

**ANALYSIS OF COOLING LOAD IN ROOM GK-104,
INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA
(ANALISIS BEBAN PENDINGINAN PADA RUANGAN GK-104 INSTITUT
TEKNOLOGI SUMATERA)**

Feldrico Andreas Sitanggang¹, Andrean Marcellino¹, Bastian Roni Petrus¹, Muhammad Nur Na'im Khariman², Devia Gahana Cindi Alfian¹, Dicky J. Silitonga^{1*}

¹Mechanical Engineering, Institut Teknologi Sumatera Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

²Departement of Engineering, Universiti Teknikal Malaysia Malaka (UTeM) Jalan TU 62, Taman Tasik Utama, 75450 Ayer Keroh, Melaka, Malaysia

*Corresponding author: dicky.silitonga@ms.itera.ac.id

ABSTRACT

The effects of global warming are very impactful in everyday life, one of which makes the air feel hot, a cooling machine is needed to be able to reduce hot air in a room. Cooling machines have become an important necessity in everyday life. The cooling machine can be maximally utilized if the heat load above it must be appropriate or below. This research was conducted to analyze the cooling load in the public lecture room 1 of the Sumatra Institute of Technology GK-104. The data required in this study are the length of the room, the width of the room, the amount of internal heat of the room, the maximum number of people in the room, and the cooling capacity of the air conditioner. For the calculation of cooling load analysis is divided into 4 parts namely occupant load, equipment load, lighting load, and transmission load. After the analysis, the value of each is obtained 2,656.68 W, 450.09 W, 3,930.62 W, 2,238.71 W. The total cooling load of a room is 9,276.114 W. For the capacity of 2 air conditioners GK-104 room is 10,040 W. It can be concluded that the cooling load of the room is still far below the cooling capacity of the air conditioner and the room can cool according to the desired temperature.

Keyword: cooling load analysis; refrigeration engineering; thermal comfort

ABSTRAK

Efek pemanasan global sangat berdampak dalam kehidupan sehari-hari salah satunya membuat udara terasa panas, dibutuhkan suatu mesin pendingin untuk dapat mengurangi udara panas di dalam suatu ruangan. Mesin pendingin telah menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari. Mesin pendingin dapat dimanfaatkan secara maksimal jika beban kalor yang di atasinya harus sesuai atau dibawahnya. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis beban pendinginan di ruangan kuliah umum 1 Institut Teknologi Sumatera GK-104. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah Panjang ruangan, lebar ruangan, jumlah panas internal ruangan, jumlah maksimal orang dalam ruangan, dan kapasitas pendinginan AC. Untuk perhitungan analisis beban pendinginan dibagi menjadi 4 bagian yaitu beban penghuni, beban peralatan, beban penerangan, dan beban

transmisi. Setelah dilakukan analisis didapatkan nilai masing-masing 2.656,68 W, 450,09 W, 3.930,62 W, 2.238,71 W. Total dari beban pendinginan dari suatu ruangan yaitu 9.276,114 W. Untuk Kapasitas 2 AC ruangan GK-104 yaitu 10.040 W. Dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan ruangan masih jauh dibawah kapasitas pendingin AC dan ruangan dapat dingin sesuai dengan temperatur yang dikehendaki.

Kata Kunci: analisis beban pendingin; teknik pendingin, kenyamanan termal

PENDAHULUAN

Tata udara, juga dikenal sebagai sistem pengatur udara, merujuk pada suatu mekanisme yang dirancang untuk mengatur temperatur udara di dalam suatu ruangan agar mencapai kondisi yang nyaman dan sesuai dengan preferensi penghuninya. Sistem ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan dalam ruangan yang optimal dengan temperatur udara yang diinginkan, terutama ketika temperatur lingkungan eksternal tidak mencapai standar kenyamanan (Pertiwi & Ahyadi, 2019). Di sisi lain, kesesuaian beban pendinginan dengan kapasitas pendinginan juga penting untuk menjamin bahwa bangunan tidak boros energi. Sebagaimana diketahui, berbagai upaya telah dilakukan untuk efisiensi energi dan menemukan sumber-sumber energi alternatif yang berkelanjutan (Alfian, 2020), tentu upaya tersebut harus didukung oleh konsumsi energi yang efisien pula.

