



## **Analisis Beban Pendingin terhadap AC Split untuk Ruangan Area Perkantoran Taman Tekno BSD**

Raharjo<sup>1</sup>, Sujianto<sup>2</sup>, Suhaeri<sup>3</sup>, Irvan Ferdian<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : <sup>1</sup>dosen00893@unpam.ac.id, <sup>2</sup>dosen01286@unpam.ac.id, <sup>3</sup>dosen00906@unpam.ac.id

Masuk: 31 Oktober 2025

Direvisi: 13 November 2025

Disetujui: 14 November 2025

**Abstract:** Indonesia has a tropical climate, which results in potentially high temperatures and humidity. This condition requires every room to have an air conditioning system to ensure comfort during activities. The air conditioning equipment used is typically an air conditioner (AC). Global warming exacerbates these conditions. On the other hand, office buildings in BSD Techno Park generally have roofs made of zinc-galvanized material coated only with aluminum foil. To maintain comfortable room temperature and humidity, heat must be removed from the room, and this heat is referred to as the cooling load. This study focuses on analyzing the cooling load of split AC units for office rooms in BSD Techno Park. The goal is to determine the total cooling load and calculate the heat removed to establish the required cooling capacity. The average office room size is approximately 80 m<sup>2</sup>. Activities typically take place from 10:00 AM to 4:00 PM WIB. The calculated external cooling load is 4.042 m<sup>2</sup>/W. Thus, solar conduction through the roof (Q) is 554.04 Watts. Heat transfer through walls is 122.95 Watts, while the cooling load from glass is 118.97 Watts, from doors is 2.35 Watts, and from partition walls is 10.02 Watts. The heat generated by human activities inside the room is 2,255 Watts. Therefore, the grand total cooling load, or Effective Room Latent Heat (ERLH), is 2,558.86 Watts or 29,061.81 BTU/hr. Consequently, a split AC unit with a capacity of 2 PK and 1.5 PK, or equivalent BTU/hr, is able to meet the needs of people in a room and ensure office comfort.

**Keywords:** Heat, Cooling Load, Air Conditioning.

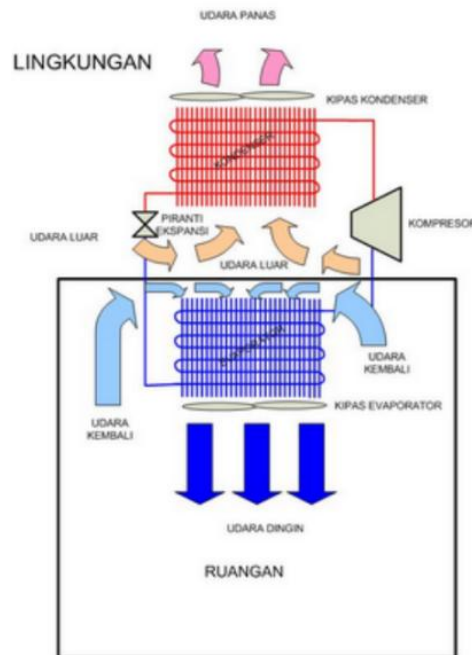
**Abstrak:** Indonesia memiliki iklim tropis sehingga berpotensi memiliki temperatur dan kelembapan udara yang sangat tinggi. Kondisi ini mengharuskan setiap ruangan memiliki sistem pendinginan udara agar nyaman digunakan untuk beraktivitas. Adapun peralatan pengkondisian udara (*air conditioning*) yang digunakan umumnya adalah AC. Pemanasan global membuat kondisi ini semakin parah. Di sisi lain, perkantoran yang berada di Taman Tekno BSD rata-rata memiliki atap berbahan seng galvanis yang hanya dilapisi aluminium foil. Untuk menjaga agar temperatur dan kelembapan udara ruangan berada pada kondisi nyaman, panas atau kalor harus dikeluarkan dari ruangan, dan besarnya kalor ini dapat disebut sebagai beban pendingin. Penelitian ini berfokus pada analisis beban pendingin pada AC split untuk ruangan perkantoran di Taman Tekno BSD. Tujuannya adalah untuk mengetahui total beban pendingin dan menghitung kalor yang dibuang sehingga dapat ditentukan kapasitas pendinginan udara yang diperlukan. Ukuran ruangan perkantoran rata-rata memiliki luas 80 m<sup>2</sup>. Kegiatan biasanya berlangsung pada pukul 10.00–16.00 WIB. Hasil penghitungan beban pendingin luar adalah 4,042 m<sup>2</sup>°C/W. Sehingga konduksi matahari melalui atap (Q) sebesar 554,04 Watt. Perhitungan kalor melalui dinding adalah 122,95 Watt. Sementara beban dari kaca sebesar 118,97 Watt, beban dari pintu sebesar 2,35 Watt, dan dari partisi pemisah sebesar 10,02 Watt. Adapun panas akibat aktivitas orang di dalam ruangan sebesar 2.255 Watt. Dengan demikian, *grand total* beban pendingin atau *Effective Room Latent Heat* (ERLH) adalah 2.558,86 Watt atau 29.061,81 BTU/hr. Maka penggunaan AC split yang memiliki kapasitas 2 PK dan 1½ PK atau setara BTU/hr direkomendasikan karena mampu memenuhi kebutuhan dan kenyamanan manusia di dalam ruangan perkantoran tersebut.

