

Evaluasi Beban Penyejukan pada Ruang Perkuliahan dengan Metode Keseimbangan Termal (Studi Kasus Ruang Perkuliahan Prodi Arsitektur Undana)

Marianus Bahantwelu¹⁾, Imanuel N. Mbake²⁾

^{1,2)} Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Abstrak

Di tengah kondisi lingkungan eksternal yang tidak lagi nyaman secara termal, penggunaan AC di dalam ruangan sudah menjadi suatu kebutuhan yang utama. Masalah utama penggunaan AC adalah boros energi; yang mana hal ini jika tidak diperhatikan sejak awal, maka akan sangat berpengaruh terhadap beban penyejukan. Termasuk dalam proses perkuliahan, agar berjalan dengan lancar maka dibutuhkan ruang yang nyaman secara termal. Penelitian ini dilakukan di Gedung perkuliahan Program Studi Arsitektur Universitas Nusa Cendana dengan metode matematis, keseimbangan termal. Objek penelitian adalah ruang perkuliahan berukuran 14 x 7 m² yang berada di lantai 2. Pada ruangan ini sudah terdapat AC tipe split sebanyak 8 buah (kapasitas penyejukan @ 5,57 kw-18000 Btu/h). Suhu ruang luar sebesar 33 °C. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan evaluasi terhadap penggunaan AC pada objek penelitian guna mencapai efisiensi energi gedung tanpa mengorbankan kenyamanan penggunanya. Hasil dari penelitian ini didapatkan total beban penyejukan yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu ke 22 °C adalah sebesar 13.729,831 W atau 13,73 kw. Jika memakai AC dengan model yang sama dengan eksisting (kapasitas pendingin 5,57 kw dan daya listrik 1,59 kw) maka jumlah AC yang dibutuhkan adalah 2 buah. Dengan tarif dasar listrik sebesar Rp. 1444,70 maka biaya yang dikeluarkan oleh 2 AC tersebut dalam sejam adalah sebesar Rp. 4.594. Bandingkan dengan kondisi eksisting yang biayanya dalam sejam adalah Rp. 18.376. Potensi penghematan yang didapatkan adalah sebesar Rp.13.782 dalam sejam.

Kata-kunci : AC, beban penyejukan, efisiensi energi, keseimbangan termal

Abstract

In the midst of an external environment that is no longer thermally comfortable, the use of air conditioning in the room has become a major need. The main problem with the use of air conditioners is wasteful of energy; which if you don't pay attention to it in the first place, will greatly affect the cooling load. Included in the lecture process, in order to run smoothly, a thermally comfortable space is needed. This research was conducted in the lecture building of the Architecture Department at Nusa Cendana University using mathematical methods, thermal balance. The research object was the study room measuring 14 x 7 m² is on the 2nd floor. In this room, there are already 8 split-type air conditioners (cooling load @ 5.57 kw). The temperature of the outer room is 33 °C. The purpose of this research was to evaluate the use of air conditioning on the research object in order to achieve building energy efficiency without compromising the comfort of its users. The results of this research showed that the total cooling load required to reduce the temperature to 22 °C was 13,729,831 W or 13,73 kw. If we used an existing AC (5.57 kw cooling capacity and 1.59 kw electric power) then the number of ACs needed was 2 pieces. With a basic rate electricity of Rp. 1444.70, then the cost incurred by the 2 air conditioners in an hour was Rp. 4,594. Compare this with the existing condition which costs Rp. 18,376. The potential savings obtained was Rp. 13,782 in an hour.

Keywords : AC, cooling load, thermal balance, temperature

Kontak Penulis

Marianus Bahantwelu
Program Studi Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Nusa Cendana
Jl. Adi Sucipto Penfui, Kota Kupang, NTT 85111
Telp: 0380-881590 Fax: -
E-mail : marianusbahantwelu@staf.undana.ac.id

Pendahuluan

Sistem penghawaan atau ventilasi dalam arsitektur merupakan bagian tak terpisahkan dalam rancang bangun. Aktivitas, peralatan elektronik, radiasi matahari merupakan sumber panas yang harus dikeluarkan dengan sistem penghawaan, baik penghawaan alamiah (tidak melibatkan mesin), penghawaan buatan (AC), maupun dengan penghawaan mekanik (penghawaan alamiah yang dibantu dengan kipas angin sebagai penggerak udara, tanpa melibatkan alat penurun suhu ruangan).

