

**RETROFITTING PENCAHAYAAN DAN PENGHAWAAN  
BANGUNAN GUDANG PRODUKSI  
DECORATOR INDONESIA**

**TESIS**

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister  
Program Studi Teknik Sipil**



**Oleh:**

**Muhammad Hasbi Rizqur Rahman**

**NIM S941608014**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

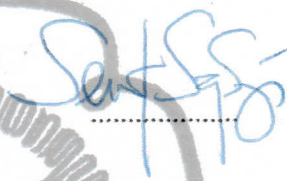
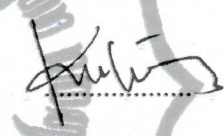
*commit to user*  
**2020**

**RETROFITTING PENCAHAYAAN DAN PENGHAWAAN  
BANGUNAN GUDANG PRODUKSI  
DECORATOR INDONESIA**

Oleh:

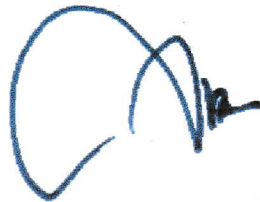
**Muhammad Hasbi Rizqur Rahman**

**NIM. S941608014**

Komisi	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing			
Pembimbing I :	<b><u>Dr. Senot Sangadji, ST.,MT</u></b> NIP. 19720807 200003 1 002		<u>16/9 2020</u>
Pembimbing II :	<b><u>Prof, SA. Kristiawan, M.Sc.,Ph.D.</u></b> NIP. 19690501 199512 1 001		<u>17/09/2020</u>

**Telah dinyatakan memenuhi syarat  
pada tanggal 21 September 2020**

Kepala Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret



**Ir. Ary Setyawan, M.Sc(Eng)., Ph.D.**

NIP. 19661204 199512 1 001




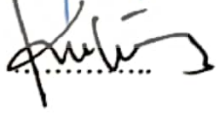
**RETROFITTING PENCAHAYAAN DAN PENGHAWAAN  
BANGUNAN GUDANG PRODUKSI  
DECORATOR INDONESIA**

**TESIS**

Oleh:

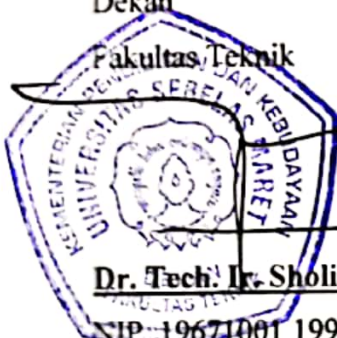
**Muhammad Hasbi Rizqur Rahman  
NIM. S941608014**

Telah dipertahankan di depan penguji  
dan telah dinyatakan memenuhi syarat  
pada tanggal 22 Juli 2020

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	<u>Muhammad Yani Bhayusukma, S.T., M.T., Ph.D</u> NIP. 19750623 2019 101		16/09/2020
Sekretaris	<u>Dr. Endah Safitri, S.T., M.T.</u> NIP. 19701212 200003 2 001		16/9/20
Penguji I	<u>Dr. Senot Sangadji, S.T., M.T.</u> NIP. 19720807 200003 1 002		16/9/2020
Penguji II	<u>Prof. SA. Kristiawan, M.Sc., Ph.D.</u> NIP. 19690501 199512 1 001		17/09/2020

Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknik



Dr. Tech. Ir. Sholihin As'ad, M.T  
NIP. 19671001 199702 1 001

Kepala Program Studi  
Teknik Sipil



Ir. Ary Setyawan, M.Sc(Eng)., Ph.D.  
NIP. 19661204 199512 1 001

*commit to user*

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Hasbi Rizqur Rahman

NIM : S941608014

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul:

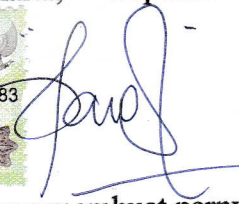
### **RETROFITTING PENCAHAYAAN DAN PENGHAWAAN BANGUNAN GUDANG PRODUKSI DECORATOR INDONESIA**

Adalah betul-betul karya sendiri. Hal-hal yang bukan karya saya, tertulis dalam tesis tersebut, diberi tanda *citasi* dan ditunjukkan dalam Daftar Pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan tesis dan gelar yang saya peroleh dari tesis tersebut.

