



Studi perhitungan sistem pengkondisian udara dari desain kantor pabrik kelapa sawit berbasis *cooling load temperature difference*

Sabilly H Pradana^{1*}, Deni S Khaerudini^{1,2}

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Mercubuana, Jakarta Barat, 11650, Indonesia

²Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia.

*Email: sabilly.handi.pradana@gmail.com

Abstrak

Perhitungan sistem pengkondisian udara diperlukan agar kebutuhan penggunaan total daya masih dalam rentang yang diizinkan. Sehubungan terbatasnya sisa daya yang tersedia dari pabrik kelapa sawit (PKS) untuk suplai ke sistem pengkondisian udara sebesar 184 kW, diperlukan perhitungan untuk mendapatkan total beban pendingin yang terdiri dari beban sensibel dan laten dari seluruh ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan beban daya pendingin dari desain ruang kantor PKS di Kalimantan Barat serta membandingkan sisa daya yang tersedia. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) berdasarkan standar dari *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE). Mengacu pada hasil perhitungan didapatkan bahwa total beban sensibel lebih besar daripada beban laten dengan perbandingan 1: 3,18. Komponen yang membutuhkan beban pendingin maksimum adalah jendela kaca sebesar 12,96 kW. Ruangan yang membutuhkan daya beban pendinginan maksimum adalah lobi sebesar 8,66 kW. Beban pendinginan maksimum daya total adalah 51,5 kW pada jam 16.00. Beban daya pendingin dibandingkan dengan sisa daya yang tersedia dari PKS sebesar 184 kW. Daya untuk pendinginan ruang kerja adalah 4,5% dari total penggunaan daya di PKS. Pada kondisi ini pabrik masih dapat beroperasi dengan peningkatan faktor beban dari 86,4% menjadi 90,4%.

Kata kunci : Pengkondisian udara, CLTD, pabrik kelapa sawit, beban pendingin, daya

Calculation of cooling energy requirement in the palm oil mill work space based on cooling load temperature difference

Abstract

This research purpose to determine power of cooling load from the design workspace palm oil mill (POM) in West Kalimantan. Due to the limited remaining power available from POM, calculations are required to obtain the total cooling load consisting of sensible and latent loads. Calculations are performed using the *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) method based on *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* standard (ASHRAE). Refer to calculation results, it is found that the sensible load is greater than the latent load with a ratio of 1:3.18. The component that requires a maximum cooling load is glass of 12.96 kW. The room that requires power maximum cooling load is lobby of 8.66 kW. Total power maximum cooling load is 51.5 kW at 04.00 pm. The power of cooling load is compared with the remaining available power from the POM of 184 kW. The power for cooling workspace is 4.5% of the total power usage in POM. In this condition, mill can still operate with an increase in load factor from 86.4% to 90.4%.

Keywords: HVAC, CLTD, palm oil mill office, cooling load, power

Nomenclature

Q	cooling load, kW
Q _s	sensible heat, kW
Q _l	latent heat, kW
U	thermal transmittance coefficient, W/m ² K
n	quantity
CLF	cooling load factor
SCL	solar cooling load
SC	shading coefficient
SHGF	solar heat gain factor
CFM	cubic feet per minute
F _u	usage factor
F _r	radiation factor
A	area, m ²

1. Pendahuluan

Pengkondisian udara ruang kerja menjadi hal yang penting diperhatikan karena menjadi salah satu sumber kenyamanan pegawai dalam bekerja dengan optimal dan juga berdampak terhadap penghematan energi. Mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI), temperatur nyaman berkisar pada 25 ± 1 °C dengan kelembaban relatif (RH) berkisar pada 60 ± 5% [1].

Studi penggunaan daya listrik diperlukan dalam rangka penghematan penggunaan bahan bakar. Dilakukan perhitungan dan perbandingan kebutuhan daya pabrik sebelum dan sesudah

pengkondisian udara pada pabrik kelapa sawit (PKS) yang memiliki kapasitas olah tandan buah segar (TBS) sebesar 40 ton/jam. Perhitungan pengkondisian udara disimulasikan berada di sekitar jalur khatulistiwa, beriklim tropis dengan temperatur rata-rata 27,6 °C dan maksimum pada tahun 2019 mencapai 36,2 °C [2].

