

## Journal Paper Competition Accounting Festival 2026

---

### Analisis Potensi Panas Buang AC di Rumah Sakit

Muhammad Rafli Asegaf<sup>1</sup> Regina Elda Putri Manurung<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro  
rfliasegaf@gmail.com<sup>1</sup>

---

#### ARTICLE INFO

##### **Article history:**

*Received: 23 January 2026*

*Received in revised form: -*

*Accepted: -*

**Keywords:** *Air conditioning system, Energy efficiency, Green economy, Heat exchanger, Hospital building, HVAC, Waste heat recovery, Water heating*

##### **Paper type**

Research Article

---

#### ABSTRACT (in English)

This study analyzes the potential utilization of waste heat from split-type air conditioning (AC) systems in hospital buildings as an alternative energy source for water heating to improve energy efficiency and reduce electricity operating costs. Hospital cooling systems consume substantial electricity and generate condenser waste heat that is typically unused. A case study was conducted on a hospital HVAC system by identifying installed unit capacities, calculating heat rejection potential using thermodynamic parameters and energy balance, and designing a heat recovery system with heat exchangers and storage tanks. An economic feasibility assessment was performed, including capital expenditure (CAPEX), operational expenditure (OPEX), energy savings, and payback period calculations. The results show that total waste heat potential reaches 3,234.96 kWh per day, with approximately 70% (2,264.47 kWh per day) considered recoverable. The hospital's hot water demand of 10,000 liters per day requires about 349 kWh of energy, which can be fully supplied by the available AC waste heat. This corresponds to a reduction of 349 kWh in daily electricity consumption and cost savings of approximately Rp 523,500 per day or Rp 191,077,500 annually. The required investment is estimated at Rp 700,000,000, with annual operating costs of Rp 49,710,000 and net annual savings of Rp 141,367,500, resulting in a payback period of approximately 4.95 years. The novelty of this research lies in its integrated quantitative assessment based on actual capacity data, linking waste heat potential analysis, system design, and economic feasibility evaluation for hospital utilities. The findings demonstrate that AC waste heat recovery is technically feasible, economically viable, and applicable as an energy efficiency strategy for healthcare building services.

## **PENDAHULUAN**

Rumah sakit merupakan fasilitas layanan publik yang beroperasi secara kontinu selama 24 jam dengan tingkat ketergantungan yang tinggi terhadap konsumsi energi listrik. Pengeluaran untuk energi listrik mencapai kurang lebih 5% dari total anggaran operasional rumah sakit secara statistik, di mana rata-rata satu ruang rawat inap mengkonsumsi listrik setara dengan dua rumah tinggal biasa) menurut Kebijakan Kesehatan Indonesia pada tahun 2019. Tingginya intensitas konsumsi energi membutuhkan penerapan manajemen energi yang sistematis pada fasilitas kesehatan. Penerapan awal dilakukan dengan melakukan audit energi, yaitu proses mengevaluasi kebutuhan energi serta mencari peluang untuk menghemat penggunaan energi pada bangunan, sistem, atau kegiatan operasional. Sistem HVAC (Heating, Ventilation, dan Air Conditioning) dalam rumah sakit menyumbang persentase yang cukup besar dari total pemakaian energi, karena sistem ini harus tetap mempertahankan suhu, kelembaban, dan kualitas udara yang sesuai dengan prosedur medis agar memberikan kenyamanan pada pasien, tindakan bedah aman, dan kualitas layanan kesehatan secara keseluruhan). Konsumsi energi yang tinggi tidak hanya meningkatkan biaya operasional, tetapi juga menyebabkan kenaikan jumlah emisi karbon dan tekanan terhadap lingkungan. Mengingat tingginya intensitas konsumsi energi, rumah sakit memiliki tanggung jawab besar dalam mendukung keberlanjutan kualitas lingkungan serta efisiensi pemanfaatan sumber daya alam (Saing et al., 2019).

