

ANALISIS BEBAN PENDINGINAN RUANG GARDU TRAKSI STASIUN MRT LEBAK BULUS BERDASARKAN STANDAR SNI 6389-2011 DAN ASHRAE 2019

Jefri Gunawan¹, Agung Wahyudi Biantoro¹

¹Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Jakarta, 11650

ABSTRAK

Gardu traksi Stasiun MRT Lebak Bulus seharusnya dijaga suhu ruangan dan kebersihannya untuk mempertahankan umur pakai peralatannya. Baterai untuk suplai daya sistem 110 VDC idealnya beroperasi pada suhu 20°C untuk umur pakai selama 15 tahun karena setiap kenaikan 8°C umurnya menjadi separuhnya. Suhu ruangan pada tahun 2019-2020 berkisar antara 29.3°C - 34.6°C sehingga umur operasinya hanya 38% dari desainnya yaitu 5,7 tahun. Selain itu, terjadi beberapa kali kerusakan pada *rectifier*, pengisi daya baterai dan RTU (*remote terminal unit*) sepanjang tahun 2019-2020 yang disebabkan oleh suhu ruangan yang tidak ideal dan berdebu. Untuk menjaga umur peralatan, diperlukan mesin pendingin udara dengan kapasitas sesuai dengan beban pendingin yang diperlukan untuk suhu ruangan 20°C. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis beban pendinginan meliputi perhitungan beban pendingin dari luar melewati selubung bangunan dan perhitungan beban pendingin total. Metode observasi dan pengukuran serta pengambilan data di lapangan digunakan untuk menghitung nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) dan beban pendingin berdasarkan Standar SNI 6389-2011 dan ASHRAE 2019 dengan variabel yang diukur berupa suhu dan dimensi ruangan. Peralatan yang digunakan antara lain *portable thermo-hygrometer* dan *digital laser distance*. Hasilnya, nilai OTTV dari ruang gardu traksi sebesar 8,7 W/m², sesuai dengan standar SNI 6389-2011 OTTV yaitu ≤ 35 W/m². Kemudian total beban pendingin sebesar 269.318,22 BTU/h, sehingga dibutuhkan AC unit dengan kapasitas 22,44 TR = 29,92 PK untuk mendinginkan ruang gardu traksi pada suhu 20°C.

Kata kunci: Beban pendinginan; mesin pendingin udara; OTTV.

ABSTRACT

The traction substation of Lebak Bulus MRT Station should be maintained at ideal room temperature and cleanliness to maintain the lifetime of the equipment. Batteries for a 110 VDC system power supply ideally operate at 20°C for a lifetime of 20 years because every 8°C increase the service life becomes a halved. The range of room temperature is 29.3°C - 34.6°C in 2019-2020 so the service life is only 38% from design life or 5,7 years. In addition, there were several failures at the rectifier, battery charger, and RTU (remote terminal unit) during 2019-2020 caused by the room temperature being not ideal and dusty. To maintain the lifetime of the equipment, an air conditioner with proper capacity for a room temperature of 20°C is required. So, this research aims to analyze the cooling load including the calculation of the cooling load from the outside through the building envelope and the calculation of the total cooling load. Observation and measurement methods, as well as data collection in the field, are used to calculate the OTTV (Overall Thermal Transfer Value) and cooling load based on SNI 6389-2011 and ASHRAE standards 2019 with the measured variables in the form of temperature and room dimensions. The equipment that is used is a portable thermo-hygrometer and digital laser distance. As a result, the OTTV value from the traction substation room is 8.7 W/m², following the SNI 6389-2011 OTTV standard, which is 35 W/m². Then the total cooling load is 269,318.22 BTU/h, so a unit air conditioner with a capacity of 22.44 TR = 29.92 PK is needed to cool the traction substation room at a temperature of 20°C.

Keywords: Air conditioner; cooling load; OTTV.

* Jefri Gunawan

Email: jefri.eve12lafargeholcim@gmail.com

Diterima 29 Juni 2021; Penerimaan hasil revisi 05 Agustus 2021; Disetujui 11 Agustus 2021

Tersedia online September 2021

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin © 2021

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik yang tidak efisien menyebabkan biaya penggunaan listrik dan biaya perawatan membengkak (Biantoro, 2018b). Padahal energi listrik diperlukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Bahkan, dari tahun ke tahun penduduk Indonesia terus mengalami pertumbuhan yang berdampak pada pertumbuhan penggunaan energi nasional. Jika hal ini dibiarkan maka akan berdampak buruk bagi manusia ke depannya sehingga diperlukan efisiensi dalam penggunaan energi (Biantoro, 2018c; Biantoro & Permana, 2017b).

Pada gardu traksi, temperatur dan kebersihan ruangan seharusnya dijaga untuk mempertahankan umur pakai dari peralatan. Peralatan tersebut antara lain baterai dan pengisi daya baterai, panel RTU, panel LVDB, panel 20 kV C-GIS, panel negatif, panel HSCB, dan panel *rectifier* (PT MRT Jakarta, 2016a). Pada baterai, suhu idealnya seharusnya dijaga pada suhu 20°C karena umur baterai akan menjadi setengahnya setiap kenaikan suhu sebesar 8°C (Cheng & Ohki, 2018; Dumont, 2002).

