



## Penerapan Sistem HVAC Efisien Energi melalui Edukasi dan Pendampingan pada Proyek Rumah Susun BIN-POLRI

### *Implementation of Energy-Efficient HVAC Systems through Education and Mentoring in the BIN-POLRI Apartment Project*

Muhammad Arham<sup>1\*</sup>, Syamsumarlin Taha<sup>2</sup>, Asnefi<sup>3</sup>, Husni Mubarak<sup>4</sup>, Akhsan Hamka<sup>5</sup>, Sony Malino<sup>6</sup>, Marten Rombe<sup>7</sup>

<sup>1,4,5,6</sup> Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Patria Artha, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Patria Artha, Indonesia

<sup>3</sup> Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Patria Artha, Indonesia

<sup>7</sup> Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Akademi Maritim Indonesia AIPI, Indonesia

Email: [andiarham413@gmail.com](mailto:andiarham413@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [syamsumarlintaha@gmail.com](mailto:syamsumarlintaha@gmail.com)<sup>2</sup>, [asnefi@gmail.com](mailto:asnefi@gmail.com)<sup>3</sup>, [husnimubarak201@gmail.com](mailto:husnimubarak201@gmail.com)<sup>4</sup>, [akhsan.hamka@patria-artha.ac.id](mailto:akhsan.hamka@patria-artha.ac.id)<sup>5</sup>, [sonymalino226@gmail.com](mailto:sonymalino226@gmail.com)<sup>6</sup>, [martenrombe4@gmail.com](mailto:martenrombe4@gmail.com)<sup>7</sup>

Alamat: Jl. Tun Abdul Razak, Paccinongang, Kec. Somba Opu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, 90235, Indonesia

\*Korespondensi penulis

#### **Article History:**

Naskah Masuk: 30 Juni, 2025;

Revisi: 15 Juli, 2025;

Diterima: 29 Juli, 2025;

Terbit: 31 Juli, 2025;

**Keywords:** Design Builder; HVAC; IKE; Mechanical Ventilation; Thermal Comfort

**Abstract:** This community service activity aims to provide education and technical recommendations related to energy efficiency and thermal comfort in the BIN Apartment building through simulations using DesignBuilder software. The purpose of the activity is to analyze and optimize the building's energy consumption and ensure thermal comfort for the residents. The simulation results show that the building's Energy Use Intensity (EUI) is relatively low for the residential category, based on calculations made by the BGH team. The air conditioning (AC) system in conditioned spaces meets the thermal comfort standards according to ASHRAE, ensuring comfortable living conditions in these areas. However, in unconditioned areas, such as the family room, the Predicted Mean Vote (PMV) value reaches 1.5 (hot), indicating thermal discomfort. To address this issue, mechanical ventilation is recommended, with the capacity to produce an average air velocity of at least 0.6 m/s, which will improve airflow and enhance thermal comfort. Alternatively, adding an additional AC unit can also be considered, though it would result in a 20% increase in energy consumption. The findings and recommendations of this activity are expected to provide valuable insights and assist partners in making informed technical decisions when designing efficient and comfortable HVAC systems for vertical state-owned residential buildings. Ultimately, this program aims to optimize both energy usage and comfort, contributing to sustainable building management practices in the future.

#### **Abstrak**

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memberikan edukasi dan rekomendasi teknis terkait efisiensi energi dan kenyamanan termal di gedung Apartemen BIN melalui simulasi menggunakan perangkat lunak DesignBuilder. Tujuan kegiatan ini adalah menganalisis dan mengoptimalkan konsumsi energi gedung serta memastikan kenyamanan termal bagi penghuni. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Intensitas Penggunaan Energi (EUI) gedung relatif rendah untuk kategori hunian, berdasarkan perhitungan yang dilakukan oleh tim BGH. Sistem pendingin udara (AC) di ruang ber-AC memenuhi standar kenyamanan termal menurut ASHRAE, sehingga memastikan kondisi hunian yang nyaman di area tersebut. Namun, di area tanpa AC, seperti ruang

keluarga, nilai Predicted Mean Vote (PMV) mencapai 1,5 (panas), yang menunjukkan ketidaknyamanan termal. Untuk mengatasi masalah ini, ventilasi mekanis direkomendasikan, dengan kapasitas menghasilkan kecepatan udara rata-rata minimal 0,6 m/s, yang akan meningkatkan aliran udara dan meningkatkan kenyamanan termal. Sebagai alternatif, penambahan unit AC tambahan juga dapat dipertimbangkan, meskipun akan mengakibatkan peningkatan konsumsi energi sebesar 20%. Temuan dan rekomendasi dari kegiatan ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga dan membantu mitra dalam mengambil keputusan teknis yang tepat saat merancang sistem HVAC yang efisien dan nyaman untuk bangunan hunian vertikal milik negara. Pada akhirnya, program ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan kenyamanan, serta berkontribusi pada praktik pengelolaan bangunan berkelanjutan di masa mendatang.

**Kata Kunci:** Desainer Pembangun; HVAC; IKE; Kenyamanan Termal; Ventilasi Mekanik

## 1. PENDAHULUAN

Universitas Patria Artha merupakan salah satu perguruan tinggi yang berkembang pesat di kawasan timur Indonesia. Institusi ini memiliki komitmen yang kuat dalam mengembangkan tridarma perguruan tinggi, meliputi pendidikan, penelitian, serta pengabdian kepada masyarakat. Fakultas Teknik dan Informatika terutama Program Studi Teknik Mesin memegang peran strategis dalam menjawab tantangan perkembangan teknologi dan memenuhi kebutuhan masyarakat, khususnya di bidang perancangan, rekayasa, dan teknologi terapan. Keberadaan dosen serta mahasiswa dengan kompetensi mumpuni menjadi modal penting dalam mendorong inovasi, baik di lingkungan akademik maupun pada implementasinya di masyarakat.

Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) merupakan salah satu pilar utama tridarma yang berfungsi menghubungkan hasil penelitian dan pembelajaran dengan kebutuhan nyata di lapangan. Melalui kegiatan ini, dosen dapat mengaplikasikan pengetahuan, teori, dan keterampilan yang dikembangkan di kampus untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi masyarakat, industri, maupun pemerintah. Lebih jauh, PKM menjadi sarana strategis untuk menciptakan solusi inovatif, efisien, dan tepat guna, sekaligus memperkuat kemitraan antara perguruan tinggi, dunia usaha, dan pemangku kepentingan lainnya. Dengan pendekatan tersebut, hasil penelitian tidak hanya berhenti pada publikasi akademik, tetapi juga memberikan dampak nyata yang dapat langsung dirasakan.