PKS utamanya menghasilkan *crude palm oil* (CPO) sebagai produk akhir. Selain itu, dapat menghasilkan biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar boiler yang terdiri dari *fiber* sebanyak 12,2% dan *shell* 5,7% dengan nilai kalori (CV) sebesar 18.505 kJ/kg dan 20.724 kJ/kg [3]. Dari kombinasi tersebut dapat dihasilkan energi sebesar 87×10^6 kJ/hr. Melalui proses pembakaran di boiler uap jenuh terjadi konversi energi dengan dihasilkan uap sebanyak 30 ton/jam (tekanan 32 bar) untuk menghasilkan daya sebesar 1.280 kW di turbin [4].

Kebutuhan daya maksimum PKS sebesar 1.106 kW terbagi untuk suplai kebutuhan produksi, perawatan mesin, serta suplai ke perumahan pabrik dan kebun. Hal ini sesuai dengan parameter umum konsumsi energi pada sebuah pabrik sawit sebesar 17-19 kWh/ton TBS [5]. Sisa daya PKS yang tersedia sebesar 174 kW. Utilitas penggunaan daya telah mencapai 86,4% namun belum termasuk untuk pengkondisian udara (beban pendingin) pada ruang kerja. Ketersediaan daya harus disuplai secara mandiri oleh PKS. Hal ini diperlukan untuk menghindari gangguan padam listrik selama proses pengolahan yang berdampak pada hasil produksi. Menggunakan data PLN pada tahun 2019, frekuensi padam di Indonesia relatif tinggi, tercatat 11,5 kali per pelanggan per tahun.

Secara umum, terdapat beberapa metode dalam menghitung beban pendingin, contohnya *Total Equivalent Temperature Different method* (TETD), *Transfer Function method* (TF) dan *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) [6]. ASHRAE telah melakukan riset untuk membandingkan ketiga metode tersebut dan menghasilkan metode CLTD yang lebih efisien dalam jumlah langkah perhitungan beban pendingin, konsepnya menghitung selisih daya pada target temperatur udara kondisi nyaman dengan temperatur udara awal [7].

Perhitungan beban pendingin menggunakan metode CLTD telah dilakukan peneliti di Indonesia. Dedi [8] menghitung pada ruangan di perkantoran PT Indonesia Power UJPP Pesanggaran Bali menghasilkan kebutuhan sebesar 565,97 kW (pagi hari) dan 346,56 kW (malam hari) serta didapatkan Gedung C yang membutuhkan daya paling besar karena bangunan baru didominasi oleh jendela kaca. Sabarudin [9] menghitung pada ruang auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III Kementerian Kehutanan menghasilkan kebutuhan daya sebesar 279,43 kW dan didapatkan kebutuhan terbesar disebabkan oleh transmisi kalor melalui atap dan jendela dengan persentase 80,3%.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan besarnya beban pendinginan pada desain kantor PKS serta membandingkan sisa daya yang tersedia dari PKS sebesar 184 kW. Pada tulisan ini dibahas identifikasi beban daya pendingin menggunakan metode CLTD.

2. Metode Penelitian

2.1 Studi Perhitungan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan total beban daya pendingin di ruang kerja PKS. Metode yang digunakan dengan cara perhitungan manual beban pendingin, meliputi beban internal dan eksternal menggunakan perangkat lunak Microsoft Excell dengan referensi *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) [10]. Data detail ruangan kerja dan peralatan mengacu dari salah satu desain PKS di Kalimantan Barat. Data digunakan untuk proses perhitungan dan direpresentasikan menggunakan Gambar 4,5,6 dan 7 dan Tabel 1,2,3 dan 4.