Seiring dengan terus berkembangnya teknologi, peningkatan taraf hidup, dan fenomena pemanasan global, penggunaan air conditioner (AC) di berbagai bangunan menjadi semakin mendesak (Ridhuan & Rifai, 2013). AC tidak hanya menjadi suatu kebutuhan pokok, tetapi juga menjadi

elemen krusial dalam menciptakan kondisi lingkungan yang nyaman. Manfaat utama AC terletak pada kemampuannya memberikan kesejukan di dalam ruangan, memberikan penghuni bangunan pengalaman yang lebih menyenangkan (Maluegha & Luntungan, 2021). Dalam konteks pengkondisian udara, beban pendinginan mengacu pada jumlah panas yang harus dipindahkan oleh sistem pengkondisian udara untuk mencapai temperatur yang diinginkan (Anwar, 2010).

Beban pendinginan terdiri atas panas yang berasal dari ruang pendingin dan tambahan panas dari bahan atau produk yang diinginkan (Subagyo, 2018). Analisis beban pendingin sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, selain untuk mengetahui nilai beban pendinginan kita dapat juga mengetahui kapasitas pendingin yang diperlukan untuk mendinginkan suatu ruangan (Samnur, 2011). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pendinginan ruangan atau bangunan dapat disesuaikan dengan pedoman dan standar yang dikeluarkan oleh ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sitanggang, 2021).

Di ruangan 104 Gedung Kuliah Umum I Institut Teknologi Sumatera, terdapat dua unit AC yang bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan selama proses pembelajaran berlangsung. Meskipun ruangan ini tidak memiliki ukuran yang sangat besar dibandingkan dengan kelas-kelas lainnya, hal ini menimbulkan beberapa tantangan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan beban pendinginan dan kapasitas pendinginan yang diperlukan, dengan tujuan akhir merancang suatu sistem pendinginan yang efisien untuk ruangan tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan penelitian ini diterapkan melalui observasi langsung di lapangan, yang melibatkan serangkaian pengukuran terhadap berbagai parameter yang diperlukan untuk melakukan analisis perhitungan total beban pendinginan ruangan.

Data Bangunan

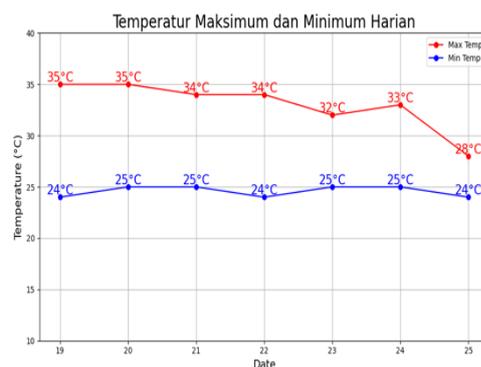
Objek lokasi ruangan yang akan diteliti yakni pada ruangan GK-104, Gedung Kuliah Umum I Institut Teknologi Sumatera. Ruangan memiliki panjang 9,6 m, lebar ruangan 7,8 m, dan tinggi ruangan yaitu 3,35 m yang berlokasi di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan letak geografis pada $5^{\circ} 21'40,6''$ LS dan $105^{\circ}18'49,2''$ BT. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi ruangan GK-107.



Gambar 1. Ilustrasi Ruangan GK-107

Data Cuaca

Menurut *AccuWeather*, data temperatur udara pada tanggal 19-25 November 2023, daerah Lampung Selatan saat dilakukannya observasi pada ruangan GK-104 pada rata-rata $34^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ dapat kita lihat pada gambar 2. Penelitian serupa dilakukan oleh (Susanto, 2017) dengan melakukan pengambilan data mulai dari tanggal 1 Juni hingga 14 Juni 2014 pada ruang Lobi Gedung Simulator Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia.



Gambar 2. Temperatur Mingguan Bulan November 2023 Lampung Selatan.

Dapat dilihat pada tanggal 22 November menunjukkan temperatur 34°C dan tanggal selanjutnya temperaturnya turun menjadi 32°C ,

dari data yang diperoleh dengan pengukuran temperatur secara langsung juga didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda yakni 30 °C. Kemungkinan perbedaan antara data temperatur yang diberikan oleh *AccuWeather* dan pengukuran langsung dapat disebabkan oleh faktor waktu saat pengambilan temperatur secara langsung. Hal ini mungkin terjadi karena saat melakukan pengukuran di luar ruangan, kondisi cuaca pada saat itu dapat mempengaruhi hasil pengukuran.



