

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR TABEL	V
DAFTAR GAMBAR.....	V
INTISARI	XI
ABSTRACT	XII
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1.1. Latar Belakang.....	13
1.2. Rumusan Masalah.....	15
1.3. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian.....	16
1.4. Keterbatasan Penelitian	17
1.5. Keaslian dan Kebaruan Penelitian	18
1.5.1. <i>Gap Analysis</i>	18
1.5.2. Kebaruan Penelitian (<i>Novelty</i>)	19
1.5.3. Justifikasi Penelitian	20
1.6. Tujuan Penelitian	20
1.7. Manfaat Penelitian	22
1.8. Sistematika Penulisan	23
1.8.1. Bab 1 Pendahuluan	23
1.8.2. Bab 2 Tinjauan Pustaka	23
1.8.3. Bab 3 Metodologi Penelitian	23
1.8.4. Bab 4 Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	24
1.8.5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran.....	24
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	25
2.1. Definisi dan Konsep Umum	25
2.1.1. Optimalisasi Desain	25
2.1.2. Emisi Karbon pada Bangunan	25
2.1.3. Bangunan Hijau (Green Building).....	28
2.1.4. Manfaat Penerapan Bangunan Hijau di Lingkup PLN	29
2.2. Prinsip dan Kriteria Bangunan Hijau.....	30



2.2.1.	Prinsip Green Building (WGBC, GBCI)	30
2.2.2.	Kriteria Penilaian Bangunan Hijau di Indonesia (Permen PUPR No.21/2021, Greenship)	31
2.2.3.	Perkembangan Regulasi Bangunan Hijau di Indonesia.....	32
2.3.	Desain Pasif dan Aktif untuk Efisiensi Energi	32
2.3.1.	Desain Pasif (ventilasi, isolasi, orientasi, dll).....	32
2.3.2.	Desain Aktif (HVAC, pencahayaan, renewable energy).....	33
2.3.3.	Integrasi Energi Terbarukan dalam Bangunan	33
2.4.	Green Building pada Infrastruktur Ketenagalistrikan (GIS/PLN).....	34
2.4.1.	Peran GIS dalam Sistem Tenaga Listrik.....	34
2.4.2.	Penerapan Green Building pada GIS/PLN di Dunia & Indonesia.....	34
2.4.3.	Karakteristik & Tantangan Penerapan Green Building pada GIS di IKN	34
2.5.	Simulasi Energi dan Evaluasi Kinerja Bangunan.....	35
2.5.1.	Prinsip Dasar Simulasi Energi (perpindahan panas, EUI, dll).....	35
2.5.2.	Tools Simulasi Energi: IESVE, RETScreen, Climate Consultant.....	35
2.5.3.	Parameter Penilaian (EUI, emisi, kenyamanan termal, dst)	36
2.6.	State of the Art Penelitian Terkait	37
2.6.1.	Tinjauan Literatur Bangunan Hijau & Efisiensi Energi	37
2.6.2.	Tinjauan Literatur Green Building pada Infrastruktur GIS/PLN.....	37
2.6.3.	Research Gap dan Posisi Penelitian.....	38
2.7.	Kerangka Berpikir Penelitian	38
2.7.1.	Landasan Teori Kunci (singkat, ringkas).....	38
2.7.2.	Kerangka Berpikir dan Flowchart Penelitian.....	39
2.8.	Penutup Bab II	39
BAB III METODE PENELITIAN		41
3.1.	Pendahuluan Metodologi	41
3.2.	Objek Penelitian dan Lokasi Studi	41
3.3.	Variabel Penelitian	45
3.3.1.	Variabel Bebas (Independen).....	47
3.3.2.	Variabel Terikat (Dependen)	47
3.3.3.	Variabel Tetap (Kontrol)	48
3.4.	Desain Penelitian	48
3.4.1.	Alur Penelitian	48