Kondisi gardu traksi Stasiun Lebak Bulus saat ini temperatur aktualnya di antara 29.3-34.6°C dengan nilai RH 55-81% dan berdebu karena terdapat *louver*. Hal ini menyebabkan komponen pada panel *rectifier* rusak sebanyak 3 kali selama 2019-2020, kerusakan komponen pengisi daya baterai sebanyak 3 kali sepanjang tahun 2020, dan kegagalan pada *power SCADA* (RTU) pada April 2020. Selain itu kondisi gardu traksi saat ini menyebabkan umur baterai hanya 38% dari desainnya yaitu 5,7 tahun (PT MRT Jakarta, 2019).

Untuk mencegah berkurangnya umur dan kerusakan dari peralatan yang ada di gardu traksi maka diperlukan adanya pendingin udara agar suhu udara berada pada nilai yang diharapkan serta kebersihan lingkungan terjaga. Sebelum dilakukan analisis beban pendinginan di ruang gardu traksi, perlu dilakukan analisis terlebih dahulu nilai OTTV dan beban pendinginan pada ruang gardu traksi tersebut. Karena besarnya beban pendinginan sangat berpengaruh terhadap pemilihan mesin pendingin udara (AC). Sehingga suhu yang diinginkan dapat dicapai oleh mesin pendingin tanpa bekerja dengan berlebihan atau boros energi karena kesalahan pemilihan kapasitas mesin pendingin (Pita, 2002; Purnomo & Setiyo, 2017). Menurut Yohanes Tri Prianto, (2015) jika nilai OTTV lebih dari 35 W/m²

maka perlu dilakukan perubahan terhadap nilai WWR agar nilai OTTV selubung bangunan dapat masuk sesuai standar SNI 6389-2011. Selain itu, karena pentingnya efisiensi penggunaan energi karena masih banyaknya penggunaan energi fosil untuk pembangkit listrik padahal energi tersebut terbatas (Biantoro & Permana, 2017a).

Jenis sistem pendingin udara berdasarkan sistem distribusinya terdiri dari AC unit dan AC sentral. Kelebihan AC unit antara lain harga lebih terjangkau dibandingkan jenis lainnya, perawatan lebih mudah dan mudah di dapatkan di berbagai tempat. Sedangkan kekurangannya yaitu AC unit cenderung lebih boros karena lebih mudah untuk dinyalakan dan dimatikan kapan saja dan dari sisi penampilannya kurang estetik karena harus diposisikan di dinding ruangan. Kelebihan AC sentral yaitu lebih efisien karena dapat diatur dari satu unit sistem AC sentral saja meskipun ada banyak AC di suatu gedung, tidak bisung sama sekali dan udara yang dikeluarkan jauh lebih sejuk. Sedangkan kekurangannya yaitu harganya lebih mahal, biaya perawatan dan operasional yang tinggi, jika ada satu bagian yang bermasalah maka seluruh AC yang ada di dalam gedung atau bangunan ikut terganggu dan pengaturan suhu terpusat sehingga kurang fleksibel (Wisesa Persada Indonesia, 2020). Menurut Suntoro et al., (2018) AC unit biasa digunakan pada gedung yang beban pendinginan di setiap ruangnya berbeda-beda dan dinamis, sedangkan AC sentral biasa digunakan pada gedung yang luas dengan beban pendinginan relatif seragam di setiap ruangan. Berdasarkan kelebihan, kekurangan, dan penggunaannya maka ruang gardu traksi Stasiun MRT Lebak Bulus lebih cocok menggunakan jenis AC unit karena ruangan pada gedung tersebut beban pendinginannya berbeda-beda yaitu suhu ruang kerja membutuhkan suhu ruangan 25,5°C ± 1,5°C sedangkan suhu ruang gardu traksi membutuhkan suhu ruangan 20°C (Badan Standardisasi Nasional, 2011).

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan OTTV dan analisis beban pendinginan yang diperlukan untuk mesin pendingin udara di Ruang Gardu Traksi Stasiun MRT Lebak Bulus pada suhu 20°C untuk AC unit sesuai dengan spesifikasi kebutuhan peralatan yang ada di dalam ruang tersebut.

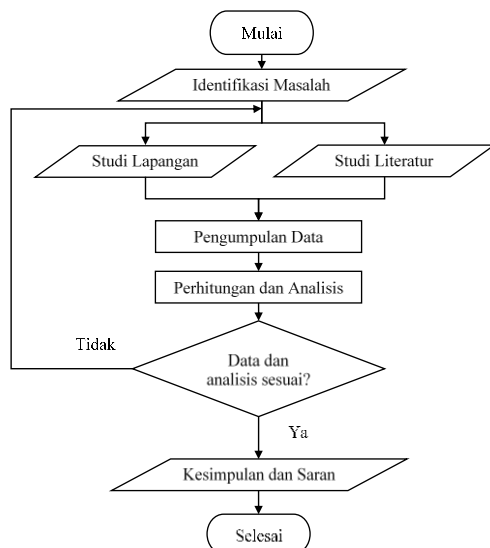
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi dan pengukuran serta pengambilan data di lapangan kemudian dilakukan perhitungan secara teoretis terhadap data-data yang telah diambil untuk mendapatkan nilai perpindahan termal menyeluruh pada selubung bangunan (OTTV) dan beban pendingin pada Gardu Traksi Stasiun Lebak Bulus menggunakan metode CLTD/CLF.