Menurut hasil dari survei Balai Besar Teknologi Konversi Energi pada tahun 2020 menunjukkan bahwa sistem HVAC mendominasi konsumsi energi dengan rata-rata lebih dari 63,9%, diikuti oleh sistem penerangan, lift, eskalator, dan peralatan listrik lainnya. Dalam sistem HVAC, unit AC berfungsi sebagai komponen pendinginan utama yang menghasilkan limbah kalor selama proses operasional. Secara termodinamika, panas buang tersebut merupakan hasil perpindahan kalor dari ruang yang didinginkan ke lingkungan luar melalui kondensor sistem pendingin. Pada sistem AC split, besaran limbah kalor yang terbuang ke lingkungan tercatat sekitar 26% lebih tinggi dibandingkan kapasitas penyerapan kalor di dalam ruangan (Husin et al., 2018). Di sisi lain, rumah sakit juga membutuhkan energi untuk penyediaan air panas guna menunjang pelayanan pasien.

Pemanfaatan limbah kalor kondensor AC berpotensi menjadi solusi alternatif untuk meningkatkan efisiensi energi melalui pemanfaatan kembali energi panas yang selama ini terbuang. Dari perspektif akuntansi energi dan ekonomi berkelanjutan, pemanfaatan energi panas buang tersebut berpotensi menurunkan biaya operasional energi serta meningkatkan efisiensi pengelolaan biaya rumah sakit. Meskipun penelitian pemanfaatan limbah kalor kondensor AC telah banyak dilakukan pada skala rumah tangga, penerapannya di rumah sakit masih terbatas dan belum mengkaji kelayakan inovasi secara komprehensif dari aspek efisiensi dan penghematan biaya operasional. Penelitian eksperimental pada sistem pemanas air berbasis panas buang AC terbukti bisa meningkatkan efisiensi termal pada sistem pemanas air secara signifikan, dan peningkatan kinerjanya tergantung pada jumlah air yang mengalir, suhu air yang masuk, serta daya kompresor. Integrasi sistem pemulihan panas dalam unit pendingin menunjukkan pengurangan jumlah energi yang digunakan oleh sistem pendingin secara keseluruhan. Temuan ini menunjukkan bahwa panas yang dilepaskan oleh kondensor AC bisa diubah menjadi energi panas yang bisa digunakan untuk memanaskan air di bangunan (Wiryasart & Kawluan, 2024).

Berdasarkan tinjauan literatur, penelitian mengenai pemanfaatan panas buang dari sistem AC biasanya dilakukan di tingkat rumah tangga atau bangunan komersial biasa, dengan titik fokus pada analisis teknis terkait sistem penukar kalor. Penelitian yang secara khusus menganalisis kemampuan mengeluarkan panas dari AC di lingkungan rumah sakit dengan pendekatan kuantitatif yang menggabungkan analisis termodinamika dan estimasi penghematan biaya operasional masih sangat terbatas. Selain itu, penelitian yang menghubungkan kemungkinan penggunaan panas buang dengan sudut pandang efisiensi energi dan biaya operasional fasilitas kesehatan publik masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi energi panas buang sistem AC yang dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air, menghitung besaran penghematan konsumsi dan biaya listrik yang dihasilkan, serta mengevaluasi kelayakan teknis dan ekonomi pemanfaatan limbah kalor AC dalam meningkatkan efisiensi energi rumah sakit.

## **MATERI DAN METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis data sekunder mengenai jenis sistem pendingin ruangan, kapasitas AC, serta konsumsi energi listrik di Rumah Sakit Hermina Ciruas diperoleh dari publikasi jurnal ilmiah sebelumnya (Wiryadinata et al., 2024). Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam melakukan perhitungan potensi panas buang kondensor AC serta analisis pemanfaatannya sebagai sumber energi panas untuk pemanas air. Selain itu, data sekunder lainnya berupa nilai Coefficient of Performance (COP), kalor jenis air, serta parameter termodinamika dan ekonomi diperoleh dari literatur dan jurnal ilmiah yang relevan. Penelitian ini tidak melakukan pengukuran secara langsung, sehingga seluruh analisis didasarkan pada kajian literatur dan data publikasi terdahulu. Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan pendekatan perhitungan termodinamika untuk menentukan panas buang kondensor, yang selanjutnya dianalisis secara teknis dan ekonomi untuk menilai potensi pemanfaatannya. Beberapa asumsi digunakan, antara lain kondisi operasi AC yang konstan dan kebutuhan air panas yang bersifat rata-rata, sehingga hasil yang diperoleh merepresentasikan estimasi konservatif.