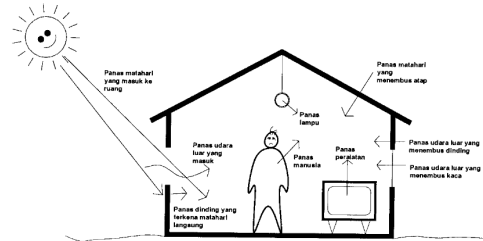
Jika sistem penghawaan tidak bekerja dengan baik, maka dapat berdampak pada ketidaknyamanan termal yang akhirnya dapat menurunkan produktivitas dan konsentrasi pengguna (Satwiko,2009). Kenyamanan termal adalah perasaan seseorang merasa nyaman dengan keadaan temperatur lingkungannya, yang dalam konteks sensasi digambarkan sebagai kondisi seseorang tidak merasakan kepanasan maupun kedinginan pada lingkungan tertentu (ASHRAE, 2010). Dengan demikian untuk menjaga tingkat temperatur yang sesuai, dibutuhkan pengaturan aliran udara yang baik, baik secara alami maupun secara buatan.

Kualitas udara ruang yang baik dapat berpengaruh terhadap kesehatan, kenyamanan dan produktivitas (Sujanova, 2019). Salah satu cara untuk meningkatkan kenyamanan termal dan meningkatkan kualitas udara ruang adalah dengan menggunakan sistem penghawaan buatan.

Penggunaan AC menjadi suatu hal yang umum pada dewasa ini. Karena kelebihanannya dibandingkan dengan sistem ventilasi lainnya. Namun hal yang perlu diperhatikan adalah agar penggunaan dan pemasangan AC harus seefisien dan seefektif mungkin, terutama dari segi perencanaan kapasitas penyejukan (*cooling load*). Hal ini akan berdampak pada daya listrik yang dibutuhkan. Semakin besar daya atau konsumsi listrik, semakin besar biaya yang dikeluarkan. Suwono dalam Syahrizal, dkk (2013) menyebutkan sekitar 60% konsumsi listrik hotel di Jakarta digunakan untuk memasok energi mesin AC.

Beban penyejukan (*cooling load*) adalah panas yang harus dibuang oleh AC dari dalam ruang keluar agar suhu udara didalam ruang tidak naik dan tetap dalam batas kenyamanan termal (Arismunandar, 1995; Satwiko, 2009; Budhyowati, dkk. 2016). Semakin banyak panas yang dibuang maka semakin berat tugas AC, sehingga jika inginkan efisiensi energi, maka harus diusahakan agar penambahan panas kedalam ruangan harus sekecil-kecilnya. Penambahan panas dalam ruangan dapat diperoleh dari *external cooling load* (panas yang berasal dari selubung bangunan yang terkena radiasi matahari langsung, panas yang berasal dari selubung bangunan karena udara luar yang hangat, panas dari udara luar

hangat dan juga radiasi yang masuk langsung kedalam bangunan lewat bukaan dan *internal cooling load* (panas tubuh manusia dan makhluk hidup lain yang bersuhu hangat, panas yang berasal dari peralatan). Secara umum, skema sirkulasi udara dalam ruang seperti **Gambar 1**.



Gambar 1. Panas dalam ruang. Sumber: Satwiko, 2019

Data kontribusi panas dalam ruang termasuk di dalamnya adalah tingkat metabolisme dan besaran panas yang dikeluarkan oleh beragam aktivitas manusia dapat dilihat

Tabel 1. Beragam Aktivitas dan Tingkat Metabolisme dan Panas yang Dihasilkan

No	Aktivitas	Met	Watt/m ²
1	Berbaring	0,8	46
2	Duduk tenang	1,0	58
3	Aktivitas biasa (kantor, rumah tangga, sekolah, lab)	1,2	70
4	Guru mengajar di depan kelas	1,6	95
5	Berdidi aktivitas sedang (penjaga toko, rumah tangga)	2,0	116
6	Olahraga- lari 15 km/jam	9,5	550

Sumber: www.innova.dk

pada **Tabel 1**.