Gambar 3. Temperatur luar ruangan diukur secara langsung

Sumber Panas Internal

Sumber panas internal ruangan berasal dari berbagai macam seperti alat-alat elektronik (*handphone*, laptop), *proyektor*, lampu penerangan, dan penghuni. Sebagaimana diketahui, perangkat elektronik telah menjadi bagian penting dalam setiap aspek aktivitas manusia. Peralatan elektronik tersebut menghasilkan panas yang harus secara efektif dilepaskan ke lingkungan dengan berbagai metode dan alat penukar panas (Alfian, 2024).

Kapasitas AC Terpasang

Saat ini terdapat pendingin yang digunakan pada ruang GK-107 yaitu AC merk Daikin dengan spesifikasi yang ditampilkan pada gambar 4 berikut sebanyak 2 buah.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam menganalisis beban pendinginan, untuk mempermudah perhitungan, dibagi menjadi beberapa bagian yaitu perhitungan beban penghuni, perhitungan beban peralatan, perhitungan beban penerangan, dan perhitungan beban transmisi. Setiap satu bagian menjadi faktor dalam analisis pendingin bagi ruangan yang diuji.



Gambar 4. Spesifikasi AC Daikin yang diuji

Beban Penghuni

Penghuni menjadi faktor dalam perpindahan panas dalam suatu ruangan. Faktor beban penghuni harus diperhitungkan dalam analisis beban pendingin. Menurut Owen, beban pendinginan bergantung pada aktivitas yang dilakukan oleh penghuni di dalam ruangan tersebut, dimana aktivitas manusia akan berpengaruh pada besarnya kalor yang dihasilkan oleh tubuh. Jenis-jenis aktivitas yang dimaksud tercantum pada Tabel 1 untuk

kemudian disesuaikan dengan kondisi ruangan yang dianalisis. Sebagai contoh pembacaan Tabel 1, tingkat aktivitas (*level of activity*) pertama adalah duduk berdiam (*seated at rest*), dengan salah satu contoh aplikasinya (*typical application*) adalah pada sebuah bioskop dimana penonton duduk diam. Selanjutnya, ada aktivitas duduk namun dengan kerja ringan (*seated, light work*), contohnya di kantor. Begitu juga di kantor dapat terjadi yang menghasilkan kalor lebih tinggi (*moderate office work*). Tingkat aktivitas pada Tabel 1 berlanjut hingga pada kerja berat (*heavy work*) seperti di pabrik. Untuk tiap-tiap tingkat aktivitas tersebut, Tabel 1 merinci besarnya *sensible heat gain* (SHG) dan *latent heat gain* (LHG). Sensible Heat Gain merupakan energi yang ditambahkan ke ruang melalui konduksi, konveksi, dan/atau radiasi. Ini terjadi ketika panas berpindah ke ruang dari tubuh manusia. Latent Heat Gain, di sisi lain, adalah energi yang ditambahkan ke ruang ketika uap air ditambahkan ke dalam ruangan melalui aktivitas penghuni. Kalor laten ini terjadi secara singkat dan tidak berpengaruh secara kontinu pada beban pendinginan. Dengan demikian, meskipun kalor laten penting untuk diperhitungkan pada kaitannya dengan pengendalian kelembaban, namun untuk kenyamanan penghuni yang lebih penting adalah sensible heat.

Tabel 1. Beban Pendinginan Penghuni (Owen, 2013)

Level of Activity	Typical Application	Heat Gain/Person btu/h	
		SHG (qs)	LHG (ql)

Seated at rest	Theater	245	105
Seated, light work	Office	245	155
Moderate office work	Office	250	200
Standing, walking slowly	Retail Sales	250	250
Light bench work	Factory	275	475
dancing	Nightclub	305	545
Heavy work	Factory	580	870

Berdasarkan Tabel 1, level aktivitas didalam ruangan yang sesuai dengan kegiatan di kelas, yaitu sebagian besar penghuni (mahasiswa dan dosen) duduk sambil menulis atau mengetik, adalah *seated, light work* tersebut dalam pekerjaan ringan yaitu dengan beban adalah 245 btu/h. Untuk menghitung jumlah maksimal orang dalam satu ruangan, menurut referensi bahwa kapasitas orang yang ideal dalam satu ruangan yaitu 2 m². Asumsi yang dilakukan adalah dengan memenuhi ruangan dengan jumlah maksimal penghuni. Perhitungan untuk memenuhi ruangan tersebut adalah seperti berikut:

$$\text{Maks Orang} = \frac{\text{Luas Ruangan}}{\text{Kapasitas Per orang}} \quad (1)$$

$$\text{Maks Orang} = \frac{74,88 \text{ m}^2}{2} = 37 \text{ Orang}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, seramai 37 orang yang mampu memenuhi ruangan. Seorang penghuni akan mempunyai beban sebanyak 245qs dan 37 orang akan memenuhi ruangan. Perhitungan beban penghuni adalah seperti berikut:

$$Q_{Peng} = 245 \times 37 \text{ org} = 9065 \text{ btu/h}$$

$$Q_{Penghuni} = 2.656,68 \text{ W}$$

Beban penghuni ketika ruangan penuh dengan penghuni adalah 2.656,68 W.