Pembangunan infrastruktur yang pesat, khususnya di kawasan timur Indonesia, menjadikan sektor konstruksi sebagai penggerak ekonomi dan katalis modernisasi. Namun, pelaksanaan proyek konstruksi kerap dihadapkan pada tiga batasan utama yang dikenal sebagai *project triple constraints*, yaitu ketepatan biaya, waktu, dan mutu (Li et al., 2020). Kegagalan memenuhi salah satu unsur ini dapat memengaruhi keberhasilan proyek secara keseluruhan. Permasalahan yang sering timbul mencakup lemahnya manajemen operasional, kurangnya pengelolaan risiko, keterlambatan jadwal, hingga pemborosan sumber daya. Untuk

mengatasinya, dibutuhkan manajemen konstruksi yang efektif, terintegrasi, dan diterapkan sejak tahap perencanaan, perancangan, proses lelang, pelaksanaan fisik, sampai pengoperasian dan pemeliharaan.

Selaras dengan perkembangan tren global, konsep *Green and Smart Building* menjadi semakin relevan. Konsep ini menekankan efisiensi energi, keberlanjutan lingkungan, dan penerapan teknologi cerdas untuk menciptakan bangunan yang tidak hanya fungsional, tetapi juga ramah lingkungan. Salah satu metode penting dalam penerapan konsep ini adalah simulasi energi bangunan dengan perangkat lunak khusus seperti *DesignBuilder* dan *EnergyPlus*. Teknologi ini memungkinkan analisis menyeluruh terhadap konsumsi energi pada sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), pencahayaan, serta peralatan lain, sekaligus memprediksi dampak berbagai skenario desain terhadap efisiensi energi.

Analisis simulasi energi, desainer dapat merumuskan strategi penghematan optimal, misalnya mengatur orientasi bangunan untuk memaksimalkan pencahayaan alami, memilih material berisolasi termal baik, dan merancang ventilasi efisien demi kenyamanan termal sekaligus penghematan biaya. Penelitian J. L. K. Ho dan P. H. C. Yuen (2019) membuktikan bahwa penerapan pencahayaan alami, isolasi optimal, dan ventilasi cerdas mampu menekan konsumsi energi secara signifikan. Sementara itu, studi S. R. Bhatia dan T. R. S. Horne (2016) menegaskan pentingnya pengaturan suhu dan kelembaban yang tepat pada sistem HVAC untuk mencapai efisiensi tanpa mengurangi kenyamanan penghuni. Integrasi teknologi simulasi energi dengan manajemen konstruksi berbasis efisiensi ini sangat relevan diterapkan dalam kegiatan PKM. Melalui pendekatan ini, tim dari Program Studi Teknik Mesin Universitas Patria Artha dapat memberikan pendampingan teknis kepada mitra—baik pemerintah daerah, kontraktor, pengembang properti, maupun masyarakat—dalam merancang dan membangun infrastruktur yang hemat energi, ramah lingkungan, dan berumur layanan panjang. Penerapan strategi ini juga berpotensi menjadikan universitas sebagai pusat rujukan inovasi konstruksi berkelanjutan di kawasan timur Indonesia.

Melaksanakan kegiatan PKM yang memadukan konsep *Green and Smart Building* dengan praktik manajemen konstruksi yang baik, diharapkan kompetensi teknis para mitra dapat meningkat, sekaligus menghasilkan model percontohan bangunan hemat energi yang dapat direplikasi di berbagai daerah. Langkah ini sejalan dengan visi Universitas Patria Artha untuk berkontribusi nyata pada pembangunan berkelanjutan di Indonesia Timur, serta memperkuat reputasi sebagai pusat inovasi dan solusi teknik yang berorientasi pada masa depan.

## 2. METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan kegiatan ini disusun untuk mencapai tujuan pembangunan Proyek Konstruksi Rumah Susun BIN POLRI dengan penerapan konsep *Green and Smart Building* di Ibu Kota Nusantara. Pelaksanaan penelitian dan simulasi dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

### A. Perumusan Tujuan

Kegiatan ini bertujuan untuk:

- Mengoptimalkan desain bangunan Rusun BIN POLRI agar efisien dalam konsumsi energi (*Intensitas Konsumsi Energi / IKE*), meskipun menggunakan sistem HVAC pada ruang yang dikondisikan maupun tidak dikondisikan, tanpa mengorbankan kenyamanan termal penghuni.
- Menilai penerapan standar ASHRAE dalam menjamin kenyamanan termal pada ruang yang dikondisikan maupun tidak dikondisikan.

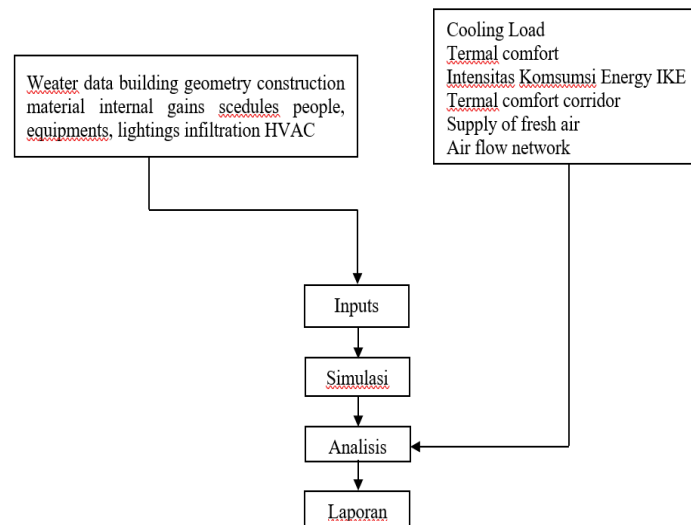
### B. Penetapan Batasan Masalah

Ruang lingkup pekerjaan dibatasi pada sistem-sistem utama bangunan yang relevan dengan efisiensi energi dan keberlanjutan yaitu :

- Sistem pengolahan *black water* dan *gray water*.
- Sistem transportasi gedung.
- Sistem instalasi *fire fighting*.
- Sistem elektronik dan *electrical control*.
- Sistem penyediaan air bersih.
- Pompa mekanik.
- *Power house*.
- Pemanfaatan energi baru terbarukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada *roof top*.

