



LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI KOMPARATIF MATERIAL LOKAL BALI DENGAN MATERIAL KONVENSIONAL TERHADAP KINERJA ENERGI DAN EMISI KARBON BERBASIS BIM 6D (STUDI KASUS: HOTEL MATAHATI, BALI)

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilaksanakan ujian

Ahmad Yahya Ayyash

NIM. 233149

Annisa Pahlevi Suryanegara

NIM. 233172

Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung
Semarang,

Dosen Pembimbing I

Robi Fernando, S.T., M.T.

NIP. 198608282014021005

Dosen Pembimbing II

Dr. Yudha Pracastino Heston, S.T., M.T.

NIP. 197908292005021001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
TEKNOLOGI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG
POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM
TAHUN 2026

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARATIF MATERIAL LOKAL BALI DENGAN MATERIAL KONVENSIONAL TERHADAP KINERJA ENERGI DAN EMISI KARBON BERBASIS BIM 6D (STUDI KASUS: HOTEL MATAHATI, BALI)

Tugas Akhir disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya Teknik (A.Md.T)
Politeknik Pekerjaan Umum Semarang

Oleh:

1. Ahmad Yahya Ayyash
NIM. 233149

2. Annisa Pahlevi Suryanegara
NIM. 233172

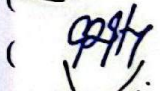
Tanggal Ujian : Senin, 27 Juli 2026

Menyetujui,

Ketua Penguji : Robi Fernando, S.T., M.T.

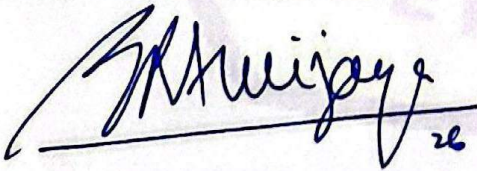
Penguji 1 : Dr. Rizky Citra Islami, S.T., M.Sc., M.T.

Penguji 2 : Nofriani Surahman, S.T., M.T.

()
()
()

Mengesahkan,

Direktur Politeknik Pekerjaan Umum



Ir. Brawijaya, S.T., S.E., M.Eng.I.E., MSCE, Ph.D., IPU, ASEAN.Eng.

NIP. 196606101995021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi
Konstruksi Bangunan Gedung


Dr. Raditya Hari Murti, S.T., M.Sc., M.T.

NIP. 197904282005021002

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1 / NIM : Ahmad Yahya Ayyash / 233149

Nama Mahasiswa 2 / NIM : Annisa Pahlevi Suryanegara / 233172

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Studi Komparatif Material Lokal Bali dengan Material Konvensional terhadap Kinerja Energi dan Emisi Karbon Berbasis BIM 6D (Studi Kasus: Hotel Matahati, Bali)” ini adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta buku karya jiplakan/plagiat. Saya bertanggung atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Semarang,
Yang Menyatakan,

Mahasiswa I

Mahasiswa II



Ahmad Yahya Ayyash

Annisa Pahlevi Suryanegara

NIM. 233149

NIM. 233172

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Studi Komparatif Material Lokal Bali dengan Material Konvensional terhadap Kinerja Energi dan Emisi Karbon Bangunan Hotel Berbasis BIM 6D”. Penyusunan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan di Program Studi Diploma III Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum Semarang.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing, memberikan dorongan serta nasehat dalam proses penyusunan tugas akhir ini sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan tepat waktu. Oleh karena itu, Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa mendukung dan memberikan motivasi bagi penulis selama menempuh pendidikan di Politeknik Pekerjaan Umum Semarang.
2. Bapak Ir. Brawijaya, S.T., S.E., M.Eng., IE, MSCE, Ph.D., IPU, ASEAN.Eng. selaku Direktur Politeknik Pekerjaan Umum.
3. Bapak Dr. Raditya Hari Murti, S.T., M.Sc., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung yang telah memberikan ilmu pengetahuan, serta semangat belajar bagi penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Robi Fernando, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir magang dengan baik.
5. Bapak Dr. Yudha Pracastino Heston, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir magang dengan baik.
6. Bapak Kadek Juliana Putra, S.T. selaku mentor selama pelaksanaan magang di Proyek Pembangunan Hotel dan Resort Matahati yang telah membimbing, memberikan arahan, berbagi pengetahuan praktis di lapangan, serta banyak

memberikan masukan yang berguna dalam memahami kondisi proyek di lapangan.

