Simulasi.....	43
3.4.1. Variabel-variabel penelitian	44
3.4.2. Perhitungan sumber panas ruang.....	46
3.4.3. Perhitungan nilai <i>optimum start</i>	47
3.4.4. Penentuan ruang uji sederhana	48
3.4.5. Pola peletakan <i>diffuser</i>	50
3.5. Metode Penarikan Kesimpulan	50
3.6. Jadwal Penelitian	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN MODEL UJI	52
4.1. Penentuan Desain Diffuser.....	52
4.1.1 Ukuran <i>diffuser</i> pabrik	52
4.1.2. Diffuser uji coba-model pengarah angin.....	59
4.2. Penentuan kebutuhan jumlah <i>diffuser</i> untuk beragam ukuran ruang	78
4.3. Pola peletakan <i>diffuser</i>	80
4.4. Kesimpulan model uji.....	82
4.5. Aplikasi Pada Desain.....	83
4.5.1. Desain Pemodelan 3D Objek Studi	83

4.5.2. Proses <i>pre processor</i> simulasi	85
4.5.3. Proses <i>Processor</i>	87
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN STUDI KASUS.....	88
5.1. Sebaran dan Waktu Penyejukan	88
5.2. Gradien Temperatur Vertikal	91
5.3. Kecepatan Udara.....	93
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	96
6.1. Kesimpulan.....	96
6.1.1. Desain purwarupa <i>portable diffuser displacement AC</i>	96
6.1.2. Kebutuhan jumlah <i>diffuser</i> dalam ruangan	97
6.1.3. Pola peletakan <i>diffuser</i> dalam ruangan	97
6.2. Saran	98
6.3. Kesulitan-Kesulitan Dalam Penelitian	100
DAFTAR PUSTAKA.....	101
LAMPIRAN	103

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1: Batasan-batasan penelitian.....	9
Tabel 1.2: Tabel keaslian penelitian	10
Tabel 2.1: Beberapa penelitian tentang kenyamanan termal di iklim tropis	15
Tabel 2.2: Aktivitas dan kecepatan metabolisme	16
Tabel 2.3: Kriteria penerapan DV dalam ruangan.....	20
Tabel 2.4: Contoh ukuran <i>diffuser</i> di pasaran	24
Tabel 3.1: Alat bantu penelitian	40
Tabel 3.2: Parameter simulasi CFD	43
Tabel 3.3: Jenis-jenis variabel	45
Tabel 3.4: Ruang-ruang uji sederhana	49
Tabel 4.1: Spesifikasi bentuk pengarah angin <i>diffuser</i>	60
Tabel 4.2: Sebaran penyejukan <i>diffuser supply</i> udara (tengah jalur sirkulasi).....	65
Tabel 4.3: Gradien temperatur vertikal pada <i>diffuser</i> di tengah jalur sirkulasi	68
Tabel 4.4: Rata-rata kecepatan udara dari masing-masing bentuk <i>diffuser</i>	71
Tabel 4.5: Sebaran penyejukan <i>diffuser supply</i> udara (tengah ruangan)	73
Tabel 4.6: Gradien temperatur vertikal pada bentuk <i>diffuser</i> tengah ruangan	75
Tabel 4.7: Kecepatan udara tiap bentuk <i>diffuser</i> (tengah ruangan)	77
Tabel 4.8: Ruang uji dan <i>diffuser</i> yang dibutuhkan.....	79
Tabel 4.9: Efek pengurangan satu <i>diffuser</i>	80
Tabel 4.10: Perbedaan pola peletakan <i>diffuser</i> dalam ruangan	81
Tabel 5.1: Suhu rata-rata ruang <i>student center</i>	90
Tabel 5.2: Gradien temperatur udara ruang	92
Tabel 5.3: Kecepatan udara ruang	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pertumbuhan permintaan energi tiap tahun.....	3
Gambar 1.2: Denah dan potongan ruang <i>student center</i> UAJY	6
Gambar 1.3: Beberapa contoh <i>diffuser</i> dan sebaran penyejukan.....	8
Gambar 2.1: Ilustrasi cara kerja <i>displacement ventilation</i>	19
Gambar 2.2: Jenis-jenis <i>diffuser displacement AC</i>	23
Gambar 2.3: Jenis <i>diffuser displacement AC</i> lantai (<i>swirl diffuser</i>)	24
Gambar 2.4: Ketidaknyamanan termal lokal oleh gradien temperatur vertikal	26
Gambar 2.5: Tipe-tipe pemasangan DV	28
Gambar 3.1: Rencana situasi kompleks kampus Kledokan	38
Gambar 3.2: Denah dan potongan GOR dan <i>Student center</i> UAJY	39
Gambar 3.3: Contoh pola peletak <i>diffuser</i>	50
Gambar 4.1: a). Bentuk <i>diffuser</i> pabrik b). Simplifikasi bentuk <i>diffuser</i>	53
Gambar 4.2: a). Denah titik pengamatan b). Tampak samping titik pengamatan.....	54
Gambar 4.3: Temperatur udara ruang pada waktu pengamatan.....	55
Gambar 4.4: a).Denah titik pengamatan b). Tampak samping titik pengamatan.....	57
Gambar 4.5: Kecepatan udara ruang pada waktu pengamatan.....	58
Gambar 4.6: Bentuk <i>diffuser</i> tengah jalur sirkulasi	61
Gambar 4.7: Bentuk <i>diffuser</i> tengah lapangan	62
Gambar 4.8: a).Denah titik pengamatan b). Tampak samping titik pengamatan.....	63
Gambar 4.9: a).Denah titik pengamatan b). Tampak samping titik pengamatan.....	63
Gambar 4.10: Temperatur udara masing-masing bentuk <i>diffuser</i> (1,8 m di atas lantai)	64
Gambar 4.11: Suhu udara masing-masing <i>diffuser</i> pada ketinggian 0,1 m di atas lantai.....	67
Gambar 4.12: Suhu udara masing-masing <i>diffuser</i> pada ketinggian 1,1 m di atas lantai.....	67
Gambar 4.13: Kecepatan udara ruang pada waktu pengamatan.....	71
Gambar 4.14: Suhu udara ruang pada waktu pengamatan (1,8 m di atas lantai)	73
Gambar 4.15: Suhu udara ruang pada waktu pengamatan (0,1 m di atas lantai)	74
Gambar 4.16: Suhu udara ruang pada waktu pengamatan (1,1 m di atas lantai)	75
Gambar 4.17: a).Denah titik pengamatan b). Tampak samping titik pengamatan.....	76
Gambar 4.18: Suhu udara ruang pada waktu pengamatan	77