### C. Metode Simulasi EnergyPlus

Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak *EnergyPlus* untuk menganalisis performa energi bangunan. Tahapan pelaksanaan simulasi meliputi:



**Gambar 1.** Diagram Alir Metodologi.

### D. Data Selubung Bangunan

Berikut data material bangunan yang digunakan dinding:

**Tabel 1.** Data Material Selubung Bangunan.

Bagian	Material	Ketebalan	Spesifikasi
Dinding external	Bata Ringan	100 mm	U-Value : 1.452 W/m <sup>2</sup> K
Dinding internal	Bata Ringan	101 mm	U-Value : 1.452 W/m <sup>2</sup> K
Facade	Panasap Light Grey	8 mm	U-Value : 5.738 W/m <sup>2</sup> K light transmission : 0.496 SHGC : 0.544

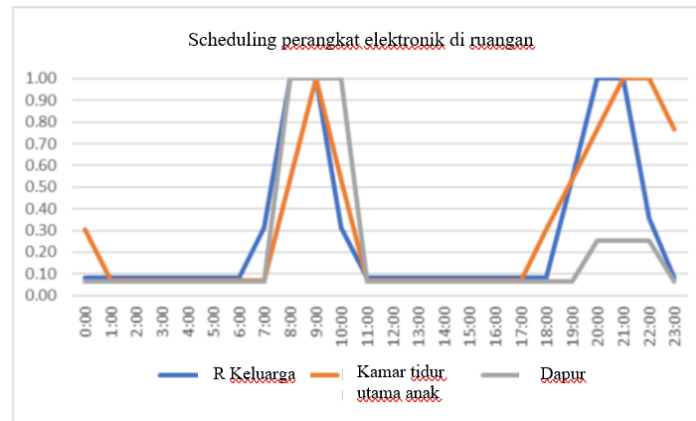
### E. Data Peralatan elektronik

Berikut data peralatan elektronik yang digunakan pada unit hunian:

**Tabel 2.** Data Peralatan Elektronik Dalam Ruangan.

Room	Electronic Appliances	Power (W)	Area (sqm)	Power Density (W/sqm)
<b>Balkon Ruang Keluarga</b>	No	0	3.7	0.00
<b>Ruang Keluarga</b>	TV LED	40	37.3	5.09
	Ceiling Fan	50		
	Kulkas	100		
<b>Kamar Tidur Anak 01</b>	Charger HP	10	8.5	7.06
	Leptop	50		
<b>Kamar Tidur Anak 02</b>	Charger HP	10	8.5	7.06
	Leptop	50		
<b>Kamar Tidur Utama</b>	Charger HP	20	9.6	7.29

	Leptop	50		
<b>Balkon Kamar Tidur Utama</b>	No	0	2.9	0.00
<b>Toilet 01</b>	No	0	2.9	0.00
<b>Toilet 02</b>	No	0	2.9	0.00
<b>Dapur</b>	Rice cooker	50	7.2	20.83
	Dispenser	100		
<b>Laundry</b>	Mesin Cuci	350	5.6	62.50



**Gambar 2.** Profil Jadwal Penggunaan Perangkat Elektronik.

Gambar 2 merupakan grafik profil penggunaan perangkat elektronik dalam 1 hari (24 jam) untuk ruang keluarga, kamar tidur utama, kamar tidur anak 19 dan dapur. Sumbu Y dari grafik tersebut menunjukkan fraksi persentasi penggunaan peralatan, nilai 1 menunjukkan 100%. Sumbu X adalah jam dalam 1 hari (24 jam).

### 3. PELAKSANAAN DAN HASIL KEGIATAN

#### A. Hasil Simulasi

##### *Beban Pendinginan (Cooling Load)*

Secara umum, setting iklim yang digunakan untuk Rusun BIN adalah iklim Balikpapan-Sepinggalan. Tipe bangunan diatur berdasarkan aktivitas penghuninya, sehingga tipe bangunan untuk Rusun BIN adalah Rumah Susun (Residential). Material tembok bagian luar dan dalam bangunan adalah bata ringan. Langit-langit ruangan berbahan Gypsum. Jarak antar lantai tingkat atas dengan lantai tingkat bawah sebesar 3.6 m dan jarak lantai ruangan dengan langit-langit sebesar 2.8 m. Sistem Pengkondisi Udara (Ventilation and Air Conditioning) Rusun BIN menggunakan gabungan AC Split dan Fresh Air, dengan COP 4.20, dan Auto Sizing. Ruangan dalam unit Rusun BIN yang menggunakan sistem Pengkondisi Udara ini adalah: Kamar Tidur Utama, Kamar Tidur Anak 01, dan Kamar Tidur Anak 02. Untuk bukaan, material jendela Rusun BIN menggunakan tipe kaca Panasap Light Grey 8 mm, dengan nilai U-value: 1.452 W/m<sup>2</sup>K, Light transmission: 0.496

dan Solar Heat Gain Coefficient (SHGC): 0.544. Nilai SHGC yang digunakan menunjukkan bahwa tipe kaca ini hanya melewati panas sebesar 54%, dan nilai light transmission menunjukkan angka 0,496 yang berarti 50% melewati cahaya. Perhitungan beban pendinginan AC dilakukan berdasarkan kondisi perencanaan (0.4% DBT MCWT) dari data iklim yang digunakan (Balikpapan - Sepingga). Berikut foto dokumentasi team saat melakukan peninjauan peralatan elektronik dalam ruangan Rusun tersebut dan sistem pengkondisi udara



**Gambar 3.** Saat melakukan peninjauan peralatan elektronik dalam ruangan Rusun. Berikut adalah hasil simulasi dengan menggunakan DesignBuilder:

**Tabel 3.** Beban Pendingin (Cooling Load) Dari Hasil Simulasi Designbuilder.

Zone	Design Capacity (kW)	Design Flow Rate (m <sup>3</sup> /s)	Total Cooling Load (kW)	Sensible (kW)	Latent (kW)	Air Temperature (°C)	Humidity (%)	Time of Max Cool.	Max Op. Temp in Day (°C)	Floor Area (m <sup>2</sup> )
Rusun BIN Unit C, Building 1										
Analysis Summary										
Building 1										
Balkon Kamar Utama	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	-	-	Jun 11:00	35,01	2,711
Toilet 02	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	-	-	Feb 00:00	32,40	3,072
Toilet 01	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	-	-	May 23:30	32,35	3,067
Balkon Kelarga	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	-	-	Jan 11:00	33,64	3,293
Dapur	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	-	-	Feb 20:00	34,65	5,445
Laundry	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	-	-	Feb 23:00	34,54	6,343
Kamar Anak 02	1,21	0,058	1,05	0,79	0,26	25,00	45,1	May 09:00	27,38	9,102
Kamar Anak 01	1,14	0,053	0,99	0,73	0,26	25,00	46,3	May 09:00	27,21	9,102
Kamar Utama	1,48	0,074	1,29	1,01	0,27	25,00	47,1	Jun 13:00	27,56	10,903
R Kelarga	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	-	-	May 15:00	34,30	36,519
<b>Totals</b>	<b>3,83</b>	<b>0,185</b>	<b>3,33</b>	<b>2,53</b>	<b>0,80</b>	<b>15,2</b>	<b>15,2</b>	<b>N/A</b>	<b>68,64</b>	<b>69,749</b>

Tabel 3 menunjukkan kapasitas beban pendinginan (cooling load) sebesar 5050 Btuh di area kamar tidur utama dan 4100 Btuh di area kamar tidur anak. Angka ini akan menjadi dasar penentuan kapasitas AC yang akan dipasang di ruangan tersebut.

