

TESIS

**PENERAPAN *PERFORATED ALUMINUM* UNTUK *ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION* (EEC) PADA BANGUNAN KEMENTERIAN HUKUM DAN HAM
PROVINSI MALUKU DENGAN PENDEKATAN BERBASIS
BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)**



LAMBERTUS WAAS

215418763

**PROGRAM STUDI MAGISTER ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK DEPARTEMEN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**

2023



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER ARSITEKTUR

PERSETUJUAN TESIS

Nama : LAMBERTUS WAAS
Nomor Mahasiswa : 215418763
Konsentrasi : Arsitektur Digital
Judul Tesis : Penerapan *Perforated Aluminum* untuk *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) pada Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku dengan Pendekatan Berbasis *Building Information Modeling* (BIM)

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Prasasto Satwiko MBS. Ph.D.	20/03/2023	



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER ARSITEKTUR

PENGESAHAN TESIS

Nama : LAMBERTUS WAAS
Nomor Mahasiswa : 215418763
Konsentrasi : Arsitektur Digital
Judul Tesis : Penerapan *Perforated Aluminum* untuk *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) pada Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku dengan Pendekatan Berbasis *Building Information Modeling* (BIM)

Nama Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
1. Prof. Ir. Prasasto Satwiko MBSc. Ph.D. (Ketua / Penguji / Pembimbing I)	20/03/2023	
2. S. Felasari S.T., M.Sc., CAED., Ph.D (Anggota / Penguji)	16/03/2023	
3. Floriberta Binarti, S.T., Dipl.NDS., Arch. (Anggota / Penguji)	15/03/2023	

Mengetahui,
20/03/2023
Ketua Program Studi Magister Arsitektur

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Khairunnisa, ST., M.Eng. Ph.D.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lambertus Waas

NIM : 215418763

Program Studi : Magister Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya dan atas kesadaran sendiri bahwa tesis berjudul:

**Penerapan *Perforated Aluminum* untuk *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) pada
Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku dengan
Pendekatan Berbasis *Building Information Modeling* (BIM)**

adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, dan tidak melakukan plagiarisme atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan apabila kelak di kemudian hari terdapat bukti ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini.

Yogyakarta, Maret 2023

Yang membuat pernyataan



Lambertus Waas

INTISARI

Building Information Modeling (BIM) dan desain bangunan hijau adalah dua tren di industri *Architecture, Engineering and Construction* (A/E/C) yang saling menguatkan, mendukung dan menguntungkan dalam proses desain. Dalam penelitian ini dilakukan penerapan desain *perforated aluminum* sebagai *fleksibel shading* untuk mengetahui dampaknya terhadap intensitas konsumsi energi pendingin (IECC). Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis BIM 6D untuk *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) dengan mengacu IECC GBCI dan ASEAN-USAID untuk gedung perkantoran. Dalam penerapan hasil desain *perforated aluminum* digunakan data gedung Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku yang dimodelkan sesuai kondisi bangunan eksisting dan standar bangunan hijau pada EEC. Dalam mengukur IECC disimulasikan dengan menggunakan tiga variabel bebas di antaranya ukuran lubang 1 cm s/d 16 cm, tingkat transparansi dan kapasitas mesin pendingin. Desain *perforated aluminum* ini mampu mereduksi cahaya alami yang masuk sebesar 58,40% s/d 20,96%. *Perforated aluminum* ukuran lubang dua cm pada bangunan eksisting dan bangunan hijau memiliki IECC yang rendah, masing-masing 88,20 kWh/m².a dan 64,44 kWh/m².a dengan tingkat EEC 7,38% dan 32,38%. Penerapan *perforated aluminum* ini pada bangunan eksisting memiliki tingkat EEC 45,72% sesuai GBCI dan ASEAN-USAID 43,46%. Hasil penerapan *perforated aluminum* ini dengan COP AC diatas 4.2 dalam lima tahun bisa menghemat Rp 321.769.177,75.

Kata Kunci : *perforated aluminum* ; *energy efficiency and conservation* (EEC) ; intensitas konsumsi energi pendingin (IECC) ; *Building Information Modeling* (BIM) ; ; Bangunan Hijau