Diagram alir pada penelitian ini terdiri dari tiga diagram alir yaitu diagram alir penelitian, diagram alir OTTV dan diagram alir analisis pendinginan. Diagram alir penelitian memberikan gambaran langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini. Kemudian, diagram alir OTTV memberikan gambaran mengenai langkah-langkah dalam melakukan perhitungan OTTV dan standarnya. Lalu, diagram alir analisis pendingin memberikan gambaran langkah-langkah untuk menganalisis kebutuhan kapasitas mesin pendingin udara untuk mengondisikan ruang gardu traksi pada suhu 20°C.

2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir ini berisi tahapan-tahapan yang harus dilakukan untuk melakukan penelitian ini. Diagram tersebut di tunjukan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Masalah pada gardu traksi Stasiun Lebak Bulus di identifikasi dari histori kerusakan yang memberikan dampak terbesar dan kondisi operasi peralatan yang rusak sebelum *lifespan*nya habis. Setelah masalah teridentifikasi, dilakukan

observasi secara langsung di lapangan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dan mengumpulkan data pustaka dengan mencatat, membaca, dan mengolah bahan penelitian.

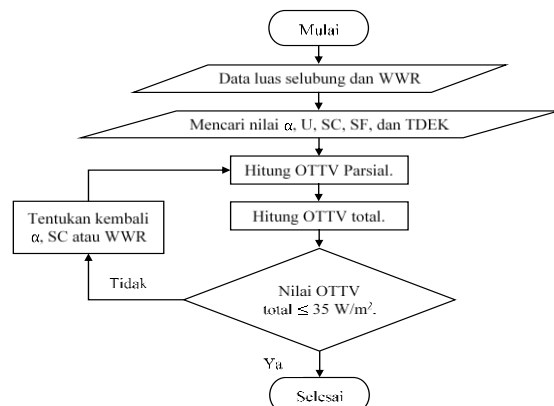
Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa data pengamatan secara langsung di lapangan melalui pengukuran maupun meminta keterangan dari karyawan. Data sekunder berupa dokumentasi, data historis, buku manual, data spesifikasi, dan lainnya dari perusahaan.

Perhitungan dan analisis data hasil studi lapangan dan literatur dilakukan dengan melakukan perhitungan secara manual berdasarkan teori yang ada sesuai dengan Standar SNI 6389-2011 dan Ashrae sehingga data dapat dipertanggungjawabkan.

Setelah didapatkan hasil perhitungan dan analisis, jika tidak ada perubahan maka dilanjutkan untuk membuat kesimpulan dan saran untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan yang ada pada pendahuluan serta memberikan masukan kepada perusahaan untuk dapat mencegah berkurangnya umur pakai peralatan di gardu traksi Stasiun Lebak Bulus sehingga operasi dapat berjalan lancar dan berkurangnya biaya perbaikan peralatan yang diakibatkan oleh rusaknya peralatan sebelum umur desain masa pakainya habis.

2.2 Diagram Alir OTTV

Diagram Alir OTTV berisi mengenai langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menganalisis apakah nilai OTTV dari ruang gardu traksi sudah sesuai dengan standar SNI 6389-2011 tentang konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung dan langkah yang dapat diambil jika nilai OTTV aktual saat ini belum memenuhi standar. Diagram alir OTTV di tunjukan oleh Gambar 2. sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir OTTV

Berdasarkan diagram alir di atas, langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai aktual OTTV ruang gardu traksi saat ini yaitu dengan mencari data-data dari ruangan tersebut sesuai standar SNI 6389-2011 meliputi data luas selubung, perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan (*WWR*), *absorbstan* radiasi matahari (α), *transmitan* termal dinding tidak tembus cahaya (*U*), koefisien peneduh dari sistem *fenestrasi* (*SC*), faktor radiasi matahari (*SF*), dan beda temperatur ekuivalen (*TDEK*).

Setelah didapatkan seluruh data-data yang diperlukan, kemudian di hitung nilai OTTV parsial dan OTTV total sesuai dengan persamaan pada Badan Standar Nasional, (2011); Yohanes Tri Prianto, (2015). Jika hasil OTTV total lebih besar dari 35 W/m² maka perlu menurunkan angka *absobtivitas*, mengurangi angka koefisien peneduh atau menurunkan nilai *WWR* kemudian ulangi perhitungan dengan nilai-nilai faktor yang baru tersebut sehingga nilai OTTV kurang dari 35 W/m². Bila nilai OTTV kurang dari 35 Watt/m² maka perhitungan selesai.