Lingkup penelitian meliputi:

- *Room Sensible Heat Gain* (RSHG)
- *Room Latent Heat Gain* (RLHG)
- *Room Total Heat Gain* (RTHG)

RSHG merupakan penjumlahan dari seluruh beban sensibel dari tiap ruangan. RLHG merupakan penjumlahan dari seluruh beban laten dari tiap ruangan. RTHG merupakan penjumlahan RSHG dan RLHG. Perhitungan dipengaruhi oleh sumber internal dan eksternal, masing-masing memiliki beban sensibel dan beban laten. Beban sensibel merupakan beban pendingin yang menyebabkan terjadinya kenaikan atau penurunan temperatur dengan fasa yang sama. Beban laten merupakan beban pendingin yang diperlukan agar terjadi perubahan fasa namun tidak ada perubahan temperature [11]. Beban internal terdiri dari aktivitas orang di dalam ruangan, infiltrasi, peralatan pencahayaan dan berbagai peralatan yang menghasilkan panas, seperti komputer, printer, dispenser. Untuk beban eksternal terdiri dari adanya perbedaan antara temperatur udara dalam dan luar ruangan yang berasal dari proses konduksi dan radiasi energi matahari melalui dinding, jendela kaca, dan pintu [12]. Parameter yang digunakan dalam proses kalkulasi meliputi spesifikasi luas ruangan, temperatur lingkungan, temperatur ruangan dan kelembaban relatif [13]. Perhitungan beban dilakukan pada jam operasional ruang kerja dari pukul 08.00 hingga 16.00 per jam mengacu standard ASHRAE [10].

Beban yang berasal dari atap dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_{roof} = U \times A \times CLTD_{roof\ corrected} \quad (1)$$

dengan U_{roof} digunakan 0,52 W/m²K [14], perbedaan temperatur atap mengikuti persamaan:

$$CLTD_{roof\ corrected} = [CLTD_{roof} + (78 - T_R) + (T_M - 85)] \quad (2)$$

Beban yang berasal dari dinding dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_{wall} = U \times A \times CLTD_{wall\ corrected} \quad (3)$$

dengan U merupakan koefisien transfer panas dari dinding, pada ruangan kerja terdapat 2 tipe yang digunakan yaitu dinding tembok bata (2,69 W/m²K) dan gipsum (1,37 W/m²K) [14]. Perbedaan temperatur tembok mengikuti persamaan :

$$CLTD_{wall\ corrected} = [CLTD_{wall} + (78 - T_R) + (T_M - 85)] \quad (4)$$

Beban yang berasal dari jendela kaca terdiri dari 2 komponen, yaitu konduksi dan radiasi. Keduanya harus diperhitungkan untuk menghitung kenaikan panas dari ruangan, mengikuti persamaan

$$Q_{glass\ conductive} = U \times A \times CLTD_{glass\ corrected} \quad (5)$$

$$Q_{glass\ solar} = A \times SC \times SCL \quad (6)$$

dengan U merupakan koefisien transfer panas dari jendela kaca sebesar 5,90 W/m² K, *shading coefficient* (SC) merupakan koefisien tingkat transparansi jendela kaca digunakan 0,95. *Solar cooling load factor* (SCL) merupakan perkalian dari SHGF 230 dengan CLF yang berbeda tiap jam (0,1-0,5). Jendela kaca yang menghadap timur dan barat akan menerima panas dari matahari [6].

Beban yang berasal dari orang terdiri dari 2 kategori, yaitu beban sensibel dan laten. Kenaikan panas dari ruangan mengikuti persamaan :

$$Q_{sensible} = n \times Q_s \times CLF \quad (7)$$

$$Q_{latent} = n \times Q_l \quad (8)$$

dengan n merupakan jumlah orang yang berada dalam ruangan, CLF merupakan koefisien beban pendingin orang dengan rentang maksimum 0-1 pada kondisi aktivitas penuh. Dalam ruang kerja digunakan rentang 0-0,84. Q_s digunakan 0,06 kW dan Q_l digunakan 0,05 kW.

Beban yang berasal dari radiasi lampu harus diperhatikan untuk menghitung kenaikan panas dari ruangan, mengikuti persamaan :

$$Q_{lamp} = 3,41 \times W \times F_u \times F_{sa} \times CLF \quad (9)$$

dengan W merupakan jumlah daya yang berasal dari lampu/sistem penerangan dalam ruangan (Watt), F_u merupakan koefisien *lighting use factor* digunakan faktor 1 dan F_{sa} merupakan *special ballast allowance factor* digunakan faktor 1,2.