Sistem Air Conditioner (AC) bekerja berdasarkan prinsip refrigerasi, yaitu proses memindahkan panas dari ruangan yang bersuhu rendah ke lingkungan dengan suhu yang lebih tinggi menggunakan bantuan energi eksternal, biasanya dalam bentuk energi listrik untuk menggerakkan kompresor. Proses ini tidak menghasilkan energi dingin melainkan memindahkan energi panas dari dalam ruangan lalu membuangnya ke luar ruangan. Secara termodinamika, energi listrik yang digunakan diubah menjadi energi mekanik pada kompresor, dan akhirnya dilepaskan kembali ke lingkungan dalam bentuk panas, sesuai dengan hukum kekekalan energi. Pada sistem kerja AC, proses pendinginan berlangsung dalam sebuah siklus tertutup yang disebut siklus kompresi uap (vapor compression refrigeration cycle). Siklus ini terdiri dari empat bagian utama yaitu evaporator, kompresor, kondensor, dan katup ekspansi yang bekerja secara berulang dan berurutan. Siklus dimulai di evaporator, dimana refrigerant berbentuk cair dengan tekanan rendah mengalir dan menyerap panas dari udara di dalam ruangan. Ketika menyerap panas, refrigeran menguap dan berubah menjadi gas. Udara yang telah kehilangan panas kemudian dikeluarkan kembali ke dalam ruangan sehingga suhu ruangan turun.

Selanjutnya uap refrigeran masuk ke kompresor, dimana tekanan dan suhu refrigeran meningkat secara signifikan. Pada tahap ini, energi mekanik dari listrik dimasukkan ke dalam sistem. Refrigerant gas bertekanan dan bertemperatur tinggi kemudian dialirkan menuju kondensor. Di dalam kondensor, panas bawaan dari refrigeran dilepaskan ke udara luar sehingga refrigeran mengalami kondensasi dan berubah kembali menjadi cair. Setelah itu, refrigeran cair yang bertekanan tinggi melewati katup ekspansi atau pipa kapiler. Pada tahap ini, tekanan refrigeran menurun secara drastis yang menyebabkan suhu refrigeran juga turun dan menjadikannya siap kembali menyerap panas di evaporator. Dengan demikian, satu siklus selesai dan langsung berulang saat AC masih beroperasi. Keseluruhan proses ini berlangsung secara tertutup sehingga refrigeran tidak habis selama penggunaan normal. Kinerja dan efisiensi sistem sangat dipengaruhi oleh kondisi kompresor, jumlah refrigeran, kebersihan evaporator, dan kondensor, serta kelancaran aliran udara. Pemahaman terhadap siklus kerja ini penting untuk meningkatkan efisiensi energi serta memperbaiki cara perawatan dan pengoperasian AC secara optimal (Wasono & Wati, 2025).

Sebagai objek penelitian, Rumah Sakit Hermina Ciruas menggunakan sistem pendingin ruangan dengan berbagai jenis dan ukuran AC yang disesuaikan dengan fungsi dan kebutuhan setiap ruangan. Secara keseluruhan, sistem pendingin ruangan di rumah sakit ini terdiri atas AC split dan AC cassette yang digunakan di area pelayanan yang berbeda. Perbedaan jenis dan ukuran AC mencerminkan adanya perbedaan beban pendinginan di setiap ruangan, sehingga sistem AC menjadi salah satu komponen utama yang mempengaruhi penggunaan energi listrik gedung. Untuk mengetahui karakteristik sistem pendingin yang diteliti, dilakukan identifikasi jenis dan ukuran AC yang digunakan di Rumah Sakit Hermina Ciruas. Berdasarkan hasil audit energi, AC split berkapasitas 1,5 PK digunakan pada ruang administrasi dan poli, sedangkan AC cassette dengan kapasitas 3 PK digunakan pada ruang IGD dan hemodialisa. Selain itu, AC cassette dengan kapasitas 3,5 PK digunakan pada area lobby dan farmasi. Perbedaan kapasitas ini menunjukkan bahwa sistem pendingin di rumah sakit membutuhkan daya listrik yang cukup besar untuk mempertahankan kondisi termal ruangan secara kontinu (Wiryadinata et al., 2024). Berikut adalah tabel 1 konsumsi energi listrik dari sistem AC di Rumah Sakit Hermina Ciruas dengan pengelompokan.