Surakarta, September 2020



  
Yang membuat pernyataan,

Muhammad Hasbi Rizqur Rahman

## UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa syukur penulis panjatkan dengan terselesaikannya tesis dengan judul ***Retrofitting* pencahayaan dan penghawaan Bangunan gudang produksi Decorator Indonesia** dapat terselesaikan dengan bantuan dari semua pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Vivi Nur Hasanah, istri yang selalu mendoakan dan mendukung dalam pengerjaan tesis,
2. Dr. Senot Sangadji, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama,
3. Prof. S.A. Kristiawan, S.T, M.Sc, Ph.D., selaku Pembimbing Pendamping,
4. Muhammad Yani Bhayusukma, S.T., M.T., Ph.D dan Dr. Endah Safitri, S.T., M.T, selaku penguji terima kasih atas saran, kritik dan masukannya,
5. Ir. Ary Setyawan, M.Sc(Eng)., Ph.D, Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, beserta dosen dan stafnya atas segala dukungan, kerjasama dan fasilitas yang diberikan,
6. Direktur Decorator Indonesia yang sudah mengijinkan lokasi penelitian tesis,
7. Orang tua yang selalu mendoakan dan memberi dukungan,
8. Segenap Staf Pengajar Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah banyak membantu penulis selama kuliah,
9. Teman-teman MPRI seperjuangan,
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun tesis ini.

Penulis



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga dapat menyelesaikan proposal tesis dengan judul *Retrofitting pencahayaan dan penghawaan Bangunan gudang produksi Decorator Indonesia*. Penelitian ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik guna menyelesaikan bidang keahlian Magister Pemeliharaan dan Rehabilitasi Infrastruktur Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penelitian ini mengangkat permasalahan mengenai sebuah gudang produksi yang dilihat dari segi pencahayaan dan penghawaannya. Salah dua faktor tersebut dapat menjadi tolak ukur untuk menentukan gudang tersebut layak atau tidak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi gudang produksi yang nantinya akan diteliti lebih lanjut sehingga dapat diberikannya rekomendasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas bangunan gudang tersebut.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan proposal tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang saya miliki, tetapi saya berharap bahwa proposal tesis ini dapat bermanfaat dan mampu menambah khasanah keilmuan.

Surakarta, September 2020

Muhammad Hasbi Rizqur Rahman, 2020. ***Retrofitting* Pencahayaan dan Penghawaan Bangunan Gudang Produksi Decorator Indonesia**. Pembimbing I: Dr. Senot Sangadji. S.T.,M.T. Pembimbing II: Prof, SA. Kristiawan, M.Sc.,Ph.D. Tesis Magister Teknik Sipil, Pemeliharaan dan Rehabilitasi Infrastruktur. Program Pasca Sarjana. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