Gambar 4.19: Contoh model uji sederhana ukuran 9m x 9m x 4 m.....	78
Gambar 4.20: (a). Pola peletakan I, (b). pola peletakan II	81
Gambar 4.21: Bentuk desain <i>student center</i> eksisting	84
Gambar 4.22: Bentuk peletakan <i>diffuser</i> pada simplifikasi bentuk bangunan	84
Gambar 4.23: Detail jarak <i>diffuser</i>	85
Gambar 4.24: Letak domain	86
Gambar 4.25: <i>Projected mesh grid</i>	86
Gambar 4.26: Nilai residu simulasi	87
Gambar 5.1: Tampak atas dan tampak samping titik pengamatan	88
Gambar:5.2: Suhu ruang <i>student center</i> pada level 1,8 m di atas lantai.....	89
Gambar 5.3: Suhu ruang <i>student center</i> pada level 0,1 m di atas lantai.....	92
Gambar 5.4: Kecepatan udara ruang <i>student center</i> pada level 0,5 m di atas lantai.....	94
Gambar 6.1: Bentuk <i>diffuser</i> (tengah jalur sirkulasi)	99
Gambar 6.2: a). <i>Diffuser</i> utuh b). Cara pemasangan	99

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1: Rata-rata suhu udara ruang.....	56
Grafik 4.2: Rata-rata kecepatan udara ruang.....	58