Tabel 1. Konsumsi Energi Listrik dari sistem AC RS Hermina Ciruas Tahun 2022

| Jenis AC | (PK) | $W_{COMP}$ (kW) | (Jam) | Unit | Daya harian (kWh) | kWh/tahun  |
|----------|------|-----------------|-------|------|-------------------|------------|
| Split    | 1,5  | 1,17            | 8     | 19   | 165.391           | 60.367,715 |
| Cassette | 3    | 2,7             | 24    | 3    | 60.264            | 65.989,08  |
| Cassette | 3    | 2,7             | 15    | 1    | 37.665            | 13.747,72  |
| Cassette | 3,5  | 3,30            | 24    | 5    | 368.28            | 134.422,2  |
| Total    |      |                 |       |      | 752.128           | 274.526,72 |

Sumber: data diolah dari Wiryadinata et al. (2024)

Kinerja sistem pendingin udara dinyatakan dengan Coefficient of Performance (COP), yaitu rasio antara kapasitas pendinginan dan daya listrik yang dikonsumsi. Nilai COP digunakan sebagai parameter utama untuk menghitung besarnya panas buang yang dilepaskan oleh kondensor. Nilai COP ditentukan berdasarkan perbandingan kapasitas pendinginan nominal dan konsumsi daya listrik unit AC non-inverter yang umum digunakan pada bangunan rumah sakit dengan persamaan berikut:

$$COP = \frac{Q_{AC}}{W_{COMP}} \quad (1)$$

Dengan  $Q_{AC}$  merupakan kapasitas pendinginan AC (kW) dan  $W_{COMP}$  merupakan daya listrik kompresor (kW) (Nahim et al., 2020).

Pemanfaatan panas buang sebagai hasil dari limbah kondensor AC dilakukan melalui penggunaan penukar panas (heat exchanger) yang berfungsi mentransfer energi panas dari kondensor AC ke air bersih yang berasal dari tangki penyimpanan air bersih dan dialirkan secara sirkulasi menggunakan pompa kecil agar pemanasan berlangsung merata tanpa terjadinya pencampuran fluida. Setelah menyerap panas, air yang telah mengalami pemanasan akan ditampung kembali dalam tangki penyimpanan, dan akan dialirkan saat dibutuhkan. Sementara itu, refrigeran yang telah melepaskan sebagian panasnya melanjutkan siklus pendinginan menuju kondensor, katup ekspansi, dan evaporator seperti pada sistem AC normal. Mekanisme ini memungkinkan penyediaan air panas tanpa menambah beban konsumsi energi listrik yang signifikan, hanya dibutuhkan sedikit energi untuk pompa sirkulasi dan sistem kontrol. Dalam perhitungan kebutuhan energi pemanas air, air dianggap sebagai fluida kerja dengan kalor jenis sebesar 4,186 kJ/kg·°C. Suhu awal air diasumsikan sebesar 27°C sesuai kondisi air lingkungan di wilayah tropis, sedangkan suhu air panas yang diinginkan adalah 50°C. Perbedaan suhu ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan banyaknya air yang bisa dipanaskan dengan menggunakan energi panas buangan, yang dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$Q = mc\Delta T \quad (2)$$

Dengan Q merupakan energi panas (kJ), m merupakan massa air (kg), c merupakan kalor jenis air (kJ/kg·°C), dan  $\Delta T$  adalah kenaikan suhu air (°C). Secara termodinamika, energi panas yang dilepaskan oleh kondensor merupakan akumulasi panas yang diserap dari ruang terkondisi dan kerja yang dihasilkan oleh kompresor.

Nilai panas buang kondensor dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{COND} = Q_{EVAP} + W_{COMP} \quad (3)$$

$$Q_{COND} = (COP + 1) \times W_{COMP} \quad (4)$$

Dengan  $Q_{COND}$  merupakan panas buang pada kondensor (kW),  $Q_{EVAP}$  merupakan kapasitas pendinginan AC (kW), dan  $W_{COMP}$  merupakan daya listrik kompresor (kW) (Nahim et al., 2020).