Beban yang berasal dari peralatan termasuk dalam perhitungan kenaikan panas ruangan. Sehubungan banyaknya variasi aplikasi, durasi, dan frekuensi penggunaan maka dilakukan perhitungan mengikuti persamaan :

$$Q_{sensible} = Q_{in} \times F_u \times F_r \times CLF \quad (10)$$

$$Q_{latent} = Q_{in} \times F_u \quad (11)$$

dengan Q_{in} merupakan energi rata-rata peralatan, untuk ruang kerja peralatan seperti komputer, printer, dispenser dan lain lain. F_u merupakan koefisien *usage factor* digunakan faktor 1, F_r merupakan *radiation factor* digunakan faktor 1, CLF disetting berbeda tiap jam dengan range 0,1-1.

Beban yang berasal dari ventilasi dan infiltrasi udara melalui jendela dan pintu bergantung dari kapasitas udara yang melewati. Untuk menghitung kenaikan panas dari ruangan mengikuti persamaan

$$Q_{sensible} = 1,08 \times CFM \times (T_o - T_i) \quad (12)$$

$$Q_{latent} = 4840 \times CFM \times (W_o - W_i) \quad (13)$$

$$Q_{total} = Q_{sensible} + Q_{latent} \quad (14)$$

dengan kapasitas udara yang melewati jalur ventilasi dan infiltrasi udara digunakan 25,5 m³/hr dan 0,62 m³/hr. T_o dan T_i merupakan temperatur *outdoor* dan *indoor*, W_o dan W_i merupakan rasio kelembaban yang berubah tiap jam.

2.2. Desain kantor

Dari desain ruang kerja didapatkan informasi tentang detail ruang, terdiri dari 2 lantai dan memiliki 17 ruang yang mendapatkan pengkondisian udara, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Lantai 1 hanya lobi sedangkan lantai 2 seluruh ruang termasuk koridor. Dari Gambar 1 didapatkan informasi mengenai tata letak ruang kerja. Peralatan, pintu dan atap kerja mengikuti data seperti disajikan pada Tabel 1 sedangkan pada Tabel 2 didapatkan luas serta jumlah orang yang bekerja.



Gambar 1. Desain ruang kerja

Tabel 1. Luasan pintu dan atap ruang kerja

No	Ruang	Lantai	Luasan (m ²)	
			Pintu	Atap
1	Tunggu	2	0	54
2	CCTV	2	20	11
3	Cashier	2	20	8
4	Meeting	2	0	72
5	Management	2	20	19
6	Gudang	2	0	16
7	VPM	2	20	24
8	Gudang II	2	20	12
9	Lab I	2	41	25
10	Hot Lab	2	20	25
11	Cool Lab	2	20	16
12	Mushola	2	20	11
13	Toilet Mushola	2	20	3
14	Admin Room	2	0	48
15	Toilet dan pantry	2	41	13
16	Koridor	2	0	57
17	Lobi	1	41	0

Tabel 2. Jumlah peralatan dalam ruang kerja

No	Ruang	Jumlah peralatan		
		Komputer	Lampu	Printer
1	Tunggu	0	4	0
2	CCTV	1	2	1
3	Cashier	1	2	1
4	Meeting	2	8	1
5	Management	1	4	0
6	Gudang	0	0	0
7	VPM	1	8	1
8	Gudang II	0	2	0
9	Lab I	0	4	0
10	Hot Lab	0	4	0
11	Cool Lab	0	2	0
12	Mushola	0	2	0
13	Toilet Mushola	0	1	0
14	Admin Room	9	3	0
15	Toilet dan pantry	0	1	0
16	Koridor	0	11	0
17	Lobi	0	4	0

Tabel 3. Jumlah pegawai dalam ruang kerja

No	Ruang	Area (m ²)	Jumlah
1	Tunggu	54	2
2	CCTV	11	0
3	Cashier	8	1
4	Meeting	72	8
5	Management	19	3
6	Gudang	16	0

7	VPM	24	3
8	Gudang II	12	0
9	Lab I	25	2
10	Hot Lab	25	2
11	Cool Lab	16	2
12	Mushola	11	3
13	Toilet Mushola	3	0
14	Admin Room	48	9
15	Toilet dan pantry	13	0
16	Koridor	57	0
17	Lobi	22	2

Secara desain, depan muka ruang kantor menghadap arah barat (ruang tunggu, kasir dan ruang meeting). Didominasi material dinding dan kaca. Temperatur terpanas di daerah tersebut pada tahun 2019 mencapai 38 °C dengan RH berkisar 75% dan kecepatan angin 2 m/hr. Dilakukan perhitungan dengan metode CLTD tiap beban internal dan eksternal agar didapat temperatur nyaman 25°C ±1°C, RH berkisar 60% ±5%.