Metode keseimbangan termal merupakan salah satu metode untuk memperkirakan beban penyejukan AC. Metode ini menggunakan asumsi bahwa keadaan saat perhitungan adalah statis. Pada iklim tropis, maka faktor-faktor yang menjadi variabel perhitungan adalah panas dari sumber dalam ruangan, panas yang menembus kaca

WEATHER DATA SUMMARY		LOCATION: Kupang El Tari Int'l AP, NU, IDN Latitude/Longitude: 10 17'2" South, 125 67'1" East, Time Zone from Greenwich 8 Data Source: ISD-TMXX - 973720 WMO Station Number, Elevation 105 m											
MONTHLY MEANS		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)		405	442	422	491	479	443	469	525	568	587	546	451
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)		174	234	225	406	477	481	504	553	560	533	436	258
Diffuse Radiation (Avg Hourly)		265	252	243	189	153	135	134	135	152	169	200	244
Global Horiz Radiation (Max Hourly)		946	1064	1017	988	918	822	884	986	1051	1082	1070	1039
Direct Normal Radiation (Max Hourly)		613	853	828	867	845	833	829	855	877	880	895	877
Diffuse Radiation (Max Hourly)		592	606	528	524	427	368	378	408	445	431	514	511
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)		5079	5456	5087	5782	5525	5059	5391	6135	6788	7189	6814	5680
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)		2189	2892	2711	4774	5500	5495	5787	6469	6698	6532	5431	3250
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)		3328	3119	2930	2228	1764	1549	1540	1585	1821	2078	2587	3082
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)		46670	50740	48611	57407	56349	52135	55766	62382	67892	69965	64084	51749
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)		11732	14616	14186	24273	27682	26796	29134	34182	32882	31914	25822	16306
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)		26	26	26	27	27	26	25	25	26	28	28	27
Dew Point Temperature (Avg Monthly)		24	24	23	22	21	21	19	18	19	21	23	24
Relative Humidity (Avg Monthly)		87	88	85	77	72	73	69	65	68	69	75	85
Wind Direction (Monthly Mode)		340	320	300	100	120	100	100	100	100	130	120	300
Wind Speed (Avg Monthly)		1	1	2	2	3	4	4	5	3	2	2	1
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)		25	25	26	26	27	27	27	27	27	26	26	25

Gambar 2. Data radiasi matahari kota Kupang Tahun 2004-2018. Sumber: Stasiun pengamat meteorologi bandara Eltari Kupang

dan dinding serta panas dari udara luar.

Kota Kupang merupakan salah satu dari lima kota terpanas di Indonesia dengan suhu maksimal mencapai 35°C (Kompas, 2021). Hal ini didukung dengan pengukuran yang dilakukan di kawasan Prodi Arsitektur Undana selama dua hari dari tanggal 21 - 22 September 2022 dimana suhu rata-ratanya mencapai 33°C. Dengan suhu ruang luar yang tinggi seperti ini maka penggunaan AC sudah menjadi suatu kebutuhan utama (Satwiko, 2009). Akan tetapi, patut menjadi perhatian yaitu harus selalu dipikirkan tentang strategi dan cara-cara yang dapat membuat pemasangan AC itu lebih efisien dan efektif baik dalam hal kebutuhan daya, jumlah serta biaya operasional. Sebagai data preseden untuk input perbandingan dalam hasil pengukuran adalah data radiasi matahari Kota Kupang seperti pada **Gambar 2**.

Prodi Arsitektur Undana merupakan salah satu prodi dalam lingkup Universitas Nusa Cendana yang dibuka pada 2007. Tiap ruangnya sudah memakai AC sebagai alat bantu penyejukan. Misalnya pada ruang perkuliahan (aula) dengan ukuran 14 x 7 m², terdapat 8 buah AC dengan masing-masing memiliki kapasitas pendingin sebesar 5,57 kw dengan konsumsi daya 1,59 kw. Kondisi



Gambar 3. Suasana perkuliahan

eksisting ruang perkuliahan dapat dilihat pada **Gambar 3**.

