

No. 14/SKRIPSI/S.Tr-TKG/2026

SKRIPSI

**Optimasi Energi Menggunakan Solar Panel untuk Meningkatkan Kinerja
Green Building (Studi Kasus : Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase +3)**



Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV

Politeknik Negeri Jakarta

Disusun Oleh :

Adam Juliyanto
NIM 2201421038

Dosen Pembimbing :

Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T.,M.M.,M.Ars.
NIP 197407061999032001

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

Optimasi Energi Menggunakan Solar Panel untuk Meningkatkan Kinerja Green Building (Studi Kasus : Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase +3)
yang disusun oleh **Adam Juliyanto (NIM 2201421038)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi**

Pembimbing

Dr. DYAH NURWIDYANINGRUM, S.T.,M.M.,M.Ars NIP

197407061999032001



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

**Optimasi Energi pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase +3
Menggunakan Solar Panel untuk Meningkatkan Kinerja Green Building
Berbasis EDGE yang disusun oleh Adam Juliyanto (NIM 2201421038) telah
dipertahankan dalam Sidang Skripsi di depan Tim Penguji pada hari Kamis tanggal
4 Juni 2026**

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Suripto, M.Si., S.T. NIP. 196512041990031003	
Anggota	Jonathan Saputra, M.Si., S.Pd. NIP. 199111222019031010	
Anggota	Tri Wulan Sari, S.Si., M.Si. NIP. 198906302019032014	

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta





HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Adam Juliyanto

NIM : 2201421038

Program Studi : D-IV Teknik Konstruksi Gedung

Alamat Email : adam.juliyanto.ts22@mhs.w.pnj.ac.id

Judul Naskah : Optimasi Energi Menggunakan Solar Panel untuk Meningkatkan Kinerja Green Building (Studi Kasus : Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase +3)

Dengan ini, saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutsertakan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Depok, 19 Juni 2026

Adam Juliyanto

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Energi Menggunakan Solar Panel untuk Meningkatkan Kinerja Green Building (Studi Kasus : Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase +3)” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Diploma IV pada Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dukungan, serta masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kesehatan, dan kemudahan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi.
2. Kedua orang tua dan adik-adik penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis, selalu mengingatkan penulis untuk selalu bersemangat dan selalu menguatkan penulis disaat penulis mau menyerah.
3. Ibu Dr. Dyah Nurwidyaningrum, S.T., M.M., M.Ars. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Istiatun, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan arahan dan dukungan selama proses perkuliahan.
5. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Konstruksi Gedung yang telah memberikan dukungan selama proses perkuliahan.
6. Bapak Sukarman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik kelas D4- Teknik Konstruksi Gedung 1 Tahun 2022 yang telah memberikan arahan dan motivasi selama masa studi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Konstruksi Gedung Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan.
8. Paquita Laura Al-Fadilah yang senantiasa menemani, memberikan dukungan, semangat, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Zuhdan Nauval sebagai teman saya yang selalu bersama senantiasa membantu dan menjadi pengingat yang baik untuk masa depan yang lebih baik.
10. Wahyu, Adam, Ali, Zalva, Kayla dan Kamila yang selalu menjadi penguat penulis menjadi motivasi penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman-teman kelas 4TKG1 yang selalu bersama senantiasa yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan semangat selama proses penulisan skripsi ini.
12. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2022 yang telah memberikan bantuan, kebersamaan, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan, khususnya dalam bidang Green Building, efisiensi energi bangunan, dan penggunaan aplikasi EDGE Building pada bangunan apartemen bertingkat tinggi.

Depok, 19 Mei 2026

Adam Juliyanto



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Bangunan Hijau (Green Building).....	6
2.2 Bangunan Hunian Vertikal (Apartemen).....	7
2.3 Efisiensi Energi Bangunan.....	9
2.4 Efisiensi Penggunaan Air Bangunan.....	10
2.5 Efisiensi Material Bangunan.....	12
2.6 EDGE (<i>Excellence in Design for Greater Efficiencies</i>) Building.....	13
2.7 ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019 dalam Efisiensi Energi Bangunan	15
2.7.1 <i>Window to Wall Ratio (WWR)</i>	16
2.7.2 <i>Cooling System</i>	17
2.7.3 Pencahayaan untuk Area Internal (<i>Interior Lighting</i>).....	18
2.7.4 Pencahayaan untuk Area Eksternal (<i>Exterior Lighting</i>)	19
2.7.5 Panel Surya (<i>Photovoltaic System</i>)	20
2.8 LEED (<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>)	20
2.8.1 Pengertian dan Ruang Lingkup Sertifikasi LEED	20
2.8.2 Hubungan antara LEED dan EDGE Building.....	21