Berdasarkan Badan Standar Nasional, (2011) perhitungan OTTV parsial dapat dilakukan menggunakan persamaan (1) dan perhitungan OTTV total dapat dilakukan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut:

$$OTTV = \alpha [U_w x (1 - WWR) x TD_{EK}] + (U_f x WWR x \Delta T) + (SC x WWR x SF) \quad (1)$$

$$OTTV_{tot} = \frac{[(A_{o1} x OTTV_1) + \dots + (A_{oi} x OTTV_i)]}{(A_{o1} + \dots + A_{oi})} \quad (2)$$

Di mana:

OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m²);

α = *absorbstans* radiasi matahari;

U_w = *Transmitans* termal dinding tidak tembus cahaya (W/m².K);

WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan;

TD_{EK} = Beda temperatur ekuivalen (K);

U_f = *Transmitans* termal *fenestrasi* (W/m².K);

ΔT = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam. (diambil 5K);

SC = Koefisien peneduh dari sistem *fenestrasi*;

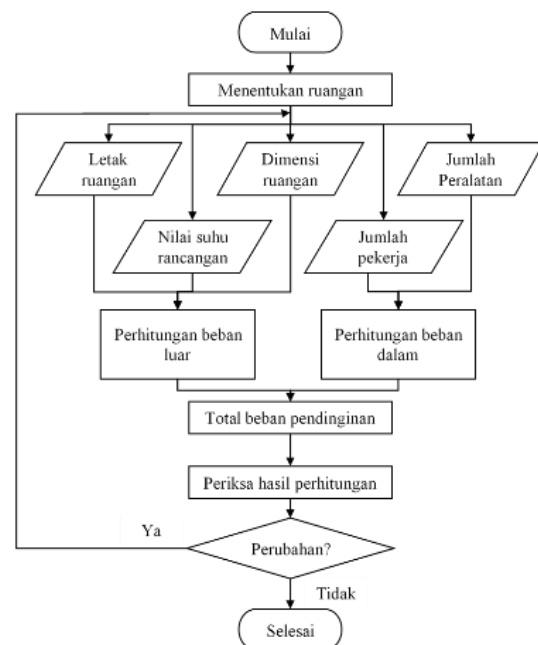
SF = Faktor radiasi matahari (W/m²).

A_{oi} = luas dinding pada bagian dinding luar i (m²). Luas total ini termasuk semua permukaan dinding tidak tembus cahaya dan luas permukaan jendela yang terdapat pada bagian dinding tersebut;

OTTV_i = nilai perpindahan termal menyeluruh pada bagian dinding i (W/m²) sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 1.

2.4 Diagram Alir Analisis Beban Pendingin

Diagram alir analisis beban pendingin berisi langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menganalisis beban pendinginan ruang gardu traksi, dimulai dari penentuan tempat yang akan dianalisis sampai didapat hasil dari analisisnya. Secara umum, tahapan proses analisis dan perhitungan beban pendingin pada penelitian ini di tunjukan oleh Gambar 3. sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram Alir Analisis Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin dimulai dengan menentukan ruangan yang akan dianalisis beban pendinginannya. Pada tugas akhir ini ruangan yang dianalisis yaitu Gardu Traksi Stasiun Lebak Bulus. Kemudian, menentukan letak ruangan sebagai acuan untuk mencari nilai CLTD. Mengukur dimensi dari ruangan yang akan dianalisis. Menentukan nilai suhu rancangan

yang akan dikondisikan yaitu 20°C. Mendata jumlah peralatan dan spesifikasinya pada ruangan tersebut yang memiliki kalor. Menghitung jumlah pekerja terbanyak yang biasanya melakukan pekerjaan di ruangan tersebut.

Setelah semua data terkumpul, maka dilakukan perhitungan beban pendingin dalam dan luarnya sesuai dengan standar ashrae. Lalu, menghitung total beban pendinginan dan memeriksa proses hasil perhitungannya, jika ada kesalahan maka diperbaiki dan jika ada perubahan data maka proses diulang dari langkah ketiga. Jika proses perhitungan sudah sesuai dan tidak ada perubahan maka analisis beban pendinginan selesai. Hasil perhitungan ini digunakan untuk menentukan kapasitas mesin pendingin udara.

Beban pendingin terdiri dari beban pendingin luar dan dalam. Beban pendingin luar terdiri dari beban pendingin melalui dinding, partisi, langit-langit, lantai, kaca dan radiasi. Sedangkan beban pendingin dalam terdiri dari beban pendingin oleh manusia, lampu, peralatan listrik, dan infiltrasi. Persamaan untuk menghitung beban pendingin dengan metode CLTD berdasarkan Standar Ashrae dan buku-buku turunannya yaitu ASHRAE, (1997); Carrier Air Conditioning Company, (1999); Handbook, (2019); Pita, (2002); Wang, (2001).

Berdasarkan ASHRAE, (1997) panas yang mengalir dari luar ke dalam ruangan melalui dinding, atap, dan kaca dapat dihitung dengan persamaan (3) di bawah ini tetapi dengan penyesuaian nilai koefisien untuk konstruksi masing-masing.

$$Q = U \times A \times CLTD_C \quad (3)$$

Di mana:

Q = beban pendingin dinding/atap/kaca (BTU/h);

U = koefisien perpindahan kalor menyeluruh (BTU/h.ft².F);

A = luas area dinding/atap/kaca yang terpapar sinar matahari langsung, (ft²).