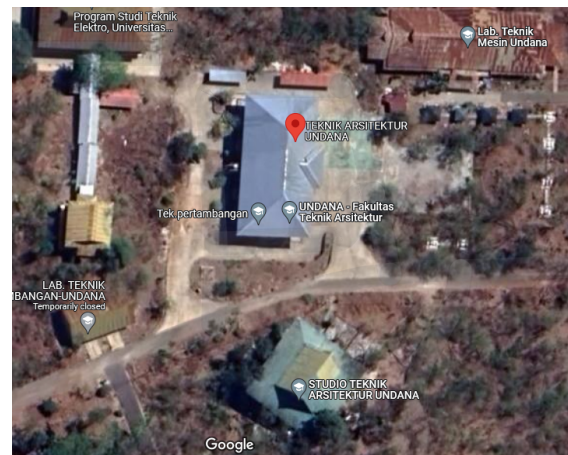
Melihat hal tersebut di atas, maka perlu untuk diadakan evaluasi tentang beban penyejukan pada ruang perkuliahan Prodi Arsitektur Undana guna efisiensi energi dan biaya operasional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi beban penyejukan pada ruang perkuliahan Prodi Arsitektur Undana guna mencapai efisiensi energi dan biaya operasional gedung.

Metode

(1) Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Kupang, di aula Prodi Arsitektur Undana, jalan Adisucipto. Objek penelitian berada di lantai 2 yang dimanfaatkan sebagai ruang perkuliahan. Total Luas ruangan adalah 98 m², digunakan secara terus

menerus selama hari kerja dari jam 08.00-16.00 WITA. Ruangan ini sudah menggunakan sistem pengkondisian udara (AC), dengan jumlah unit sebanyak 8 buah (@ 18.000 Btuh). Dinyalakan dari awal kegiatan sampai



Gambar 4. Tampak atas gedung prodi arsitektur

berakhirmya kegiatan perkuliahan. Lokasi objek penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4**.

(2) Rancangan penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Fokus penelitian pada aspek-aspek yang mempengaruhi beban penyejukan. Tahap proses penelitian berupa pengumpulan data/informasi, analisis, dan hasil penelitian. Tahap akhir yaitu kesimpulan. Metode yang digunakan pada kajian ini perhitungan kuantitatif berdasarkan hasil pengamatan dan

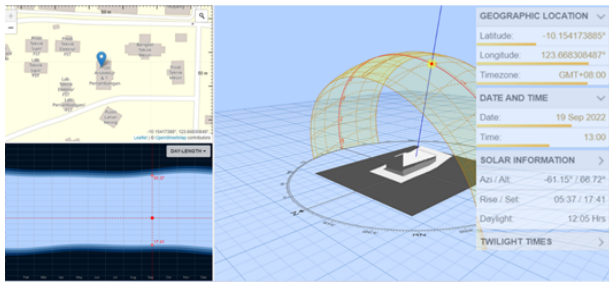


Gambar 5. Peralatan yang digunakan untuk mengukur suhu

pengukuran, serta studi Pustaka menggunakan data yang diperoleh dari buku maupun sumber *online*.

Metode pengumpulan data yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah metode observasi, pengukuran langsung, wawancara dan dokumentasi serta studi pustaka. Data yang dibutuhkan adalah terkait luas ruangan yang dianalisis, material selubung bangunan, nilai absorpsi material dan cat selubung, transmittan konstruksi, suhu ruang luar, data intensitas radiasi matahari, data jumlah panas yang dikeluarkan oleh pemakai ruangan dan peralatan elektronik. Peralatan yang digunakan diantaranya *Thermohyrometer* sebanyak 5 buah, *laser*

distance meter 2 buah, dan program komputer untuk analisis data. Adapun peralatan yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 6. Sudut datang matahari

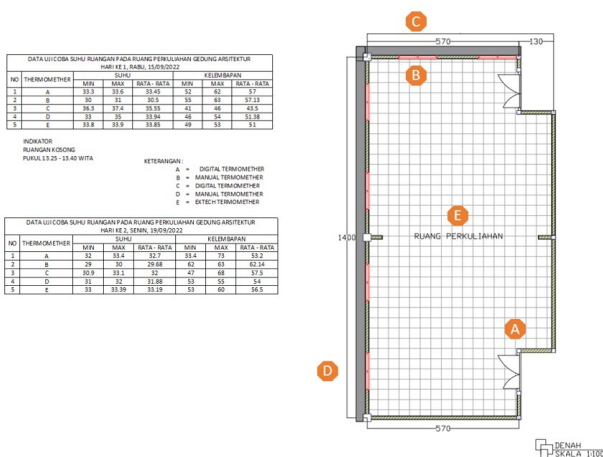
Hasil dan Pembahasan

(1) Posisi gedung terhadap matahari

Perhitungan dengan metode keseimbangan termal diandaikan posisi matahari pada kondisi yang statis. Pengukuran dilakukan pada tanggal 21 dan 22 September 2022 jam 13.00 WITA. Letak geografis lokasi penelitian Latitude -10,154173885 dan Longitude 123,668306487 dengan Azimuth -61,15 dan Altitude 66,72. Hasil pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 6**.

