

SKRIPSI SARJANA TERAPAN
**IMPLEMENTASI KONSTRUKSI DIGITAL BERBASIS *BUILDING*
INFORMATION MODELING 6D (BIM 6D) PADA PROYEK GEDUNG
OLAHRAGA UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**



*Mencerdaskan dan
Memartabatkan Bangsa*

RICKY JOHANES SAPUTRA SIANIPAR
1506520049

PROGRAM STUDI
SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2024

ABSTRAK

Ricky Johanes Saputra Sianipar, Irika Widiyanti, Erna Septiandini (2024) **“Implementasi Konstruksi Digital Berbasis *Building Information Modeling 6D (BIM 6D)* Pada Proyek Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta”**. Skripsi, Jakarta: Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Efisiensi energi telah menjadi perhatian utama di industri konstruksi karena semakin meningkatnya kesadaran akan perlunya menjaga lingkungan dan mengurangi dampak perubahan iklim. Penerapan *Building Information Modeling (BIM)* sebagai alat untuk meningkatkan efisiensi energi pada tahap perencanaan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor yang dapat mempengaruhi penggunaan energi dengan mengetahui nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) pada Proyek Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta, dan mengetahui dampak penerapan *Building Information Modeling (BIM)*. Metode yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah metode 4D (*Define, Design, Development, Disseminate*). Dari hasil simulasi menggunakan software Autodesk Revit dan Autodesk Insight, didapatkan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 320 kWh/m²/tahun. Faktor yang dilakukan untuk melakukan penghematan energi yaitu dengan Efisiensi Pencahayaan menggunakan 7,53 W/m², Pencahayaan Alami dan Kontrol Hunian, HVAC menggunakan *ASHRAE Package Terminal Heat Pump*, Efisiensi Beban Steker, dan Jadwal Operasi Gedung. Faktor tersebut dapat menghasilkan penghematan sebesar 31.25% dengan nilai IKE sebesar 220 kWh/m²/tahun. Berdasarkan hasil simulasi analisis energi yang dilakukan dengan menggunakan *Building Information Modeling (BIM)* didapatkan 15 faktor yang mempengaruhi penggunaan energi pada proyek Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta. Dari hasil simulasi perhitungan nilai IKE menggunakan *software* berbasis BIM didapatkan nilai IKE sebesar 320 kWh/m²/tahun atau 26,667 kWh/m²/bln. Dampak penerapan BIM 6D yaitu koordinasi, kolaborasi, peningkatan efisiensi konstruksi, operasional dan pemeliharaan serta keberlanjutan.

Kata kunci: *Building Information Modeling 6D*, Analisis Energi, Metode 4D, Keberlanjutan, IKE

ABSTRACT

Ricky Johanes Saputra Sianipar, Irika Wideasanti, Erna Septiandini (2024) "Implementation of Digital Construction Based on Building Information Modeling 6D (BIM 6D) in the Sports Building Project of the State University of Jakarta". Thesis, Jakarta: Building Construction Engineering Technology Study Program, Faculty of Engineering, State University of Jakarta.

Energy efficiency has become a major concern in the construction industry due to the growing awareness of the need to protect the environment and reduce the impact of climate change. The implementation of Building Information Modeling (BIM) as a tool to improve energy efficiency in the construction planning stage is crucial. This research aims to identify factors that can affect energy use by determining the Energy Consumption Intensity (ECI) value in the State University of Jakarta Sports Center Project and to understand the impact of implementing Building Information Modeling (BIM). The method used in this research process is the 4D method (Define, Design, Development, Disseminate). From the results of the simulation using Autodesk Revit and Autodesk Insight software, an Energy Consumption Intensity (ECI) value of 320 kWh/m²/year was obtained. The factors implemented to achieve energy savings include: Lighting Efficiency using 7.53 W/m², Natural Lighting and Occupancy Control, HVAC using ASHRAE Package Terminal Heat Pump, Plug Load Efficiency, and Building Operation Schedule. These factors can result in energy savings of 31.25% with an ECI value of 220 kWh/m²/year. Based on the results of the energy analysis simulation conducted using Building Information Modeling (BIM), 15 factors were identified that affect energy use in the State University of Jakarta Sports Center Project. From the results of the ECI value calculation simulation using BIM-based software, an ECI value of 320 kWh/m²/year or 26.667 kWh/m²/month was obtained. The impacts of implementing 6D BIM are coordination, collaboration, improved construction efficiency, operations and maintenance, and sustainability.