$CLTD_C$ = nilai perbedaan suhu beban pendingin yang telah dikoreksi (F). Dapat diperoleh dengan persamaan (4) sebagai berikut.

$$CLTD_C = CLTD + LM + (78 - t_R) + (t_a - 85) \quad (4)$$

Di mana:

$CLTD$ = Cooling Load Temperature Differential (Diferensial suhu beban pendingin) (F);

LM = Latitude Month Correction (Koreksi terhadap garis lintang dan bulan);

t_R = Suhu dalam ruangan (F);

t_a = Suhu rata-rata luar ruangan pada hari perancangan (F). Dapat diperoleh dengan persamaan (5) sebagai berikut.

$$t_a = t_o - (DR/2) \quad (5)$$

Di mana:

t_o = Suhu bola kering rancangan luar (F);

DR = Rentang suhu harian (F).

Panas yang mengalir dari interior ruangan yang berbatasan dengan ruangan yang lain yang tidak didinginkan seperti partisi, langit-langit dan lantai dapat dihitung dengan persamaan (6) di bawah ini tetapi dengan penyesuaian nilai koefisien untuk konstruksi masing-masing. (ASHRAE, 1997)

$$Q = U.A.(T_{luar} - T_{dalam}) \quad (6)$$

Di mana:

U = koefisien perpindahan kalor partisi/langit-langit/lantai (BTU/(h.ft².F);

A = luas area partisi/langit-langit/atap (ft²);

T_{luar} = suhu ruangan yang tidak didinginkan/luar ruangan (F). Jika suhu ruangan yang tidak didinginkan tidak diketahui, dapat diasumsikan 5°F lebih rendah dari suhu udara luar;

T_{dalam} = suhu di dalam ruangan (F).

Radiasi sinar matahari masuk melalui kaca dan menjadi beban pendinginan ruangan. Besarnya bervariasi tergantung dari waktu, orientasi, tirai, dan efek penyimpanan panas. Besarnya beban pendinginan radiasi dapat dihitung dengan persamaan (7) yang di tunjukan di bawah ini. (ASHRAE, 1997)

$$Q_{rad} = SHGF.A_{kaca}.SC.CLF \quad (7)$$

Di mana:

$SHGF$ = Faktor perolehan panas matahari maksimal (BTU/h.ft²);

A_{kaca} = luas area kaca yang terkena sinar matahari langsung (ft²);

SC = koefisien peneduh;

CLF = faktor beban pendinginan matahari.

Perolehan panas dari manusia terdiri dari 2 bagian yaitu kalor sensibel dan kalor laten hasil dari keringat. Beberapa kalor sensibel diserap oleh efek penyimpanan panas, tetapi tidak untuk kalor laten. Perhitungan untuk beban pendinginan dari kalor

sensibel dan laten di tunjukkan oleh persamaan (8) dan (9) sebagai berikut. (ASHRAE, 1997)

$$Q_s = q_s \cdot n \cdot CLF \quad (8)$$

$$Q_l = q_l \cdot n \quad (9)$$

Di mana:

Q_s, Q_l = perolehan kalor sensibel dan laten (BTU/h);

q_s, q_l = perolehan kalor sensibel dan laten per orang;

n = jumlah penghuni ruangan;

CLF = faktor beban pendinginan untuk manusia.

Nilai beban pendingin pada lampu dapat dihitung dengan persamaan (10) sebagai berikut. (ASHRAE, 1997)

$$Q_{lampu} = 3,4 \cdot W_{lampu} \cdot BF \cdot CLF \quad (10)$$

Di mana:

Q_{lampu} = beban kalor lampu (BTU/h);

W_{lampu} = daya lampu (watt);

BF = faktor rangkaian pengendali lampu. 1,25 untuk lampu neon dan 1 untuk lampu pijar;

CLF = faktor beban pendinginan untuk lampu. $CLF = 1$ jika tidak ada kondisi khusus seperti pola pengaturan jam nyala lampu.

Perolehan kalor dari peralatan listrik biasanya terdapat pada spesifikasi peralatan. Ada peralatan yang mengeluarkan kalor sensibel atau kalor laten dan ada juga yang keduanya. Perolehan kalor dari peralatan listrik dapat dihitung dengan persamaan (11) sebagai berikut. (ASHRAE, 1997)

$$Q_{alat} = 3,41 \cdot W_{alat} \quad (11)$$

Di mana:

Q_{alat} = beban kalor alat listrik (BTU/h);

W_{alat} = total daya listrik (watt).

Infiltrasi merupakan pemasukan udara melalui celah-celah bangunan. Infiltrasi dapat meningkatkan pemasukan kalor sensibel dan laten. Jika bangunan tertutup rapat maka udara infiltrasi dapat diabaikan. Nilai beban kalor infiltrasi dapat dihitung dengan persamaan (12) dan (13) sebagai berikut. (ASHRAE, 1997)

$$Q_s = 1,1 \cdot CFM \cdot TC \quad (12)$$

$$Q_l = 0,68 \cdot CFM \cdot (W_o - W_i) \quad (13)$$

Di mana:

Q_s, Q_l = beban kalor sensibel dan laten dari infiltrasi udara (BTU/h);

CFM = laju infiltrasi udara (ft³/menit);

TC = perubahan temperatur antara udara dalam dan luar (F);