Beban Peralatan

Peralatan yang dimiliki penghuni dan peralatan yang tersedia dalam ruangan menjadi faktor dalam pemindahan panas yang berlaku dalam ruangan. Faktor beban peralatan harus memperhitungkan dalam analisis beban pendingin. Perhitungan dan informasi yang digunakan dalam perhitungan beban peralatan adalah menyesuaikan tabel 2 berikut:

Tabel 2. Konstanta beban pendinginan peralatan

Alat	Heat Gain Btu/h
Handphone	22,506
Laptop	187,55
Proyektor	515,5

Tabel 2 menunjukkan ketetapan beban pendinginan yang wujud dalam ruangan yaitu *handphone*, laptop dan proyektor. Penghuni yang akan memenuhi ruangan adalah 37 orang dan diasumsikan setiap penghuni itu mempunyai *handphone*. Satu *handphone* mempunyai beban pendingin sebanyak 22,506 btu/h. Perhitungan bagi beban *handphone* adalah seperti berikut:

$$37 \times 22,506 = 832,722 \text{ btu/h}$$

$$= 244,0467277 \text{ W}$$

Dalam ruangan tersebut diasumsikan mempunyai satu laptop yang digunakan oleh dosen. Laptop mempunyai beban pendinginan sebanyak 187,55 btu/h. Perhitungan bagi beban laptop adalah seperti berikut:

$$1 \times 187,55 = 187,55 \text{ btu/h}$$

$$= 54,9654 \text{ W}$$

Ruangan yang diuji mempunyai satu proyektor infocus yang digunakan sewaktu kuliah. Proyektor Infocus mempunyai beban pendinginan sebanyak 515,55 btu/h. Perhitungan bagi beban proyektor Infocus adalah seperti berikut:

$$1 \times 515,5 = 515,5 \frac{\text{btu}}{\text{h}} = 151,07813 \text{ W}$$

Beban peralatan dalam ruangan dihitung dengan menjumlahkan semua beban peralatan yaitu beban *handphone*, beban laptop dan beban proyektor Infocus. Perhitungan bagi jumlah beban peralatan adalah seperti berikut:

$$Q_{\text{per}} = 244,0467377 \text{ W} + 54,9654 \text{ W}$$

$$+ 151,07813 \text{ W} = 450,0902677 \text{ W}$$

Setelah perhitungan bagi beban peralatan dilakukan, beban peralatan seperti *handphone*, laptop dan proyektor Infocus yang wujud di ruangan adalah 450,0902677 W.

Beban Penerangan

Ruangan yang diuji sudah pasti adalah lampu yang digunakan sewaktu kuliah. Faktor beban penerangan harus memperhitungkan dalam analisis beban pendingin. Perhitungan dan informasi yang digunakan dalam perhitungan beban penerangan. Dalam ruangan yang diuji mempunyai 24 buah lampu yang digunakan dalam ruangan tersebut. Untuk lampu berukuran empat kaki, watt tabung biasanya berkisar antara 28-watt hingga 40-watt (*LED Fluorescent Replacement Lighting*, (n.d.)). Diasumsikan setiap lampu menghasilkan 40 Watt. Perhitungan bagi beban penerangan di ruangan tersebut adalah seperti berikut:

$$W = 40 \text{ Watt} \times 24 \text{ buah} = 960$$

$$Q_{pen} = 960 \times 3,412 \times 1 \times 1,2 \times 1$$

$$Q_{penerangan} = 3.930,624 \text{ W}$$

Setelah perhitungan bagi beban penerangan dilakukan, beban penerangan untuk 24 buah lampu yang wujud di ruangan adalah 3.930,624W.