Keywords: *Building Information Modeling 6D, Energy Analysis, 4D Method, Sustainability, IKE*

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Judul : Implementasi Konstruksi Digital Berbasis *Building Information Modeling 6D (BIM 6D)* Pada Proyek Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta

Penyusun : Ricky Johanes Saputra Sianipar

NIM : 1506520049

Tanggal Ujian : 12 Juli 2024

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Ir. Irika Widiyanti, M.T.
NIP. 1965053019910320001

Pembimbing II,



Ir. Erna Septiandini, M.T.
NIP. 196309021993032001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung



Adhi Purnomo, M.T.
NIP. 197609082001121004

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Judul : Implementasi Konstruksi Digital Berbasis *Building Information Modeling 6D (BIM 6D)* Pada Proyek Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta

Penyusun : Ricky Johanes Saputra Sianipar

NIM : 1506520049

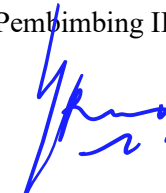
Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Ir. Irika Widiyanti, M.T.
NIP. 1965053019910320001

Pembimbing II,



Ir. Erna Septiandini, M.T.
NIP. 196309021993032001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi Sarjana Terapan :

Ketua Penguji,



Adhi Purnomo, M.T.
NIP. 197609082001121004

Anggota Penguji I,



Lenggogeni, M.T.
NIP. 197304171999032001

Anggota Penguji II,



Rezi Berliana Yasinta, M.T.
NIP. 199608302022032013

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung



Adhi Purnomo, M.T.
NIP. 197609082001121004

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi Sarjana Terapan ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi Sarjana Terapan ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 5 Agustus 2024



Ricky Johanes Saputra Sianipar

NRM. 1506520049



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN
KEBUDAYAAN UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/ faksimile: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ricky Johannes Saputra Sianipar
NIM : 1506520049
Fakultas/Prodi : Teknik/Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi
Bangunan gedung
Alamat email : Rickyjohanessaputra@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

Implementasi Konstruksi Digital Berbasis *Building Information Modeling 6D (BIM 6D)* Pada Proyek Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 5 Agustus 2024

Penulis

(Ricky Johannes Saputra Sianipar)

KATA PENGANTAR

Segala pujian hormat serta syukur hanya bagi Tuhan Yesus Kristus, oleh karena kemurahan dan kasih-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Implementasi Konstruksi Digital Berbasis *Building Information Modeling 6D (BIM 6D)* Pada Proyek Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta**” dengan baik dan maksimal. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Teknik Jurusan Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga karena telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Bapak Adhi Purnomo, M.T. selaku Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung
2. Ibu Dr. Ir. Irika Wideasanti, M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Skripsi yang telah membimbing selama perkuliahan dan perlombaan penulis.
3. Ibu Ir. Erna Septiandini, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi yang telah membimbing selama perkuliahan dan perlombaan penulis.
4. Pengembangan Sarana dan Prasarana Perguruan Tinggi (PSP2T) Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan data-data untuk keperluan skripsi.
5. Brian Luas S.T. dan Beriman Juliano, S.Ds selaku Validator Skripsi
6. Mending Bapak Rusman Sianipar dan Ibu Aride L Hutabarat orang tua penulis.
7. Paramitha Mudita Sumantri selaku *support system* yang selalu memotivasi.
8. Teman-teman seperjuangan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta.

Akhir kata, penulis berharap dari penelitian yang dituangkan kedalam skripsi ini dapat memberikan referensi yang berguna untuk perkembangan ilmu rekayasa sipil khususnya pada Manajemen Konstruksi dengan penerapan BIM 6D sebagai langkah konstruksi digital. Seperti peribahasa “*Tiada gading yang tak retak*”. Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itulah, saya meminta kritik dan saran untuk kemajuan ke arah yang positif.