## ABSTRAK

Bangunan yang baik dapat dilihat dari berbagai aspek, mulai dari struktur hingga hal terkecil pada bangunan. Salah dua faktor yang dapat menjadi tolak ukur apakah bangunan ini baik atau layak dan tidaknya dapat dilihat dari segi pencahayaan dan penghawaannya. Hal ini dapat menjadi tolak ukur baik untuk rumah tinggal, bangunan publik maupun gedung-gedung perkantoran. Dalam studi ini dilaksanakan pada Gudang Produksi Decorator Indonesia di Yogyakarta. Bangunan ini terdiri dari bangunan satu lantai yang dibagi menjadi dua area, yaitu area kantor dan area produksi. Kondisi bangunan yang kurang menjadi tujuan penelitian untuk melakukan retrofitting. Dalam prosesnya peneliti menggunakan beberapa *software* pendukung seperti EDGE dan *Ecotect*. Tahapan pada studi ini yaitu, mendesain ulang denah bangunan, pengukuran awal terhadap bangunan, simulasi *Ecotect*, simulasi EDGE, pembuatan skenario dan perhitungan biaya retrofitting. Ada tiga skenario yang dibuat dengan variasi penambahan jendela, ventilasi dan *skylight*. Hasil dari studi dipilih skenario pertama dengan penambahan 19 jendela, 20 ventilasi, dan 24 *skylight* dengan kenaikan nilai lux sebesar 81% dengan nilai efektifitas 1,42, nilai beban termal 5.981,583 kWh dengan presentase penurunan 62,86%, suhu yang mengalami penurunan 1°C-2°C dan biaya pekerjaan konstruksi sebesar Rp 54.158.950 dengan nilai investasi per kWh Rp 5.349.

**Kata kunci** — *retrofitting*, penghawaan, pencahayaan

## ABSTRACT

*The proper building is constructed from several aspects, begin from the structure until the simple things on it. Two of factors that can be designed as parameter in deciding the building is proper or not are seen from the lighting condition and thermal condition. Those factors can be designed as a suitable parameter for a home living, a building and an office. The object of this study is a place called Decorator Indonesia Production Warehouse in Yogyakarta. This building consists of one floor-building that divided into two areas; an office and a warehouse area. The purpose in the study is concern in the minimum space of the building which need to be retrofitted. The researcher used some support softwaresuch as EGDE and Ecotect to work on the study. The methods that used in this study are re-designing building plans, first measurement of the building, Ecotect simulation, EDGE simulation, making scenario and calculating retrofitting cost. There are three scenarios created with variations on the addition of windows, ventilation and skylights. The results of the study selected the first scenario with the addition of 19 windows, 20 vents, and 24 skylights with an increase in the value of lux by 81% with an effectiveness value of 1.42, a thermal load value of 5.981.583 kWh with a decreased percentage of 62.86%, the temperature decreased 1°C-2°C and construction cost of Rp 54,158,950 with an investment value of one kWh Rp 5,349.*

**Keyword** — *Retrofitting, Thermal, Lighting*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN TESIS .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian .....	2
 BAB II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
A. Kajian Pustaka .....	3
B. Landasan Teori .....	7
1. Sistem Pencahayaan .....	7
2. Sistem Penghawaan .....	10
3. <i>Life Cycle Cost</i> .....	15
4. <i>Software</i> Terkait .....	17
 BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Tempat Penelitian .....	28
B. Waktu Penelitian .....	30
C. Variabel Penelitian .....	31

D. Data dan Sumber Data.....	31
1. Data Primer.....	31
2. Data Sekunder .....	31
E. Teknik Analisis Data .....	31
1. Penggambaran Ulang .....	32
2. Simulasi Pencahayaan dan Termal.....	32
3. Simulasi <i>EDGE Building</i> .....	37
4. <i>Cost</i> dan <i>Retrofitting</i> .....	38
F. Bagan Alir Penelitian .....	40

#### BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Objek Penelitian .....	41
B. Analisis <i>Ecotect</i> .....	42
1. Analisis Pencahayaan <i>Ecotect</i> .....	43
2. Analisis Penghawaan <i>Ecotect</i> .....	46
C. Analisis EDGE .....	70
1. Simulasi Bangunan Eksisting.....	71
2. Efisiensi Energi .....	73
3. Rekomendasi Skenario.....	81
D. Skenario <i>Retrofitting</i> .....	81
1. Skenario Pertama.....	82
2. Skenario Kedua .....	83
3. Skenario Ketiga .....	85
4. Perubahan Warna Dinding .....	86
5. Perubahan Warna Atap.....	87
E. <i>Saving Coast</i> .....	92

#### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	94
B. Saran.....	95

DAFTAR PUSTAKA.....	96
---------------------	----

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkat Pencahayaan Minimum yang direkomendasikan.....	10
Tabel 2. Nilai Insulasi Pakaian .....	12
Tabel 3. Nilai MET Berbagai Aktivitas.....	13
Tabel 4. Jadwal Pelaksanaan Proposal dan Tesis .....	30
Tabel 5. Data Pengukuran Pencahayaan Berdasarkan Titik.....	45
Tabel 6. Data Pengukuran Suhu dan Kelembapan .....	47
Tabel 7. Profil Temperatur Rata-Rata Hari Terpanas.....	49
Tabel 8. Profile Temperatur Rata-Rata Hari Terdingin.....	50
Tabel 9. <i>Gains Breakdown – All Visible Thermal Zone</i> .....	53
Tabel 10. <i>Fabric Gains</i> untuk seluruh Zona Termal.....	55
Tabel 11. <i>Fabric Gains</i> setiap ruangan .....	56
Tabel 12. <i>Indirect Solar Gains</i> untuk seluruh Zona Termal.....	57
Tabel 13. <i>Indirect Solar Gains</i> setiap ruangan.....	58
Tabel 14. <i>Direct Solar Gains</i> untuk seluruh Zona Termal.....	60
Tabel 15. <i>Direct Solar Gains</i> setiap ruangan .....	60
Tabel 16. <i>Ventilation Gains</i> untuk seluruh Zona Termal.....	62
Tabel 17. <i>Ventilation Gains</i> setiap ruangan.....	62
Tabel 18. <i>Internal Gains</i> untuk seluruh Zona Termal.....	63
Tabel 19. <i>Internal Gains</i> setiap ruangan .....	64
Tabel 20. <i>Interzonal Gains</i> untuk seluruh Zona Termal .....	65
Tabel 21. <i>Interzonal Gains</i> setiap ruangan.....	66
Tabel 22. Perbandingan Beban Termal .....	67
Tabel 23. Nilai <i>Cooling Load</i> dan <i>Solar Exposure</i> rata-rata perbulan .....	68
Tabel 24. Nilai Parameter Aumsi .....	72
Tabel 25. Skenario EDGE .....	73
Tabel 26. <i>Solar reflectivity values for typical roofing materials</i> .....	75
Tabel 27. <i>Solar reflectivity of typical wall finishes</i> .....	76
Tabel 28. <i>Types of natural ventilation</i> .....	77
Tabel 29. <i>Minimum Number of ceiling fans required for different room sizes</i> .....	79
Tabel 30. <i>Typical range of efficacies for different lamp types</i> .....	81

Tabel 31. Nilai Beban Termal Warna Dinding.....	86
Tabel 32. Nilai Beban Termal Warna Atap .....	88
Tabel 33. Perbandingan Nilai Lux Eksisting dan Skenario.....	89
Tabel 34. Perbandingan Nilai Suhu dan Skenario .....	90
Tabel 35. Perbandingan Nilai Beban Eksisting dan Skenario .....	90
Tabel 36. Perbandingan Biaya Antar Skenario.....	92
Tabel 37. Perhitungan harga per kWh .....	93