**Kata kunci:** Kalor, Beban Pendingin, Pengkondisian Udara.

## PENDAHULUAN

Perkembangan *air conditioning* (AC) atau alat pendinginan udara merupakan modifikasi dan pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Alat ini dimanfaatkan dengan tujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan menyediakan uap air yang dibutuhkan oleh tubuh. Untuk daerah beriklim tropis seperti di Indonesia, yang terdiri dari musim hujan dan musim panas, pada saat musim panas suhu ruangan menjadi tinggi sehingga sumber daya manusia yang melakukan aktivitas tidak merasa nyaman. Di lingkungan tempat kerja, AC juga digunakan sebagai salah satu cara dalam upaya peningkatan produktivitas kerja [1], karena pada beberapa kondisi kita membutuhkan lingkungan udara yang nyaman untuk dapat bekerja secara optimal. Tingkat kenyamanan suatu ruangan juga ditentukan oleh temperatur, kelembapan, sirkulasi udara, dan tingkat kebersihan udara [2].

Untuk dapat menghasilkan kelembapan udara dengan kondisi yang diinginkan, peralatan yang dipasang harus memiliki kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki ruangan. Oleh karena itu, diperlukan survei dan perhitungan yang bertujuan untuk menentukan besarnya beban pendinginan. Secara garis besar, beban pendinginan terbagi atas dua kelompok, yaitu beban pendinginan sensibel dan beban pendinginan laten. Beban pendinginan sensibel adalah beban panas yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu ruangan, seperti beban panas yang melalui konstruksi bangunan, peralatan elektronik, lampu, dan sebagainya [3]. Sedangkan beban pendinginan laten merupakan beban yang dipengaruhi oleh perbedaan kelembapan udara. Di perkantoran Taman Tekno BSD, untuk penggunaan *air conditioning* (AC), perubahan pembebanan terjadi pada peralatan yang menghasilkan kalor seperti lampu, kulkas, dan *infocus*. Selain itu, faktor manusia dan kecepatan udara yang masuk ke dalam ruangan menjadi faktor penting yang juga mempengaruhi perubahan pembebanan, yang nilai bebannya dapat berubah-ubah baik secara acak maupun teratur [4].



Gambar 1. Prinsip Kerja Pendingin Ruangan

Refrigerasi dan pengkondisian udara merupakan dua proses yang saling berkaitan satu sama lain, namun masing-masing memiliki ruang lingkup yang berbeda. Refrigerasi merupakan proses penurunan temperatur dan menjaga agar temperatur ruang atau bahan yang ada di ruangan tetap berada di bawah temperatur sekelilingnya. Dengan kata lain, ruang lingkup teknik refrigerasi adalah proses pendinginan udara. Bidang penerapannya banyak dijumpai pada industri pengawetan makanan, industri bahan kimia, dan lain-lain [5]. Sedangkan teknik pengkondisian udara tidak hanya menurunkan suhu udara, tetapi penekanannya pada kenyamanan pengguna atau pemakai (*comfort air conditioning*) [6]. Menurut definisi, pengkondisian udara adalah pengaturan simultan terhadap temperatur, kelembapan, aliran, dan kebersihan udara di dalam suatu ruangan [7]. Pengkondisian udara juga mencakup usaha pemanasan atau penghangatan ruangan. Penerapan pengkondisian udara banyak dijumpai pada pusat perbelanjaan, rumah tinggal, perhotelan, dan perkantoran.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis kinerja sistem refrigerasi dan pengkondisian udara untuk mengetahui efisiensi termal serta kemampuan sistem dalam mempertahankan kondisi udara sesuai standar kenyamanan termal. Analisis difokuskan pada pengukuran parameter-parameter utama seperti suhu, tekanan, kelembapan relatif, dan konsumsi energi pada sistem pendingin. Hasil pengukuran tersebut kemudian akan dibandingkan dengan perhitungan teoritis guna menentukan tingkat efisiensi sistem serta potensi perbaikan yang dapat dilakukan.