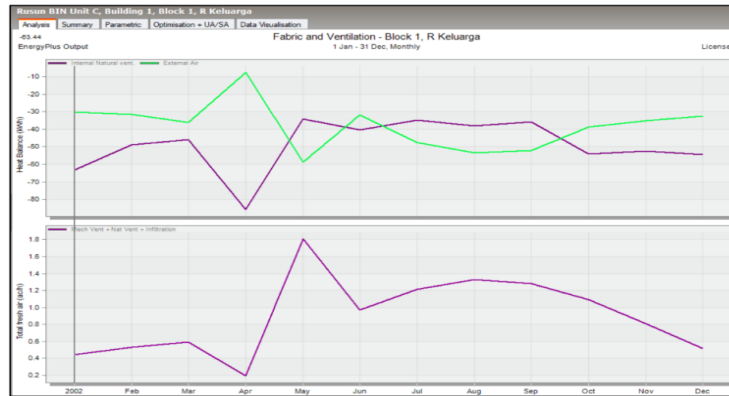
**Tabel 4.** Unmet Hours Hasil Simulasi Designbuilder.

Comfort and Setpoint Not Met Summary	
	Facility [Hours]
Time Setpoint Not Met During Occupied Heating	0.00
Time Setpoint Not Met During Occupied Cooling	0.00
Time Not Comfortable Based on Simple ASHRAE 55-2004	0.00

Dari hasil simulasi diperoleh hasil jumlah unmet hours untuk 1 unit rusun BIN adalah sebesar 0 jam seperti ditunjukkan pada tabel 4, yang berarti dengan diperolehnya kapasitas AC terpasang, akan memenuhi tingkat kenyamanan yang dibutuhkan

### Kenyamanan Termal (*Thermal Comfort*)

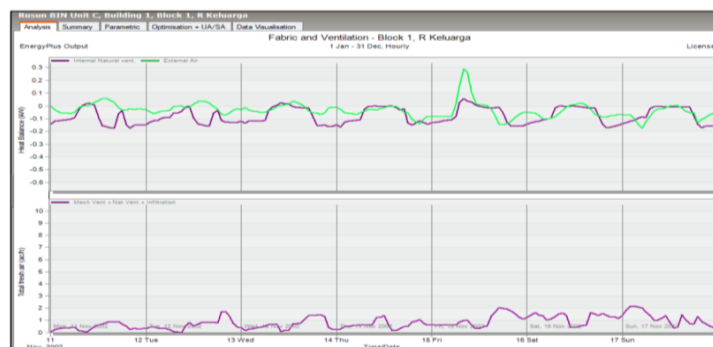
Perhitungan tingkat kenyamanan termal dilakukan di ruangan yang tidak ber-AC. Angka infiltrasi dan natural ventilasi didapatkan dengan simulasi airflow network menggunakan calculated ventilation untuk perhitungan berdasarkan ACH. Berikut adalah grafik simulasi Airflow Network pada Ruang Keluarga:



**Gambar 3.** Hasil Simulasi Airflow Network pada Ruang Keluarga.

Pada Gambar 3 grafik menunjukkan perubahan heat balance (kWh) per bulan dalam setahun dan grafik kedua menunjukkan perubahan total fresh air (ac/h) per bulan dalam satu tahun.

Grafik Gambar 4 menunjukkan perubahan heat balance (kWh) per jam dalam satu tahun dan perubahan total fresh air (ac/h) per jam dalam satu tahun. Pada grafik perubahan heat balance (kWh), terdapat dua garis yaitu garis ungu dan garis hijau. Garis grafik berwarna ungu menunjukkan perubahan heat balance (kWh) untuk Internal Natural Ventilation. Sedangkan garis grafik berwarna hijau menunjukkan perubahan heat balance (kWh) untuk External Air. Heat gain dari Internal Natural Ventilation diperoleh dari pertukaran udara melalui jendela, pintu, ventilasi, lubang dan penyekat ruangan internal. Heat gain dari External Air diperoleh dari masuknya udara luar melalui jendela, ventilasi, pintu, lubang, dan retakan eksternal.



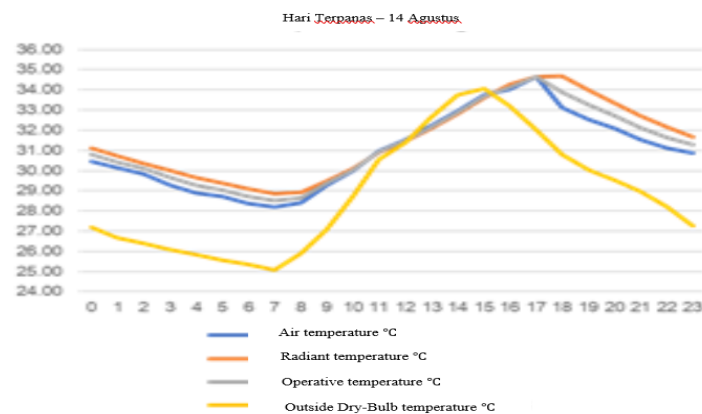
**Gambar 4.** Hasil simulasi airflow network pada ruang keluarga selama 7 hari

Pada grafik perubahan total fresh air (ac/h), garis ungu menunjukkan perubahan total fresh air oleh mechanical ventilation, natural ventilation, dan infiltration.

Tabel 5 menunjukkan kondisi udara di dalam ruang keluarga, yang terdiri dari temperatur udara (air temperatur), temperatur radiant, dan temperatur operatif. Temperatur operatif diperoleh dari rata-rata air temperature dan radiant temperature. Data di dalam Tabel 3 adalah data yang diambil pada hari terpanas sepanjang satu tahun.

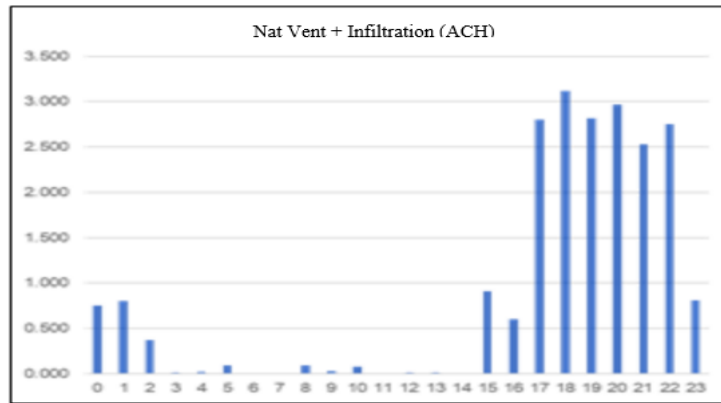
**Tabel 5.** Temperatur Ruang Keluarga.