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.9	Optimasi Energi Terbarukan pada Apartemen menggunakan EDGE Building.....	21
2.10	Penelitian Terdahulu	22
2.11	Hipotesis.....	24
BAB III METODOLOGI.....		25
3.1	Deskripsi Umum	25
3.2	Lokasi, Objek dan Alat Penelitian	25
3.2.1	Lokasi Penelitian.....	25
3.2.2	Objek Penelitian.....	26
3.2.3	Alat Penelitian.....	26
3.3	Waktu Penelitian.....	27
3.4	Populasi dan Sampel.....	28
3.5	Variabel Penelitian.....	28
3.5.1	Variabel Bebas.....	28
3.5.2	Variabel Terikat.....	29
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	29
3.7	Tahapan Penelitian.....	31
3.8	Teknik Pengambilan Data.....	32
3.9	Teknik Pengolahan Data.....	32
3.10	Analisis Data.....	33
3.11	Penambahan Solar Panel sebagai Energi terbarukan.....	38
3.11.1	Spesifikasi Solar Panel (Ondusolar Classic).....	39
3.11.2	Penginputan Energi Terbarukan dalam EDGE Building.....	40
3.12	Luaran Penelitian.....	41
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Penilaian Green Building pada Bangunan Eksisting menggunakan Aplikasi EDGE Building.....	42
4.1.1	Analisis Data Efisiensi Energi (<i>Energy Efficiency Measures</i>).....	58
4.1.2	Analisis Data Efisiensi Air (<i>Water Efficiency Measures</i>).....	62
4.1.3	Analisis Efisiensi Material (<i>Material Efficiency Measures</i>).....	65
4.1.4	Hasil Simulasi Kondisi Awal (Baseline/Existing).....	71
4.2	Simulasi Analisis menggunakan Aplikasi EDGE Building.....	75
4.2.1	Simulasi Analisis Efisiensi Energi menggunakan Energi Terbarukan	75
4.3	Hasil Simulasi Analisis Efisiensi Energi Menggunakan Panel Surya (<i>Solar Photovoltaic</i>).....	77



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.1	Rekap Hasil Simulasi Analisis Perbandingan Efisiensi Energi	78
4.4	Hasil Simulasi Analisis Perbandingan Efisiensi Energi Sebelum dan Sesudah Menggunakan Panel Surya (<i>Solar Photovoltaic</i>).....	79
4.4.1	Rekap Hasil Simulasi Analisis Perbandingan Efisiensi Energi	80
4.5	Perbandingan Biaya Utilitas Sebelum dan Setelah Dilakukan Optimasi...81	
4.6	Analisis Pengaruh Solar Panel terhadap Keberlanjutan Pengelolaan Bangunan.....	82
4.6.1	Skema Distribusi Sistem PLTS Atap terhadap Sistem Kelistrikan Bangunan.....	85
BAB V PENUTUP.....		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN		91