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) and green building design are two trends in the Architecture, Engineering and Construction (A/E/C) industry that reinforce, support and benefit each other in the design process. In this research, the application of perforated aluminum design as a flexible shading was carried out to determine its impact on the intensity of energy consumption cooling (IECC). This research uses a BIM 6D-based approach for Energy Efficiency and Conservation (EEC) concerning IECC GBCI and ASEAN-USAID for office buildings. In implementing the results of the perforated aluminum design, data from the office of the Maluku Province Ministry of Law and Human Rights was used which was modeled according to existing building conditions and green building standards in the EEC. In measuring IECC, it is simulated using three independent variables including hole size 1 cm to 16 cm, level of transparency and capacity of the cooling machine. This perforated aluminum design can reduce incoming natural light by 58.40% to 20.96%. Perforated aluminum with a hole size of two cm in existing buildings and green buildings has a low IECC, respectively 88.20 kWh/m².a and 64.44 kWh/m².a with an EEC level of 7.38% and 32.38%. The application of this perforated aluminum in existing buildings has an EEC level of 45.72% according to GBCI and ASEAN-USAID 43.46%. The results of applying this perforated aluminum with AC COP above 4.2 in five years can save Rp 321,769,177.75.

Keywords : perforated aluminum ; energy efficiency and conservation (EEC); intensity energy consumption cooling (IECC); Building Information Modeling (BIM); ; Green Building

KATA HANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis dengan judul **“Penerapan *Perforated Aluminum* untuk *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) pada Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku dengan Pendekatan Berbasis *Building Information Modeling* (BIM)”**. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan dalam penulisan ini, namun besar harapan penulis agar hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Dengan tulus hati, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi dorongan untuk proses penulisan ini, diantaranya.

1. **Prof. Ir. Prasasto Satwiko, MBSc, Ph.D.**, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam penyempurnaan penulisan.
2. **S. Felasari S.T., M.Sc., CAED., Ph.D** dan **Floriberta Binarti, S.T., Dipl.NDS., Arch.**, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran untuk menyempurnakan penulisan.
3. **Joseph Waas** dan **Debora Sariwating**, selaku orang tua yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis selama melakukan studi pada Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Akhir kata semoga penulisan tesis ini dapat dimanfaatkan dengan baik sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, Maret 2023

DAFTAR ISI

LEMBARAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN TESIS	ii
PENGESAHAN TESIS	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT.....	vi
KATA HANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
SINGKATAN	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Penelitian.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Keaslian Penelitian	6
1.7 Kerangka Berpikir	11
1.8 Jadwal Penelitian	12
BAB II.....	13
LANDASAN TEORI.....	13
2.1 Pengertian BIM.....	13
2.2 Pengertian BEM.....	15

2.3	Gabungan BIM dan BEM.....	16
2.4	<i>Software Building Performance Simulation (BPS)</i>	17
2.5	<i>Energy Efficiency and Conservation (EEC)</i>	18
2.6	<i>Fleksibel Shading</i>	19
BAB III		21
METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Desain Penelitian	21
3.2	Objek Penelitian.....	21
3.3	Jenis Penelitian	22
3.4	Teknik Pengumpulan Data	22
3.5	Variabel yang Digunakan	23
3.6	Pengukuran Variabel	23
3.7	Model Hubungan Antara Variabel.....	24
3.8	Teknik Analisis Data	24
3.9	Diagram Alur Penelitian	25
BAB IV		27
ANALISIS HASIL PENELITIAN		27
4.1	Analisis Iklim.....	27
4.2	Parameter, Kriteria dan Geometri Bangunan.....	28
4.3	Hasil Evaluasi Pencahayaan	34
4.3.1	Hasil Evaluasi Pencahayaan Alami	34
4.3.2	Hasil Evaluasi Pencahayaan Buatan	36
4.4	Hasil Evaluasi Energi Total Bangunan Eksisting	39
4.5	Hasil Evaluasi Bangunan Gedung Eksisting dengan <i>Fleksibel Shading</i>	42
4.5.1	Hasil Analisis Energi Tahunan Total Bangunan Eksisting dengan <i>Fleksibel Shading</i>	42
4.5.2	Hasil Analisis Energi Berdasarkan <i>Summer Solstice</i> dan <i>Winter Solstice</i> pada Bangunan Eksisting	45
4.6	Hasil Evaluasi Bangunan Gedung Hijau dengan <i>Fleksibel Shading</i>	49
4.6.1	Hasil Analisis Energi Tahunan Total Bangunan Gedung Hijau dengan <i>Fleksibel Shading</i>	49

4.6.2 Hasil Analisis Energi Berdasarkan <i>Summer Solstice</i> dan <i>Winter Solstice</i> pada <i>Green Building</i>	53
4.7 Perbandingan Hasil Analisis IEC, IECC antara Gedung Eksisting dan <i>Green Building</i> sesuai Tingkat Transparansi pada <i>Fleksibel Shading</i>	58
4.7.1 Perbandingan IEC, IECC antara Gedung Eksisting dan <i>Green Building</i>	58
4.7.2 Perbandingan Tingkat Efisiensi IEC, IECC antara Gedung Eksisting dan <i>Green Building</i> Sesuai EEC GBCI.....	60
4.8 Hasil Penerapan Desain <i>Perforated Aluminum</i> sebagai <i>Fleksibel Shading</i>	62
4.9 Keuntungan Dalam Implementasi Standar Bangunan Gedung Hijau	66
BAB V	67
PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Implikasi Penelitian	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu Tentang BIM.....	6
Tabel 1.2 Penelitian Terdahulu Tentang EEC.....	8
Tabel 1.3 Penelitian Terdahulu Tentang <i>Fleksibel shading</i>	9
Tabel 1.4 Jadwal Penelitian.....	12
Table 2.1 IEC dan IECC dari ASEAN–USAID dan GBCI.....	19
Tabel 3.1 Variabel Bebas dan Terikat	23
Tabel 4.1 Hasil Analisis Iklim dari Eco Designer untuk Simulasi Energi	27
Tabel 4.2 Perbedaan Antara Kantor Eksisting dan Kantor Hijau.....	28
Tabel 4.3 Parameter dan Kriteria untuk Perhitungan Termal.....	29
Tabel 4.4 Data Material Bangunan.....	32
Tabel 4.5 Analisis Pencahayaan Alami.....	35
Tabel 4.6 Reduksi Pencahayaan Alami (%).....	36
Tabel 4.7 Perwakilan Ruangan untuk Analisis Pencahayaan Buatan	36
Tabel 4.8 Hasil Analisis Energi Tahunan.....	41
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Analisis Energi Tahunan Bangunan Eksisting.....	42
Tabel 4.10 Perbandingan Hasil Analisis Energi Harian Bangunan Eksisting.....	45
Tabel 4.11 Perbandingan Hasil Analisis Energi Tahunan <i>Green Building</i>	50
Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Analisis Energi Harian <i>Green Building</i>	53
Tabel 4.13 Keuntungan Implementasi Standar GBCI untuk Sistem Pendingin	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Siklus Bangunan	2
Gambar 2.1 Linimasa Pengembangan BIM	13
Gambar 2.2 Proses Simulasi BEM	16
Gambar 2.3 Jenis Pergerakan	19
Gambar 2.4 Fasad Kinetik Mimosa.....	20
Gambar 3.1 Lokasi Bangunan	21
Gambar 3.2 Skema Metode Penelitian	26
Gambar 4.1 Model 3D Bangunan di Archicad.....	30
Gambar 4.2 Model 3D Denah Lantai Satu s/d Lantai Empat di BIMX Desktop View.....	31
Gambar 4.3 Model 3D Bangunan di Archicad dengan <i>Fleksibel shading</i> Sederhana	33
Gambar 4.4 Dinding Komposit untuk <i>Fleksibel shading</i>	33
Gambar 4.5 Analisis Pencahayaan Alami dan Buatan Pada Lantai Satu	38
Gambar 4.6 Waktu Operasional Ruang Kerja.....	39
Gambar 4.7 BEM Blok Termal Lantai Satu s/d Lantai Empat.....	40
Gambar 4.8 BEM Komponen Struktur Lantai Satu s/d Lantai Empat	40
Gambar 4.9 BEM Komponen Transparan dan Bukaannya Lantai Satu S/D Lantai Empat.....	41