3.4.2.	Kerangka Berpikir Penelitian (Research Conceptual Framework).....	49
3.4.3.	Alat dan Bahan Penelitian.....	51
3.4.4.	Penyusunan Skenario Desain.....	51
3.5.	Pengumpulan Data.....	52
3.5.1.	Data Utama	52
3.5.2.	Data Primer (Dokumen Desain GIS)	53
3.5.3.	Data Sekunder (EPW, regulasi, literatur)	93
3.6.	Perancangan Skenario Simulasi.....	99
3.6.1.	Analisis Desain Awal dengan Climate Consultant	99
3.6.2.	Model Baseline GIS	100
3.6.3.	Penerapan Strategi Desain Aktif dan Pasif.....	101
3.6.4.	Skenario Bentuk Layout Bangunan	103
3.6.5.	Pemodelan dan Simulasi Desain GIS	104
3.7.	Tahapan Simulasi	106
3.7.1.	Kebocoran Udara (Airtightness).....	106
3.7.2.	Model Baseline GIS (deskripsi, parameter kunci).....	108
3.7.3.	Simulasi Skenario Desain Pasif	117
3.7.4.	Simulasi Skenario Desain Aktif.....	137
3.8.	Analisis Hasil.....	144
3.8.1.	Teknik Analisis Data dan Simulasi.....	144
3.8.2.	Simulasi Energi Bangunan (IESVE).....	144
3.8.3.	Analisis Keekonomian dan Emisi.....	145
3.8.4.	Indikator Evaluasi Hasil.....	145
3.9.	Keterbatasan & Asumsi	148
3.9.1.	Analisis Hasil Climate Consultant.....	149
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		155
4.1.	Penentuan Parameter Signifikan dalam Optimalisasi Desain GIS	155
4.1.1.	Selubung Bangunan (Building Envelope)	156
4.1.2.	Sistem Ventilasi	156
4.1.3.	Sistem Pengondisian Udara (Air Conditioning)	156
4.1.4.	Sistem Pencahayaan.....	156
4.1.5.	Sistem Transportasi dalam Gedung	157
4.1.6.	Perhitungan Efisiensi Energi	157



4.1.7.	Sistem Kelistrikan.....	157
4.1.8.	Fokus Pemilihan Sub Kriteria Efisiensi Energi dalam Penelitian	157
4.2.	Strategi Efisiensi per Ruangan pada Desain Bangunan GIS di IKN	159
4.3.	Perhitungan OTTV	161
4.3.1.	Analisis Kelayakan Ekonomi.....	167
4.3.2.	Analisis Emisi Karbon	168
4.3.3.	Kesimpulan	169
4.4.	Perhitungan RTTV	170
4.4.1.	Analisis Perbandingan Nilai RTTV Berbagai Jenis Atap pada Wilayah Tropis	173
4.4.2.	Upaya Modifikasi Atap Zincallum (Baseline) dengan Cool Roof	175
4.4.3.	Analisis Kelayakan Ekonomi.....	176
4.4.4.	Analisis Emisi Karbon	177
4.5.	Ventilasi Atap	179
4.5.1.	Perhitungan Laju Ventilasi dan Efektivitasnya pada Penurunan Suhu Atap	181
4.5.2.	Analisis Simulasi	183
4.5.3.	Analisis Keekonomian	187
4.5.4.	Analisis Emisi Karbon	189
4.5.5.	Hasil	190
4.6.	Penerangan Pasif (Passive Lighting/Daylighting)	190
4.6.1.	Perhitungan EUI (Energi Use Intensity)	198
4.6.2.	Analisis Emisi Karbon	198
4.6.3.	Analisis Keekonomian	199
4.7.	PLTS Atap (PV Rooftop)	202
4.8.	Landscaping dan Pelestarian Vegetasi Selama Masa Konstruksi	207
4.8.1.	Strategi Penataan Lokasi Konstruksi untuk Menjaga Kelestarian Pohon tanpa Mengorbankan Produktivitas	211
4.8.2.	Analisis Keekonomian Implementasi Landscaping dan Perlindungan Vegetasi pada GIS IKN	217
4.8.3.	Perbandingan Skema Keuangan	218
4.8.4.	Simulasi Numerik 10 Tahun	219
4.8.5.	Contoh Perhitungan NPV	220
4.8.6.	Kesimpulan Analisis	221