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Certification Level EDGE Building.....	14
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3	25
Gambar 3. 2 Bangunan Apartemen Skyhouse Phase+3	26
Gambar 3. 3 Aplikasi Edge Building	27
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3. 5 Penginputan data bangunan ke dalam tahap Design	33
Gambar 3. 6 Pemilihan Tipe Bangunan	34
Gambar 3. 7 Pemilihan Data Lokasi	35
Gambar 3. 8 Rincian Proyek	35
Gambar 3. 9 Detail Subproyek.....	36
Gambar 3. 10 Data Bangunan	37
Gambar 3. 11 Data Dimensi Bangunan.....	37
Gambar 3. 12 Data Iklim.....	38
Gambar 3. 13 Contoh Solar Panel Ondusolar Classic Monocrystalline	39
Gambar 3. 14 Electrical Data Solar Panel Ondusolar Classic	40
Gambar 3. 15 Mechanical Data Solar Panel Ondusolar Classic	40
Gambar 3. 16 Tampilan Tab Energi (Input Energi Terbarukan pada EDGE Building)	41
Gambar 3. 17 Shop Drawing Skyhouse Alam Sutera Phase+3	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Shop Drawing Skyhouse Alam Sutera Phase+3	44
Gambar 4. 2 Sistem Pendingin Midea AC Wall Split 1/2 PK	45
Gambar 4. 3 Spesifikasi Sistem Pendingin	46
Gambar 4. 4 Spesifikasi Pencahayaan untuk Area Internal (Simon Valor Downlight 8W).....	46
Gambar 4. 5 Electrical Data Solar Panel Ondusolar Classic	47
Gambar 4. 6 Mechanical Data Solar Panel Ondusolar Classic	47
Gambar 4. 7 Spesifikasi Shower Hemat Air Sumber : https://www.toto.co.id/sanitary	49
Gambar 4. 8 Spesifikasi Faucet.....	49
Gambar 4. 9 Spesifikasi Toilet untuk semua Kamar Mandi	50
Gambar 4. 10 Spesifikasi Keran Hemat Air untuk Wastafel Dapur	50
Gambar 4. 11 Spesifikasi Pelapis Lantai HM Marble Series 60x60 cm.....	52
Gambar 4. 12 Dinding Eksterior Beton Bertulang.....	52
Gambar 4. 13 Spesifikasi Dinding Interior	53
Gambar 4. 14 Spesifikasi Pintu Aluminium	53
Gambar 4. 15 Jendela Skyhouse Alam Sutera Phase+3.....	54
Gambar 4. 16 Spesifikasi Jendela Skyhouse Alam Sutera Phase+3	54
Gambar 4. 17 Rata-rata Suhu Tertinggi dan Terdingin.....	55
Gambar 4. 18 Rata-rata Curah Hujan Bulanan	56
Gambar 4. 19 Zona Iklim ASHRAE Indonesia	56
Gambar 4. 20 Asia Climate ASHRAE Zone Map	57
Gambar 4. 21 Peluang Kelembapan Relatif.....	57
Gambar 4. 22 Kecepatan Angin Rata-rata	58
Gambar 4. 23 Input Rasio Luas Jendela dengan Luas Dinding.....	59

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 24 Kalkulator Rasio Jendela dengan Dinding (WWR)	60
Gambar 4. 25 Input Sistem Pendingin sesuai Baseline Building	60
Gambar 4. 26 Penginputan Nilai Pencahayaan yang Efisien untuk Area Internal.....	61
Gambar 4. 27 Penginputan Shower Hemat Air.....	62
Gambar 4. 28 Penginputan Kecepatan Aliran Keran Hemat Air untuk semua Kamar Mandi	62
Gambar 4. 29 Penginputan Toilet Efisien untuk Semua Kamar Mandi.....	63
Gambar 4. 30 Penginputan Keran Hemat Air untuk Wastafel Dapur.....	63
Gambar 4. 31 Gambar Tabel Minimum & Maximum Flow Rates	64
Gambar 4. 32 Tabel Unit Pembuangan (Discharge Unit) (lanjutan)	65
Gambar 4. 33 Penginputan Konstruksi Lantai Bagian Bawah (Pelat Lantai).....	65
Gambar 4. 34 Penginputan Konstruksi Lantai Tengah (Pelat Lantai)	66
Gambar 4. 35 Penginputan Jenis Pelapis Lantai	66
Gambar 4. 36 Penginputan Jenis Konstruksi Atap	67
Gambar 4. 37 Penginputan Jenis Dinding Eksterior	67
Gambar 4. 38 Penginputan Dinding Interior.....	68
Gambar 4. 39 Penginputan Jenis Bingkai Jendela	68
Gambar 4. 40 Penginputan Jenis Kaca Jendela.....	69
Gambar 4. 41 Penginputan Jenis Insulasi Atap.....	69
Gambar 4. 42 Penginputan Jenis Insulasi Dinding	70
Gambar 4. 43 Penginputan Jenis Insulasi Lantai	70
Gambar 4. 44 Standard ANSI/ASHRAE 90.1-2019 untuk WWR.....	71
Gambar 4. 45 Performance Rating Method Air Conditioners	72
Gambar 4. 46 Perbandingan efikasi dan umur rata-rata dari berbagai contoh lampu	73
Gambar 4. 47 Hasil Awal Simulasi Kondisi (Baseline/Existing) pada Efisiensi Energi menggunakan EDGE.....	73
Gambar 4. 48 Hasil Awal Simulasi Kondisi (Baseline/Existing) pada Efisiensi Air menggunakan EDGE.....	74
Gambar 4. 49 Hasil Awal Simulasi Kondisi (Baseline/Existing) pada Efisiensi Material menggunakan EDGE	75
Gambar 4. 50 Penginputan Energi Tebarukan Panel Surya (Solar Photovoltaic).....	77
Gambar 4. 51 Kalkulator Perhitungan Energi Tebarukan untuk Penggunaan Listrik Tahunan.....	77
Gambar 4. 52 Hasil Simulasi Analisis Efisiensi Energi Menggunakan Panel Surya (Solar Photovoltaic).....	79
Gambar 4. 53 Sebelum Optimasi Menggunakan Panel Surya (Solar Photovoltaic)..	80
Gambar 4. 54 Sesudah Menggunakan Energi Tebarukan Panel Surya (Solar Photovoltaic)	81
Gambar 4. 55 Biaya Utilitas Tahunan Sebelum Optimasi	81
Gambar 4. 56 Biaya Utilitas Tahunan Sesudah Optimasi.....	81
Gambar 4. 57 Kondisi Eksisting Sebelum Penerapan Solar Panel Skyhouse Alam Sutera Phase+3	83
Gambar 4. 58 Simulasi Penempatan Solar Panel pada Skyhouse Alam Sutera Phase+3	84
Gambar 4. 59 Skema Distribusi Aliran Sistem PLTS.....	86