## METODOLOGI

Objek penelitian perkantoran di area Taman Tekno BSD berada pada  $6^{\circ}$ – $11^{\circ}$  LS dan  $106^{\circ}$ – $50^{\circ}$  BT, dengan ketinggian 8 meter dari permukaan laut. Sedangkan ukuran ruangan adalah  $(p \times l \times t) = 10,05 \text{ m} \times 8,02 \text{ m} \times 3,15 \text{ m}$ , sehingga luas lantai/atap diketahui sebesar  $80,60 \text{ m}^2$ .



**Gambar 2.** Kondisi Gedung

Adapun terdapat beban luar dan beban dalam. Beban luar terdiri atas arah dinding, atap, pintu, dan kaca. Sementara beban dalam diambil dari jumlah karyawan, lampu, kursi, dan meja. Waktu kegiatan rata-rata berlangsung pada pukul 08.00–17.00 WIB. Kondisi termal perkantoran yang diambil pada bulan Januari 2025 adalah: suhu ruangan  $20^{\circ}\text{C}$ – $22^{\circ}\text{C}$ , kelembapan relatif 45–50%, kelembapan dalam ruangan 0,009, dan entalpi  $45 \text{ kJ/kg}$ . Untuk beban puncak (*peak load* atau *peak hour*) diambil dari beban luar terbesar pada menit ke-300.

Percobaan ini diawali dengan menyiapkan seluruh alat pengujian yang diperlukan, meliputi mesin pengkondisi udara (AC), alat ukur temperatur, dan *stopwatch* sebagai alat pencatat waktu. Sebelum pengujian dimulai, dilakukan pemeriksaan kelayakan mesin pengkondisi udara untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai standar operasional. Selanjutnya, semua alat ukur seperti termometer atau sensor suhu diperiksa untuk memastikan fungsinya baik dan akurat. Alat ukur kemudian dipasang pada titik-titik pengambilan data yang telah ditentukan, yaitu pada ruangan, dinding, kaca, dan lampu, sehingga dapat diperoleh distribusi temperatur yang mewakili kondisi termal di seluruh area uji.

Sebelum mesin dinyalakan, dilakukan pengamatan dan pencatatan temperatur awal lingkungan sebagai acuan. Setelah itu, mesin pengkondisi udara dihidupkan dan sistem dibiarkan beroperasi. Selama proses pengujian, dilakukan pengukuran temperatur pada titik-titik pengamatan tersebut secara berkala dengan interval waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, dan 300 menit, menggunakan *stopwatch* sebagai acuan waktu. Data yang diperoleh mencakup temperatur udara ruangan, temperatur dinding, temperatur kaca, dan temperatur sumber panas (seperti lampu), yang menjadi parameter utama penelitian dalam menganalisis kinerja sistem pengkondisian udara.

Setelah seluruh data terkumpul, mesin pengkondisi udara dimatikan dan dilakukan pengolahan data hasil pengujian untuk mendapatkan gambaran mengenai perubahan temperatur terhadap waktu serta distribusi panas di dalam ruangan. Hasil akhir percobaan kemudian disusun dalam bentuk laporan yang mencakup analisis hubungan antara waktu operasi, lokasi pengukuran, dan perubahan temperatur sebagai indikator efektivitas sistem pengkondisian udara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Fenomena Perpindahan Panas pada Atap

Hasil menunjukkan bahwa konduksi panas melalui atap menghasilkan beban pendingin sebesar  $554,04 \text{ Watt}$  pada pukul 10.00 WIB, dengan nilai CLTD penyeteraan  $27,82^{\circ}\text{C}$ . Fenomena ini terjadi karena radiasi matahari langsung mengenai permukaan atap, diserap oleh material atap, lalu diteruskan ke dalam ruangan melalui proses konduksi. Secara ilmiah, fenomena ini dijelaskan oleh Hukum Fourier yang menyatakan bahwa laju perpindahan panas konduksi bergantung pada konduktivitas termal material dan gradien suhu antara sisi luar dan dalam. Peningkatan suhu luar akibat radiasi menyebabkan gradien suhu tinggi, sehingga aliran panas ke dalam meningkat. Akibatnya, beban pendinginan atap meningkat hingga siang hari (pukul 13.00–14.00 WIB), ketika intensitas radiasi mencapai puncaknya, kemudian menurun kembali seiring turunnya intensitas radiasi matahari.