(2) Pengukuran suhu eksternal

Pengukuran suhu dilakukan selama dua hari, yaitu pada tanggal 21-22 september 2022 jam 13.00 WITA. Alat yang digunakan adalah thermohyrometer model digital (*extech*) dan model analog sebanyak 5 buah. Suhu yang didapatkan maksimal mencapai 37°C dan minimal 31°C.



Gambar 7. Titik pengukuran dan suhunya

Dalam perhitungan pada penelitian ini, dipakai suhu rata-rata ruang luar sebesar 33°C. Lokasi pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Tabel 2. Perhitungan Transmitan Dinding

No	Bahan Dinding	Tebal (d) m	Konduktivitas (k) W/mK	Resistan (R = d/k) m ² K/W	Transmitan (U - Value = 1/R) W/m ² K	Absorpsi (α)
1	Permukaan luar			0.050		
2	Aluminium Composit Panel 0,3 cm	0.003	211.000	0.0000142		
3	Cavity 34 cm	0.340	0.175	1.943		
4	Plesteran luar 2 cm kuning medium	0.020	0.900	0.022		0.580
5	Batako berlubang 10 cm	0.100	1.110	0.090		0.860
6	Plesteran dalam 2 cm	0.020	0.900	0.022		
7	Permukaan dalam			0.120		
Total				2.247	0.445	

(3) Material pelingkup

Material berperan penting dalam proses penghantaran atau perambatan panas ke dalam ruangan. Perpaduan beberapa jenis material yang sesuai dan tepat menghasilkan ruangan yang nyaman secara termal. Ketepatan dalam penggunaan bahan dan teknik konstruksi

Tabel 3. Perhitungan Transmitan Kaca

No	Bahan	Tebal (d)	Konduktivitas (k)	Resistan (R = d/k)	Transmitan (Uvalue = 1/R)	Absorpsi (α)
		m	W/mK	m ² K/W	W/m ² K	
1	Permukaan luar			0.050		
2	Kkaca bening 3 mm	0.003	0.900	0.003		0.070
3	Permukaan dalam			0.120		
TOTAL				0.173	5.769	

selubung bangunan memungkinkan penghematan energi karena kerja AC tidak berat. Kualitas material pelingkup menentukan kualitas udara dalam ruang, sehingga ketepatan pemilihan sangat dibutuhkan. Material yang digunakan di objek penelitian seperti pada **Tabel 2**.

Selain dinding, material kaca juga berperan besar dalam proses perambatan panas. Perhitungan transmitan pada material kaca yang digunakan dalam objek penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3**.

(4) Beban panas internal

Panas yang dikeluarkan manusia menjadi beban panas dalam bangunan. Panas yang dikeluarkan dipengaruhi



Gambar 8. Aktivitas dalam ruang perkuliahan

oleh aktivitas dan pakaian yang dikenakan. Pada objek penelitian, jumlah pemakai ruangan sebanyak 100 orang mahasiswa dengan aktivitas yang terjadi adalah aktivitas biasa (panas yang dikeluarkan adalah 70 W/m²). Ilustrasi pengguna dan aktivitas dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Pencahayaan buatan membutuhkan energi, yang pada akhirnya menghasilkan panas yang nantinya akan menjadi