Date/Time	Air Temperature (°C)	Radiant Temperature (°C)	Operative Temperature (°C)	Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	Relative Humidity (%)
14-Aug-02 3:00:00 PM	33.73428	33.69595	33.67012	34.075	73.45274
22-Mar-02 3:00:00 PM	32.664	32.32301	32.48951	34.025	71.1732
06-Nov-02 2:00:00 PM	33.6952	33.5373	33.57125	34	74.41283
05-Nov-02 3:00:00 PM	32.22734	32.72697	32.47716	33.975	61.01574
03-Nov-02 3:00:00 PM	33.41012	32.96908	33.1896	33.925	67.2917
05-Nov-02 2:00:00 PM	31.89598	32.30642	32.1012	33.9	64.48567
05-Nov-02 1:00:00 PM	31.50711	31.93353	31.72032	33.875	69.27986
06-Nov-02 3:00:00 PM	34.07522	34.0729	34.07406	33.85	69.79302
03-Nov-02 2:00:00 PM	32.81447	32.2566	32.53553	33.85	70.36237
06-Nov-02 1:00:00 PM	33.11522	32.96124	33.03823	33.775	74.22931
14-Aug-02 2:00:00 PM	32.94117	32.82088	32.88102	33.75	74.60513



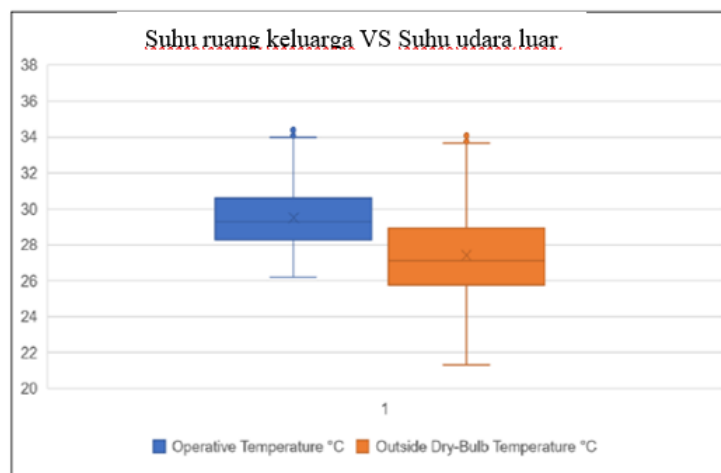
**Gambar 5.** Kondisi temperatur ruang keluarga pada saat hari terpanas (14 Agustus).

Hari terpanas di ruang keluarga terjadi pada 14 Agustus. Ruang keluarga merupakan ruangan yang hanya menggunakan ventilasi alami, maka untuk mendapatkan kondisi nyaman, diperlukan adanya pertukaran udara, yang bisa dilakukan dengan buka tutup jendela pada ruangan tersebut. Grafik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa pada periode waktu pukul 17.00, suhu udara di dalam ruangan merupakan suhu udara tertinggi dan lebih tinggi dari suhu udara luar.



**Gambar 6.** Nilai Pertukaran Udara tiap Jam (Air Change per Hour).

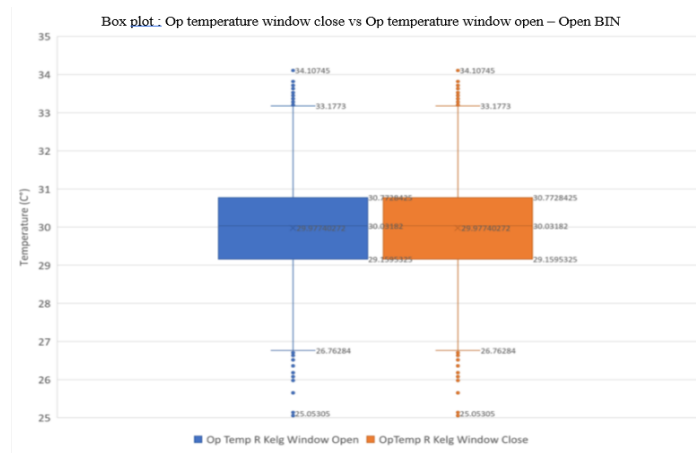
Pada jam tersebut direkomendasikan untuk membuka pintu balkon atau jendela sehingga diperoleh kenaikan nilai pertukaran udara (Air Change per Hour/ACH). Nilai ACH yang diperlukan untuk memenuhi kondisi kenyamanan termal di dalam ruang keluarga ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 7.** Boxplot Temperatur Ruang Keluarga vs Temperatur Udara Luar.

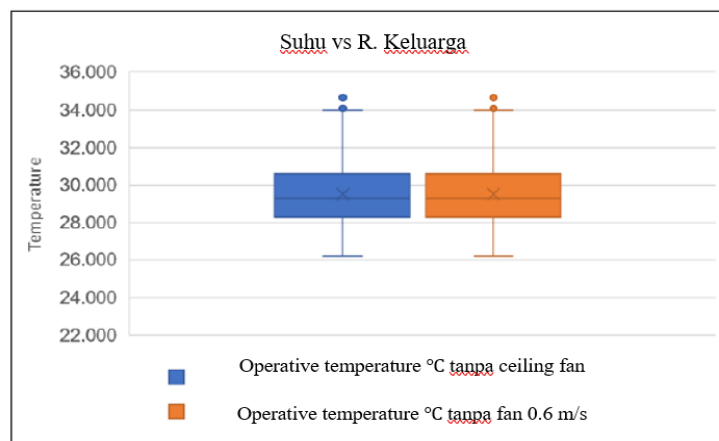
Gambar 7 menunjukkan kondisi temperatur ruangan dan temperatur udara luar. Dari hasil simulasi diperoleh jumlah jam overheating dalam satu tahun adalah kondisi operative temperature  $> 27^{\circ}\text{C}$  adalah sebanyak 8714 jam dan kondisi outside dry bulb temperature  $> 32^{\circ}\text{C}$  sebanyak 110 jam.

Boxplot pada Gambar 8 menunjukkan bahwa jika jendela pada ruang keluarga dibuka, maka tidak terjadi penurunan yang signifikan pada operative temperature di ruang keluarga untuk Rusun BIN Tower 1.