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baseline Vertical Fenestration Area / Window to Wall Ratio ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019.....	17
Tabel 4. 1 Penilaian Aspek Efisiensi Energi.....	42
Tabel 4. 2 Penilaian Aspek Efisiensi Air.....	48
Tabel 4. 3 Penilaian Aspek Efisiensi Material.....	51
Tabel 4. 4 Spesifikasi Konstruksi Lantai Bagian Bawah & Menengah.....	51
Tabel 4. 5 Spesifikasi Konstruksi Atap.....	52
Tabel 4. 6 Tabel Rekap Analisis Efisiensi Energi.....	61
Tabel 4. 7 Tabel Rekap Analisis Efisiensi Air.....	63
Tabel 4. 8 Rekap Analisis Efisiensi Material.....	70
Tabel 4. 9 Tabel Biaya Utilitas Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	82





DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN BIAYA PENGADAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (SOLAR PANEL)	92
LAMPIRAN 2 BROSUR SKYHOUSE ALAM SUTERA PHASE+3	93
LAMPIRAN 3 SHOP DRAWING SKYHOUSE ALAM SUTERA PHASE+3	94
LAMPIRAN 4 PERNYATAAN CALON PEMBIMBING	95
LAMPIRAN 5 LEMBAR PENGESAHAN.....	96
LAMPIRAN 6 LEMBAR ASISTENSI	97
LAMPIRAN 7 PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	98
LAMPIRAN 8 LEMBAR BEBAS PINJAMAN DAN URUSAN ADMINISTRASI	99



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan kawasan perkotaan yang pesat mendorong meningkatnya kebutuhan hunian, khususnya hunian vertikal seperti apartemen. Keterbatasan lahan di wilayah perkotaan menyebabkan pembangunan apartemen menjadi solusi yang efektif untuk mengakomodasi pertumbuhan penduduk secara efisien (Widyakusuma & Zainoeddin, 2022). Namun demikian, bangunan hunian vertikal memiliki karakteristik konsumsi sumber daya yang relatif tinggi dibandingkan hunian tapak, terutama dalam penggunaan energi, air, dan material bangunan, sehingga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan apabila tidak dikelola secara berkelanjutan (Reztrie, 2023).