Beban Transmisi

Beban transmisi ialah pemindahan panas yang berlaku dari luar ruangan kedalam ruangan dan sebaliknya. Faktor beban transmisi harus memperhitungkan dalam analisis beban pendingin. Perhitungan dan informasi yang digunakan dalam perhitungan beban transmisi adalah seperti berikut:

Pada awalnya, konduktivitas thermal dinding Gypsum, temperatur dalam ruangan, temperatur luar ruangan dan tebal dinding harus dikenal pasti. Informasi yang diperoleh adalah:

Tabel 3. Data Beban Transmisi

Nama	Keterangan
Konduktivitas thermal <i>Gypsum</i>	0,17 k.W/m.°C
Konduktivitas termal kaca	0,96 k.W/m.°C
Temperatur dalam ruangan	25 °C
Temperatur luar ruangan	30 °C
Tebal dinding	0,15 m
Tebal kaca	0,007 m

Setelah didapat data-data diatas, perhitungan beban transmisi dapat dilakukan sebagai berikut:

$$Q_{dinding} = -kA \frac{dt}{dx} \quad (2)$$

$$Q_{jb} = -0,96 \times 0,81 \times \frac{25 - 30}{0,07} \times 6 \text{ buah} \\ = 333,2571 \text{ W}$$

$$Q_{jk} = -0,96 \times 0,36 \times \frac{25 - 30}{0,007} \times 6 \text{ buah} \\ = 1.481,1428 \text{ W}$$

$$Q_{trans} = 424,319 \text{ W} + 333,25 \text{ W} + \\ 1.481,142 \text{ W} \\ = 2.238,719899 \text{ W}$$

Setelah perhitungan bagi beban transmisi dilakukan, beban transmisi untuk dinding, jendela besar dan jendela kecil yang wujud di ruangan adalah 2.238,719899 W

Total Beban Pendinginan

Total beban pendinginan yang berlaku di ruangan dihitung dengan menjumlahkan semua beban yang wujud yaitu beban penghuni, beban penerangan, beban peralatan dan beban transmisi. Perhitungan bagi beban total adalah seperti berikut:

$$Q_{tot} = Q_{peng} + Q_{pen} + Q_{per} + \\ Q_{trans} \quad (3) \\ Q_{tot} = 2.656,68 + 450,09 + 3.930,62 \\ + 2.238,719899 \\ Q_{tot} = 9.276,1141667 \text{ W}$$

Setelah perhitungan bagi beban total dilakukan, beban total yang wujud di ruangan adalah 9.276,1141667 W.

Kapasitas AC Ruangan

Ruangan yang diuji mempunyai AC yang berfungsi sewaktu kuliah. AC yang digunakan adalah AC Daikin keluaran Jepang. Setiap AC mempunyai spesifikasi yang berbeza-beda setiap jenisnya. Spesifikasi AC yang digunakan dalam ruangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

AC Daikin ini mempunyai kapasitas 5020 W. Ruangan yang diuji

menggunakan dua AC yang sama. Mengasumsikan AC berada dalam kondisi optimal dan bekerja pada optimal efisiensi, perhitungan untuk dua AC yang berkapasitas pendingin 5020 W adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas AC} &= 5020 \text{ W} \times 2 \\ &= 10.040 \text{ W} \end{aligned}$$

Perbandingan Q_{total} dan Q_{AC}

Perbandingan antara total beban pendinginan dan kapasitas pendinginan AC dilakukan bagi evaluasi sama ada AC yang tersedia itu cukup bagi menampung beban panas yang wujud dalam ruangan sewaktu kuliah. Total beban pendinginan adalah 9.276,1141667 W sementara kapasitas pendinginan bagi dua AC adalah 10.040 W. Perbandingan antara total beban pendinginan dan kapasitas pendinginan dua AC adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= 8.183,771409 \text{ W} \\ \text{Kapasitas 2 AC} &= 10.040 \text{ W} \\ Q_{\text{total}} &< \text{Kapasitas 2 AC} \\ 9.276,1141667 \text{ W} &< 10.040 \text{ W} \end{aligned}$$