### Fenomena Panas pada Dinding

Perhitungan menunjukkan beban kalor tertinggi pada dinding sisi selatan sebesar 225,1 Watt pada pukul 14.00–15.00 WIB. Dinding memiliki koefisien perpindahan panas ( $U$ ) lebih besar dibandingkan atap ( $0,5659 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ), namun luas permukaannya lebih kecil sehingga beban totalnya lebih rendah. Fenomena ilmiah yang terjadi adalah thermal lag, yaitu keterlambatan waktu antara puncak radiasi matahari dan puncak panas di permukaan dalam dinding. Hal ini disebabkan oleh massa termal dinding yang tinggi, yang menyimpan panas dan melepaskannya secara bertahap. Dengan demikian, meskipun radiasi puncak terjadi sekitar tengah hari, suhu maksimum di permukaan dalam baru terjadi pada sore hari. Secara fisik, hal ini menunjukkan pentingnya pemilihan material bangunan dengan konduktivitas rendah (isolatif) agar penyerapan dan perambatan panas dapat dikurangi.

### Fenomena Radiasi pada Kaca

Beban pendingin kaca meningkat tajam dari 118,97 Watt (pukul 10.00) menjadi 573,87 Watt (pukul 14.00). Hal ini menunjukkan bahwa radiasi matahari langsung yang menembus kaca merupakan salah satu penyumbang panas terbesar dalam sistem pendingin. Fenomena ilmiah yang menjelaskan kondisi ini adalah perpindahan panas radiasi, yaitu energi matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik menembus kaca dan diserap oleh benda-benda di dalam ruangan. Energi ini kemudian dikonversi menjadi panas melalui efek rumah kaca (*greenhouse effect*). Panas lebih mudah masuk dibandingkan keluar sehingga akumulasi energi termal meningkat. Fenomena ini menunjukkan bahwa penggunaan kaca reflektif, low-E, atau film penahan panas dapat menurunkan nilai CLF (*Cooling Load Factor*) dan total beban pendingin.

### Fenomena Konduksi pada Pintu

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa beban kalor dari pintu relatif kecil (2,35–34,31 Watt). Meskipun kecil, pintu berperan dalam infiltrasi udara panas dari luar ruangan, yang menambah latent load karena udara luar mengandung uap air. Fenomena ini berkaitan dengan konveksi dan difusi kelembapan. Pertukaran udara menyebabkan meningkatnya kandungan uap air di udara ruangan sehingga sistem pendingin harus bekerja lebih keras untuk melakukan penghilangan kelembapan (dehumidifikasi).

### Fenomena Panas Internal dari Penghuni dan Peralatan

Hasil menunjukkan bahwa beban panas dari manusia mencapai 3075 Watt (sensibel) dan 2255 Watt (laten). Ini merupakan komponen terbesar dari internal cooling load. Fenomena ini berasal dari metabolisme tubuh manusia yang menghasilkan panas melalui radiasi dan konveksi (panas sensibel) serta penguapan keringat dan respirasi (panas laten). Jumlah penghuni ( $N = 41$  orang) sangat mempengaruhi total beban pendinginan ruangan. Selain itu, peralatan listrik dan pencahayaan seperti lampu, proyektor, dan komputer turut menambah beban panas melalui konveksi dan radiasi. Lampu menghasilkan 25,5 Watt, proyektor sekitar 68,45 Watt, dan perabotan lainnya berkontribusi hingga 714,63 Watt. Semua sumber ini menambah *internal sensible load* yang secara langsung meningkatkan temperatur udara ruangan.