4.9. Shading dan Double Skin Facade	223
4.9.1. Hubungan Shading Terhadap Pencahayaan Pasif (Daylighting)	228
4.10. Optimasi Kebutuhan AC	230
4.10.1. Rekomendasi untuk Penyempurnaan Dokumen Teknis	231
4.10.2. Analisis Keekonomian Penggunaan AC di GIS IKN	232
4.10.3. Analisis Emisi Karbon Penggunaan AC di GIS IKN	234
4.11. Geometri dan Orientasi Bangunan	237
4.11.1. Analisis Geometri dan Orientasi Bangunan.....	237
4.11.2. Integrasi Strategi Desain Pasif pada Bentuk & Orientasi Terbaik.....	245
4.12. Strategi Efisiensi Energi Per Ruang dan Integrasi Smart Control System (SCS) pada Bangunan GIS di IKN	246
4.12.1. Studi Kasus, Aspek Biaya, dan Risiko	247
4.12.2. Rekomendasi dan Saran Implementasi SCS di Gedung GIS.....	248
4.12.3. Penutup	249
4.12.4. Ringkasan Strategi Desain	250
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	254
5.1. Rekomendasi Desain Bangunan GIS Berbasis Efisiensi Energi	254
5.2. Kesimpulan.....	257
5.2.1. Dampak penerapan prinsip desain berkelanjutan terhadap konsumsi energi, kenyamanan termal, dan emisi karbon.	257
5.2.2. Evaluasi kesesuaian dokumen teknis PLN dengan prinsip efisiensi energi dan keberlanjutan.....	258
5.2.3. Rekomendasi teknis berbasis simulasi dan evaluasi dokumen.....	258
5.3. Saran	259
5.4. Penutup	260
BAB VI DAFTAR PUSTAKA	262
BAB VII LAMPIRAN	264

DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Skenario Simulasi dalam Penelitian	45
Tabel III.2 Jenis Variabel dalam Penelitian.....	46
Tabel III.3 Alat dan Bahan Penelitian	51
Tabel III.4 Data yang Diharapkan dalam Pemodelan dan Simulasi	52
Tabel III.5 Data Primer yang Diperoleh dari Desain Teknis GIS PLN	53
Tabel III.6 Data Material Bangunan Eksisting GIS di IKN	54
Tabel III.7 Parameter Numerik untuk Suspended Ceiling (Plafon Gantung).....	57
Tabel III.8 Spesifikasi Teknis Raised Floor untuk Instalasi Ruang RCP SAS dan Telkom	60
Tabel III.9 Spesifikasi Material Selubung Bangunan GIS	62
Tabel III.10 Spesifikasi Minimum Air Conditioner GIS IKN (sumber : Dokumen Tender GIS 4 IKN)	63
Tabel III.11 Rekomendasi Perbaikan Spesifikasi AC pada Dokumen Teknis	64
Tabel III.12 Beban Internal untuk Gas Insulated Switchgear (GIS) di IKN.	66
Tabel III.13 Tabulasi Peralatan HVAC dan Kapasitas PK Berdasarkan Ruang di Bangunan GIS IKN.....	68
Tabel III.14 Tabulasi Penerangan Berdasarkan Ruang di Bangunan GIS IKN.....	69
Tabel III.15 Tabel Referensi Kondisi Service di GIS. Sumber : IEC 62271-203:2022.	75
Tabel III.16 Rating Busbar GIS 150 kV. Sumber : PT ABB.....	76
Tabel III.17 Jadwal Penggunaan Ruangan di GIS	77
Tabel III.18 Penjadwalan Ventilasi Mekanik	78
Tabel III.19 Data Sekunder Desain Eksisting GIS IKN	94
Tabel III.20 Regulasi Nasional yang Membahas Tentang Bangunan Hijau.....	94
Tabel III.21 Regulasi Internasional yang Membahas Tentang Bangunan Hijau	94
Tabel III.22 Skema Sertifikasi Bangunan Hijau	95
Tabel III.23 Alat Simulasi Penelitian	95
Tabel III.24 Aturan Mengenai Pembangunan di IKN	95
Tabel III.25 Tabel Konsumsi Listrik LV GIS 4 IKN (dalam kWh)	97
Tabel III.26 Komponen Beban Listrik Penggunaan Sendiri pada GIS.....	97
Tabel III.27 Jenis Beban Lain-Lain di Dalam GIS	98