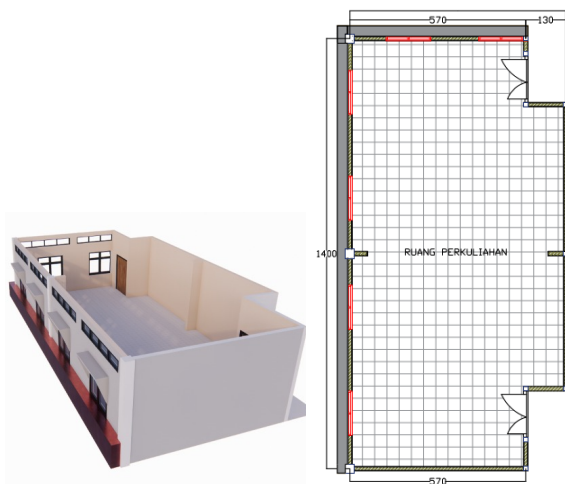


Gambar 9. Lampu Tipe *Flourescent Linier*

beban penyejukan pada mesin AC. Pada objek studi, lampu yang digunakan adalah lampu Fluorescent Linear sejumlah 24 buah, masing-masingnya mengeluarkan panas sebesar 14 W. ilustrasi tipe lampu yang digunakan dalam ruang perkuliahan dapat dilihat pada **Gambar 9**.

(5) Perhitungan beban penyejuk

Ruang perkuliahan (aula) berukuran Panjang 14 m dan lebar 7 m dan tinggi 3,3 m. Dinding barat dan utara langsung berbatasan dengan ruang luar yang terdiri dari ACP 0,6 cm dan batako setebal 10 cm yang plester kedua sisinya ($U_{\text{dinding}}/\text{Transmitan dinding} = 0,445 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$,



Gambar 10. Ruang perkuliahan

$\alpha = 0,86$) dan di cat warna kuning medium ($\alpha = 0,58$). Terdapat jendela kaca yang lebar 1,45 m dan tinggi 1,30 m (6 unit) pada bagian dinding batako lebar 7 m dan Panjang 14 m dengan $U_{\text{kaca}} = 5,78 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Ilustrasi dari Gedung perkuliahan dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Untuk perhitungan kesetimbangan termal menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_m &= Q_i + Q_s + Q_c + Q_v \\ \Delta T_{\text{kaca}} &= T_o - T_i \\ &= 33 - 22 \\ &= 11^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Absorpsi dinding luar

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,5(\alpha_{\text{dinding}} + \alpha_{\text{cat}}) \\ &= 0,5(0,86 + 0,58) \\ &= 0,05(1,44) \\ &= 0,72 \end{aligned}$$

Suhu permukaan luar dinding

$$\begin{aligned} T_s &= T_o + (1 - \alpha) \cdot \cos \beta / f_0 \\ &= 33 + (560)(0,72)(0,395)/18,90 \\ &= 33 + 8,426 \\ &= 41,426^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } \Delta T_{\text{dinding}} &= 41,426 - 22 \\ &= 19,426^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Berhubung yang menjadi sampel perhitungan adalah ruang aula maka peralatan elektronik dianggap tidak dipakai, sehingga model perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{interior}} &= \sum \text{panas (manusia + lampu)} \\ &= (100)(70) + (14)(24) \\ &= 7000 + 336 \\ &= 7336 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \text{Panas matahari menembus kaca} \\ &= A_{\text{kaca}} \times I \times \theta \\ &= (1,45 \times 1,30 \times 6) (560) (0,7) \\ &= 4433,52 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= \text{panas melalui dinding + panas melalui kaca} \\ &= A_{\text{dinding}} \cdot U_{\text{dinding}} \cdot \Delta T + A_{\text{kaca}} \cdot U_{\text{kaca}} \cdot \Delta T \\ &= (69,3 \times 0,445 \times 19,426) + (11,31 \times 5,78 \times 11) \\ &= 599,069 + 719,0898 \\ &= 1316,811 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_v &= \text{Panas karena Ventilasi} \\ &= \text{Panas Jenis udara} \times V \times \Delta T \\ &= (1300)(0,045)(11) \\ &= 643,5 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_m &= Q_i + Q_s + Q_c + Q_v \\ &= 7336 \text{ W} + 4433,52 \text{ W} + 1316,811 \text{ W} + 643,5 \text{ W} \end{aligned}$$

Beban penyejukan = 13.729,831 W 13,73 KW

Dilihat dari perhitungan di atas, maka beban penyejukan yang paling besar berasal dari panas internal yaitu penghuni dan lampu. Bisa diminimalkan dengan mengganti lampu dengan lampu hemat energi yang memiliki daya panas yang lebih rendah.