7. Seluruh dosen dan *staff* Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung dalam memberikan ilmu selama penulis berkuliah di Politeknik Pekerjaan Umum Semarang.
8. Seluruh *staff* pada Proyek Pembangunan Hotel dan Resort Matahati yang sudah memberikan arahan, bimbingan, serta pengetahuan baru kepada penulis selama melaksanakan kegiatan magang.
9. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Angkatan 2023 yang telah berjuang bersama dengan penulis dalam menempuh pendidikan selama 3 tahun di Politeknik Pekerjaan Umum Semarang.
10. Keluarga besar dan teman-teman penulis yang senantiasa memberikan dukungan, doa, serta bantuan yang tulus bagi penulis.

Dengan ini penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan dapat dijadikan sebagai referensi serta menambah wawasan bagi para pembaca. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Demikian yang dapat penulis sampaikan, penulis ucapkan terima kasih.

Semarang, 12 Agustus 2026

Penulis,

Ahmad Yahya Ayyash

NIM. 233149

Annisa Pahlevi Suryanegara

NIM. 233172

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	19
1.1 Latar Belakang	19
1.2 Rumusan Masalah	21
1.3 Tujuan Penelitian	22
1.4 Manfaat Penelitian	22
1.5 Batasan Penelitian	23
1.6 Variabel Penelitian.....	25
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	26
2.1 Dasar Teori.....	26
2.1.1 Material Bangunan.....	26
2.1.2 Kinerja Energi Bangunan.....	28
2.1.3 Emisi Karbon Bangunan	30
2.1.4 <i>Building Information Modeling (BIM)</i>	31
2.1.5 BIM 6D pada Bangunan Berkelanjutan	34
2.1.6 <i>Autodesk Revit dan Autodesk Forma Carbon Insight</i>	36
2.1.7 Net Zero Carbon Building	37
2.2 Studi Literatur	39
2.2.1 <i>State Of The Art</i>	39
2.2.2 <i>Research Gap</i>	43
2.2.3 <i>Novelty</i>	44
BAB III METODE PENELITIAN	46

3.1	Jenis dan Pendekatan Penelitian	46
3.2	Bagan Alir Penelitian	47
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian	50
3.4	Variabel Penelitian	52
3.4.1	Variabel Bebas	52
3.4.2	Variabel Terikat	52
3.4.3	Variabel Kontrol	55
3.5	Metode Pengumpulan Data	55
3.5.1	Data Geometrik Bangunan	56
3.5.2	Data Material Bangunan	57
3.5.3	Data Operasional Bangunan	59
3.5.4	Data Iklim	59
3.5.5	Data Emisi Karbon	60
3.5.6	Perangkat Lunak Penelitian	62
3.6	Metode Analisis Data	63
3.7	Permodelan BIM, Simulasi Energi dan Emisi Karbon	65
3.7.1	Permodelan Bangunan Hotel Matahati	65
3.7.2	Pengembangan Model Material	82
3.7.3	Pengaturan Simulasi Energi dan Emisi Karbon <i>Autodesk Forma Carbon Insights</i>	92
3.7.4	Simulasi Kinerja Energi dan Emisi Karbon	98
3.8	Analisis Emisi Karbon	101
3.8.1	Analisis <i>Embodied Carbon</i>	102
3.8.2	Analisis <i>Operational Carbon</i>	104
3.8.3	Analisis <i>Total Carbon Emission</i>	105
3.8.4	Evaluasi <i>Potensi Net Zero Carbon Building</i>	107
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	110
4.1	Gambaran Umum Objek Penelitian	110
4.2	Hasil Permodelan <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	111
4.2.1	Model <i>Existing</i> (Material Konvensional)	112