Tabel III.28 Klasifikasi Strategi Desain Pasif vs Aktif	102
Tabel III.29 Format Hasil Akhir yang Diharapkan Pada Simulasi Bentuk dan Orientasi Bangunan GIS.....	105
Tabel III.30 Pengkategorian Jenis Ruangan Berdasar Jenis HVAC.....	109
Tabel III.31 Spesifikasi Luas Lantai dan Luas Dinding Ruangan GIS	110
Tabel III.32 Spesifikasi Termal Atap Aluminium Berlapis Insulasi	114
Tabel III.33 Spesifikasi Termal Komponen Selubung Bangunan GIS 3 IKN.....	116
Tabel III.34 Thermal Propertis Material Dinding yang Umum digunakan di Indonesia	119
Tabel III.35 Thermal Propertis Material Atap yang Umum digunakan di Indonesia..	121
Tabel III.36 Ringkasan Efisiensi dari Penggunaan Kaca Low-E.....	125
Tabel III.37 Rekapitulasi Hasil Simulasi Beberapa Opsi Shading	126
Tabel III.38 Skenario Ventilasi Pasif.....	135
Tabel III.39 Konsumsi Listrik Ventilasi Mekanik di GIS (Exhaust Fan).....	136
Tabel III.40 Penyesuaian Set Point dalam Ruangan.....	143
Tabel IV.1 Parameter Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Baru pada Peraturan Menteri PUPR No. 21/2021	155
Tabel IV.2 Sub Kriteria Efisiensi Energi dalam Permen PUPR No.21/2021	157
Tabel IV.3 Strategi Efisiensi Energi Berdasarkan Pembagian Ruangan	160
Tabel IV.4 Karakteristik Luas Dinding dan Jendela dalam Perhitungan OTTV.....	163
Tabel IV.5 Nilai OTTV pada Desain Eksisting (Baseline)	164
Tabel IV.6 Strategi Menurunkan OTTV dengan Pemilihan Material Kaca dan Dinding dengan U-Value Rendah.....	166
Tabel IV.7 Tabel Perbandingan Nilai OTTV Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	167
Tabel IV.8 Rekap Analisis Keekonomian dan Dampak Lingkungan OTTV	169
Tabel IV.9 Komparasi RTTV untuk Variasi Tipe Atap & Absorptivitas.....	173
Tabel IV.10 Rekapitulasi Keekonomian Pemasangan Cool Roof.....	179
Tabel IV.11 Best Practice Penerapan Ventilasi Atap pada Bangunan Tropis Indonesia	182
Tabel IV.12 Ringkasan Biaya Investasi Ridge Vent.....	188
Tabel IV.13 Ringkasan Simulasi Keekonomian Ridge Vent	189
Tabel IV.14 Rekap Hasil Perhitungan Keekonomian dan Lingkungan.....	190
Tabel IV.15 Tabel Ringkasan Implementasi Passive Lighting.....	196



Tabel IV.16 Rekapitulasi Analisis Keekonomian dan Emisi Penerangan Pasif (Daylighting).....	201
Tabel IV.17 Rekapitulasi Kajian Keekonomian PLTS Atap	207
Tabel IV.18 Rekomendasi Strategi Landscaping & Konstruksi Ramah Lingkungan pada GIS IKN	216
Tabel IV.19 Tabel Perbandingan Antar Skema Vegetasi	221
Tabel IV.20 Rekapitulasi Analisis Ekonomi dan Lingkungan dari Pelestarian Vegetasi Eksisting vs Reboisasi	221
Tabel IV.21 Konsumsi Listrik untuk AC per Bulan	232
Tabel IV.22 Rekap Konsumsi Energi dari Penggunaan AC	233
Tabel IV.23 Perbandingan Efisiensi AC Split Konvensional vs. Inverter.....	235
Tabel IV.24 Rekapitulasi Analisis Keekonomian dan Lingkungan Penggunaan AC Inverter	236
Tabel IV.25 Nilai EUI Teroptimal pada Masing-Masing Bentuk Massa Bangunan....	240
Tabel IV.26 Rekapitulasi Dampak Keekonomian dan Lingkungan dari Pemilihan Alternatif 2 dan Alternatif 3.....	245
Tabel IV.27 Rekapitulasi Analisis Keekonomian dan Emisi Tiap Skenario Desain....	251