Radiasi yang masuk langsung ke dalam ruangan juga sangat besar yaitu sebesar 4433,52 W. Hal ini bisa diminimalkan dengan cara mengganti kaca yang dapat menangkal radiasi, menambahkan pembayang atau teritisan pada fasad. Selain itu untuk radiasi yang merambat melewati dinding bias diminimalkan dengan menambah material yang bertransmitansi rendah (gabus dan sejenisnya) supaya bisa memperkecil nilai U dan juga mengecat dinding dengan warna yang lebih cerah.

Suhu dalam ruangan bisa diturunkan menjadi 25°C. kondisi ini masih nyaman dalam lingkungan tropis. Selain itu suhu ruang luar bisa diturunkan dengan menciptakan iklim mikro yang nyaman di sekitar gedung. Caranya adalah perbanyak elemen cair dan hijau pada area sekitar gedung.

Dari perhitungan diatas, diandaikan jika memakai AC dengan tipe yang sama, yaitu kapasitas pendingin 5,57 KW dengan daya listrik sebesar 1,59 kw maka dibutuhkan cukup 2 buah AC saja. Alasan 2 AC (kapasitas 11,14 KW) dan bukan 3 AC (16,71 KW) adalah karena memperhitungkan pergerakan matahari yang dinamis (metode keseimbangan termal memakai kondisi statis).

Jika dikonversi ke PK, maka dengan ketentuan bahwa 1 KW = 3412.142 BTU dan 1 PK = 9000 BTU (Suhardi dan Budisantosa, 2014) maka diperoleh hasil akhir = $13,73 \times 3412.142 / 9000 = 5,2$ PK.

Dengan tarif dasar listrik sebesar Rp. 1444,70 maka biaya yang dikeluarkan oleh 2 AC tersebut dalam sejam adalah sebesar Rp. 4.594. Bandingkan dengan kondisi eksisting yang biayanya dalam sejam adalah Rp. 18.376. Potensi penghematan yang didapatkan adalah sebesar Rp.13.782 dalam sejam.

Penutup

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan maka didapat 2 (dua) kesimpulan. *Pertama*, pemasangan dan pemakaian AC pada ruang perkuliahan prodi arsitektur Undana belum memperhatikan aspek efisiensi energi. Jumlah AC lebih besar tiga kali lipat dari jumlah yang standar. Hal ini tentu berdampak pada biaya pengeluaran bulanan.

Kedua, beban penyejukan dalam perhitungan ini masih sangat mungkin untuk diminimalisir kembali dengan cara mengurangi rambatan panas ke dalam ruangan. bisa dilakukan dengan penambahan *shading*, penggantian atau penambahan material dengan memperhatikan nilai U, mengurangi beban panas dalam ruangan dan menciptakan iklim mikro yang nyaman.

Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan dengan meneliti tentang rekayasa pelingkup atau selubung bangunan guna meminimalkan masuk dan merambatnya radiasi matahari ke dalam bangunan.

Daftar Pustaka

- Arismunandar, S. (1995). *Penyegaran Udara*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Budhyowati, M. N., Kindangen; J. I., Tungka, A. E. (2016). *Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi beban penyejukan pada bangunan yang menggunakan sistem pengkondisian udara (Studi Kasus Gedung Kantor Pusat Politeknik Negeri Manado)* (Doctoral dissertation, Sam Ratulangi University).

- Kompas. (2021). *Kota Paling Panas di Indonesia*. Tersedia di: <https://www.kompas.tv/article/217573/6-kota-paling-panas-di-indonesia-daerah-terpanas-ternyata-di-pulau-jawa?page=all>. Diakses 20 Oktober 2021.
- Satwiko, P. (2009). *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: ANDI.
- Suhardi, B., Laksono, P. W., Budisantosa, B. (2014). Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Kelas Mahasiswa (Studi Kasus Ruang Kelas 303 Jurusan Teknik Mesin UNS) . *Seminar Nasional IDEC 2014* (pp. 672-679). Surakarta: IDEC.
- Sujanova, P., Rychtarikova, M., Mayor, T. S.; Hyder, A. (2019). A Healthy, Energy-Efficient And Comfortable Indoor Environment, A Review. *Energies 12* , 1414.
- Syahrizal, I.; Panjaitan, S. (2013). Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Pengkondisian Udara Berdasarkan Variasi Kondisi Ruang (Studi Kasus Di Politeknik Terpikat Sambas). *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 5(1).