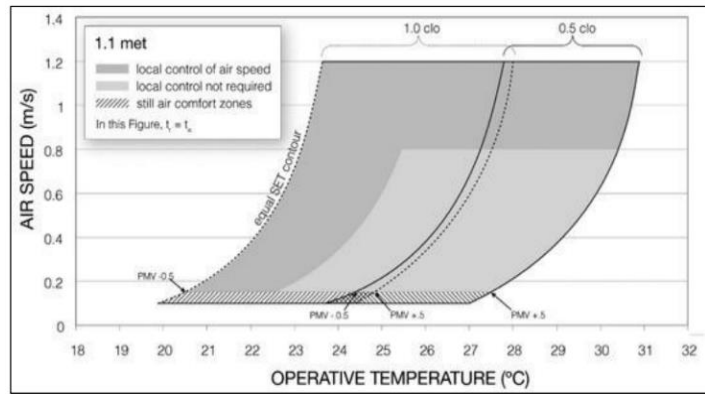
**Gambar 8.** Boxplot temperatur ruang keluarga vs temperatur udara luar pada kondisi jendela dibuka.

Gambar 9 menunjukkan perbandingan antara temperatur udara di dalam ruang keluarga tanpa intervensi ceiling fan dan menggunakan ceiling fan. Ceiling fan diasumsikan sebagai peralatan yang mampu menghasilkan udara bergerak dengan kecepatan 0.6 m/detik

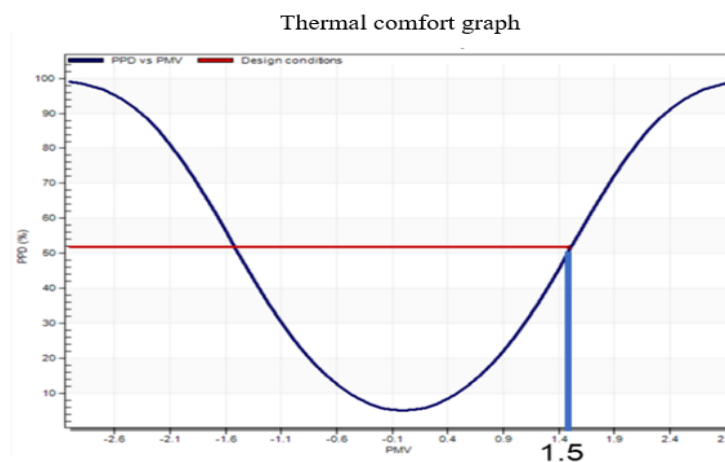


**Gambar 9.** Boxplot temperatur ruang keluarga dengan intervensi ceiling fan.

Berdasarkan scenario pemasangan ceiling fan dengan kecepatan 0.6 m/s tidak terlalu berdampak kepada penurunan temperatur, tetapi dengan penggunaan ceiling fan maka dapat melancarkan sirkulasi udara dalam ruangan tersebut sehingga tidak terjadi akumulasi panas yang berlebih dalam ruangan. Hal ini didukung oleh grafik pada Gambar 10. yang menunjukkan rentang operative temperature dan kecepatan udara yang dapat diterima untuk zona nyaman. Diharapkan dengan adanya intervensi ceiling fan yang akan menghasilkan udara bergerak di ruang keluarga akan bisa memberikan kondisi nyaman bagi penghuninya.



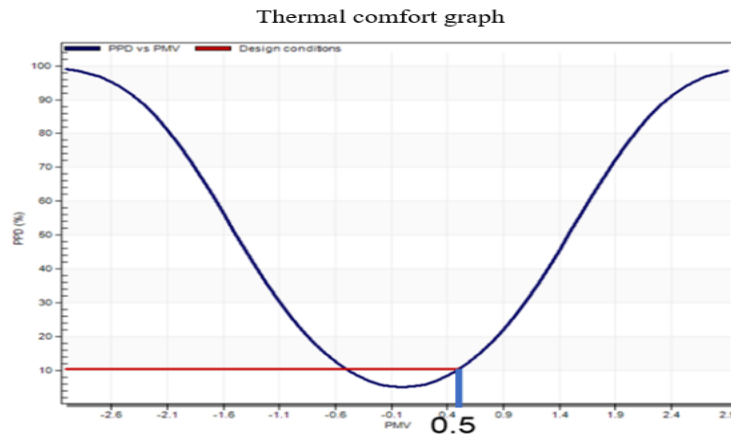
**Gambar 10.** Grafik pengaruh kecepatan udara dan operative temperatur terhadap kenyamanan termal.



**Gambar 11.** Indeks PMV di Ruang Keluarga tanpa intervensi Ceiling Fan

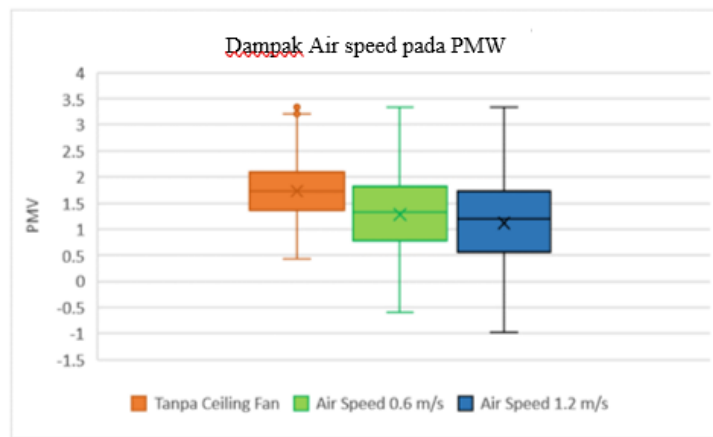
Grafik pada Gambar 11 menunjukkan indeks PMV (Predicted Mean Vote), yaitu indeks yang digunakan untuk memprediksi kenyamanan termal seseorang. Dari hasil simulasi kondisi kenyamanan termal di ruang keluarga, saat tidak ada ceiling fan nilai PMV menunjukkan angka sekitar 1.5 yang mengindikasikan suhu di ruangan tersebut panas.

Kondisi kenyamanan thermal pada ruang keluarga dengan intervensi ceiling fan yang berdampak pada timbulnya kecepatan udara sebesar 0.6 m/s ditunjukkan pada Gambar 12. Dengan adanya intervensi ceiling fan, PMV di Ruang Keluarga berhasil menunjukkan penurunan menjadi sekitar 0.5 yang mengindikasikan masih dianggap cukup nyaman, meskipun suhu panas. Hal ini juga ditunjukkan dengan penurunan nilai Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) menjadi 10%.



**Gambar 12.** Indeks PMV di Ruang Keluarga dengan intervensi Ceiling Fan.

Grafik pada Gambar 12 menunjukkan dampak ceiling fan pada kenyamanan thermal di Ruang Keluarga sepanjang tahun selama 8760 jam dan dinyatakan dalam boxplot.



**Gambar 13.** Dampak kecepatan udara (air speed) yang dihasilkan oleh ceiling fan terhadap nilai PMV di ruang keluarga.

Berdasarkan data boxplot tersebut diperoleh bahwa jumlah jam yang memenuhi PMV ( $-0.5 < PMV < 1$ ) adalah sebagai berikut:

- R. Keluarga Tanpa Ceiling Fan: 787 jam (9%)
- R. Keluarga dengan air speed 0.6 m/s: 2955 jam (34%)
- R. Keluarga dengan air speed 1.2 m/s: 5659 jam (65%)

### ***Intensitas konsumsi energi (IKE)***

Parameter untuk perhitungan IKE disetting berdasarkan asumsi di worksheet Bangunan Gedung Hijau (BGH). Tabel 2. Merupakan bagian dari dasar Perhitungan Power Density per Ruangan dalam Unit BIN POLRI

Sistem Tata Udara unit Rusun BIN menggunakan AC split dengan COP 4.20. Kerapatan penghuni (Occupant density) sebesar  $25\text{m}^2/\text{person}$  yang berarti bahwa dalam 1

unit berisi 4 orang. Dengan Lighting Power Density (LPD) sebesar 2.85 W/m<sup>2</sup>. Bangunan terbuat dari bata ringan untuk tembok eksternal dan partisi internal, Panasap Light Grey 8 mm untuk jendela, dan Gypsum untuk langit-langit. Jarak antar lantai sebesar 3.6 m sedangkan jarak dari lantai ke langit-langit sebesar 2.8 m. Kamar tidur anak 1, kamar tidur anak 2, dan kamar tidur utama menggunakan AC split dan fresh air dengan COP 4.20. Ruang Fasum dan Retail menggunakan sistem VRV dengan COP 4.10.

Simulasi energi pada unit Rusun BIN adalah dengan menggunakan software EnergyPlus. Konsumsi energi dihitung untuk rentang waktu 8760.00 jam atau 1 tahun. Hasil simulasi akan menunjukkan total konsumsi energi (kWh), Intensitas Konsumsi Energi/IKE per luas bangunan (kWh/m<sup>2</sup>) dan IKE per luas bangunan yang dikondisikan (kWh/m<sup>2</sup>). Berikut adalah hasil perhitungan IKE berdasarkan Worksheet BGH untuk konsumsi energi bangunan dengan sistem AC Split:

**Tabel 6.** Perhitungan Ike Berdasarkan Worksheet Bgh.

HASIL PERHITUNGAN KONSUMSI ENERGI BANGUNAN GEDUNG DENGAN SISTEM AC SPLIT				
No	Deskripsi	Satuan	Baseline	Desain
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1.	Sistem Pencahayaan	kWh/tahun	803,350	443,965
2.	Plug Load	kWh/tahun	2,100,100	2,100,100
3.	Sistem Ventilasi Mekanis	kWh/tahun	785,534	516,208
4.	Sistem Pengondisian Udara (AC)	kWh/tahun	1,554,285	1,320,469
5.	Total Konsumsi Energi Bangunan Gedung	kWh/tahun	5,243,269	4,380,742
6.	Pengurangan Konsumsi Energi Bangunan Gedung			16.45%
				Penghematan Konsumsi Energi
				Setiap penghematan 2%
				diberi 1 poin (maks. 5 poin)
				Poin Diperoleh
				8
				5
No.	Deskripsi	Satuan	Baseline	Desain
1.	OTTV	W/m <sup>2</sup>	35.00	34.50
2.	Intensitas Konsumsi Energi (IKE)	kWh/m <sup>2</sup> /tahun	149.37	124.80

Perbandingan IKE Tower 04 Persil 05 Rusun BIN berdasarkan simulasi EnergyPlus dengan IKE berdasarkan worksheet BGH dapat dilihat pada tabel berikut:

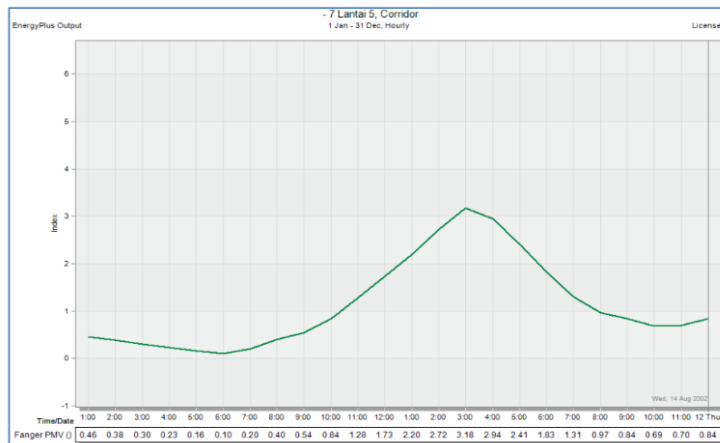
**Tabel 7.** Perbandingan Ike Simulasi Energyplus Vs Ike Worksheet Bgh

Rusun BIN, POLRI	Total Energy (kWh)	Total Building Area (sqm)	IKE (kWh/sqm)
Simulasi	1.160.450,46	10.469,60	110,84
Worksheet BGH (Desain)	4.380.742,00	35.102,00	124,00

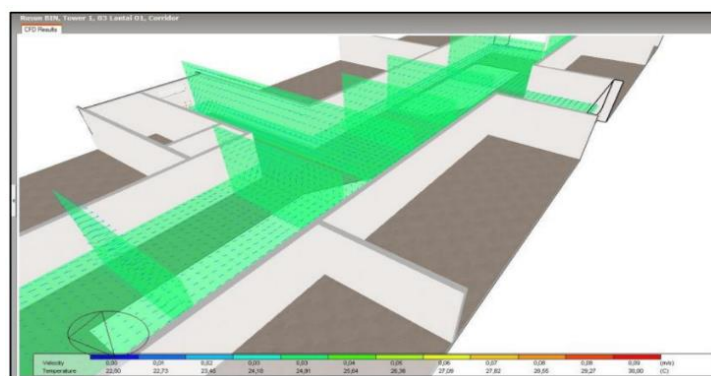
IKE Tower 04 Persil 05 Rusun BIN hasil simulasi EnergyPlus memiliki perbedaan sebesar 11.18% terhadap IKE berdasarkan worksheet BGH.