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Lokasi Keempat GIS 150 kV yang terletak di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan IKN. (Otorita IKN, 2023)	13
Gambar I.2 Rencana Pembangunan GIS di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan IKN (KIPP-IKN).....	14
Gambar II.1 Nilai Faktor Emisi (Climate Transparency Report, 2021)	26
Gambar II.2 Data Faktor Emisi di Asia (GHG Protocol, 2019)	27
Gambar II.3 Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050 (LTS-LCCR, 2021).....	27
Gambar II.4.....	29
Gambar II.5 Dinamika sistem dalam pengambilan keputusan dan strategi optimasi pengembangan bangunan hijau di China. (Teng et al., 2018)	29
Gambar II.6 Prinsip, Tahapan Penyelenggaraan, dan Standar BGH di Indonesia. (PUPR, 2016).....	32
Gambar III.1 Lokasi Perencanaan GIS di Kawasan Ibukota Negara (PLN, 2023)	41
Gambar III.2 GIS 4 IKN mulai beroperasi pada Mei 2024 (PLN, 2024)	42
Gambar III.3 Syarat Teknis dalam Buku 2 Dokumen Tender GIS 4 IKN (PLN, 2023) .	43
Gambar III.4 Tata Ruang GIS di Sekitar Pembangunan GIS IKN (Otorita IKN, 2023)	44
Gambar III.5 Persebaran Lokasi 3 GIS (GIS 1, GIS 2, dan GIS 3) di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan IKN yang akan dibangun	45
Gambar III.6 Alur Penelitian	49
Gambar III.7 Single Line Diagram Area GIS 4 IKN (PLN, 2025)	50
Gambar III.8 Kerangka Berpikir (Conceptual Framework) dari Efisiensi Energi GIS Terhadap Dampak Lingkungan	51
Gambar III.9 Spesifikasi Teknis Atap GIS di Dokumen Teknis (PLN, 2023).....	56
Gambar III.10 Instalasi Plafon pada Ruang Cell 20 kV Menggunakan Plafon Modular	57
Gambar III.11 Detail Technical Drawing Raised Floor (Changzhou Huateng, 2025)	59
Gambar III.12 Kebocoran Udara yang Mungkin Terjadi di Instalasi Raised Floor (AEC, 2008).....	59
Gambar III.13 Spesifikasi Material Kaca untuk Jendela/Pintu. (Dokumen Tender GIS 4 IKN, 2023).....	61
Gambar III.14 Clear Glazing untuk Jendela dan Pintu GIS Eksisting (tebal 5mm).....	61



Gambar III.15 Mekanisme Kerja Low-E Glass.