Bangunan apartemen umumnya bergantung pada sistem mekanikal dan elektrik untuk menunjang kenyamanan dan aktivitas penghuni, seperti sistem pencahayaan buatan, pendingin udara, lift, serta sistem distribusi air, ketergantungan ini menyebabkan konsumsi energi dan air pada apartemen berlangsung secara terus-menerus dan dalam jumlah besar (Nilawati et al., 2023). Penelitian (Deddy Purnomo Retno et al., 2024) menunjukkan bahwa sistem tata udara dan pencahayaan merupakan penyumbang terbesar konsumsi energi pada bangunan hunian vertikal, sedangkan kebutuhan domestik penghuni menjadi faktor utama tingginya konsumsi air bersih. Selain dalam Gedung perlu di dukung oleh kondisi iklim yang baik di sekitar bangunan Apartemen tersebut.

Selain aspek energi dan air, penggunaan material bangunan juga memberikan kontribusi terhadap dampak lingkungan. Proses produksi, transportasi, hingga pemasangan material membutuhkan energi yang tinggi dan menghasilkan emisi karbon yang tidak sedikit. Oleh karena itu, pemilihan material yang tidak efisien dapat meningkatkan jejak lingkungan bangunan dalam jangka panjang (Wulandari, 2023). Kondisi ini menegaskan pentingnya pengelolaan sumber daya bangunan secara menyeluruh sejak tahap perencanaan hingga operasional, semua aspek tersebut akan berpengaruh terhadap efisiensi energi pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase+3.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Konsep Green Building hadir sebagai pendekatan untuk meminimalkan dampak lingkungan bangunan melalui efisiensi penggunaan energi, air, dan material. Penerapan konsep Green Building bertujuan untuk menurunkan konsumsi sumber daya alam, mengurangi emisi, serta meningkatkan kinerja dan kenyamanan bangunan. Pada bangunan hunian vertikal, penerapan Green Building menjadi sangat relevan mengingat tingginya intensitas penggunaan sumber daya serta besarnya potensi penghematan yang dapat dicapai (Reztrie, 2023). Dalam Green Building ada 6 kategori (apa saja sebutkan) dengan penelitian ini akan berfokus Green Building pada kategori 2 yaitu energi efisiensi.

Untuk mengevaluasi tingkat penerapan konsep Green Building secara kuantitatif, diperlukan metode yang mampu memberikan hasil yang terukur dan objektif. Salah satu alat yang digunakan adalah EDGE Building App (Excellence in Design for Greater Efficiencies), yang menilai kinerja bangunan eksisting berdasarkan efisiensi energi, air, dan material (Shakina & Kustiani, 2025). Dengan Aplikasi EDGE ini pula dilakukan optimasi dengan penambahan energi terbarukan solar panel supaya mendapat peningkatan efisiensi energi. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan kondisi bangunan terhadap standar baseline dan menyajikan hasil dalam bentuk persentase penghematan, sehingga memudahkan analisis terhadap kinerja bangunan secara komprehensif (Nurwidyanigrum & Widiarto, 2024).

Berdasarkan penelitian (Nurwidyanigrum & Widiarto, 2024), apartemen bertingkat di Indonesia memiliki potensi besar untuk dioptimalkan melalui penerapan energi terbarukan, khususnya sistem photovoltaic (solar panel). Hal ini didukung oleh kondisi geografis Indonesia yang berada di wilayah tropis dengan intensitas radiasi matahari yang relatif tinggi sepanjang tahun. Pemanfaatan energi surya pada bangunan apartemen dapat menjadi solusi dalam mengurangi ketergantungan terhadap energi listrik konvensional serta menurunkan emisi karbon.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, maka permasalahan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa efisiensi penggunaan energi pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3 dengan simulasi analisis berdasarkan ANSI/ASHRAE/IES Standar 90.1-2019 menggunakan aplikasi EDGE Building?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Bagaimana penerapan solar panel sebagai energi terbarukan dapat mengoptimalkan efisiensi energi pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3?
3. Bagaimana hasil perbandingan persentase dan biaya utilitas sebelum dan sesudah penerapan optimasi energi dengan solar panel menggunakan aplikasi EDGE pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar pembahasan penelitian lebih terarah dan sistematis, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya mengevaluasi aspek energi bangunan pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3 sesuai dengan aplikasi EDGE Building.
2. Optimasi kinerja Green Building dilakukan menggunakan aplikasi EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) tanpa membandingkan dengan sistem penilaian Green Building lainnya.
3. Aspek yang dianalisis terbatas pada efisiensi penggunaan energi yang dinyatakan dalam bentuk persentase penghematan berdasarkan perhitungan EDGE Building.
4. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari gambar perencanaan, spesifikasi teknis, dan data pendukung proyek Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3, tanpa melakukan pengukuran langsung di lapangan.
5. Analisis dilakukan pada kondisi desain dan spesifikasi bangunan eksisting, sehingga hasil penelitian tidak membahas perubahan kinerja bangunan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi efisiensi penggunaan energi pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3 berdasarkan simulasi menggunakan aplikasi EDGE Building mengacu pada ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019.
2. Menganalisis penerapan solar panel sebagai energi terbarukan dalam meningkatkan efisiensi energi pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3 menggunakan aplikasi EDGE Building.
3. Menganalisis perbandingan persentase efisiensi energi sebelum dan sesudah penerapan energi terbarukan solar panel pada Apartemen