Jakarta, 30 Maret 2024

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Fokus Penelitian	4
1.3 Perumusan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kerangka Teoritik.....	6
2.1.1 Konstruksi Digital	6
2.1.2 <i>Building Information Modeling</i> (BIM).....	6
2.1.2 Dimensi <i>Building Information Modeling</i> (BIM)	6
2.1.3 <i>Level of Details</i> (BIM).....	14
2.1.4 Efisiensi Energi Pada Bangunan.....	16
2.1.5 <i>BIM Energy Analysis</i>	17
2.1.6 <i>Clash Detection</i> BIM.....	20
2.1.7 <i>Software Building Information Modeling</i> (BIM).....	21
2.1.7 Teori Penjadwalan	23
2.1.8 Metode Pengembangan 4-D	30
2.2 Produk yang Dikembangkan	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.2 Metode Pengembangan Produk.....	35
3.3 Bahan dan Peralatan yang digunakan.....	35
3.3.1 Bahan yang digunakan	36
3.3.2 Alat yang Digunakan.....	37
3.4 Rancangan Metode Pengembangan	37
3.4.1 Analisis Kebutuhan	40
3.4.2 Sasaran Produk	42
3.4.3 Rancangan Produk.....	42
3.5 Instrumen Penelitian.....	48

3.5.1	Kisi-Kisi Instrumen	48
3.5.2	Instrumen Wawancara	49
3.5.3	Validasi Instrumen	49
3.6	Teknik Pengumpulan Data	51
3.6.1	Dokumentasi	51
3.6.2	Wawancara	51
3.7	Teknik Analisis Data	52
BAB IV	HASIL PRODUK.....	53
4.1	Hasil Pengembangan Desain/Prototype/Produk.....	53
4.1.1	Data Proyek	53
4.1.2	Kondisi Iklim Daerah Khusus Ibukota Jakarta.....	55
4.1.3	Tahap Pemodelan dan Analisis Energi Bangunan Menggunakan <i>Software Autodesk Revit dan Autodesk Insight</i>	57
4.1.4	Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Penggunaan Energi (BIM 6D)	81
4.1.5	Hasil Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Dengan Menggunakan BIM Pada Proyek Gedung Olahraga Negeri Jakarta.....	100
4.1.6	Dampak Penerapan BIM 6D Pada Perencanaan Bangunan Berkonsep <i>Green Building</i> Dalam Aspek Efisiensi Energi	101
4.2	Kelayakan Produk	101
4.2.1	Metode Kelayakan.....	102
4.2.2	Kriteria Validator	102
4.2.3	Proses Kelayakan (Tempat dan Waktu Validasi)	103
4.2.4	Hasil Uji Kelayakan	104
4.3	Pembahasan	105
4.3.1	Rekomendasi Strategi Hemat Energi pada GOR UNJ	105
4.3.2	Analisis Hasil Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE)	110
4.3.3	Analisis Hasil Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE)	113
4.3.4	Evaluasi Produk.....	113
4.3.5	Hasil Evaluasi Produk	114
4.3.6	Hasil Produk Final.....	118
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	121
5.1	Kesimpulan.....	121
5.2	Saran.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....		xiv
LAMPIRAN.....		xviii