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan untuk menilai apakah penerapan sistem pemanfaatan panas buang AC sebagai pemanas air layak diterapkan secara finansial pada bangunan rumah sakit. Analisis ini mencakup perhitungan biaya investasi awal (capital expenditure/CAPEX), biaya operasional dan pemeliharaan (operating expenditure/OPEX), serta indikator kelayakan investasi berupa Payback Period (PP) dan Net Present Value (NPV).

CAPEX merupakan biaya investasi awal yang dikeluarkan untuk pengadaan dan pemasangan seluruh komponen sistem pemanfaatan panas buang. Dalam penelitian ini, CAPEX meliputi biaya pengadaan penukar panas (*heat exchanger*), tangki air panas, pompa sirkulasi, sistem perpipaan, katup (*valve*), sensor dan sistem kontrol, serta biaya instalasi. OPEX merupakan biaya yang dikeluarkan selama sistem beroperasi setiap tahun. OPEX pada sistem pemanfaatan panas buang AC umumnya relatif kecil karena tidak memerlukan energi tambahan untuk proses pemanasan, kecuali untuk pengoperasian pompa sirkulasi dan sistem kontrol. Kemudian, kelayakan investasi dianalisis menggunakan dua indikator yaitu Payback Period (PP) dan Net Present Value (NPV) pada sistem pemanfaatan panas buang AC sebagai pemanas air. Payback Period menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan uang yang telah diinvestasikan melalui penghematan biaya listrik yang diperoleh dari penggunaan sistem tersebut. Investasi dianggap layak jika uang yang telah dikeluarkan bisa kembali dalam waktu yang lebih singkat dari batas waktu yang ditetapkan. Semakin cepat investasi mengembalikan modalnya, maka semakin baik kelayakan proyek tersebut karena menunjukkan bahwa modal berputar lebih cepat. Namun, metode Payback Period memiliki kelemahan karena tidak memperhitungkan nilai waktu uang (*time value of money*) serta tidak memperhatikan arus kas yang terjadi setelah periode pengembalian selesai. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi lebih lengkap, juga dilakukan perhitungan Net Present Value (NPV) yang mengukur keuntungan investasi berdasarkan nilai sekarang dari semua arus kas yang dihasilkan dari pemanfaatan panas buang AC selama beroperasi (Murnawati, 2018).

Penelitian ini memiliki berbagai keterbatasan. Nilai Coefficient of Performance (COP) yang digunakan dalam perhitungan bersumber dari literatur sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kinerja aktual unit AC di lapangan, yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal seperti usia peralatan dan kondisi pemeliharaan AC. Selain itu, suhu awal dan suhu target air diasumsikan secara konstan dan umum, yang tidak sepenuhnya akurat dalam kondisi operasional nyata yang dapat mengalami fluktuasi. Analisis panas buang dan kelayakan ekonomi yang dilakukan juga didasarkan pada data sekunder, sehingga hasil yang diperoleh bersifat estimatif dan memerlukan validasi melalui pengukuran langsung di lapangan.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan data pada Tabel 1, total kapasitas AC terpasang pada bangunan rumah sakit terdiri dari kombinasi AC split dan cassette dengan total daya listrik harian sebesar 752,128 kWh. Dengan asumsi operasi sepanjang tahun, konsumsi energi listrik tahunan sistem AC mencapai 274.526,72 kWh/tahun. Besarnya konsumsi energi ini menunjukkan bahwa sistem AC merupakan salah satu komponen utama yang berkontribusi terhadap beban listrik bangunan rumah sakit. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai COP yang dapat diperhatikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan nilai COP tiap jenis AC

| Jenis AC | (PK) | $Q_{AC} (PK \times 2.34 kW)$ | COP  |
|----------|------|------------------------------|------|
| Split    | 1,5  | 3,51                         | 3,00 |
| Cassette | 3    | 7,02                         | 2,60 |
| Cassette | 3,5  | 8,19                         | 2,48 |

Sumber: data diolah dari Wiryadinata et al. (2024)