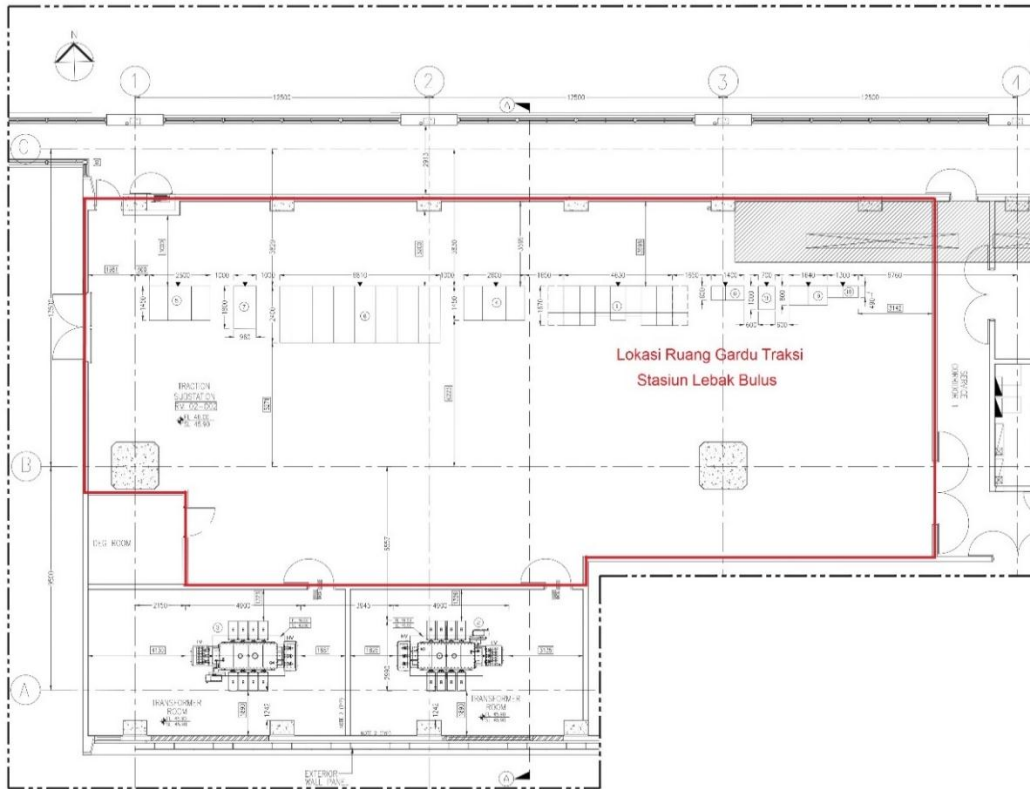
W_o, W_i = rasio kelembapan udara dalam dan luar (gr.w/lb.d.a.)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

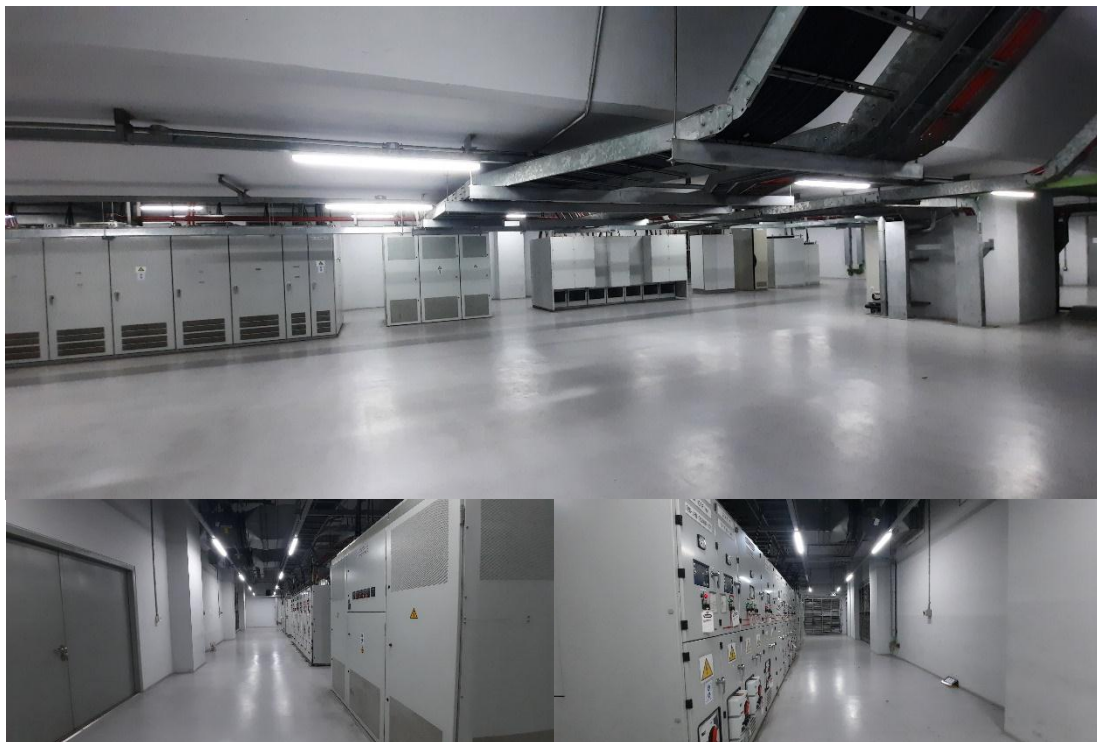
Perhitungan OTTV dilakukan untuk mengetahui apakah nilai perpindahan termal menyeluruh pada selubung ruang gardu traksi sudah sesuai dengan standar SNI dan perhitungan beban pendingin untuk mendapatkan nilai kapasitas mesin pendingin udara yang sesuai.