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Skyhouse Alam Sutera Phase 3 berdasarkan hasil simulasi aplikasi EDGE Building.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan bahan pembelajaran bagi mahasiswa, khususnya Program Studi Teknik Konstruksi Gedung dan Teknik Sipil, dalam memahami penerapan konsep Green Building menggunakan aplikasi EDGE Building pada bangunan hunian vertikal.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan efisiensi energi, efisiensi air, efisiensi material, serta optimasi energi terbarukan pada bangunan gedung menggunakan aplikasi EDGE Building maupun sistem sertifikasi bangunan hijau lainnya.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan gambaran teknis mengenai potensi peningkatan efisiensi energi pada bangunan apartemen melalui penerapan solar panel dan strategi Green Building. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengembangan bangunan hunian vertikal yang lebih efisien dan berkelanjutan.
4. Penelitian ini diharapkan dapat menambah literatur akademik terkait evaluasi Green Building berbasis aplikasi EDGE Building, khususnya pada bangunan apartemen bertingkat tinggi, sehingga dapat mendukung pengembangan pembelajaran dan penelitian di bidang konstruksi berkelanjutan.
5. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung penerapan pembangunan berkelanjutan melalui optimasi efisiensi energi dan penggunaan energi terbarukan pada bangunan gedung, sehingga dapat membantu mengurangi konsumsi energi konvensional dan dampak lingkungan akibat operasional bangunan

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan simulasi optimasi energi menggunakan aplikasi EDGE Building pada Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil simulasi efisiensi energi menggunakan aplikasi EDGE Building yang mengacu pada ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019, Apartemen Skyhouse Alam Sutera Phase 3 tipe studio dengan ukuran 18m² memperoleh tingkat penghematan energi sebesar 12,39%, water sebesar 25,16%, sedangkan untuk material sebesar 54,38% pada kondisi existing. Nilai tersebut menunjukkan bahwa bangunan telah menerapkan beberapa strategi efisiensi energi seperti pengaturan Window to Wall Ratio (WWR) sebesar 29,26%, penggunaan sistem pendingin yang efisien sebesar 12,86 Btu/hW, dan pencahayaan hemat energi sebesar 75 L/W. Namun demikian, nilai tersebut masih berada di bawah persyaratan minimum EDGE Certified sebesar 20%, sehingga diperlukan upaya optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja energi bangunan walaupun penilaian efisiensi air dan material sudah memenuhi persyaratan minimum EDGE Certified.
2. Penerapan energi terbarukan berupa solar panel (photovoltaic system) terbukti mampu mengoptimalkan efisiensi energi bangunan. Berdasarkan hasil simulasi, penggunaan 175 unit panel surya monocrystalline berkapasitas 400 Wp menghasilkan energi sebesar 114.975 kWh/tahun atau setara dengan 8,922% dari total kebutuhan energi tahunan bangunan. Kontribusi energi terbarukan tersebut meningkatkan persentase efisiensi energi sebesar 8,36%, sehingga nilai efisiensi energi bangunan meningkat dari 12,39% menjadi 20,75% dan berhasil memenuhi standar minimum EDGE Certified pada kategori energi. Hasil perbandingan sebelum dan sesudah optimasi menunjukkan bahwa penerapan solar panel tidak hanya meningkatkan efisiensi energi bangunan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi melalui penurunan biaya utilitas tahunan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Biaya utilitas sebelum optimasi sebesar Rp4.252.572/tahun/unit menurun menjadi Rp3.810.217/tahun/unit setelah optimasi, sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp442.355/tahun/unit.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar penerapan konsep Green Building pada bangunan apartemen dapat terus ditingkatkan, khususnya melalui penggunaan solar panel dan sistem hemat energi untuk mendukung efisiensi bangunan yang lebih berkelanjutan. Selain itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan analisis pada kondisi operasional bangunan secara aktual setelah digunakan oleh penghuni.