(https://www.mtviewwindowanddoor.com/)	61
Gambar III.16 Syarat Kondisi HVAC pada Dokumen Teknis	63
Gambar III.17 Syarat Teknis Ventilasi Mekanis alam Dokumen Tender GIS 4 IKN (PLN, 2023)	65
Gambar III.18 Bobot Konsumsi Daya di GIS 4 IKN (baseline) Berdasarkan Fungsi Penggunaan Listrik	70
Gambar III.19 Konsumsi Daya di Setiap Ruang GIS per Bulan (kWh per bulan)	70
Gambar III.20 Basement di GIS 4 IKN (PLN, 2025)	72
Gambar III.21 Distribusi Temperatur di Tunnel Kabel SKTT 110 kV/XLPE (Qin et al., 2022)	72
Gambar III.22 Cable tunnel temperature distribution map (Qin et al., 2022.)	73
Gambar III.23 Layout Perletakan Exhaust Fan pada Ruang Basement (PLN, 2023)	73
Gambar III.24 Spesifikasi Exhaust Fan untuk Ruang Basement, Cell 20 kV, Kompartemen GIS, dll. (PLN,2023).....	73
Gambar III.25 Gambaran Ruang Kompartemen GIS. (Wikipedia & directindustry.com)	74
Gambar III.26 Dimensi Peralatan GIS 150 kV (PT ABB,2025)	76
Gambar III.27 Konfigurasi Susunan Busbar GIS (PT ABB,2025).....	77
Gambar III.28 Input Penjadwalan Operator GIS	79
Gambar III.29 Potongan Melintang Site Plan GIS 3 dengan Beda Elevasi Kontur ± 1 m	79
Gambar III.30 Potongan Memanjang Site Plan GIS 3 dengan Beda Elevasi Kontur ± 2 m	80
Gambar III.31 GIS 3 IKN dalam Rencana Detail Tata Ruang Kawasan IKN	81
Gambar III.32 Fitur SunCast pada IESVE	81
Gambar III.33 Data Iklim berbasis .epw file di Area Kalimantan. (https://climate.onebuilding.org/)	82
Gambar III.34 Relevansi Kondisi Topografi di Stasiun Hujan Balikpapan dengan Topografi di IKN	84
Gambar III.35 Data Lokasi Stasiun Sebagai Input di ApLocate IESVE	86
Gambar III.36 Informasi Lokasi Stasiun Hujan Terdekat IKN di RETScreen Expert ...	86
Gambar III.37 Penentuan Stasiun Hujan pada Aplikasi RETScreen Expert	87
Gambar III.38 Resume Data Iklim Tahunan di Sekitar GIS 4 IKN (NASA,2025)	87



Gambar III.39 Data epw dari http://climate.onebuilding.org/ sebagai data iklim custom di IESVE	88
Gambar III.40 Data Temperatur Udara Harian di Lokasi Studi (sumber: www.ensims.com)	89
Gambar III.41 Data Temperatur Udara Rata-Rata di Lokasi Studi, (IESVE,2025)	89
Gambar III.42 Diagram lintasan matahari tahunan untuk lokasi Hujan di Sekitar Lokasi Penelitian	90
Gambar III.43 Data Solar Radiation di Sekitar Lokasi Penelitian.....	90
Gambar III.44 Windrose Tahunan Stasiun Meteorologi Balikpapan	91
Gambar III.45 Grafik Radiasi Matahari Harian vs Kelembapan Relatif	91
Gambar III.46 Heat Map Windrose yang Merupakan Gambaran Mengenai Frekuensi Kemunculan Angin (Dalam Satuan Jam)	93
Gambar III.47 Ilustrasi Rencana GIS 4 IKN (150 kV).....	96
Gambar III.48 Progress Pekerjaan GIS 4 IKN per April 2025	96
Gambar III.49 LV AC/DC Single Line Diagram	98
Gambar III.50 EMH LZQJ-XC 0,2S Energy Meter RS485 DLMS	99
Gambar III.51 Panduan Desain Berdasar Data Iklim pada Climate Consultant 6.0.....	100
Gambar III.52 Pemodelan Bangunan Baseline (Desain Eksisting) melalui modul ModeIT IESVE	104
Gambar III.53 Pemodelan Alternatif Bentuk dan Orientasi Bangunan. Dari kiri ke kanan : Memanjang (Baseline), Bentuk L, dan Bentuk Kompak	105
Gambar III.54 Tiga Area Void yang Perlu Ditambahkan Sekat untuk Pemisahan Zonasi Termal. Keterangan : A : Void Atap; B&C :Void Area Tangga Akses	107
Gambar III.55 Pemasangan Sekat untuk Tangga Kompartemen – Basement.....	107
Gambar III.56 Pemasangan Sekat untuk Tangga 20 kV Cell Room – Basement	108
Gambar III.57 Pemasangan Sekat untuk Tangga 20 kV Cell Room – Basement	108
Gambar III.58 Klasifikasi Ruang di GIS 3 IKN	111
Gambar III.59 Denah Pintu, Jendela, dan Ventilasi pada Lantai 2 (Baseline)	111
Gambar III.60 Denah Pintu, Jendela, dan Ventilasi pada Lantai 1 (Baseline)	112
Gambar III.61 Denah Pintu, Jendela, dan Ventilasi pada Lantai Basement (Baseline)	112
Gambar III.62 Jenis Pintu dan Jendela pada Dokumen Teknis GIS PLN	113
Gambar III.63 Bata Merah dengan Nilai U-value 1,2 W/m ² K	119
Gambar III.64 Bata Ringan (AAC) dengan Nilai U-value 0,8 W/m ² K	119
Gambar III.65 Susunan Buka-an Jendela/Kaca pada Bangunan GIS	122