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
1. 1	<i>Realtime Power Monitoring</i> GOR UNJ	2
2. 1	Dimensi BIM (Autodesk, 2023)	7
2. 2	Desain Dimensi 3D Gedung (PT Adhi Karya, 2022)	8
2. 3	<i>Time Scheduling</i> atau Dimensi 4D (Synchro, 2023)	8
2. 4	<i>Quantity Take Off</i> Autodesk Revit (Wijaya Karya, 2024)	9
2. 5	<i>Energy Analysis</i> Dimensi 6D (Autodesk Insight, 2023)	10
2. 6	Informasi manajemen aset dari Dimensi 7D (Wijaya Karya, 2024)	11
2. 7	Implementasi BIM 8D melalui <i>Virtual Reality</i>	11
2. 8	Implementasi BIM 9D <i>Lean Construction</i> pada proyek (Wijaya Karya, 2024)	12
2. 9	Implementasi BIM 10D proses pemodelan BIM untuk proses fabrikasi material (Autodesk, 2024)	13
2. 10	<i>Level of Details</i> (BIM Forum, 2019)	14
2. 11	Contoh model LOD 100-500 (BIM Forum, 2019)	15
2. 12	Proses <i>Energy Analysis</i> dengan Autodesk Insight (Autodesk, 2019)	18
2. 13	<i>Clash detection</i> yang terjadi dalam sistem MEP (Autodesk, 2022)	21
2. 14	Contoh Bentuk Kegiatan PDM (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)	24
2. 15	PDM <i>Finish to Start</i> (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)	24
2. 16	PDM <i>Start to Start</i> (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)	25
2. 17	PDM <i>Finish to Finish</i> (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)	25
2. 18	PDM <i>Start to Finish</i> (Widiasanti dan Lenggogeni, 2013)	26
2. 19	Tahapan Model Pengembangan 4D	30
3. 1	<i>Flowchart</i> Metode Pengembangan	38
3. 2	<i>Flowchart Quantity Take Off</i> atau Estimasi Biaya	45
3. 3	<i>Flowchart</i> Penjadwalan	46
4. 1	Denah Fondasi <i>As Built Drawing</i>	53
4. 2	Denah Kolom <i>As Built Drawing</i> Lantai 1	54
4. 3	Denah Arsitektur <i>As Built Drawing</i> Lantai 2	54
4. 4	Tampilan Membuka Revit	58
4. 5	Tampilan Awal Revit 2024	58
4. 6	Kotak Dialog " <i>New Project</i> "	59
4. 7	Tampilan Kotak Dialog " <i>Choose Template</i> "	59
4. 8	Kotak Dialog " <i>New Project</i> "	60
4. 9	Lembar Kerja Aplikasi Revit	60
4. 10	<i>Contextual tab "Manage"</i>	60
4. 11	Kotak Dialog " <i>Project Units</i> "	61
4. 12	Mengubah Satuan Ukuran	61
4. 13	<i>Contextual tab "View"</i>	62

4. 14	Elevasi pada Arah Tampak <i>East</i>	62
4. 15	<i>Contextual Tab "Architecture"</i>	62
4. 16	Pembuatan Level Elevasi	63
4. 17	Mengganti Nama Level	63
4. 18	Kotak Dialog " <i>Project Browser</i> "	64
4. 19	<i>Contextual Tab "Insert"</i>	64
4. 20	Kotak Dialog " <i>Import CAD Formats</i> "	65
4. 21	Hasil <i>Import</i> File CAD pada Revit	65
4. 22	<i>Contextual Tab "Architecture"</i>	66
4. 23	Pembuatan Grid	66
4. 24	Edit Parameter	67
4. 25	Pemodelan Struktur Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta	67
4. 26	Pemodelan Arsitektur Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta	68
4. 27	<i>Quantity Take Off</i> dengan menggunakan Autodesk Revit 2024	69
4. 28	<i>Clash detection</i> dengan menggunakan Autodesk Navisworks 2024	71
4. 29	Hasil Report <i>Clash detection</i>	71
4. 30	Simulasi Penjadwalan menggunakan Autodesk Navisworks 2024	72
4. 31	Rancangan Eksterior Visualisasi Produk	73
4. 32	Rancangan Interior Visualisasi Produk	73
4. 33	Rancangan Isometri Visualisasi Produk	73
4. 34	Pengaturan Lokasi Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta	74
4. 35	Pengaturan Energi dengan Autodesk Revit	75
4. 36	Pengaturan <i>Analytical Spaces</i> dengan Autodesk Revit	76
4. 37	Pengaturan Tipe Ruangan	76
4. 38	Pengaturan <i>Conceptual types construction</i> dengan Autodesk Revit	77
4. 39	Pengaturan Termal Bangunan dengan Autodesk Revit	78
4. 40	Pengaturan <i>Analytical Spaces</i> dengan Autodesk Revit	78
4. 41	<i>Generate Energy Analysis</i> dengan Autodesk Revit	79
4. 42	<i>Optimize</i> Energi Gedung	79
4. 43	Email Balasan <i>Analysis Complete</i> dari Autodesk Insight	80
4. 44	Model Energi yang dihasilkan oleh Autodesk Insight 360	80
4. 45	Hasil Analisis Orientasi Bangunan	81
4. 46	Hasil Analisis Rasio Jendela Ke Dinding Bagian Selatan	82
4. 47	Hasil Analisis Rasio Jendela Ke Dinding Bagian Utara	83
4. 48	Hasil Analisis Rasio Jendela Ke Dinding Bagian Barat	84
4. 49	Hasil Analisis Rasio Jendela Ke Dinding Bagian Timur	84
4. 50	Hasil Analisis Nuansa Jendela – Selatan	86
4. 51	Hasil Analisis Nuansa Jendela – Utara	86
4. 52	Hasil Analisis Nuansa Jendela – Barat	87
4. 53	Hasil Analisis Nuansa Jendela – Timur	87
4. 54	Hasil Analisis Jenis Kaca Jendela – Selatan	88
4. 55	Hasil Analisis Jenis Kaca Jendela – Utara	89