4.2.2	Model Alternatif (Material Lokal Bali)	113
4.2.3	Perbandingan Model Penelitian	116
4.3	Hasil Simulasi Kinerja Energi.....	120
4.3.1	Hasil Simulasi <i>Annual Energy Use Intensity</i> (EUI).....	120
4.3.2	Perbandingan <i>Annual Energy Use Intensity</i>	122
4.3.3	Analisis Pengaruh Material terhadap <i>Annual</i> EUI.....	124
4.3.4	Evaluasi <i>Annual</i> EUI terhadap Standar Intensitas Konsumsi Energi	125
4.4	Hasil Analisis <i>Embodied Carbon</i>	126
4.4.1	Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon</i>	127
4.4.2	Perbandingan <i>Embodied Carbon</i>	130
4.4.3	Analisis Pengaruh Penggunaan Material Lokal Bali terhadap <i>Embodied Carbon</i>	131
4.4.4	Pembahasan Hasil Analisis <i>Embodied Carbon</i>	132
4.5	Hasil Analisis <i>Operational Carbon</i>	133
4.5.1	Hasil Simulasi <i>Operational Carbon</i>	133
4.5.2	Perbandingan <i>Operational Carbon</i>	135
4.5.3	Analisis Pengaruh Material terhadap <i>Operational Carbon</i>	136
4.5.4	Pembahasan Hasil Analisis <i>Operational Carbon</i>	137
4.6	Hasil Analisis <i>Total Carbon</i>	138
4.6.1	Hasil Simulasi <i>Total Carbon</i>	138
4.6.2	Perbandingan <i>Total Carbon</i>	140
4.6.3	Analisis Pengaruh Material terhadap <i>Total Carbon</i>	141
4.6.4	Pembahasan Hasil Analisis <i>Total Carbon</i>	142
4.7	Evaluasi Potensi Material Lokal Bali dalam Mendukung Konsep <i>Net Zero Carbon Building</i>	143
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		147
5.1	Kesimpulan	147
5.2	Saran	149
DAFTAR PUSTAKA.....		151
LAMPIRAN.....		156

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	47
Gambar 3. 2 <i>Modeling 3D Arsitektur dengan Autodesk Revit Sumber: Hasil Penelitian (2026)</i>	49
Gambar 3. 3 <i>Modelling 3D MEP dengan Autodesk Revit Sumber: Hasil Penelitian (2026)</i>	50
Gambar 3. 4 Lokasi Proyek Hotel Matahati <i>Sumber: Data Proyek, 2026</i>	51
Gambar 3. 5 <i>Shop Drawing Denah Struktur Lantai 1 Hotel Matahati Sumber: Data Proyek (2026)</i>	66
Gambar 3. 6 <i>Shop Drawing Denah Arsitektur Lantai 1 Hotel Matahati Sumber: Data Proyek (2026)</i>	66
Gambar 3. 7 <i>Shop Drawing Denah Air Kotor, Air Bekas, dan Air Hujan Lantai 1 Hotel Matahati Sumber: Data Proyek (2026)</i>	67
Gambar 3. 8 Tampilan Awal Perangkat Lunak Autodesk Revit <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	67
Gambar 3. 9 Tampilan pilihan <i>Template File</i> untuk <i>Project Baru</i> <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	68
Gambar 3. 10 Tampilan <i>Menu Insert</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	68
Gambar 3. 11 Tampilan Tempat Memilih <i>File CAD</i> <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	69
Gambar 3. 12 Tampilan Pilihan Skala pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	69
Gambar 3. 13 Tampilan <i>Menu</i> untuk Membuat Garis <i>Grid</i> <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	70
Gambar 3. 14 Tampilan Garis <i>Grid</i> pada Model Bangunan Hotel Matahati <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	70
Gambar 3. 15 Tampilan <i>Menu</i> untuk Membuat <i>Level</i> pada Model <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	71
Gambar 3. 16 Tampilan <i>Level</i> pada Model Bangunan Hotel Matahati <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	71
Gambar 3. 17 Tampilan Elemen Pilihan pada <i>Menu Structure</i> <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	72
Gambar 3. 18 <i>Menu Properties Structure</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	72