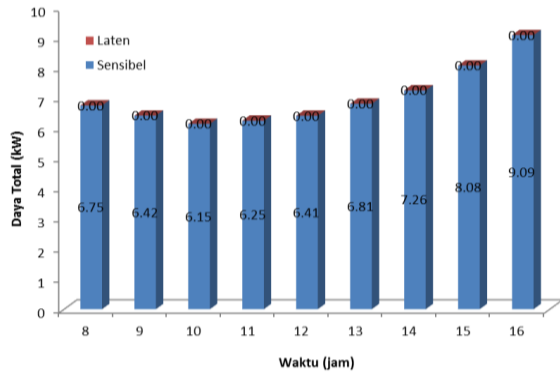
Peralatan yang menggunakan listrik dihitung sesuai Tabel 1 dengan daya untuk dispenser 300 W, komputer 400 W, lampu digunakan 2 tipe yaitu fluorecence TL 36 W dan downlight 18 W dengan *ballast allowance factor* 1,2 sesuai Tabel 3. Printer menggunakan 325 W, heater, freezer serta mixer yang digunakan untuk proses di lab sebesar 12 W, 50 W serta 12 W. Rice cooker menggunakan 350 W.

Tabel 4. Rata-rata *ballast allowance factor* (F_{sa}) [10]

Daya lampu (Watt)	Jumlah lampu per fixture	<i>Ballast allowance factor</i>
35		
40	1	1,3
35		
40	2	1,2

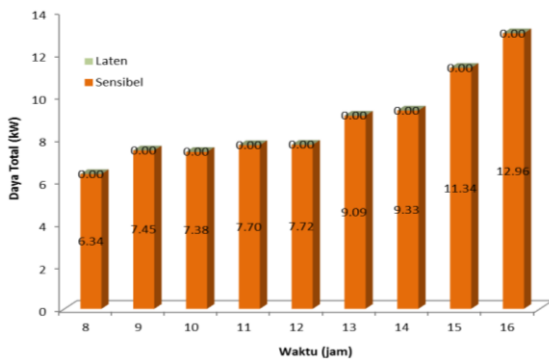
3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan perhitungan Tabel 1, 2 dan 3 dengan menggunakan persamaan 1 hingga 14 pada ruangan kantor PKS diperoleh beberapa temuan. Mengacu pada Gambar 2 hingga 7, beban sensibel dan laten yang berkontribusi besar adalah kaca dan dinding dengan persentase 47%-78%. Hal ini disebabkan karena area tersebut mendapatkan panas dari matahari secara kontinu pada jam kerja (8.00–16.00). Beban lain yang berkontribusi besar adalah peralatan dan penghuni. Hal ini disebabkan oleh panas okupansi pegawai dan peralatan kantor. Rekapitulasi beban sensibel dan laten sesuai Tabel 5 dan 6. Data hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah panas yang dihasilkan peralatan kantor lebih rendah dibandingkan panas dari okupansi pegawai dan transfer panas dari matahari melalui kaca dan dinding [8].



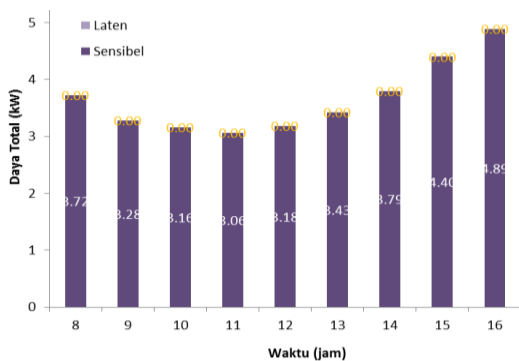
Gambar 2. Beban total dinding

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 4 serta referensi luasan dinding pada Tabel 1 dan $U_{\text{tembok bata}} 2,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ dihasilkan distribusi beban pada dinding yang disuplai dari sensibel dan laten seperti pada Gambar 2, beban total pendingin pada dinding berkisar antara 6,15 kW hingga 9,09 kW dengan persentase maksimal 17%, kontribusi panas pada dinding hanya dihasilkan oleh kalor sensibel.