4. 56	Hasil Analisis Jenis Kaca Jendela – Barat	89
4. 57	Hasil Analisis Jenis Kaca Jendela – Timur	90
4. 58	Hasil Analisis Dinding Konstruksi	91
4. 59	Hasil Analisis Atap Konstruksi	92
4. 60	Hasil Analisis Infiltrasi	93
4. 61	Hasil Analisis Pencahayaan	94
4. 62	Hasil Analisis Kontrol Pencahayaan Siang Hari dan Hunian	95
4. 63	Hasil Analisis Efisiensi Beban Steker	96
4. 64	Hasil Analisis Tipe HVAC	97
4. 65	Hasil Analisis Jadwal Operasi	98
4. 66	Hasil Analisis Efisiensi Panel	98
4. 67	Hasil Analisis Batas Pengembalian	99
4. 68	Hasil Analisis Cakupan Permukaan	100
4. 69	Intensitas Konsumsi Energi pada Gedung Olahraga Universitas Negeri Jakarta	101
4. 70	Validasi Produk Bersama Validator 1	104
4. 71	Validasi Produk Bersama Validator 2	104
4. 72	Perbandingan Nilai IKE <i>Lighting Efficiency</i> yaitu Model Eksisting dan Model yang Dioptimalkan	106
4. 73	Perbandingan Nilai IKE <i>Daylighting & Occupancy Control</i> Model Eksisting dan Model yang Dioptimalkan	107
4. 74	Perbandingan Nilai IKE <i>Heating Ventilation and Air-Conditioning</i> (HVAC) Model Eksisting dan Model yang Dioptimalkan	108
4. 75	Perbandingan Nilai IKE <i>Plug Load Efficiency</i> Model Eksisting dan Model yang Dioptimalkan	109
4. 76	Perbandingan Nilai IKE <i>Operating Schedule</i> Model Eksisting dan Model yang Dioptimalkan	110
4. 77	Nilai IKE setelah dilakukan pengoptimalan efisiensi energi	113
4. 78	<i>QR Code</i> pemodelan 3D	118
4. 79	Tampilan exterior bangunan	119
4. 80	Tampilan Interior bangunan	119
4. 81	Tampilan Section bangunan	120
4. 82	Hasil Analisis Energi Autodesk Insight	120

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2. 1	Kriteria Penggunaan Energi Gedung Olahraga	17
2. 2	Diagram <i>Barchart</i> (ilmusipil.com, 2024)	26
2. 3	Kurva S (ilmusipil.com, 2024)	28
3. 1	Kisi-Kisi Instrumen	48
4. 1	Curah Hujan sepanjang tahun 2022	56
4. 2	Tekanan Udara dan Kecepatan Angin sepanjang tahun 2022	56
4. 3	Suhu Udara dan Kelembaban sepanjang tahun 2022	57
4. 4	Rekapitulasi Total Rancangan Anggaran Biaya	70
4. 5	Profil Validator 1	102
4. 6	Profil Validator 2	103
4. 7	Perbandingan Nilai IKE	111
4. 8	Komparasi Intensitas Konsumsi Energi	112
4. 9	Perubahan Sebelum dan Setelah Dioptimalkan	112
4. 10	Evaluasi Produk	114
4. 11	Hasil evaluasi produk	115



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1.	Instrumen	xviii
2.	Produk Final	xxix
3.	Buku Pedoman Penggunaan	xxxvii
4.	Dokumen Pendukung	xxxvii
5.	Daftar Riwayat Hidup	xxxviii