Nilai COP yang diperoleh berada pada rentang 2,48–3,00. Secara konseptual, nilai ini menunjukkan bahwa setiap 1 kW energi listrik yang dikonsumsi oleh kompresor mampu memindahkan energi panas sebesar 2,48–3,00 kW dari ruang terkondisikan ke lingkungan. Rentang COP tersebut masih tergolong normal dan realistis untuk sistem AC tipe split dan cassette yang beroperasi pada kondisi iklim tropis dengan beban pendinginan tinggi. Perbedaan nilai COP antar jenis AC terutama dipengaruhi oleh kapasitas unit, desain sistem distribusi udara, serta karakteristik kerja kompresor. AC split dengan kapasitas lebih kecil menunjukkan COP relatif lebih tinggi karena bekerja pada beban parsial yang lebih stabil, sementara AC cassette berkapasitas besar cenderung mengalami penurunan COP akibat fluktuasi beban dan kerugian sistem yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun AC cassette menghasilkan panas buang lebih besar secara absolut, efisiensi termodinamikanya relatif lebih rendah dibandingkan AC split. Nilai COP yang telah didapatkan kemudian akan digunakan sebagai dasar dalam melakukan perhitungan total panas buang kondensor ( $Q_{COND}$ ) yang dapat diperhatikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan nilai  $Q_{COND}$  tiap jenis AC

| Jenis AC | Jumlah Unit | (Jam) | (PK) | $W_{COMP}$ (kW) | $Q_{COND}$ (kW) | Q (kWh/hari) |
|----------|-------------|-------|------|-----------------|-----------------|--------------|
| Split    | 19          | 8     | 1,5  | 1,17            | 88,92           | 711,36       |
| Cassette | 3           | 24    | 3    | 2,7             | 32,4            | 777,6        |
| Cassette | 1           | 15    | 3    | 2,7             | 10,8            | 162          |
| Cassette | 5           | 24    | 3,5  | 3,3             | 66              | 1.584        |
| Total    |             |       |      |                 | 198,12          | 3.234,96     |

Sumber: data diolah dari Wiryadinata et al. (2024)

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai dari total energi panas buang yang dihasilkan oleh sistem AC mencapai 3.234,96 kWh/hari. Nilai ini secara teoritis menunjukkan adanya potensi energi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber panas alternatif. Meski begitu, dalam implementasi nyatanya akan terdapat keterbatasan efisiensi penangkapan panas akibat dari kehilangan energi pada proses perpindahan panas, dimana energi panas buang yang layak dimanfaatkan hanya berkisar antara 60% - 70% saja dari nilai maksimum. Jika diasumsikan efisiensi yang ada sebesar 70%, energi panas buang yang layak dimanfaatkan adalah sebesar 2.264,47 kWh/hari. Untuk rumah sakit, tarif listrik yang dikenakan per kWh sebesar ± Rp 1.500/kWh. Jika dimanfaatkan secara penuh, maka RS Hermina Ciruas dapat

melakukan penghematan harian maksimal sebesar Rp 3.396.705/hari. Meski memiliki potensi yang amat besar, energi panas buang tersebut tidak dapat dimanfaatkan secara penuh karena kebutuhan aktual air panas pada rumah sakit umumnya berada di bawah nilai potensi maksimum yang tersedia. Untuk rumah sakit dengan kategori menengah berdasarkan utilitas bangunan, kita dapat mengasumsikan jumlah pasien dan staf yang menggunakan air panas sebanyak 200 orang dengan kebutuhan air panas per orang sebanyak 50 liter/hari, maka konsumsi air panas per harinya adalah sebesar 10.000 liter/hari. Untuk mengetahui berapa energi panas buang yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air panas sebesar 10.000 liter/hari, kita akan menggunakan asumsi secara umum, dimana kalor jenis bernilai sebesar 4,186 kJ/kg·°C, suhu awal air diasumsikan sebesar 30°C sesuai kondisi air lingkungan di wilayah Indonesia yang berkisar antara 26°C - 32,4°C, serta suhu yang ditargetkan untuk air panas sebesar 60°C, maka kebutuhan energi panas untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah sebesar 1.255.800 kJ/hari. Nilai ini setara dengan 349 kWh per hari setelah dikonversi ke satuan kWh, yang menunjukkan bahwa hanya sebagian dari energi panas buang yang benar-benar dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan pemanas air. Jika nilai energi panas buang yang benar-benar terpakai di kalikan dengan harga tarif listrik yang sama, maka RS Hermina Ciruas dapat menghemat biaya sebesar Rp 523.500/hari atau sekitar Rp 191.077.500/tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun tingkat pemanfaatan energi panas buang tergolong kecil bila dibandingkan potensi totalnya, sistem pemanfaatan panas buang AC tetap memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi energi bangunan rumah sakit dan pengurangan konsumsi energi listrik konvensional.