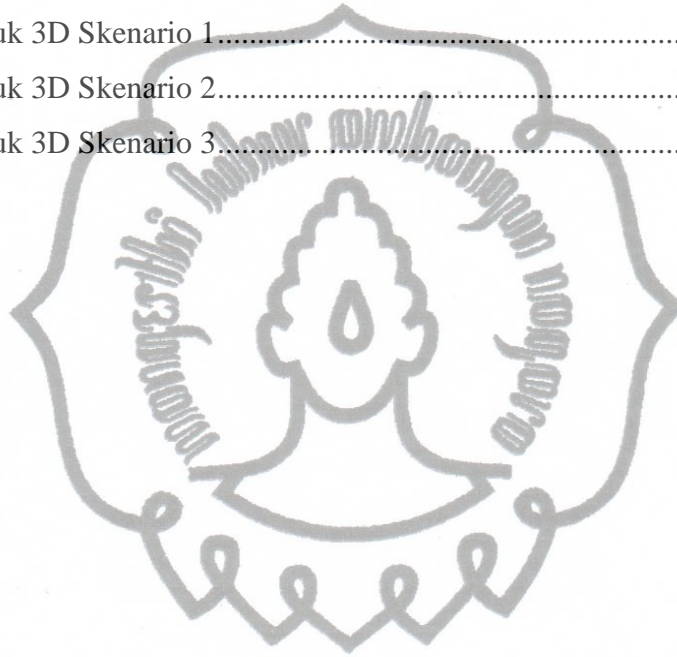


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Contoh Rencana Anggaran Biaya.....	16
Gambar 2. Contoh Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.....	17
Gambar 3. Peta Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta .....	28
Gambar 4. Lokasi Decorator Indonesia.....	28
Gambar 5. Eksterior Gudang Produksi Decorator Indonesia .....	29
Gambar 6. Eksterior Gudang Produksi Decorator Indonesia .....	29
Gambar 7. Pemodelan <i>Ecotect</i> .....	33
Gambar 8. <i>Ecotect Weather Data</i> .....	34
Gambar 9. <i>Sun Path Diagram</i> .....	35
Gambar 10. <i>Daylight Analysis</i> .....	36
Gambar 11. <i>Thermal Analysis</i> .....	37
Gambar 12. Tampilan <i>EDGE Building</i> .....	38
Gambar 13. Diagram Alir.....	40
Gambar 14. Arah Bangunan Menghadap ke Utara.....	41
Gambar 15. Denah Gudang Produksi Decorator Indonesia .....	42
Gambar 16. Analisis <i>Ecotect</i> Pencahayaan Alami tanpa Lampu .....	43
Gambar 17. Posisi Titik Lampu.....	44
Gambar 18. <i>Electric Light Levels</i> .....	46
Gambar 19. <i>Overall Light Levels</i> .....	46
Gambar 20. Grafik profil temperatur hari terpanas .....	48
Gambar 21. Grafik profil temepratur hari terdingin .....	50
Gambar 22. Diagram <i>passive gain breakdown</i> .....	52
Gambar 23. Diagram <i>fabric gains</i> .....	54
Gambar 24. Diagram <i>Indirect Solar Gains</i> .....	57
Gambar 25. Diagram <i>Direct Solar Gains</i> .....	59
Gambar 26. Diagram <i>Ventilation Gains</i> .....	61
Gambar 27. Diagram <i>Internal Gains</i> .....	63
Gambar 28. Diagram <i>Interzonal Gains</i> .....	65
Gambar 29. Grafik <i>Cooling Load</i> .....	68
Gambar 30. Proporsi Energi Ideal Perkantoran.....	72



Gambar 31. Kondisi Skenario Pertama .....	82
Gambar 32. Kondisi Lighting Analysis Skenario Pertama .....	83
Gambar 33. Kondisi Skenario Kedua .....	84
Gambar 34. Kondisi <i>Lighting Analysis</i> Skenario Kedua .....	84
Gambar 35. Kondisi Skenario Ketiga .....	85
Gambar 36. Kondisi <i>Lighting Analysis</i> Skenario Ketiga .....	86
Gambar 37. Grafik Perbandingan Cat Dinding Luar .....	87
Gambar 38. Grafik Perbandingan Cat Atap .....	88
Gambar 39. Bentuk 3D Skenario 1 .....	91
Gambar 40. Bentuk 3D Skenario 2 .....	91
Gambar 41. Bentuk 3D Skenario 3 .....	92



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar denah bangunan.....	99
Lampiran 2. Dokumentasi gedung bangunan.....	100
Lampiran 3. Hasil olah data eksisting .....	104
Lmpiran 4. Hasil olah data EDGE.....	115
Lampiran 5. Hasil olah data skenario .....	126
Lampiran 6. Biaya perencanaan dan kontruksi .....	135
Lampiran 7. Lembar Konsultasi.....	137