3.1 Tata Ruang dan Kondisi Gardu Traksi

Pada gardu traksi Stasiun Lebak Bulus terdapat peralatan 20kV *switchgear*, *rectifier transformer*, *rectifier*, *DC switchgear*, panel negatif, LVDB, panel baterai, panel pengisi daya baterai, dan *power SCADA RTU*. Tata letak dan kondisi peralatan tersebut di tunjukkan oleh Gambar 4 dan Gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 4. Tata Ruang Gardu Traksi (PT MRT Jakarta, 2016b)

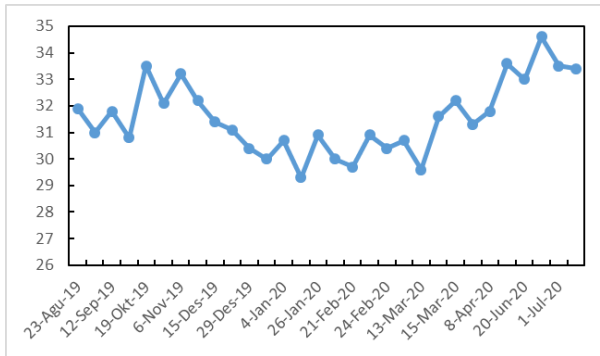


Gambar 5. Kondisi Gardu Traksi Stasiun Lebak Bulus

3.2 Hasil Pengukuran Suhu Ruang Gardu Traksi

Hasil pengukuran suhu ruangan gardu traksi Stasiun Lebak Bulus yang dilakukan oleh tim *power*

maintenance dari Agustus 2019 sampai dengan Juli 2020 di tunjukan oleh Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Suhu Ruang Gardu Traksi

Dari Gambar 6 dapat ditarik kesimpulan bahwa dari Agustus 2019 sampai dengan Juli 2020, suhu lingkungan di gardu traksi Stasiun Lebak Bulus

berkisar antara 29.3°C sampai 34.6°C dengan suhu terpanas pada Bulan Juni.

3.3 Suhu dan Kelembapan di Wilayah DKI Jakarta

Suhu dan kelembapan maksimal digunakan untuk menghitung beban pendinginan, sehingga ketika terjadi kondisi suhu dan kelembapan maksimal, maka mesin penyejuk udara masih dapat bekerja dengan baik. Berdasarkan data suhu dan kelembapan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Kemayoran, Jakarta Pusat, DKI Jakarta, pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa temperatur maksimal adalah 35.6°C dan kelembapan rata-rata maksimal adalah 84%.

Tabel 1. Suhu dan Kelembapan di Wilayah DKI Jakarta (BMKG, 2021)

Tahun	2019					2020							
	Unsur	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
Temp. Maks (°C)		33.6	35	35	34.6	33.8	34.4	34.6	34.6	34.8	35.6	35	34.2
Temp. Min (°C)		24	24	25	25	25	24	24	25	25	24.8	24.4	24.2
Temp. Rerata (°C)		28.3	28.8	29.5	29.6	28.5	27.9	27.7	28.6	28.9	29.5	29.4	28.6
Hum. Rerata (%)		69	69	69	71	79	83	84	80	79	76	74	73

3.4 Karakteristik Desain

Berikut adalah karakteristik desain dari ruangan yang akan dikondisikan di tunjukan oleh Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Karakteristik Desain

Komponen	Deskripsi
Suhu Ruangan	Ruangan didesain pada suhu ruangan terkondisi 20°C
Suhu Luar Ruangan	Data suhu luar ruangan diambil dari data BMKG dengan nilai tertinggi.
Nilai OTTV	Ruangan didesain dengan nilai perpindahan termal menyeluruh kurang dari 35 W/m ² sesuai dengan standar SNI 6389-2011.
Louver	Louver di tutup setelah ruangan terpasang mesin pendingin.

3.5 Hasil Perhitungan OTTV Ruang Gardu Traksi

Nilai OTTV parsial dan total dihitung dengan persamaan pada SNI 6389-2011 dengan hasil pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai OTTV Ruang Gardu Traksi

Bagian Ruang	Luas (m ²)	OTTV Parsial (W/m ²)
Dinding Barat	85.87	6.99
Dinding Utara	180.49	9.76
Dinding Timur	85.97	8.57
Dinding Selatan	180.49	8.57
OTTV Total		8.7

Dari hasil perhitungan di atas, nilai OTTV seluruh dinding luar ruang gardu traksi Stasiun Lebak Bulus sebesar 8,7 W/m². Nilai tersebut sesuai dengan Standar SNI 6389-2011. Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung yang mensyaratkan nilai perpindahan termal menyeluruh tidak boleh melebihi atau maksimal sama dengan 35 W/m² (Badan Standar Nasional, 2011). Karena hasilnya berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Yohanes Tri Prianto, (2015) yaitu nilai OTTV di bawah 35 W/m², maka tidak perlu dilakukan perubahan pada selubung bangunan dan analisis dapat dilanjutkan dengan menghitung beban

pendingin untuk mengetahui kapasitas AC yang sesuai dengan kebutuhan pada ruang gardu traksi.