Perbandingan yang dilakukan menunjukkan bahwa total beban pendinginan ruangan lebih rendah dibandingkan kapasitas pendinginan AC di ruangan yang diteliti. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh (Ahyadi, 2022) yang menunjukkan beban pendinginan yang terdapat pada ruang data center sebuah PT di Jakarta yaitu sebesar 113,71 kW dilakukan pemasangan sebanyak 3 unit mesin pengkondisian udara untuk mencapai kenyamanan termalnya. Penelitian lainnya oleh (Syahrial, 2021) juga melakukan perhitungan beban pendinginan sehingga

diperoleh kenyamanan termal pada beban pendinginan optimalnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data yang diambil bisa disimpulkan bahwa kapasitas AC masih lebih besar dari pada beban pendinginannya, dan ruangan dapat dingin sesuai dengan temperatur yang dikehendaki. Selain itu dari data yang diperoleh dapat dilakukan suatu perancangan sistem pendinginan yang lebih optimal dan efisien. Untuk kapasitas maksimal orang di dalam ruangan memungkinkan untuk dapat ditambah tiga sampai empat orang dikarenakan beban pendinginan masih jauh dibawah kapasitas pendinginnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, K. (2010). Efek Beban Pendingin Terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin. *Jurnal SMARTek*, 203-214.
- Buntu, T. R. (2017). Analisis Beban Pendinginan Produk Makanan Menggunakan Cold Box Mesin Pendingin LUCAS NULLE TYPE RCC 2. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*.
- Maluegha, B., & Luntungan, H. (2021). Penentuan Beban Pendinginan AC Untuk Memilih Sistem Pendinginan Yang Hemat Energi Pada Ruangan Ibadah Gedung Gereja KGMPI Getsemani Kelurahan Bahu Kota

- Manado. *Jurnal Tekno Mesin*, 43-50.
- Owen, M. (2013). *ASHRAE Handbook-Fundamentals*. Atlanta: ASHRAE.
- Pertiwi, T. B., & Ahyadi, H. (2019). Analisis Beban Pendingin Pada Ruang Data Center/Server PT XX Di Gedung Summitmas II. *Sainstech*.
- Ridhuan, K., & Rifai, A. (2013). Analisa Kebutuhan Beban Pendingin dan Daya Alat Pendingin AC Untuk Aula Kampus 2 UM Metro. *TURBO*, 7-12.
- Samnur. (2011). Perancangan Sistem Pengkondisian Udara (AC) Pada Ruang Aula Teknol Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. *Jurnal Teknologi*.
- Sitanggang, R (2021). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal pada Bangunan Tipe Rumah Sederhana. *Jurnal Fraktal*, 6(1), 30-37.
- Susanto, A (2017). Analisis Kebutuhan Beban Pendingin Dengan Metode Cooling Load Temperature Difference (Cltd) Pada Ruang Lobby Gedung Simulator Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia. *Jurnal Ilmiah Aviassi Langit Biru*, 10(3), 31-35.
- Subagyo, R. (2018). *Mesin Pendingin dan Pemanas*. Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- Thomas, V. (n.d.). *Internal Heat Gains (IHG)*. Retrieved from Energy Models: <https://energy-models.com/internal-heat-gains-ihg>
- Thomas, V. C. (n.d.). *INTERNAL HEAT GAINS (IHG)*. Energy Models . <https://energy-models.com/internal-heat-gains-ihg>
- LED fluorescent replacement lighting*. LED Fluorescent Replacement Lighting. (n.d.). <https://www.stouchlighting.com/led-fluorescent-tube-replacement>
- Abu-Lebdeh. (2014). Thermal conductivity of rubberized gypsum board. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(1), 12–22. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2014.12.22>
- Arifudin, Latif & Saefurrochman, Saefurrochman & Suprpto, Suprpto & Sutadi,. (2020). Analysis of heat transfer at electron beam machine 300 kV/20 mA laboratory. *Journal of Physics: Conference Series*.

1436. 012117. 10.1088/1742-6596/1436/1/012117.

Alfian, D. G. C, Meliala, A, Riayatsyah, T. M. I., Silitonga, D. J. (2024). The effect of ZnO/CuO-Water-Hybrid nanofluid concentration ratio on heat transfer characteristics in electronic equipment cooling systems. *Media Mesin*, 25(1), 21-30.

Alfian, D. G. C, Prahmana, R. A., Silitonga, D. J., Muhyi, A., Supriyadi, D. (2020). Uji Performa Gasoline Engine menggunakan bioaditif cengkeh dengan bensin berkadar oktan 90. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4(1), 49-53.

Ahyadi, H. (2022). Analisis Beban Pendinginan Pada Ruang Data Center/Server PT X di Jakarta. *Jurnal Presisi*, 24(1), 1-12.

Syahrial, E. (2021). Perencanaan Beban Pendingin pada Gedung Baru Rumah Sakit PMI Bogor dengan Metode CLTD . *JTI*, 1(1), 34-40.