DAFTAR ISTILAH

- Purwarupa* : Rupa yang pertama, rupa awal (*prototype*)
- Portable* : Dapat dipindah-pindahkan
- Diffuser* : Tabung atau kotak tempat *inlet* berada
- Inlet* : Lubang udara pasokan disuplay kedalam ruangan
- Outlet* : Tempat udara panas keluar dari ruangan
- Draft effect* : Penyejukan konvektif lokal yang tidak diinginkan pada bagian tubuh sebagai akibat dari pergerakan udara
- Gradien temperatur vertikal: Perbedaan suhu yang mengakibatkan suhu di area kepala lebih hangat dibandingkan dengan di kaki.
- Optimum start* : Waktu yang digunakan untuk menunjukan lamanya AC dihidupkan sebelum ruangan digunakan.
- Wind catcher*/pengarah angin: Bidang vertikal atau horisontal pada suatu bidang tertentu yang digunakan untuk mengarahkan hembusan angin yang keluar dari suatu sumber.
- Domain* : Zona atau ruang tempat dilakukannya pengujian
- Zona hunian/*occupied zone*: Zona yang ditinggali pengguna ruang, berada dalam level 0,075 sampai 1,8 m di atas permukaan lantai dan lebih dari 0,6 m dari dinding atau *diffuser* AC (ASHRAE 55-1981)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Gambar kerja Desain GOR & <i>Student center</i> UAJY	103
Lampiran 2: Nilai parameter tetap simulasi	105
Lampiran 3: Ukuran antropometri tubuh dan kursi	109
Lampiran 4: Perhitungan kapasitas orang dalam ruang 3m x 3m x 4 m.....	109
Lampiran 5: Temperatur udara ruang pada <i>diffuser</i> ukuran Ø15 cm	110
Lampiran 6: Temperatur udara ruang pada <i>diffuser</i> ukuran Ø20 cm	110
Lampiran 7: Temperatur udara ruang pada <i>diffuser</i> ukuran Ø25 cm	111
Lampiran 8: Kecepatan udara ruang pada <i>diffuser</i> ukuran Ø15 cm	112
Lampiran 9: Kecepatan udara ruang pada <i>diffuser</i> ukuran Ø20 cm	112
Lampiran 10: Kecepatan udara ruang pada <i>diffuser</i> ukuran Ø25 cm	112
Lampiran 11: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah jalur sirkulasi) 1,8 m di atas lantai	113
Lampiran 12: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah jalur sirkulasi) 1,1 m di atas lantai	114
Lampiran 13: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah jalur sirkulasi) 0,1 m di atas lantai	114
Lampiran 14: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah jalur sirkulasi) 1,8 di atas lantai	115
Lampiran 15: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah jalur sirkulasi) 1,1 di atas lantai	115
Lampiran 16: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah jalur sirkulasi) 0,1 di atas lantai	116
Lampiran 17: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk III (tengah jalur sirkulasi) 1,8 m di atas lantai	116
Lampiran 18: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk III (tengah jalur sirkulasi) 1,1 m di atas lantai	117
Lampiran 19: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk III (tengah jalur sirkulasi) 0,1 m di atas lantai	117
Lampiran 20: Kecepatan udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah jalur sirkulasi)	118
Lampiran 21: Kecepatan udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah jalur sirkulasi)	118
Lampiran 22: Kecepatan udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk III (tengah jalur sirkulasi)	119
Lampiran 23: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah ruang) 1,8 m di atas lantai	119
Lampiran 24: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah ruang) 1,1 m di atas lantai	120
Lampiran 25: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah ruang) 0,1 m di atas lantai	120

Lampiran 26: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah ruang) 1, 8 m di atas lantai	121
Lampiran 27: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah ruang) 1, 1 m di atas lantai	122
Lampiran 28: Temperatur udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah ruang) 0,1m di atas lantai	122
Lampiran 29: Kecepatan udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk I (tengah ruang).....	123
Lampiran 30: Kecepatan udara ruang untuk <i>diffuser</i> bentuk II (tengah ruang).....	123
Lampiran 31: Temperatur udara pada model ruang 6m x 6m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	123
Lampiran 32: Temperatur udara pada model ruang 9m x 9m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	124
Lampiran 33: Temperatur udara pada model ruang 12m x 12m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	125
Lampiran 34: Temperatur udara pada model ruang 15m x 15m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	126
Lampiran 35: Temperatur udara pada model ruang 18m x 18m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	126
Lampiran 36: Temperatur udara pada model ruang 21m x 21m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	127
Lampiran 37: Temperatur udara pada model ruang 25m x 25m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	128
Lampiran 38: Temperatur udara pada model ruang 27m x 27m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	128
Lampiran 39: Temperatur udara pada model ruang 28m x 28m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai).....	129
Lampiran 40: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> , model ruang 6m x 6m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	130
Lampiran 41: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> di model 9m x 9m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	130
Lampiran 42: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> di model 12m x 12m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	131
Lampiran 43: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> di model 15m x 15m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	132
Lampiran 44: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> di model 18m x 18m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	132
Lampiran 45: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> di model 21m x 21m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	133
Lampiran 46: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> di model 25m x 25m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	134

Lampiran 47: Temperatur udara pada pengurangan satu <i>diffuser</i> di model 28m x 28m x 4 m (ketinggian 1,8 m di atas lantai)	134
Lampiran 48: Pola peletakan <i>diffuser</i>	136
Lampiran 49: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 6m x 6m x 4 m.....	137
Lampiran 50: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 9m x 9m x 4 m.....	137
Lampiran 51: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 12m x 12m x 4m.....	138
Lampiran 52: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 15m x 15m x 4 m.....	139
Lampiran 53: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 18m x 18m x 4 m.....	139
Lampiran 54: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 21m x 21m x 4 m.....	140
Lampiran 55: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 25m x 25m x 4 m.....	141
Lampiran 56: Pola I peletakan <i>diffuser</i> pada ruang 28m x 28m x 4 m.....	141
Lampiran 57: Temperatur udara ruang <i>student center</i> di ketinggian 1,8 m di atas lantai	142
Lampiran 58: Temperatur udara ruang <i>student center</i> di ketinggian 1,1 m di atas lantai	143
Lampiran 59: Temperatur udara ruang <i>student center</i> di ketinggian 0,1 m di atas lantai	144