DAFTAR PUSTAKA

- Aliffia, H., Dinanti, P., Dinan Qonitan, F., & Ridhosari, B. (2022). *Evaluasi Aspek Konservasi Air berdasarkan Prinsip Green Building (Studi Kasus Gedung Griya Legita, Universitas Pertamina)*.
- ANYELER, D. E. (2025). PERENCANAAN SISTEM SOLAR PANEL ON – GRID FIXED ARRAY SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN XYZ DI JAKARTA. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6762>
- Deddy Purnomo Retno, Elizar, E., Syamsunur, D., & Putri, T. R. (2024). Analisis Keberlanjutan Kinerja Energi dan Air pada Perumahan Bersubsidi dengan Pendekatan Bangunan Hijau di Kota Pekanbaru. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.31849/siklus.v10i1.18839>
- Elariane, S., & Dubé, J. (2024). The feasibility of flexible and adaptive green certification in accelerating zero carbon cities. *Environmental Development*, 52, 101091. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.101091>
- Firoozi, A. A., Oyejobi, D. O., & Firoozi, A. A. (2025). Innovations in energy-efficient construction: Pioneering sustainable building practices. *Cleaner Engineering and Technology*, 26, 100957. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.100957>
- Isimbi, D., & Park, J. (2022). The Analysis of the EDGE Certification System on Residential Complexes to Improve Sustainability and Affordability. *Buildings*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/buildings12101729>
- Li, J. (2025). Green building design and energy efficiency improvement in architectural engineering. *Results in Engineering*, 27, 106973. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106973>
- Nindita, V., Purwanto, P., Windarta, J., & Hadiyanto. (2025). Comparative analysis of green building software for energy efficiency in campus settings. *Green Technologies and Sustainability*, 3(3), 100191. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100191>
- Nurwidyani, D., & Widiarto, A. H. (2024). OPTIMIZATION OF ENERGY EFFICIENCY WITH A GREEN BUILDING APPROACH IN THE MAHATA SERPONG APARTMENT. In *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)* (Vol. 5, Number 2).
- Padlan Saputra, S., & Sapitri. (2025). Analisis Penerapan Konsep Green Building Berbasis Excellence In Design For Greater Efficiencies(EDGE) Pada Bangunan Gedung Rusunawa. *JURNAL SAINTIS*, 25(02), 11–22. [https://doi.org/10.25299/saintis.2025.vol25\(02\).23745](https://doi.org/10.25299/saintis.2025.vol25(02).23745)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Reztrie, N. D. (2023). *KRITERIA PENILAIAN BANGUNAN HIJAU PADA HUNIAN VERTIKAL MENURUT PREFERENSI MASYARAKAT.*

Sartika Imia Manik, A., Krido Saptomo, S., & Yudi Chadirin, dan. (2024). *Rancangan Sumur Resapan pada Bangunan Hunian Vertikal sebagai Implementasi kriteria Greenbuilding.* <https://doi.org/10.29244/jsil.9.1.93-104>

Shakina, Q. Y., & Kustiani, K. (2025). ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI PADA BANGUNAN TINGGI BERBASIS EDGE BUILDINGS APP STUDI KASUS: GEDUNG ACADEMIC AND RESEARCH CENTER UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG. *JoDA Journal of Digital Architecture*, 4(2), 71–77. <https://doi.org/10.24167/joda.v4i2.13013>

Widyakusuma, A., & Zainoeddin, A. M. (2022). Tinjauan Aktivitas Utama dan Penunjang Penghuni pada Perencanaan Hunian Vertikal Jenis Apartemen. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 5(2), 171–183. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1068>

Wulandari, R. , B. M. S. , & S. D. C. P. (2023). *KAJIAN PEMILIHAN MATERIAL BAHAN BANGUNAN RAMAH LINGKUNGAN (GREEN MATERIAL) & MATERIAL BARU DALAM DESAIN ARSITEKTUR & INTERIOR.*

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA