

ANALISIS AIR CONDITIONER PADA KOMPLEK PERUMAHAN DI KOTA DENPASAR

I.G.A.T.Bhuana¹, I.N.S.Kumara², I.A.D.Giriantari³, W.G.Ariastina⁴, I.N.Setiawan⁵
I.W.Sukerayasa⁶

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3,4,5,6}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361

buanaa27@gmail.com¹

ABSTRAK

Green building retrofit merupakan pendekatan yang melibatkan perubahan atau peningkatan pada bangunan yang sudah ada untuk mencapai standar keberlanjutan dan efisiensi energi yang lebih tinggi. Melalui audit energi, potensi penghematan energi diidentifikasi bersama dengan komponen yang perlu ditingkatkan untuk mencapai tingkat keberlanjutan yang diinginkan, seperti penerapan sistem HVAC yang efisien, pencahayaan hemat energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi perbaikan melalui *Green Building Retrofit* dengan fokus pada efisiensi energi dan keberlanjutan di Perumahan Jadi Pesona II Barat, membandingkan konsumsi energi sebelum dan sesudah audit energi, serta menghitung periode balik modal bagi penghuni setelah penerapan retrofit. Setelah dilakukannya audit energi dan *Green Building Retrofit*, penggunaan energi harian di rumah di Perumahan Jadi Pesona II Barat menurun dari 47,45 kWh per hari menjadi 36,91 kWh per hari. Ini menunjukkan pengurangan sebesar 10,54 kWh per hari atau sekitar 22,22% dari kondisi sebelumnya dan hasil analisis nilai *Payback Period* menunjukkan bahwa hampir semua AC menunjukkan nilai yang sesuai dengan parameter kelayakan investasi proyek yaitu di bawah 4,2 tahun.

Kata kunci : Retrofit bangunan hijau, audit energi, sistem HVAC, manajemen energi, periode balik modal.

ABSTRACT

Green building retrofit is an approach that involves modifying or enhancing existing buildings to achieve higher standards of sustainability and energy efficiency. By conducting an energy audit first, it's possible to identify potential energy savings in the housing, as well as components that need to be upgraded to reach the desired level of sustainability. Retrofit solutions may include the use of implementation of efficient HVAC systems, energy-saving lighting, and better energy management. The aim of this research is to explore the potential improvements that can be applied through Green Building Retrofit with a focus on energy efficiency and sustainability in Jadi Pesona II Barat Housing, comparing the energy consumption conditions of houses before and after the energy audit, as well as calculating the payback period for occupants after the retrofit implementation. After the energy audit and Green Building Retrofit, daily energy usage in homes in Perumahan Jadi Pesona II Barat decreased from 47.45 kWh per day to 36.91 kWh per day. This indicates a reduction of 10.54 kWh per day or approximately 22.22% from the previous conditions, and the payback period analysis results show that almost all air conditioners show values in line with the project investment feasibility parameter, which is below 4.2 years.

Key Words : *Green building retrofit, energy audit, HVAC systems, energy management, payback period.*

1. PENDAHULUAN

Audit energi adalah proses yang melibatkan pengumpulan dan analisis data energi yang digunakan dalam sebuah bangunan. Audit energi pada Perumahan Jadi Pesona II Barat akan memberikan pemahaman yang mendalam tentang pola konsumsi energi yang ada, termasuk penggunaan listrik, penggunaan bahan bakar, dan efisiensi sistem energi di dalam perumahan tersebut. Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan observasi awal serta pengumpulan data-data pendukung. Selanjutnya dilakukan audit energi awal dengan menghitung besarnya Konsumsi Energi [1].

Green building retrofit adalah pendekatan yang melibatkan perubahan atau peningkatan pada bangunan yang sudah ada untuk mencapai standar keberlanjutan dan efisiensi energi yang lebih tinggi. Perumahan Jadi Pesona II Barat yang terletak pada Jalan Tukad Buaji, Denpasar, yang di mana sebagai daerah kota yang terletak di wilayah tropis, memiliki kondisi iklim yang berbeda dengan wilayah lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini dapat memberikan wawasan khusus tentang bagaimana strategi retrofit bangunan hijau dapat disesuaikan dengan kondisi iklim dan lingkungan yang ada di Denpasar. Perancangan *retrofit green building* akan melibatkan merumuskan strategi dan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi dampak lingkungan dalam perumahan. Solusi *retrofit* dapat mencakup penggunaan sumber energi terbarukan, peningkatan isolasi termal, penerapan sistem HVAC yang efisien, pencahayaan yang hemat energi, dan manajemen energi yang lebih baik [2].

Menurut PerGub Bali nomor 45 Tahun 2019 yang berbunyi bahwa dalam mewujudkan Pulau Bali yang bersih, hijau dan indah, serta menjaga kesucian dan keharmonisan alam Bali sesuai dengan visi "Nangun Sat Kerthi Loka Bali" perlu

dibangun sistem energi bersih yang ramah lingkungan di daerah. Bahwa energi Bali yang ramah lingkungan harus dikelola dengan baik agar mendatangkan kemanfaatan ekonomi, sosial budaya dan kesejahteraan bagi masyarakat Bali; Bahwa untuk memberikan arahan, landasan, dan kepastian hukum bagi Pemerintah Provinsi Bali dan pemangku, kepentingan dalam mengelola Energi Bersih perlu diatur dalam Peraturan Gubernur [3].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 GREEN BUILDING

Greenbuilding adalah konsep atau pendekatan dalam merancang, membangun, dan mengelola bangunan yang bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya [4] atau ruang untuk hidup dan kerja yang sehat dan nyaman sekaligus merupakan bangunan yang hemat energi dari sudut perancangan, pembangunan, dan penggunaan yang dampak terhadap lingkungannya sangat kurang. Tujuan utama *green building* adalah untuk mengurangi penggunaan energi, air, dan bahan-bahan non-daur ulang dalam proses konstruksi dan operasional bangunan.

2.2 GREEN BUILDING RETROFIT

Green Building Retrofit mengacu pada proses perbaikan atau perombakan bangunan yang sudah ada guna meningkatkan efisiensi energi, mengurangi dampak lingkungan, dan mencapai standar keberlanjutan jangka panjang [5].

Retrofit mengacu pada perubahan yang dilakukan pada sistem, struktur, dan komponen bangunan yang sudah ada, dengan tujuan mengoptimalkan kinerja bangunan dalam hal penggunaan energi, penggunaan air, pengelolaan limbah, kualitas udara dalam ruangan, dan kenyamanan penghuni.

Dalam konteks *green building, retrofit* bertujuan untuk mengubah bangunan yang

sudah ada menjadi lebih efisien dan berkelanjutan, mengurangi dampak lingkungan, serta meningkatkan kualitas lingkungan dalam ruangan

2.3 AIR CONDITIONER (AC)

Pendingin ruangan, juga dikenal sebagai AC (*Air Conditioner*), adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mengatur suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara di dalam ruangan.

untuk menjaga kebersihan udara, dan pengendalian suhu yang terprogram. Penting untuk memilih kapasitas yang tepat sesuai dengan ukuran dan kebutuhan ruangan, dan menjaga perawatan dan pembersihan rutin untuk menjaga performa dan efisiensi AC.

Untuk menentukan besaran PK yang tepat, Anda dapat menggunakan *British Thermal Unit* (BTU) sebagai acuan. *British Thermal Unit* (BTU) adalah satuan untuk mengukur jumlah energi termal. Dalam konteks AC, BTU digunakan untuk mengukur daya pendinginan yang dihasilkan oleh unit AC. Semakin tinggi jumlah BTU yang dihasilkan oleh AC, semakin besar kapasitas pendinginannya. Dalam panduan ukuran PK AC yang umum digunakan, jumlah BTU/h digunakan untuk mengindikasikan kapasitas pendinginan AC dalam satu jam. BTU/h merupakan salah satu satuan panas yang digunakan oleh negara amerika juga beberapa negara di britania raya. BTU/h pada bisa dikatakan kemampuan mengurangi panas atau mendinginkan ruangan dengan luas dan kondisi tertentu selama 1 jam. Untuk menghitung besar BTU/h ada beberapa persamaan seperti pada persamaan 1 [6].

$$BTU/h : Panjang (P) \times Lebar (L) \times 500 \quad (1)$$

Dimana nilai 500 diperoleh dari standar tinggi ruangan di negara Indonesia yang umumnya berkisar 2,5 – 3 meter.

Rumus ini akan menghasilkan angka dalam satuan BTU/h, dan angka tersebut

dapat dicocokkan dengan kapasitas pendinginan AC yang diukur dalam satuan BTU/h yang terdapat pada setiap AC yang berada dipasaran dan sesuai dengan kebutuhan. Berikut ini adalah daftar daya pendingin AC berdasarkan ukuran PK dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1. Daya Pendingin AC berdasarkan Ukuran PK

No	Daya AC (PK)	Kapasitas Pendingin AC (BTU/h)	Ukuran Ruangan (m ²)
1	½	± 5.000	10
2	¾	± 7.000	14
3	1	± 9.000	18
4	1.5	± 12.000	24
5	2	± 18.000	36

Energy Efficiency Ratio (EER) dan *Coefficient of Performance* (COP) adalah dua indikator kinerja penting dalam dunia sistem pemanasan, ventilasi, dan pendinginan (HVAC) serta sistem refrigerasi. EER digunakan khususnya untuk menilai efisiensi AC dan *heat pump* dengan membandingkan kapasitas pendinginan yang dihasilkan dengan daya listrik yang dikonsumsi. Semakin tinggi nilai EER, semakin efisien suatu sistem pendingin dalam memberikan kenyamanan termal tanpa menguras sumber daya energi .

Sementara itu, COP memberikan gambaran lebih luas karena dapat diterapkan baik pada sistem pemanasan maupun pendinginan. Berikut adalah persamaan EER dan COP [7].

$$COP = \frac{\text{Kapasitas Pendinginan (Watt)}}{\text{Daya Listrik (Watt)}} \quad (2)$$

$$EER = \frac{COP}{0,2931} \quad (3)$$

Perkembangan teknologi pada AC semakin berkembang perbedaan teknonologi pada AC dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbedaan Teknologi AC

Parameter	AC Standar	AC Low Watt	AC Inverter
Waktu Untuk Mendinginkan Ruang	Standard	Paling lama	Paling cepat.
Arus Start	Tinggi	Lebih rendah dari AC Standard	Paling tinggi.
Efisiensi Listrik	Standard	Lebih efisien dari AC Standard	Lebih efisien dari AC Low Watt.
Fitur Tambahan (Contoh: filter udara, filter bakteri)	Standard	Hampir sama dengan AC Standard	Fitur paling banyak. AC Inverter merupakan AC dengan teknologi paling terbaru untuk sekarang
Freon Yang Digunakan	R22/R32	R22/R32	R401 (lebih mahal dari R22 atau R32)
Harga	Paling murah	Diantara AC Standard dan AC Inverter	Paling mahal. AC

2.4 STANDARD ESDM AC

Dalam rangka penerapan konservasi energi untuk melindungi dan memberikan informasi kepada konsumen dalam pemilihan peranti pengkondisi udara yang hemat energi dan efisien, Kementerian ESDM menerapkan Standar Kinerja Energi Minimum (SKEM) dan pencantuman label tanda hemat energi untuk peranti pengkondisi udara, yang lebih dikenal dengan istilah AC (*air conditioner*).

SKEM merupakan spesifikasi yang memuat sejumlah persyaratan kinerja energi minimum pada kondisi tertentu yang secara efektif dimaksudkan untuk membatasi jumlah konsumsi energi maksimum dari produk pemanfaat energi yang diijinkan. Sementara Label Tanda Hemat Energi adalah label yang dicantumkan pada pemanfaat tenaga listrik untuk keperluan rumah tangga dan sejenisnya, yang menyatakan produk tersebut telah memenuhi syarat hemat energi tertentu, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 04-6957-2003 tentang Pemanfaat Tenaga Listrik untuk Keperluan Rumah Tangga dan

Sejenisnya yang dapat dilihat pada Gambar 1. Peranti pengkondisi udara merupakan peralatan untuk menyediakan udara nyaman ke dalam ruang, kamar, atau zona tertutup [8].



Gambar 1. Label Tanda Hemat Energi

Penerapan SKEM dan Pencantuman Label Tanda Hemat Energi Untuk Peranti Pengkondisi Udara diatur dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 57 Tahun 2017 [8]. Penetapan

peraturan ini sebagai upaya Pemerintah dalam penyederhanaan perijinan pencantuman label tanda hemat energi. Label Tanda Hemat Energi menunjukkan tingkat hemat energi pada Peranti Pengkondisi Udara yang digambarkan dalam jumlah bintang, semakin banyak bintang nya, maka semakin hemat peralatan tersebut.

Permen ESDM Nomor 57 Tahun 2017 [8] mewajibkan produsen dalam negeri dan importir untuk menerapkan SKEM dan mencantumkan Label Tanda Hemat Energi pada peranti pengkondisi udara yang akan diperdagangkan di wilayah NKRI. Peranti Pengkondisi Udara yang diperdagangkan di Indonesia harus memenuhi batas efisiensi SKEM yang setara dengan nilai EER terendah pada Label Tanda Hemat Energi. Rasio Efisiensi Energi (*Energy Efficiency Ratio*) atau EER adalah perbandingan antara kapasitas pendinginan udara dalam satuan *British Thermal Unit* tiap jam (BTU/jam) dengan daya listrik yang dikonsumsi dalam satuan watt.

Peranti pengkondisi udara yang dimaksud dalam Permen ini merupakan jenis *single split wall mounted* kapasitas pendinginan paling besar 27.000 BTU/jam untuk tipe inverter dan non-inverter dengan kode HS ex 8415.10.10 atau perubahannya. Proses dan syarat untuk mengajukan izin dapat dilihat lebih lanjut pada bagian ke-dua Permen ESDM Nomor 57 [8]. Produsen Dalam Negeri dan Importir yang tidak memenuhi ketentuan dalam peraturan ini akan mendapatkan sanksi *administrative*.

2.5 TEKNOLOGI AC

A. INVERTER

Salah satu inovasi terpenting dalam teknologi AC adalah pengenalan inverter. Sistem AC inverter menggunakan kompresor variabel yang dapat mengatur kecepatan operasional kompresor sesuai dengan suhu yang diinginkan.

B. AC BERBASIS IOT

Internet of Things (IoT) telah memasuki dunia AC dengan adanya AC cerdas berbasis IoT. AC cerdas ini terhubung ke jaringan *internet*, memungkinkan pengguna untuk mengontrolnya melalui aplikasi seluler atau perangkat lain yang terhubung. Dengan menggunakan *smartphone* atau perangkat lain, pengguna dapat mengatur suhu, waktu, dan operasi AC dari jarak jauh. Beberapa AC cerdas bahkan dapat mempelajari kebiasaan pengguna dan mengoptimalkan pengaturan suhu berdasarkan preferensi dan jadwal individu.

C. FILTER UDARA DAN PENGHILANG BAKTERI

Kualitas udara dalam ruangan menjadi perhatian utama dalam teknologi AC sekarang. Banyak AC modern dilengkapi dengan filter udara lanjutan yang dapat menghasikan partikel kecil seperti debu, serbuk sari, dan bahkan bakteri dan virus. Beberapa model AC bahkan memiliki system pemurnian udara tambahan yang menggunakan teknologi seperti *plasmacluster* atau UV-C untuk menghilangkan kuman dan mikroorganisme berbahaya.

D. PENGATURAN ZONASI

Pengaturan zonasi adalah inovasi yang memungkinkan pengguna mengatur suhu yang berbeda di berbagai bagian rumah atau ruangan. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengarahkan udara dingin secara khusus ke area yang membutuhkan pendinginan lebih banyak sehingga mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan.

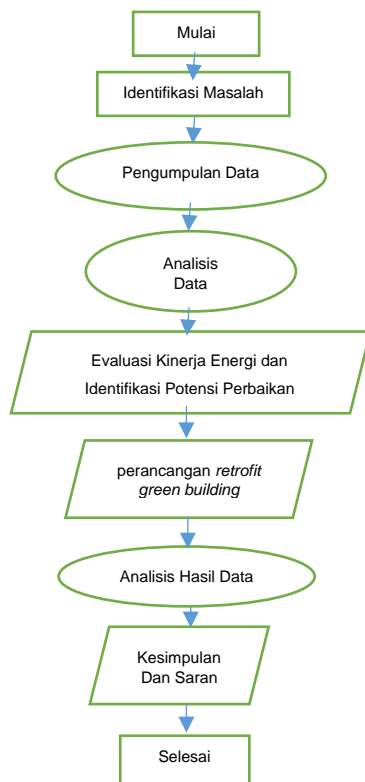
2.6 PAYBACK PERIOD

Metode *Payback Period* adalah metode yang mendasar pada jumlah tahun yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal. Bila arus kas terjadi pada tingkat yang seragam, periode pengembalian merupakan rasio dari banyaknya investasi asal terhadap arus masuk kas tahunan yang diharapkan, atau sesuai dengan parameter kelayakan investasi proyek sebesar 4,2 tahun [9].

$$Payback\ Period = \frac{Investasi\ Asal}{Arus\ Masuk\ Kas\ Tahunan} \quad (4)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Perumahan Jadi Pesona II Barat yang terletak pada Jalan Tukad Buaji, Denpasar Selatan. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Agustus 2023 hingga November 2023. Analisis Data dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Diagram alur penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 2 :

Tahap 1: Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan bagian dari proses penelitian yang dapat dipahami sebagai upaya mendefinisikan *problem* atau masalah serta membuat definisi tersebut menjadi lebih terukur atau *measurable* sebagai suatu langkah awal penelitian. Pada tahap ini peneliti akan mengidentifikasi masalah berdasarkan kondisi lapangan dalam penerapan *Green Building Retrofit*. Permasalahan tersebut akan membantu peneliti dalam mendefinisikan masalah penelitian untuk melakukan Audit Energi.

Tahap 2 : Pengumpulan Data

Tahapan kedua yaitu melakukan pengumpulan data untuk melakukan penelitian. Data yang diambil yakni data pencahayaan dan pendingin yang digunakan pada bangunan yang akan di audit. Untuk data yang diambil seperti banyaknya jumlah lampu lengkap dengan spesifikasi lampu yang digunakan, data pendingin ruangan lengkap dengan jumlah pendingin dan spesifikasi dari alat pendingin yang terpasang, data luas area atau ruangan yang tercakup, dan data referensi yang didapatkan dari jurnal, buku, artikel, maupun buku digital yang topiknya berkaitan dengan masalah penelitian.

Seperti Audit Energi dan Penerapan *Green Building*.

Tahap 3 : Analisis Data

Langkah ini melibatkan analisis data yang telah dikumpulkan. Data kuantitatif dianalisis menggunakan metode statistik dan teknik analisis yang relevan untuk mengidentifikasi pola, tren, dan hubungan antara variabel energi yang berbeda. Sementara itu, data kualitatif dianalisis melalui pengkodean, tema, dan interpretasi untuk mengidentifikasi temuan dan pola yang muncul.

Tahap 4 : Evaluasi Kinerja Energi dan Identifikasi Potensi Perbaikan

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi kinerja energi gedung saat ini dan identifikasi area-area potensial untuk perbaikan efisiensi energi. Analisis kinerja energi digunakan untuk mengevaluasi konsumsi energi gedung dan mengidentifikasi area-area yang dapat ditingkatkan. Hasil analisis digunakan untuk mengusulkan solusi *retrofit* yang spesifik, seperti peningkatan efisiensi sistem HVAC dan pencahayaan.

Tahap 5 : Perancangan *Retrofit Green Building*

Pada tahap perancangan *retrofit green building* dilakukan perancangan dari hasil Analisa data yang sudah dikumpulkan. Pada tahap ini akan dibuatkan penggantian alat

yang sudah terpasang guna memperoleh data hasil penggunaan energi yang lebih efisien.

Tahap 6 : Analisis Hasil Data

Tahapan ini yaitu analisis data untuk mengetahui nilai penggunaan energi setelah dilakukan perancangan.

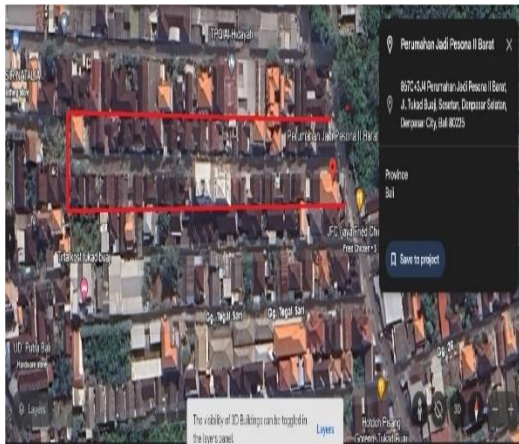
Tahap 7 : Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa data, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan serta saran dari penelitian yang dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Perumahan Jadi Pesona II Barat yang terletak di Jalan Tukad Buaji, Denpasar Selatan menawarkan konsep hunian nyaman dengan beragam tipe rumah untuk memenuhi kebutuhan berbagai keluarga. Terletak strategis di Jalan Tukad Buaji, perumahan ini menyajikan lingkungan yang nyaman dan ramah keluarga, menciptakan atmosfer yang menyenangkan, sementara keamanan dan sistem pengelolaan yang baik memberikan rasa aman kepada para penghuni.



Gambar 3. Denah Perumahan Jadi Pesona II Barat

Denah ini menggambarkan sebuah perumahan yang memancarkan pesona di setiap detailnya. Dengan tata letak yang cermat, setiap bangunan terhampar rapi di atas lahan yang luas, menciptakan kesan harmonis dan nyaman. Jumlah total unit rumah yang dibangun pada perumahan jadi pesona II barat Denpasar sebanyak 26 unit.

Pada penelitian ini diambil 5 unit sampel rumah yaitu rumah nomor 4, 5, 6, 8, dan 10 di mana jumlah ini sebanyak 19% dari total unit yang dibangun pada perumahan jadi pesona II barat Denpasar. Terdapat 3 kamar tidur yang cukup luas dan 2 kamar mandi yang berada di luar kamar dan di dalam kamar, ruang tamu, ruang makan dan dapur yang luas pada bentuk dari rumah yang ada pada Perumahan Jadi Pesona II Barat ini. Selengkap bangunan dan peralatan elektronik dari rumah pada Perumahan Jadi Pesona II Barat akan di perlihatkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 3. Selengkap Bangunan

No	Komponen Selengkap Rumah	Bahan	Kondisi
1.	Jendela	Kayu	Sangat Baik
2.	Pintu	Kayu	Sangat Baik
3.	Atap	Genteng	Sangat Baik
4.	Dinding	Batako	Sangat Baik
5.	Lantai	Kramik	Sangat Baik
6.	Plafon	Triplek	Sangat Baik
7.	Rangka Atap	Kayu	Baik

Tabel 4. Peralatan Elektronik

No	Tipe Barang	Jenis Barang	Sampel Rumah				
			1	2	3	4	5
1.	Penerangan	Lampu	v	v	v	v	v
2.	Elektronik	TV	v	v	v	v	v
		Laptop	v	v	v	v	v
		Mesin Cuci	v	v	v	-	-
		Dispenser	v	v	v	v	-
3.	Alat Dapur	Kulkas	v	v	v	v	v
		Oven	-	v	-	-	v
		Mixer /Chopper	v	v	-	-	v
4.	HVAC	AC	v	v	v	v	v
		Kipas Angin	v	v	v	v	v

4.2 Konsumsi Energi

Konsumsi energi adalah besarnya energi yang digunakan oleh bangunan gedung dalam periode waktu tertentu dan merupakan perkalian antara daya dan waktu operasi [10]. Konsumsi energi listrik diukur dalam satuan kilowatt-hour (kWh) atau megawatt-hour (MWh).

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil Analisis konsumsi energi sistem pendingin ruangan pada kondisi eksisting dalam 1 hari adalah sebesar 47,45 kWh.

Tabel 5. Analisis Konsumsi Energi Sistem Pendingin Ruangan pada Kondisi Eksisting

No	Rumah	Energi Terpakai (kWh)
1	Rumah Nomor 10	9,130
2	Rumah Nomor 4	10,060
3	Rumah Nomor 5	5,920
4	Rumah Nomor 8	12,900
5	Rumah Nomor 6	9,440
TOTAL		47,45

4.3 Analisis Investasi

Melakukan pergantian ke AC inverter merupakan investasi yang menguntungkan karena menghasilkan penghematan energi yang signifikan serta memiliki dampak positif terhadap lingkungan dan kenyamanan pengguna. Dengan adanya teknologi inverter mengoptimalkan konsumsi energi dengan menyesuaikan kecepatan kompresor sesuai dengan permintaan pendinginan yang berubah-ubah, sehingga mengurangi biaya operasional dalam jangka panjang. Dengan mempertimbangkan aspek efisiensi energi dan dampak lingkungan, pergantian ke AC inverter dapat dianggap sebagai langkah yang cerdas dalam investasi untuk masa depan yang berkelanjutan. AC inverter juga memberikan kenyamanan tambahan bagi pengguna. Dengan kemampuannya untuk menjaga suhu ruangan lebih stabil dan mengurangi kebisingan saat beroperasi, AC inverter

menciptakan lingkungan yang lebih nyaman dan tenang di dalam ruangan. Berikut adalah analisis investasi jika dilakukannya pergantian AC inverter pada masing-masing sampel rumah.

Tabel 6. Jumlah AC pada masing-masing Sampel Rumah

No	Rumah	Jumlah AC Inverter	Jumlah AC Non Inverter	Jumlah AC
1	Rumah Nomor 10	-	2	2
2	Rumah Nomor 4	2	1	3
3	Rumah Nomor 5	-	2	2
4	Rumah Nomor 8	-	2	2
5	Rumah Nomor 6	-	3	3
TOTAL		2	10	12

Pada rumah Nomor 10 Jumlah total AC yang terpasang sebanyak 2 unit AC standar (non inverter) Hasil wawancara dengan Bapak Agung Teguh selaku Pemilik Rumah nomor 10 tanggal 11 Oktober 2023, pengoperasian AC dilakukan secara manual, AC akan dioperasikan pada pukul 18.00 WITA dan berhenti beroperasi pada pukul 08.00 WITA dengan setting suhu 16°C-24°C

Tabel 7. Daya AC yang Terpakai pada Rumah nomor 10

No	Merek	Model	Daya masuk (W)	Waktu (h)	Total Energi (Wh)
1	LG	H05T N4	370	13	4.810
2	Uchida	MP-S6EB P	540	8	4.320
TOTAL					9.130

Pada rumah Nomor 4 Jumlah total AC yang terpasang sebanyak 1 unit AC standar (non inverter) dan 2 AC Inverter. Hasil wawancara dengan Bapak Wayan selaku pemilik rumah

nomor 4 tanggal 11 Oktober 2023, pengoperasian AC dilakukan secara manual yang dimana AC akan dioperasikan pada pukul 16.00 WITA dan berhenti beroperasi pada pukul 08.00 WITA dengan setting suhu 24°C - 27°C

Tabel 8. Daya AC yang Terpakai pada Rumah nomor 4

No	Merek	Model	Daya masuk (W)	Waktu (h)	Total Energi (Wh)
1	LG	Model AC	420	13	5.460
2	Gree	T05E V5	250	8	2.000
3	Gree	GWC-05F5S	325	8	2.600
TOTAL					9.130

Pada rumah Nomor 5 Jumlah total AC yang terpasang sebanyak 2 unit AC standar (non inverter). Hasil wawancara dengan Ibu Devi selaku pemilik rumah tanggal 11 Oktober 2023, pengoperasian AC dilakukan secara manual yang di mana AC akan dioperasikan pada pukul 22.00 WITA dan berhenti beroperasi pada pukul 06.00 WITA dengan setting suhu 18°C-23°C

Tabel 9. Daya AC yang Terpakai pada Rumah nomor 5

No	Merek	Model	Daya masuk (W)	Waktu (h)	Total Energi (Wh)
1	Panasonic	CU-KC5P KJ	370	8	2.960
2	Panasonic	CU-KC5P KJ	370	8	2.960
TOTAL					9.130

Jumlah total AC yang terpasang sebanyak 2 unit AC standar (non inverter) Hasil wawancara dengan Bapak Felix selaku pemilik rumah nomor 8 tanggal 11 Oktober 2023, pengoperasian AC dilakukan secara manual yang dimana AC akan dioperasikan pada pukul 19.00 WITA dan berhenti beroperasi pada pukul 09.00 WITA dengan setting suhu 18°C-24°C

Tabel 10. Daya AC yang Terpakai pada Rumah nomor 8

No	Merek	Model	Daya masuk (W)	Waktu (h)	Total Energi (Wh)
1	Honshu	HSWS 09ES	815	12	9.780
2	LG	S-05LPB X-R2	260	12	3.120
TOTAL					9.130

Jumlah total AC yang terpasang sebanyak 3 unit AC standar (non inverter) Hasil wawancara dengan Bapak Albert selaku Pemilik Rumah nomor 6 tanggal 11 Oktober 2023, pengoperasian AC dilakukan secara manual yang dimana AC akan dioperasikan pada pukul 19.00 WITA dan berhenti beroperasi pada pukul 07.00 WITA dengan setting suhu 18°C-24°C.

Tabel 11. Daya AC yang Terpakai pada Rumah nomor 6

No	Merek	Model AC	Daya masuk (W)	Waktu (h)	Total Energi (Wh)
1	Gree	GWC-05MO O5S	370	10	3.700
2	Daikin	RP15 AV14	370	10	3.700
3	Midea	MSFO-05CRL N2-32	340	6	2.040
TOTAL					9.130

Jika dilakukan Pergantian AC inverter, maka AC yang digunakan adalah Daikin FTKC15TVM4. AC Daikin FTKC15TVM4 dengan daya 310W dan harga Rp 6.399.000. Unit pendingin udara yang unggul dirancang untuk memberikan solusi pendinginan yang efisien dan efektif. Dengan kapasitas pendinginan 0,5 PK AC Daikin tipe FTKC15TVM4 merupakan yang paling bagus sehingga kami memilih AC ini sebagai rekomendasi pengganti. Unit ini dilengkapi dengan komponen hemat energi, termasuk teknologi inverter, yang tidak hanya meningkatkan kinerja pendinginan tetapi juga berkontribusi pada pengurangan konsumsi energi. perkiraan penggunaan

energi listrik pada sistem pendingin ruangan yang menggunakan AC inverter ini akan mengalami penurunan signifikan dibandingkan dengan AC konvensional, menghasilkan penghematan biaya energi dalam jangka panjang. Dengan demikian, penggunaan AC Daikin FTKC15TVM4 yang dilengkapi dengan teknologi inverter tidak hanya memberikan solusi pendinginan yang efisien dan efektif, tetapi juga menghasilkan manfaat finansial yang signifikan melalui penghematan energi listrik. Dengan kapasitas pendinginan yang optimal dan fitur hemat energi Berikut adalah total biaya investasi jika dilakukan pergantian AC inverter dan total penggunaan energi listrik pada sistem pendingin ruangan setelah diganti menggunakan AC inverter.

Tabel 12. Total Biaya Investasi Jika dilakukan Pergantian AC Inverter

No	Rumah	Investasi
1	Rumah Nomor 10	Rp 12.798.000
2	Rumah Nomor 4	Rp 6.399.000
3	Rumah Nomor 5	Rp 12.798.000
4	Rumah Nomor 8	Rp 12.798.000
5	Rumah Nomor 6	Rp 19.197.000
TOTAL		Rp 58.870.800

Tabel 13. Analisis Konsumsi Energi Jika dilakukan Penggantian AC Inverter

No.	Rumah	Energi Terpakai (kWh)
1	Rumah Nomor 10	6,51
2	Rumah Nomor 4	9,94
3	Rumah Nomor 5	4,96
4	Rumah Nomor 8	7,44
5	Rumah Nomor 6	8,06
TOTAL		36,91

Tabel 14. Perbandingan penggunaan energi.

No.	Rumah	Energi Terpakai Saat Kondisi Eksisting (kWh)	Energi Terpakai jika dilakukan Pergantian AC Inverter (kWh)
1	Rumah Nomor 10	9,13	6,51
2	Rumah Nomor 4	10,06	9,94
3	Rumah Nomor 5	5,92	4,96
4	Rumah Nomor 8	12,90	7,44
5	Rumah Nomor 6	9,44	8,06
TOTAL		47,45	36,91

Perbandingan penggunaan energi jika dilakukan pergantian AC menggunakan AC inverter mengalami penurunan konsumsi energi dari 47,45 kWh menjadi 36,91 kWh perhari. Penurunan ini, yang mencapai sekitar 22,20%, merupakan indikasi jelas dari efisiensi yang lebih tinggi yang ditawarkan oleh teknologi AC inverter.

Teknologi inverter pada AC bekerja dengan mengatur kecepatan kompresor sesuai dengan kebutuhan pendinginan ruangan secara *real-time*, berbeda dari AC konvensional yang bekerja dengan sistem *on-off* penuh di mana kompresor bekerja pada kapasitas maksimum dan berhenti sepenuhnya setelah suhu target tercapai

4.4 Analisis Payback Period

Analisis yang dilakukan adalah seberapa cepat modal atau investasi yang telah dikeluarkan dapat segera kembali [11]. Nilai *Payback Period* ini diperoleh dari perbandingan antara modal investasi yang sudah dikeluarkan dan potensi arus kas masuk bersih yang diperoleh dari kegiatan investasi tersebut. Kriteria penilaiannya

adalah semakin singkat pengembalian investasi akan semakin baik [12]. *Payback Period* Unit AC Dengan Persamaan (4) maka dapat diperoleh *payback periode* investasi pergantian AC inverter pada masing masing rumah, yaitu:

- Rumah Nomor 10

$$PP \text{ AC LG H05TN4} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 2.592.000} = 2,46 \text{ Tahun}$$

$$PP \text{ AC Uchida MP-S6EBP} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 2.332.000} = 2,74 \text{ Tahun}$$
- Rumah Nomor 4

$$PP \text{ AC Gree GWC-5C3ES} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 1.404.000} = 4,5 \text{ Tahun}$$
- Rumah Nomor 5

$$PP \text{ Panasonic CU-KC5PKJ} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 1.598.400} = 4 \text{ Tahun}$$
- Rumah Nomor 8

$$PP \text{ AC Honshu HSWS09ES} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 5.281.200} = 1,21 \text{ Tahun}$$

$$PP \text{ AC LG S-05LPBX-R2} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 1.684.800} = 3,79 \text{ Tahun}$$
- Rumah Nomor 6

$$PP \text{ AC Gree GWC-05MOO5S} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 1.998.000} = 3,2 \text{ Tahun}$$

$$PP \text{ AC Daikin RP15AV14} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 1.998.000} = 3,2 \text{ Tahun}$$

$$PP \text{ AC Midea MSFO-05CRLN2-32} = \frac{Rp \ 6.399.000}{Rp \ 1.101.600} = 5,8 \text{ Tahun}$$

Biaya investasi jika dilakukan pergantian AC kondisi eksisting dengan AC Inverter menyatakan bahwa pengembalian investasi terjadi sesuai dengan hasil olah data dengan menggunakan persamaan (4).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis jika dilakukannya pergantian AC inverter dan *Payback Period* yang dilakukan pada Perumahan Jadi Pesona II Barat, dapat disimpulkan :

1. Setelah dilakukannya audit energi dan Green Building Retrofit, penggunaan energi harian di rumah di Perumahan Jadi Pesona II Barat menurun dari 47,45

KWh per hari menjadi 36,91 kWh per hari. Ini menunjukkan pengurangan sebesar 10,54 kWh per hari atau sekitar 22,22% dari kondisi sebelumnya. Ini menunjukkan bahwa *retrofit green building* memiliki dampak yang signifikan dalam mengurangi penggunaan energi dan meningkatkan efisiensi energi di rumah-rumah di Perumahan Jadi Pesona II Barat. Pengurangan penggunaan energi ini tidak hanya mencerminkan peningkatan keberlanjutan dan efisiensi energi tetapi juga dapat berkontribusi pada penghematan biaya energi bagi penghuni.

2. Dari hasil analisis nilai *Payback Period* menunjukan bahwa hampir semua AC menunjukan nilai yang sesuai dengan parameter kelayakan investasi proyek yaitu di bawah 4,2 tahun

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C.Y.Rachmat, S.Kumara,D.Giriantari. 2019. Studi Manajemen Energi Di Rumah Sakit Prima Medika Denpasar. Majalah Ilmiah Teknik Elektro, Vol. 18, No.1
- [2] I.W.S.Putra,I.N.S.Kumara, I.G.D.Arjana. 2015. Studi Terhadap Konservasi Energi Pada Gedung Sewaka Dharma Kota Denpasar Yang Menerapkan Konsep *Green Building*. E-Journal SPEKTRUM Vol 2, No.4.
- [3] Pemerintah Provinsi Bali, 2022. Pedoman Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau Dalam Rangka Implementasi Bali Energi Bersih Di Provinsi Bali.
- [4] A. Rahmawati. 2018. "Pengaruh Penerapan *Green Retrofit* Terhadap *Life Cycle Cost* Pada Bangunan Gedung". Malang. Universitas Brawijaya. Rekayasa Sipil. Volume 12, No.1 – 2018 ISSN 1978 - 5658
- [5] A.F. Tasya, P.Setijanti , A.Dinapradipta. 2020. *Retrofit* pada Bangunan Komersial Tinjauan Masalah dan Metode. Jurnal Ilmiah Arsitektur dan

- Lingkungan Binaan. *Volume 18, issue 2, Page : 199-214*
- [6] A.Musyadad, D.Nugroho, I.Widihastuti. 2022. Evaluasi Kapasitas AC Pada Gedung Fakultas Teknologi Industri UNISSULA Semarang. *Jurnal Ilmiah Sultan Agung. ISSN: 2963-2730*
- [7] ASHRAE 2020 *System and Equipment Chapter 49, Page 49.3*
- [8] Peraturan Menteri ESDM No. 57/2017 tentang Penerapan SKEM dan Pencantuman Label Tanda Hemat Energi untuk Peranti Pengkondisi Udara.
- [9] A. Rosyid dan A. R. Nurrajendra. 2022. Analisa pengaruh kualitas udara dan kelayakan investasi proyek penggantian AC pada gedung kantor PT ISM, Tbk - Div Bogasari Surabaya dengan pendekatan aspek finansial. *Fair Value: Jurnal Ilmiah Akuntansi dan Keuangan. Volume 5, Number 5.*
- [10] Badan Koordinasi Energi Nasional. 1983. *Buku Pedoman Tentang Cara-Cara Melaksanakan Konservasi Energi dan Pengawasannya.* Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
- [11] I.W.S.Putra, I.N.S.Kumara, R.S.Hartati. 2022. Analisis Tekno Ekonomi Implementasi Sistem PLTS Atap Pada Gedung Kantor Walikota Denpasar. *Majalah Ilmiah Teknik Elektro, Vol. 21, No.2.*
- [12] F. Raharjo. 2007. *Ekonomi Teknik : Analisis Pengambilan Keputusan.* Yogyakarta: Penerbit ANDI. ISBN 978-979-29-0046-0