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1 Hubungan Variabel Bebas dan Terikat	24
Grafik 4.1 Hasil Analisis Cahaya Alami pada Area Kaca Bangunan Eksisting	34
Grafik 4.2 Perbandingan Rerata Hasil Analisis Cahaya Alami.....	34
Grafik 4.3 Perbandingan Rerata Hasil Analisis Tingkat Terang Cahaya Alami.....	35
Grafik 4.4 Hasil Analisis Kebutuhan Beban Total Sistem Pendingin Ruangan pada Bangunan Gedung Eksisting.....	43
Grafik 4.5 Persentase Efisiensi Kebutuhan Energi pada Sistem Pendingin Ruangan Bangunan Gedung Eksisting.....	43
Grafik 4.6 Hasil Analisis Radiasi Melalui Kaca pada Bangunan Eksisting.....	44
Grafik 4.7 Persentase Reduksi Radiasi Melalui Kaca pada Bangunan Gedung Eksisting	44
Grafik 4.8 Persentase Efisiensi Kebutuhan Energi pada Sistem Pendingin Ruangan Gedung Eksisting dalam Satu Hari/Jam	46
Grafik 4.9 Persentase Reduksi Radiasi Melalui Kaca pada Bangunan Gedung Eksisting dalam Satu Hari/Jam.....	47
Grafik 4.10 Perbandingan Temperatur Udara Ruang Staff Lantai Satu/Minggu pada Gedung Eksisting	48
Grafik 4.11 Perbandingan Beban Pendingin Ruang Staff Lantai Satu/Minggu pada Gedung Eksisting	48
Grafik 4.12 Tingkat Efisiensi Beban Pendingin Ruang Staff Lantai Satu/Minggu pada Gedung Eksisting.....	49
Grafik 4.13 Hasil Analisis Kebutuhan Beban Total Sistem Pendingin Ruangan pada Bangunan <i>Green Building</i>	51
Grafik 4.14 Persentase Efisiensi Kebutuhan Energi pada Sistem Pendingin Ruangan Bangunan <i>Green Building</i>	51
Grafik 4.15 Hasil Analisis Radiasi Melalui Kaca pada <i>Green Building</i>	52
Grafik 4.16 Persentase Reduksi Radiasi Melalui Kaca pada <i>Green Building</i>	52
Grafik 4.17 Persentase Efisiensi Kebutuhan Energi pada Sistem Pendingin Ruangan <i>Green Building</i> dalam Satu Hari/Jam.....	54
Grafik 4.18 Persentase Reduksi Radiasi Melalui Kaca pada <i>Green Building</i> dalam Satu Hari/Jam.....	55
Grafik 4.19 Perbandingan Temperatur Udara Ruang Staff Lantai Satu/Minggu	

pada <i>Green Building</i>	56
Grafik 4.20 Perbandingan Beban Pendingin Ruang Staff Lantai Satu/Minggu	
pada <i>Green Building</i>	56
Grafik 4.21 Tingkat Efisiensi Beban Pendingin Ruang Staff Lantai Satu/Minggu	
pada <i>Green Building</i>	57
Grafik 4.22 IEC pada Bangunan Eksisting dan <i>Green Building</i>	58
Grafik 4.23 Perbandingan Tingkat Efisiensi IEC dari Bangunan Eksisting	58
Grafik 4.24 IECC pada Bangunan Eksisting dan <i>Green Building</i>	59
Grafik 4.25 Perbandingan Tingkat Efisiensi IECC dari Bangunan Eksisting	59
Grafik 4.26 Perbandingan Tingkat Efisiensi IEC Sesuai GBCI	60
Grafik 4.27 Perbandingan Tingkat Efisiensi IECC Sesuai GBCI	60
Grafik 4.28 Hasil Penerapan Desain <i>Perforated Aluminum</i> pada	
Gedung Eksisting	62
Grafik 4.29 Hasil Penerapan Desain <i>Perforated Aluminum</i> pada	
<i>Green Building</i>	63
Grafik 4.30 Tingkat EEC dengan Penerapan Desain <i>Perforated Aluminum Panel</i>	
Sebagai <i>Fleksibel Shading</i>	64

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	73
1. Gambar Denah Kantor, Denah Tata Udara dan Denah Instalasi Penerangan Lantai 1 s/d 4 Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku.....	73
2. Hasil Analisis Pencahayaan Alami Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku dengan <i>Fleksibel Shading</i>	86
3. Hasil Evaluasi Konsumsi Energi Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku dengan <i>Fleksibel Shading</i>	101
4. Hasil Evaluasi Konsumsi Energi Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku sesuai Standar Bangunan Hijau dengan <i>Fleksibel Shading</i>	105
5. Hasil Penerapan Desain <i>Fleksibel Shading</i> pada Bangunan Kantor Kementerian Hukum dan HAM Provinsi Maluku.....	109

SINGKATAN



ACP	:	Aluminum Composite Panel
AEC	:	Architecture, Engineering and Construction
ANSI	:	American National Standards Institute
ASHRAE	:	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ASEAN–USAID	:	Association of Southeast Asian Nations–United States Agency for International Development’s
BIM	:	Building Information Modeling
BEM	:	Building Energy Modeling
BPS	:	Building Performance Simulation
BREEM	:	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CAD	:	Computer Aided Design
COP	:	Coefficient Of Performance
DIN	:	Deutsches Institut für Normung
EE	:	Evaluasi Energi
EEC	:	Energy Efficiency and Conservation
GBCI	:	Green Building Council Indonesia
gbXML	:	green building XML
GUI	:	Graphical User Interface
HVAC	:	Heating, Ventilation, and Air-Conditioning
IEC	:	Intensitas Konsumsi Energi
IECC	:	Intensitas Konsumsi Energi Untuk Pendinginan
IFC	:	Industry Foundation Classes
LEED	:	Leadership in Energy and Environmental Design
OTTV	:	Overall Thermal Transfer Value
RTTV	:	Roof Thermal Transfer Value