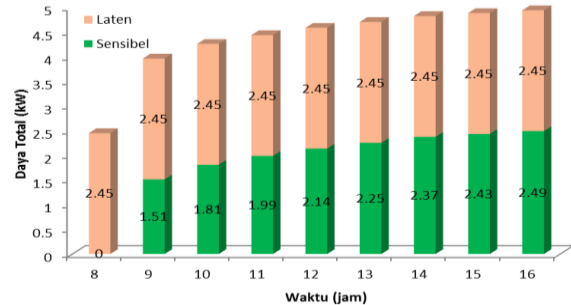
Gambar 3. Beban total kaca

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 6 serta referensi luasan jendela kaca pada Tabel 1 dan $U_{\text{glass}} 5,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ dihasilkan distribusi beban pada jendela kaca yang disuplai dari sensibel dan laten seperti pada Gambar 3, beban total pendingin pada kaca berkisar antara 6,34 kW hingga 12,96 kW dengan persentase maksimal 25%, kontribusi panas pada kaca hanya dihasilkan oleh kalor sensibel.



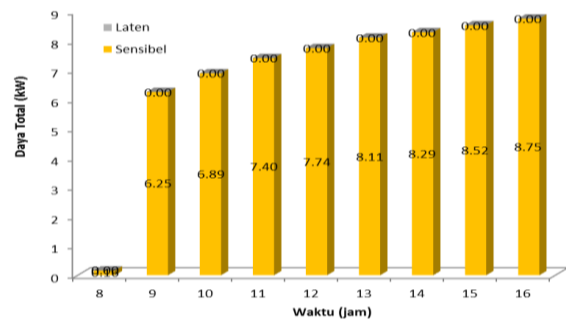
Gambar 4. Beban total atap

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 2 serta referensi luasan atap pada Tabel 1 dan $U_{\text{roof}} 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ dihasilkan distribusi beban pada atap yang disuplai dari sensibel dan laten seperti pada Gambar 4, beban total pada kaca berkisar antara 3,06 kW hingga 4,89 kW dengan persentase maksimal 9%, kontribusi panas pada kaca hanya dihasilkan oleh kalor sensibel.



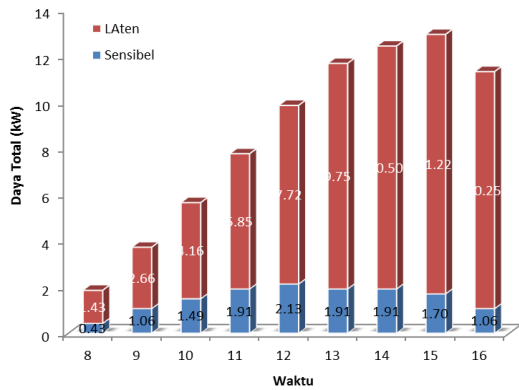
Gambar 5. Beban total orang

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 7 dan 9 serta referensi jumlah orang pada Tabel 3 dengan menggunakan $Q_s 0,06 \text{ kW}$ dan $Q_l 0,05 \text{ kW}$ dihasilkan distribusi beban orang yang dihasilkan oleh sensibel dan laten seperti pada Gambar 5, beban total pendingin yang dihasilkan oleh orang berkisar antara 2,45 kW hingga 4,94 kW dengan persentase maksimal 9%, kontribusi panas pada penghuni dihasilkan oleh kalor sensibel dan kalor laten.



Gambar 6. Beban total peralatan

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 9 serta referensi peralatan pada Tabel 2 dihasilkan distribusi beban pada peralatan yang disuplai dari sensibel dan laten seperti pada Gambar 6, beban total pendingin yang dihasilkan oleh peralatan berkisar antara 0,16 kW hingga 8,75 kW dengan persentase maksimal 17%, kontribusi panas pada peralatan hanya dihasilkan oleh kalor sensibel.