Gambar 3. 19 Tampilan <i>Menu Edit Type Properties</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	73
Gambar 3. 20 Tampilan <i>Menu Modify</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	73
Gambar 3. 21 Hasil Permodelan Struktur Bangunan Hotel Matahati dengan <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	74
Gambar 3. 22 Tampilan Elemen Pilihan pada <i>Menu Architecture</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	75
Gambar 3. 23 <i>Menu Properties Architecture</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	75
Gambar 3. 24 Tampilan <i>Menu Edit Type Properties</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	76
Gambar 3. 25 Tampilan <i>Menu Modify</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	76
Gambar 3. 26 Hasil Permodelan Arsitektur Bangunan Hotel Matahati dengan <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	77
Gambar 3. 27 Tampilan Elemen Pilihan pada <i>Menu System Mechanical</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	78
Gambar 3. 28 Tampilan Elemen Pilihan pada <i>Menu System Plumbing</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	78
Gambar 3. 29 Tampilan Elemen Pilihan pada <i>Menu System Electrical</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	79
Gambar 3. 30 Tampilan <i>Menu Properties Mechanical</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	79
Gambar 3. 31 <i>Menu Properties Plumbing</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	80
Gambar 3. 32 <i>Menu Properties Electrical</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	80
Gambar 3. 33 Tampilan <i>Menu Edit Type Properties</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	81
Gambar 3. 34 Tampilan <i>Menu Modify</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	81
Gambar 3. 35 Hasil Permodelan MEP Bangunan Hotel Matahati dengan <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	82

Gambar 3. 36 Tampilan <i>Menu Manage</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	85
Gambar 3. 37 Tampilan <i>Menu Material Browser</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	85
Gambar 3. 38 Memilih Material yang Akan Diduplikasi pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	86
Gambar 3. 39 Mengubah Nama Material yang akan Digunakan pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	86
Gambar 3. 40 Tampilan <i>Tab Appereance</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	87
Gambar 3. 41 Tampilan <i>Tab Physical</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	87
Gambar 3. 42 Tampilan <i>Tab Thermal</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	88
Gambar 3. 43 Tampilan <i>Material Browser</i> yang Sudah Diubah pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	88
Gambar 3. 44 Memilih Seluruh Elemen yang Akan Diubah pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	89
Gambar 3. 45 Tampilan <i>Tab Edit Type</i> pada <i>Menu Properties Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	89
Gambar 3. 46 Tampilan <i>Menu Type Properties</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	90
Gambar 3. 47 Tampilan <i>Menu Edit Assembly</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	90
Gambar 3. 48 Tampilan <i>Menu Material Browser</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Peneliti (2026)</i>	91
Gambar 3. 49 Model Geometris Bangunan Hotel Matahati yang Materialnya Sudah Dirubah <i>Sumber: Data Penulis (2026)</i>	91
Gambar 3. 50 Tampilan <i>Menu Location and Site</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	95
Gambar 3. 51 Tampilan <i>Menu Energy Setting</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	95
Gambar 3. 52 Tampilan <i>Menu Advance Energy Setting</i> pada <i>Autodesk Revit Sumber: Data Penulis (2026)</i>	96