### *Thermal Comfort Di Koridor*

Kondisi kenyamanan thermal di koridor ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 3.23. Analisa PMV pada area koridor menunjukkan bahwa pada periode waktu jam 11.00 – 20.00 memiliki nilai PMV >1 yang mengindikasikan pada periode waktu tersebut suhu udara panas dan tidak nyaman untuk beraktivitas di area koridor.



**Gambar 13.** Kondisi Kenyamanan Thermal di Koridor.



**Gambar 14.** Hasil simulasi kondisi temperatur rata-rata di koridor.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil simulasi dan analisis energi pada Rusun BIN dengan perangkat lunak DesignBuilder menunjukkan bahwa konsumsi energi tergolong rendah untuk kelas hunian, sehingga bangunan dinilai efisien. Dari sisi kenyamanan termal, ruang yang menggunakan pendingin udara (AC) sudah memenuhi standar ASHRAE, menandakan sistem tata udara sesuai kebutuhan penghuni. Sebaliknya, ruang tanpa pendingin, khususnya ruang keluarga, memiliki nilai PMV relatif tinggi (+1,5) yang menunjukkan kondisi panas dan kurang nyaman. Karena metode PMV kurang relevan untuk ruang tanpa pengkondisian, diperlukan strategi lain, salah satunya ventilasi mekanis yang mampu menghasilkan pergerakan udara minimal 0,6 m/s. Dengan sirkulasi udara yang lebih baik, kenyamanan penghuni dapat tercapai tanpa ketergantungan penuh pada AC. Alternatif penambahan AC memang memungkinkan, tetapi berdampak pada kenaikan konsumsi energi sekitar 20% dari nilai IKE. Oleh karena itu, ventilasi mekanis dipandang lebih seimbang dalam mendukung efisiensi energi dan kenyamanan termal. Edukasi dan pendampingan dalam perencanaan serta implementasi sistem HVAC efisien energi sangat penting agar pengelola maupun penghuni memahami manfaat

penggunaan teknologi ramah energi sekaligus perilaku hemat energi. Dengan demikian, penerapan sistem HVAC efisien energi pada proyek Rumah Susun BIN-POLRI tidak hanya menekan beban konsumsi energi, tetapi juga memberikan lingkungan hunian yang nyaman, sehat, dan berkelanjutan.

Disarankan, penggunaan ventilasi mekanis sederhana pada ruang tanpa AC untuk menjaga kenyamanan dengan konsumsi energi minimal, sedangkan penambahan AC sebaiknya menjadi pilihan terakhir karena berpotensi meningkatkan IKE hingga  $\pm 20\%$ . Edukasi dan pendampingan bagi penghuni maupun pengelola penting dilakukan agar sistem HVAC efisien energi dapat dimanfaatkan optimal. Selain itu, perlu dilakukan pemantauan berkala terhadap konsumsi energi aktual guna mengevaluasi kesesuaian hasil simulasi dengan kondisi nyata serta menjadi dasar perbaikan desain pada proyek serupa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terselesainya kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dengan baik. Kami menyampaikan terima kasih kepada pihak stakeholder pelaksan di area project pembangunan rusun Bin-Polri dan masyarakat sekitar yang telah memberikan kesempatan, dukungan, serta partisipasi aktif selama pelaksanaan kegiatan. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada pimpinan perguruan tinggi dan LPPM yang telah memfasilitasi serta mendukung kegiatan PKM ini. Semoga hasil kegiatan ini dapat memberikan manfaat nyata bagi masyarakat sekaligus menjadi wujud kontribusi dosen dalam penerapan ilmu pengetahuan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arham, M., & Nur, M. I. (2023). Perancangan PLTMH turbin Archimedes screw pada kawasan pedesaan terpencil Dusun Cindakko Desa Bonto Somba Kec. Tompobulu Kab. Maros. *5(1)*, 17-22.
- Aswin Salam, A., Syahril M, Muh., & Arham, M. (2023). Karakteristik eksperimental dan teoritis getaran balok kayu lontar (*Borassus Flabellifer* Linn). *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur dan Industri)*, *5(1)*, 1-7.
- Bhatia, S. R., Horne, T. R. S., & Rafique, A. B. M. (2016). Energy performance and HVAC systems: A simulation-based approach. *Journal of Energy and Buildings*, *127*.
- Chemweno, P., Pintelon, L., Horenbeek, A. V., & Muchiri, P. (2015). Development of a risk assessment selection methodology for asset maintenance decision making: An analytic network process (ANP) approach. *International Journal of Production Economics*, *170*, 663-676. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.03.017>

- Deng, X., Yang, X., Zhang, Y., Li, Y., & Lu, Z. (2019). Risk propagation mechanisms and risk management strategies for a sustainable perishable products supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, *135*, 1175-1187. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.014>
- Ho, J. L. K., Yuen, P. H. C., & Lee, D. J. M. (2019). Sustainable building design and energy simulation: A case study using DesignBuilder. *Journal of Sustainable Cities and Society*, *45*.
- Ibanez, A. J. P., Bernal, J. M. M., Diego, M. J. C. D., & Sanches, F. J. A. (2016). Expert system for predicting buildings service life under ISO 31000 standard. Application in architectural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, *18*, 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.10.006>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Gawankar, S. A. (2020). Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications. *International Journal of Production Economics*, *219*, 179-194. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.022>
- Njoroge, E., & Yusuf, M. (2020). Project management triple constraints and performance of indoor network coverage enhancement projects: A case of Safaricom, Kenya. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, *8*(9), 425-469.
- Olechowski, A., Oehmen, J., Seering, W., & Daya, M. B. (2016). The professionalization of risk management: What role can the ISO 31000 risk management principles play. *International Journal of Project Management*, *34*(8), 1568-1578. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.08.002>
- Oliveira, U. R. D., Marins, F. A. S., Rocha, H. M., & Salomon, V. A. P. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, *151*, 616-633. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.054>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Sameer Ahmed, Engr, & Fayaz Ahmed, S. (2020). Why are triple constraints always challenged? Evidence from construction projects. *International Journal of Scientific & Technology Research*, *9*(12).
- Taha, S., Syarif, I., Rais, M., Aminuddin, R., Baharuddin, A. R., Arham, M., & Usman, J. (2024). Mitigasi potensi bahaya dengan mengadaptasi metode job safety analysis (JSA). *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *2*(1), 121-125. <https://doi.org/10.59562/abdimas.v2i1.3620>
- Udding, U., Firdaus, R. A., Arham, M., Jimran, M. A., & Gimnastiar, M. (2021). Analisis sistem production separator dengan metode RAM (Reliability, Availability and Maintainability). *Dewantara Journal of Technology*, *2*(2), 57-62. <https://doi.org/10.59563/djtech.v2i2.131>