Gambar III.66 Alternatif Massa Bangunan GIS 3 IKN	127
Gambar III.67 Solar Altitude Radiasi Bangunan di GIS 3 IKN	128
Gambar III.68 Direct Normal Radiasi Bangunan di GIS 3 IKN	128
Gambar III.69 Solar Azimuth Radiasi Bangunan di GIS 3 IKN	129
Gambar III.70 OKTA Bangunan di GIS 3 IKN.....	129
Gambar III.71 Output Simulasi SunCast IESVE yang Menampilkan Lama Penyinaran Matahari pada Buka-an GIS.....	130
Gambar III.72 Ilustrasi Sistem Daylight-linked control	131
Gambar III.73 Mekanisme Kaca Low-E dalam Menangkal Radiasi dan Memungkinkan Cahaya Alami Masuk ke Ruangan.....	132
Gambar III.74 Jenis-Jenis Ridge Vent.....	133
Gambar III.75 Mekanisme Stack Ventilation	134
Gambar III.76 Contoh Pemasangan Jalusi pada Basement	135
Gambar III.77 Komponen Smart Control HVAC. Sumber : https://euristiq.com/	140
Gambar III.78 Perbandingan Teknologi AC Konvensional vs. AC Inverter.....	141
Gambar III.79 Basement pada Desain Eksisting Berperan Meningkatkan Aliran Udara Pasif dan Mendinginkan Area Kompartemen GIS 150 kV	150
Gambar III.80 Lapis Aluminium dalam BoQ Dokumen Tender GIS 4 IKN	152
Gambar III.81 Mekanisme Pemanasan & Pendinginan dengan Teknologi Ground Source Cooling. Sumber : www.researchgate.net	153
Gambar IV.1 Pembagian Area Dinding untuk Analisis OTTV	163
Gambar IV.2 Lapisan Atap GIS dalam Dokumen Teknis PLN	171
Gambar IV.3 Mekanisme Penangkal Radiasi dengan Lapis Cool Roof.....	175
Gambar IV.4 Luasan Atap yang Ditinjau Nilai RTTV-nya.....	178
Gambar IV.5 Perbandingan Suhu Ruangan Baseline vs Ridge Vent	184
Gambar IV.6 Rekap Simulasi dengan Skenario Pemasangan Ridge Vent pada Atap..	184
Gambar IV.7 Grafik Nilai Dissatisfied	185
Gambar IV.8 Kondisi Laju Angin pada Desain Eksisting (l/s)	186
Gambar IV.9 Kondisi Laju Angin pada Desain dengan Ridge Vent (l/s)	186
Gambar IV.10 Kontribusi Ridge Vent dalam Pengalirkan Udara Panas yang Terjebak di Atap.....	187
Gambar IV.11 Hasil Simulasi Radiance IESVE Kondisi Tingkat Illuminance Passive Lighting pada Desain Eksisting (Baseline).....	193
Gambar IV.12 Input Opening Area untuk Jendela Basement	197