Gambar 3. 53 Tampilan <i>Menu Energy Analysis</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	96
Gambar 3. 54 Tampilan <i>Create Energy Analytical Model</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	97
Gambar 3. 55 Tampilan Model 3D yang Siap Disimulasikan Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	97
Gambar 3. 56 Tampilan Panel <i>Carbon Insight</i> pada <i>Autodesk Revit</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	98
Gambar 3. 57 Tampilan Jendela Konfirmasi pada Saat Proses Analisis Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	99
Gambar 3. 58 Tampilan Saat Analisis Karbon Telah Selesai Dilakukan Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	99
Gambar 3. 59 Hasil Analisis Karbon dengan <i>Autodesk Forma Carbon Insights</i> Sumber: <i>Data Penulis (2026)</i>	100
Gambar 4. 1 Model BIM Tampak 3D Bangunan <i>Existing</i> Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	113
Gambar 4. 2 Denah Bangunan <i>Existing</i> Sumber: <i>Data Proyek (2026)</i>	113
Gambar 4. 3 Model BIM Tampak 3D Bangunan dengan Material Lokal Bali Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	114
Gambar 4. 4 Perbandingan Visual dari Model <i>Finishing</i> Dinding Batu Palimanan (kiri) dan Batu Paras Kerobokan (kanan) Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	116
Gambar 4. 5 Perbandingan Visual dari Model <i>Railing</i> Kayu Konvensional (kiri) dan <i>Railing</i> Bambu Tali (kanan) Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	117
Gambar 4. 6 Perbandingan Visual dari Model <i>Gypsum Ceiling</i> (kiri) dengan <i>Lumber Ceiling</i> Kayu Keruing (kanan) Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	118
Gambar 4. 7 Perbandingan Visual dari Model Bangunan dengan Material Konvensional (kiri) dengan Bangunan dengan Material Lokal Bali (kanan) Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	119
Gambar 4. 8 Hasil Simulasi <i>Annual Energy Use Intensity</i> Model Material Konvensional Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	121
Gambar 4. 9 Hasil Simulasi <i>Annual Energy Use Intensity</i> Model Material Lokal Bali Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	121
Gambar 4. 10 Perbandingan Hasil Simulasi <i>Annual Energy Use Intensity</i> Sumber: <i>Hasil Penelitian (2026)</i>	123

Gambar 4. 11 Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon</i> Material Konvensional Sumber: Hasil Penelitian (2026).	127
Gambar 4. 12 <i>Pie Chart</i> Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon</i> Material Konvensional Sumber: Hasil Penelitian (2026).	128
Gambar 4. 13 <i>Construction Summary</i> dari Simulasi <i>Embodied Carbon</i> Material Konvensional Sumber: Hasil Penelitian (2026).	128
Gambar 4. 14 Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon</i> Material Lokal Bali Sumber: Hasil Penelitian (2026).	128
Gambar 4. 15 <i>Pie Chart</i> Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon</i> Material Lokal Bali Sumber: Hasil Penelitian (2026).	129
Gambar 4. 16 <i>Construction Summary</i> dari Simulasi <i>Embodied Carbon</i> Material Lokal Bali Sumber: Hasil Penelitian (2026).	129
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan <i>Embodied Carbon</i> Sumber: Hasil Penelitian (2026).	131
Gambar 4. 18 Hasil Simulasi <i>Operational Carbon</i> Material Konvensional Sumber: Hasil Penelitian (2026).	134
Gambar 4. 19 Hasil Simulasi <i>Operational Carbon</i> Material Lokal Bali Sumber: Data Penulis (2026).	134
Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan <i>Operatioan Carbon</i> Sumber: Hasil Penelitian (2026).	136
Gambar 4. 21 Hasil Simulasi <i>Total Carbon</i> Bangunan dengan Material Konvensional Sumber: Hasil Penelitian (2026).	139
Gambar 4. 22 Hasil Simulasi <i>Total Carbon</i> Bangunan dengan Material Lokal Bali Sumber: Hasil Penelitian (2026).	139
Gambar 4. 23 Grafik Perbandingan Nilai <i>Total Carbon</i> Sumber: Hasil Penelitian (2026).	141