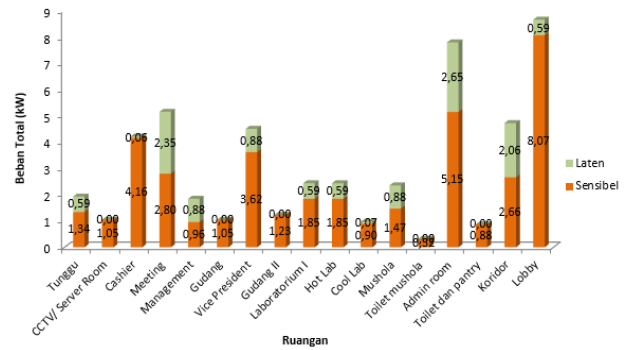
Gambar 7. Beban total ventilasi

Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan 12 dan 13 serta referensi jalur ventilasi dengan infiltrasi udara digunakan 25,5 m³/hr dan 0,62 m³/hr dihasilkan distribusi beban pada ventilasi yang disuplai dari sensibel dan laten seperti pada Gambar 7, beban total pendingin yang dihasilkan oleh ventilasi berkisar antara 1,86 kW hingga 12,92 kW dengan persentase maksimal 22%, kontribusi panas oleh ventilasi dihasilkan oleh kalor sensibel dan kalor laten.

Berdasarkan hasil perhitungan, beban pendingin terbesar didominasi oleh kaca sebesar 25% yang berasal dari panas matahari. Panas dari matahari dihantarkan melalui konduksi dan radiasi. Panas internal berasal dari okupansi pegawai, peralatan kantor dan sistem pencahayaan. Panas internal yang berasal dari peralatan pada bangunan kantor merupakan yang terbesar dibanding panas internal lainnya. Panas dari okupansi dihantarkan secara konduksi, konveksi, radiasi, penguapan, dan aktivitas yang mengeluarkan keringat [8].

Tabel 5. Beban pendingin kantor (RTHG)

No	Ruang	Beban Pendingin (kW)		
		RSHG	RLHG	RTHG
1	Tunggu	1,34	0,59	1,93
2	CCTV	1,05	0,00	1,05
3	Cashier	4,16	0,06	4,21
4	Meeting	2,80	2,35	5,15
5	Management	0,96	0,88	1,85
6	Gudang	1,05	0,00	1,05
7	VPM	3,62	0,88	4,51
8	Gudang II	1,23	0,00	1,23
9	Lab I	1,85	0,59	2,43
10	Hot Lab	1,85	0,59	2,43
11	Cool Lab	0,90	0,07	0,97
12	Mushola	1,47	0,88	2,35
13	Toilet	0,32	0,00	0,32
14	Mushola Admin Room	5,15	2,65	7,79
15	Toilet dan pantry	0,88	0,00	0,88
16	Koridor	2,66	2,06	4,72
17	Lobi	8,07	0,59	8,66
Total		39,3	12,1	51,5



Gambar 8. Beban RTHG kantor

Mengacu Tabel 5 diperoleh kebutuhan total beban pendingin seluruh ruangan sebesar 51,5 kW dengan kebutuhan terbesar pada ruang lobi sebesar 8,66 kW atau 17% dari total kebutuhan beban pendingin, hal tersebut disebabkan bangunan didominasi oleh penggunaan jendela kaca dan dinding. Ruangan lain yang memerlukan beban pendingin besar selain lobi yaitu berada pada *Admin Room*. Pada ruangan ini sumber panas bersumber terutama dari sumber internal, seperti pegawai dan peralatan kantor. Didapatkan perbandingan beban laten dengan sensibel 12,1 : 39,3 atau sebesar 1:3,18

Sisa daya PKS yang masih tersedia untuk pengkondisian udara sebesar 174 kW sedangkan kebutuhan beban pendingin ruang kantor PKS sebesar 52,1 kW, pada kondisi ini PKS masih bisa beroperasi dengan *load factor utility* mencapai 90,4% dengan target temperatur final 25±1 °C.