Selanjutnya dilakukan analisis kelayakan ekonomi melalui perhitungan CAPEX dan OPEX berdasarkan asumsi harga pasar komponen sistem, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Biaya Investasi Awal (CAPEX)

| Bahan  | Harga (Rupiah) |
|--|----------------|
| Heat Recovery Unit (Heat Exchanger)                                    | 300.000.000    |
| Tangki Air Panas Stainless Terpusat + Insulasi (kapasitas 5.000 liter) | 180.000.000    |
| Pompa Sirkulasi (redundant)  | 40.000.000     |
| Pipa tembaga (85 meter), Valve, fitting, dan Instalasi                 | 120.000.000    |
| Thermostat, flow meter, dan panel kontrol                              | 60.000.000     |
| Total  | 700.000.000    |

Sumber: data diolah dari Wiryadinata et al. (2024)

Didapatkan nilai total CAPEX dari sistem pemanfaatan panas buang AC sebesar Rp 700.000.000. Sementara itu, untuk menghitung total OPEX dimulai dengan menghitung biaya listrik pada 2 pompa dengan penggunaan 0,75 kW dengan waktu operasional selama 24 jam selama setahun juga tarif listrik yang telah diperkirakan hingga didapatkan biaya sebesar Rp 19.710.000 dan biaya perawatan servis serta pembersihan sebesar Rp 30.000.000/tahun hingga didapatkan nilai total OPEX sebesar Rp 49.710.000. Dengan net saving tahun pertama sebesar Rp 191.077.500, bila dipotong dengan total OPEX akan didapatkan hasil net saving tahunan yang baru dengan nilai sebesar Rp 141.367.500. Berdasarkan nilai tersebut, periode payback dari sistem