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Dimensi BIM dan Deskripsinya.....	33
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	39
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	51
Tabel 3. 2 Data Geometrik Bangunan yang Diperlukan	56
Tabel 3. 3 Data Material Bangunan yang Diperlukan	57
Tabel 3. 4 Data Operasional Bangunan yang Diperlukan.....	59
Tabel 3. 5 Data Iklim dan Cuaca yang Diperlukan.....	60
Tabel 3. 6 Data Embodied Carbon yang Diperlukan.....	60
Tabel 3. 7 Data Operational Carbon yang Diperlukan.....	62
Tabel 3. 8 Perangkat Lunak yang Diperlukan	62
Tabel 3. 9 Matriks Analisis Data Penelitian	63
Tabel 3. 10 Data Properti Material yang Dikumpulkan.....	83
Tabel 3. 11 Parameter Simulasi Energi.....	92
Tabel 3. 12 Data Simulasi yang Digunakan dalam <i>Autodesk Forma Carbon Insights</i>	93
Tabel 3. 13 Output Simulasi Energi dan Emisi Karbon <i>Autodesk Forma Carbon Insights</i>	100
Tabel 3. 14 Parameter Perhitungan <i>Embodied Carbon</i>	103
Tabel 3. 15 Parameter Analisis Operational Carbon.....	104
Tabel 3. 16 Parameter Analisis Total Carbon Emission	106
Tabel 3. 17 Kriteria Evaluasi Potensi <i>Net Zero Carbon Building</i> Berdasarkan WGBC	108
Tabel 4. 1 Informasi Umum Objek Penelitian	110
Tabel 4. 2 Elemen Material yang Disubstitusi.....	114
Tabel 4. 3 Perbandingan Karakteristik Material Penelitian	119
Tabel 4. 4 Hasil Simulasi <i>Annual Energy Use Intensity</i>	122
Tabel 4. 5 Perbandingan <i>Annual Energy Use Intensity</i>	123
Tabel 4. 6 Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon</i>	130
Tabel 4. 7 Perbandingan <i>Embodied Carbon</i>	131
Tabel 4. 8 Hasil Simulasi <i>Operational Carbon</i>	135

Tabel 4. 9 Perbandingan <i>Operational Carbon</i>	136
Tabel 4. 10 Hasil Simulasi <i>Total Carbon</i>	140
Tabel 4. 11 Perbandingan Total Carbon	141
Tabel 4. 12 Ringkasan Hasil Analisis Total Karbon.....	143
Tabel 4. 13 Evaluasi Hasil Penelitian terhadap Konsep <i>Net Zero Carbon Building</i>	144
Tabel 4. 14 Ringkasan Evaluasi terhadap Prinsip NZCB (WGBC)	146



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tampak Depan <i>Modeling</i> 3D Struktur	156
Lampiran 2 Tampak Depan 3D <i>Modeling</i> Arsitektur	157
Lampiran 3 Tampak Belakang 3D <i>Modeling</i> Arsitektur	158
Lampiran 4 Shop Drawing Denah Struktur Lantai 1	159
Lampiran 5 <i>Shop Drawing</i> Denah <i>Finishing</i> Lantai 1	160
Lampiran 6 <i>Shop Drawing</i> Denah <i>Power Panel</i> Lantai 1	161
Lampiran 7 Hasil Simulasi <i>Total Carbon Autodesk Forma Carbon Insights</i> dengan Material Konvensional.....	162
Lampiran 8 Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon Autodesk Forma Carbon Insights</i> pada Material Konvensional.....	163
Lampiran 9 Hasil Simulasi <i>Total Carbon Autodesk Forma Carbon Insights</i> dengan Material Lokal.....	164
Lampiran 10 Hasil Simulasi <i>Embodied Carbon Autodesk Forma Carbon Insights</i> pada Material Lokal.....	165
Lampiran 11 Hasil Cek Plagiarisme Tugas Akhir	166