4. Kesimpulan

Studi perhitungan sistem pengkondisian udara menggunakan metode CLTD telah dilakukan. Dari hasil perhitungan ruang kerja didapatkan bahwa beban sensibel lebih besar dibandingkan dengan beban laten dengan perbandingan sebesar 1:3,24. Dari hasil perhitungan, beban maksimum daya pendingin ruang kerja dibutuhkan di ruang lobi sebesar 8,66 kW. Hal ini disebabkan karena bangunan didominasi oleh penggunaan kaca serta menghadap barat yang berdampak langsung terekspos oleh matahari. Sejalan dengan itu, komponen material bangunan yang membutuhkan beban daya pendingin maksimum terjadi di kaca sebesar 12,89 kW (25%). Penggunaan daya PKS sebesar 1.106 kW dengan penambahan kebutuhan daya dari ruang kerja sebesar 51,5 kW. Dengan kondisi ini, PKS yang dapat menghasilkan daya sebesar 1280 kW masih bisa beroperasi dengan *load factor utility* mencapai 90,4%.

Referensi

- [1] Badan Standarisasi Nasional, "Konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung", SNI 03-6390, 2011.

- [2] Badan Pusat Statistik, “Temperatur udara bulanan kabupaten Ketapang 2018-2019”, Internet: <https://ketapangkab.bps.go.id/indicator/151/19/1/temperatur-udara-bulanan-kabupaten-ketapang.html>, 2020.
- [3] Onochie U.P. and Itoje H.J., “*Caloric value of palm oil residues for energy utilization*”, International Journal of Engineering Innovation and Research, Vol.4 Issue4, pp. 664-667, 2015.
- [4] Lia L, M. Y. Qoderi, “Analisis kebutuhan energi pabrik kelapa sawit Sungai Rungau Mill”, Journal of Applied Science, Vol. 1 No.1, pp. 042-049. 2019.
- [5] Yudi D., “Identifikasi konsumsi energi listrik di pabrik pengolahan kelapa sawit Manis Mata (studi kasus di PT Harapan Sawit Lestari Kalimantan Barat)”, Jurnal Citra Widya Edukasi, Vol.4 No.2, pp. 50-61, 2012.
- [6] Hashim H.M., Sokolova E., Derevianko O., “*Cooling load calculation*”, in *Proc. International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies*, IOP Publishing, 463, pp. 4-5, 2018.
- [7] Thambidurai, Krishnamohan and Rajagopal, “*Free cooling feasibility of a typical commercial building in Pune city India*”, International Journal of Applied Engineering Research, Vol.10, Number 2, pp. 4419-4435, 2015.
- [8] Dedi S., Ragil D.S. dan Khalif A., “Perhitungan beban pendinginan pada ruangan di perkantoran PT Indonesia Power UPJP Pesanggaran Bali”, Jurnal Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Vol.17 No.1, pp. 19-30, 2018.
- [9] Sabaruddin H., Abdul H., Imam H., “Perhitungan ulang beban pendinginan pada ruang auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III Kementerian Kehutanan Jakarta”, Jurnal Sinergi, Vol.18 No.3, pp.149-154, 2014.
- [10] ASHRAE, “*Nonresidential cooling and heating load calculations*”, ASHRAE Handbook Fundamental, Chapter 29, pp. 1-40, 2001.
- [11] Obuka, Nnaemeka S.P and Utazi, “*Determination of a nonresidential space cooling load; VB program application*”, International Journal of Scientific & Technology Research, Vol.4 issue 01, pp. 59-67, 2015.
- [12] Mukesh W. and Sharad C., “*Cooling Load Estimation using CLTD/CLF method for an Educational Building of Institute of Engineering and Technology Devi Ahilya Vishwavidyalaya Indore*”, International Journal of Science and Research, pp. 1521-1525, 2018.
- [13] Virendra V.K., Avinash W. and Ali, “*Cooling load estimation by CLTD method and HAP 4.5 for an evaporative cooling system*”, International Research Journal of Engineering and Technology, Vol.4 issue 01, pp. 1457-1460, 2017.
- [14] *Building Energy Efficiency Project*, “*Energy Conservation Building Code for Residential Buildings*” Bureau of Energy Efficiency, Government of India, pp.1-40, 2017.