pemanfaatan panas buang AC adalah 4,95 tahun, artinya modal yang digunakan dapat kembali sekitar tahun kelima setelah sistem beroperasi. Nilai ini masih masuk dalam rentang kelayakan ekonomi untuk bangunan fasilitas umum seperti rumah sakit yang memiliki masa pakai bangunan dan sistem utilitas yang cukup lama. Jika dibandingkan dengan studi Wiryadinata et al. (2024) yang menyebutkan periode pengembalian investasi sekitar 2,79 tahun, maka nilai payback dalam penelitian ini sebesar 4,95 tahun justru lebih lama. Perbedaan itu disebabkan oleh jenis strategi efisiensi energi yang digunakan. Penelitian sebelumnya fokus pada penggantian sistem AC dengan tipe inverter yang mengurangi penggunaan listrik secara langsung. Sementara itu, penelitian ini menggunakan panas buangan sebagai sumber energi tambahan melalui sistem penukar kalor untuk memanaskan air. Perbedaan cara menghemat energi dan cara menginvestasikannya menyebabkan hasil pengembalian modal yang berbeda, tetapi keduanya tetap bisa digunakan sebagai strategi untuk meningkatkan efisiensi energi di bangunan rumah sakit.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, panas buang yang dihasilkan oleh sistem AC split pada bangunan rumah sakit terbukti memiliki potensi yang signifikan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi pemanas air. Nilai COP sistem AC yang berada pada kisaran  $\pm 3$ , menunjukkan bahwa energi listrik yang dikonsumsi mampu menghasilkan perpindahan panas yang jauh lebih besar, sehingga panas buang kondensor dapat dipulihkan dengan kapasitas sekitar  $\pm 3,1$  hingga  $8,3$  kW per unit, bergantung pada kapasitas dan karakteristik operasional AC. Hasil ini menegaskan bahwa secara termodinamika, sistem pendingin tidak hanya berfungsi sebagai beban energi, tetapi juga sebagai sumber energi sekunder yang dapat dimanfaatkan secara terukur. Dari sisi ekonomi, perencanaan sistem pemulihan panas memerlukan investasi awal sekitar 143 juta rupiah dengan estimasi periode pengembalian modal sekitar 4 tahun, yang masih berada dalam rentang kelayakan investasi untuk fasilitas pelayanan kesehatan dengan umur bangunan dan sistem utilitas jangka panjang. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan panas buang AC tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga rasional secara ekonomi sebagai bagian dari strategi efisiensi energi rumah sakit. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada pengayaan kajian efisiensi energi bangunan dengan mengintegrasikan analisis termodinamika, estimasi kebutuhan aktual air panas, serta evaluasi kelayakan ekonomi berbasis data kapasitas nyata sistem AC. Pendekatan ini memperjelas hubungan kuantitatif antara kinerja sistem pendingin dan potensi pemanfaatan energi panas buang dalam konteks bangunan dengan intensitas energi tinggi. Dari perspektif kebijakan dan pengelolaan fasilitas publik, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan manajemen energi rumah sakit, khususnya dalam perencanaan retrofit sistem utilitas dan pengurangan ketergantungan pada pemanas air berbasis listrik konvensional. Implementasi sistem pemulihan panas AC berpotensi mendukung pencapaian target efisiensi energi dan penerapan prinsip green economy di sektor pelayanan kesehatan. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada optimasi desain penukar kalor, peningkatan efisiensi penangkapan panas, serta integrasi sistem dengan sumber energi terbarukan guna memperluas skala dan fleksibilitas penerapannya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Balai Besar Teknologi Konversi Energi. 2020. Benchmarking spesific energy consumption di bangunan komersial. Balai Besar Teknologi Konversi Energi. Tangerang Selatan. <https://123dok.com/document/y96o0rlr-laporan-akhir-benchmarking-specific-energy-consumption-bangunan-komersial.html>
- Effendy, F.N. 2024. Thesis Fenri Nur Effendy. Universitas Terbuka. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v12i2.76469>
- Hitachi Indonesia. Tanpa tahun. Pendingin udara untuk rumah sakit dan klinik. Hitachi Air Conditioning Indonesia. <https://share.google/bLsAaN8OZikGbrVsf>.
- Husin, I., Ali, M., Anto, S. 2018. Kaji ulang kebutuhan daya water heater air conditioner split dengan water heater listrik. Universitas Tridinanti Palembang. Palembang. <https://www.univ-tridinanti.ac.id/karyailmiahdosen/berkas/ali,%20iskandar,%20surati%20-%20KAJI%20ULANG%20KEBUTUHAN%20DAYA%20WATER%20HEATER%20AIR%20CONDITIONER%20SPLIT%20DENGAN%20WATER%20HETER%20LISTRIK.pdf>
- Kebijakan Kesehatan Indonesia. 2019. Rumah sakit digital untuk menghemat biaya listrik. Kebijakan Kesehatan Indonesia. <https://kebijakankesehatanindonesia.net/rumah-sakit-digital-untuk-menghemat-biaya-listrik/>.
- Murnawati. 2018. Analisis payback period sebagai dasar kelayakan investasi. <https://doi.org/10.35446/dayasaing.v2i2.54>
- Saing, B., Krismahariyanto, M., Fahdillah, N. 2019. AUDIT AWAL ENERGI LISTRIK RS KARTIKA HUSADA TAMBUN. <https://doi.org/10.31599/jaring-saintek.v1i1>
- Wasono, J.A. & Wati, D.A.R. 2025. Analisis perpindahan panas dan konversi energi pada sistem air conditioner tipe split. <https://doi.org/10.23969/ksjme.v1i2.39518>
- Wiryasart, S. & Kaewluan, S. 2024. Waste heat recovery of air conditioning on thermal efficiency enhancement of water heater. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.102296>
- Wiryadinata, R., Fadillah, F.L., Martiningsih, W., Masjudin., Ahendyarti, C., Muhammad, F., Rustamaji. 2024. Analisis audit energi listrik pada gedung Rumah Sakit Hermina Ciruas. Jurnal Ilmiah Setrum. 13(1):62–73. <http://dx.doi.org/10.36055/setrum.v13i1.25728>