### Analisis Total Beban Pendinginan (*Grand Total Load*)

Dari hasil rekapitulasi diperoleh:

$$\text{Grand Total Load} = 8517,53 \text{ Watt} = 29.061,81 \text{ BTU/hr}$$

Nilai tersebut merupakan gabungan dari:

- *External Sensible Cooling Load* (ERSH) = 5958,67 Watt
- *Internal Latent Cooling Load* (ERLH) = 2558,86 Watt

Fenomena ilmiah yang dapat dijelaskan adalah bahwa beban pendinginan total meningkat seiring dengan akumulasi energi termal dari seluruh mekanisme perpindahan panas (konduksi, konveksi, radiasi) ditambah panas internal dari penghuni dan peralatan. Beban puncak terjadi pada pukul 14.00 WIB, ketika radiasi matahari mencapai maksimum, dinding dan atap mulai melepaskan panas yang tersimpan, dan aktivitas manusia di dalam ruangan masih berlangsung. Kondisi ini menyebabkan sistem pendingin bekerja pada kapasitas tinggi untuk menjaga suhu ruangan tetap stabil (sekitar  $22\text{--}25^\circ\text{C}$ ). Jika dikonversi ke kapasitas pendingin, kebutuhan sebesar 29.061,81 BTU/hr setara dengan sekitar 2,42 TR (Ton of Refrigeration) atau 2,5 PK AC.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan beban pendinginan ruangan perkantoran yang dilakukan pada bulan Januari 2025, diperoleh total beban pendingin (*Grand Total Cooling Load*) sebesar 8517,53 Watt atau 29.061,81 BTU/hr.

Nilai ini merupakan akumulasi dari beban panas internal (yang berasal dari manusia, lampu, dan peralatan elektronik) serta beban panas eksternal (yang berasal dari radiasi matahari melalui atap, dinding, kaca, dan pintu). Dengan nilai beban pendingin tersebut, sistem pendingin udara (AC Split) yang diperlukan untuk menjaga kondisi kenyamanan termal ruangan perlu memiliki kapasitas minimum sekitar 2,42 TR, atau setara dengan kombinasi AC Split berkapasitas 2 PK dan 1,5 PK.

Kombinasi tersebut mampu menjaga temperatur ruangan dalam kisaran 22°C–25°C dengan tingkat kelembapan relatif yang sesuai dengan standar kenyamanan termal ASHRAE 55. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem AC Split yang digunakan telah memenuhi kebutuhan beban pendinginan ruangan, baik dari sisi kapasitas daya maupun efektivitas kerja, sehingga dapat memberikan kenyamanan optimal bagi para pekerja di lingkungan perkantoran Taman Tekno BSD.

Secara ilmiah, penelitian ini juga menegaskan bahwa perancangan sistem pengkondisian udara harus mempertimbangkan kontribusi beban panas eksternal dan internal secara menyeluruh agar kapasitas pendingin yang dipilih sesuai dengan kebutuhan nyata di lapangan, tidak berlebihan dan tidak kekurangan, serta efisien dalam penggunaan energi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Bueno, A. A. de Paula Xavier, and E. E. Broday, "Evaluating the Connection between Thermal Comfort and Productivity in Buildings: A Systematic Literature Review," *Buildings*, vol. 11, no. 6. p. 244, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings11060244>.
- [2] M. Marigo *et al.*, "Thermal comfort and productivity in a workplace: An alternative approach evaluating productivity management inside a test room using textual analysis," *Build. Environ.*, vol. 245, p. 110836, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110836>.
- [3] T. Zhang, H. Wen, and X. Li, "A Tourist-Based Model of Authenticity of Heritage Sporting Events: The Case of Naadam," *Sustainability*, vol. 11, no. 1. p. 108, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/su11010108>.
- [4] M. R. Fadilla and A. W. Biantoro, "Analisis Jumlah Beban Pendingin Pada Ruangan Test Stand Menggunakan Metode Cltd (Cooling Load Temperature Difference)," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 230–237, 2022, doi: <https://dx.doi.org/10.22441/jtm.v11i3.15939>.
- [5] J. Ryu and J. Kim, "Effect of Different HVAC Control Strategies on Thermal Comfort and Adaptive Behavior in High-Rise Apartments," *Sustainability*, vol. 13, no. 21. p. 11767, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/su132111767>.
- [6] B. Rismanchi, J. M. Zambrano, B. Saxby, R. Tuck, and M. Stenning, "Control Strategies in Multi-Zone Air Conditioning Systems," *Energies*, vol. 12. p. 347, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/en12030347>.
- [7] Hariyono and A. Martin, "Rancang Bangun Sistem Pendingin Adsorpsi Dengan Pasangan Karbon Aktif-Metanol Sebagai Adsorben -Adsorbat," *J. Online Mhs. Bid. Tek. dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 1–15, 2014.