Gambar IV.13 Perbaikan Tingkat Illuminance Berada dalam Rentang Zona Standar Basement (100–200 lux)	197
Gambar IV.14 Potongan Melintang Solatube Sebagai Alternatif Pencahayaan Pasif..	200
Gambar IV.15 Hasil Simulasi IESVE dengan Radiasi Matahari Tahunan Maksimum pada 1.700 kWh/m ² dengan Sudut Inklinasi Panel Maksimum <30°	204
Gambar IV.16 Kiri (GIS 4 IKN sebelum dibangun pada 2023), Kanan (GIS 4 IKN setelah selesai dibangun pada 2024)	212
Gambar IV.17 Pertimbangan SRZ dan TPZ dalam Konstruksi dengan Konsep Konservasi Pohon Sekitar (www.stirling.wa.gov.au)	213
Gambar IV.18 Perlindungan Vegetasi Eksisting dengan Pagar Temporary (www.stirling.wa.gov.au)	214
Gambar IV.19 Pertimbangan Layout Bangunan dengan Menghindari Pengrusakan Akar Tanaman Eksisting (www.stirling.wa.gov.au)	214
Gambar IV.20 Strategi Pematangan Lahan dengan Meminimalisasi Pemotongan atau Pengurugan Tanah (www.stirling.wa.gov.au)	215
Gambar IV.21 Beberapa Pilihan Material Shading pada Bangunan Hijau	224
Gambar IV.22 Ruang-Ruang dengan Penerapan Shading/DSF untuk Mengurangi Beban Penggunaan AC	226
Gambar IV.23 Alternatif Bentuk Tapak Bangunan GIS	237
Gambar IV.24 Posisi Keitga Alternatif Bentuk Massa Bangunan Terhadap Arah Matahari di IESVE	238
Gambar IV.25 Simulasi Parametric Simulation Pada Alternatif 1	240
Gambar IV.26 Simulasi Parametric Simulation Pada Alternatif 2	240
Gambar IV.27 Simulasi Parametric Simulation Pada Alternatif 3	240
Gambar IV.28 Zona Bayangan yang Dihasilkan pada Alternatif 2 Memberikan Efek Shading	241
Gambar IV.29 Grafik Perbandingan Investasi pada Setiap Strategi Desain	250
Gambar IV.30 Grafik Perbandingan Payback Period pada Setiap Strategi Desain	251
Gambar IV.31 Grafik Perbandingan Pengurangan OPEX (Biaya Operasional) pada Setiap Strategi Desain	251
Gambar V.1 Strategi Efisiensi Energi & Penurunan Emisi CO ₂ e pada Bangunan GIS di IKN	257
Gambar VII.1 Tampak Depan Bangunan GIS 4 IKN (PLN, 2022)	264
Gambar VII.2 Tampak Belakang Bangunan GIS 4 IKN (PLN, 2023)	264



Gambar VII.3 Denah Basement GIS 4 IKN (PLN, 2023)	264
Gambar VII.4 Denah Lantai 2 GIS 4 IKN (PLN, 2023).....	265
Gambar VII.5 Denah Lantai 1 GIS 4 IKN (PLN, 2023).....	265
Gambar VII.6 Denah Instalasi Listrik Lantai Basement (PLN, 2023)	265
Gambar VII.7 Denah Instalasi Listrik Lantai 1 (PLN, 2023)	265
Gambar VII.8 Denah Instalasi Listrik Lantai 2 (PLN, 2023)	266
Gambar VII.9 Legenda Gambar Instalasi Listrik di GIS (PLN, 2023).....	266
Gambar VII.10 Zona Ruang Battery.....	267
Gambar VII.11 Zona Ruang Cell 20 kV.....	267
Gambar VII.12 Zona Ruang Basement.....	267
Gambar VII.13 Zona Ruang Storage/Gudang	268
Gambar VII.14 Zona Ruang Toilet Lantai 1	268
Gambar VII.15 Zona Ruang AC/DC	268
Gambar VII.16 Zona Ruang Manager	269
Gambar VII.17 Zona Ruang Pertemuan/Meeting.....	269
Gambar VII.18 Zona Ruang Sholat / Musholla.....	269
Gambar VII.19 Zona Ruang Relay dan Control	270
Gambar VII.20 Zona Ruang Telkom dan SAS.....	270
Gambar VII.21 Zona Ruang Toilet Lantai 2.....	270
Gambar VII.22 Zona Ruang Atap Terisolasi.....	271
Gambar VII.23 Spesifikasi Teknis Plafon GIS di Dokumen Teknis (PLN, 2023).....	271
Gambar VII.24 Temperatur Harian di Stasiun Hujan Balikpapan.....	273
Gambar VII.25 Spesifikasi Pintu dan Jendela dalam Dokumen Tender GIS 4 IKN (PLN,2023)	274