3.6 Hasil Perhitungan Beban Pendingin Ruang Gardu Traksi

Perhitungan beban pendingin menggunakan metode CLTD/CLF sesuai dengan Standar Ashrae. Beban pendingin terdiri dari beban pendingin luar dan dalam. Hasil perhitungan beban pendingin luar di tunjukan oleh Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Beban Pendingin Luar

Pukul (WIB)	Atap (BTU/h)	Dinding (BTU/h)	Partisi (BTU/h)	Lantai (BTU/h)	Total (BTU/h)
12:00	21.513,30	451,38	19.372,25	20.724,32	62.061,25
13:00	29.291,86	619,81	19.372,25	20.724,32	70.008,24
14:00	37.070,43	1.125,08	19.372,25	20.724,32	78.292,08
15:00	43.737,78	1.798,78	19.372,25	20.724,32	85.633,13
16:00	48.182,67	2.725,12	19.372,25	20.724,32	91.004,36
17:00	51.516,34	3.567,25	19.372,25	20.724,32	95.180,16
18:00	51.516,34	4.240,95	19.372,25	20.724,32	95.853,86
19:00	50.405,12	4.493,59	19.372,25	20.724,32	94.995,28

Berdasarkan Tabel 4 di atas, beban pendingin luar pada ruang gardu traksi terbesar terjadi pada pukul 18:00 WIB yaitu sebesar 95.853,86 BTU/h. Kemudian, hasil perhitungan beban pendingin dalam di tunjukan oleh Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Beban Pendingin Dalam

Beban Pendingin Dalam		
Media	Sensibel (BTU/h)	Laten (BTU/h)
Lampu	8.500	-
Manusia	12,5	1.000
Peralatan	163.951,86	-
Total	172.464,36	1.000
Total beban pendingin dalam	173.464,36	

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa beban pendingin luar sebesar 95.853,86 BTU/h dan beban pendingin dalam sebesar 173.464,36 BTU/h. Maka, beban pendingin dalam menyumbang 64,41% dari total seluruh beban pendingin yang ada pada ruang gardu traksi Stasiun Lebak Bulus dengan beban pendingin peralatan sebagai yang paling besar yaitu 163.951,86 BTU/h atau 94,5% dari keseluruhan beban pendingin dalam. Jadi total beban pendingin pada ruang gardu traksi Stasiun Lebak Bulus yaitu total beban pendingin luar + total beban pendingin dalam = (95.853,86 + 173.464,36) BTU/h =

269.318,22 BTU/h. Dengan demikian, mesin pendingin udara yang dibutuhkan berkapasitas 22,44 TR = 29,92 PK.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis selubung bangunan dan beban pendingin ruang gardu traksi Stasiun Lebak Bulus, maka dapat diambil kesimpulan ruang gardu traksi Stasiun Lebak Bulus memiliki nilai perpindahan termal menyeluruh pada selubung bangunan (OTTV) sebesar 8,7 W/m². Nilai OTTV tersebut masih di bawah standar SNI 6389-2011 yang mensyaratkan nilai OTTV di bawah 35 W/m². Total beban pendingin pada ruang gardu traksi Stasiun Lebak Bulus sebesar 269.318,22 BTU/h, sehingga dibutuhkan mesin pendingin udara dengan kapasitas 22,44 TR = 29,92 PK untuk mendinginkan ruangan pada suhu bola kering 20°C. Sebesar 64,41% beban pendingin tersebut merupakan beban pendingin dalam dengan beban terbesar dari beban pendingin peralatan yaitu sebesar 163.951,86 BTU/h atau 94,5% dari keseluruhan beban pendingin dalam.

Sehubungan dengan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan untuk memasang AC unit pada ruang gardu traksi Stasiun MRT Lebak Bulus dengan kapasitas 30 PK sehingga temperatur ruangan dapat dikondisikan pada suhu 20°C untuk menjaga *service life* baterai sesuai dengan desain yaitu 15 tahun dan mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan listrik di ruangan tersebut. Kemudian saran untuk peneliti selanjutnya, selain menghitung beban pendingin untuk AC unit, hitung juga beban pendingin untuk AC sentral agar dapat membandingkan AC

mana yang lebih tepat untuk dipakai pada ruang gardu traksi Stasiun MRT Lebak Bulus.

REFERENSI

- ASHRAE. (1997). ASHRAE Handbook Fundamentals and Data Book. *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1*, 90–91.
- Badan Standar Nasional. (2011). *SNI 6389:2011, tentang Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung*.
- Biantoro, A. W. (2018a). Analisis PHE (Potensi Hemat Energi) dan Pengembangan Software Efisiensi Energi pada Rumah Sakit Ba, Tangerang. *JTM, 07*, 149–156.
- Biantoro, A. W. (2018b). Analysis of Electrical Audit and Energy Efficiency in Building Hotel BC, North Jakarta. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 343*, 1–8.
- Biantoro, A. W. (2018c). Pengembangan Perangkat Lunak Efisiensi Energi di Gedung Ins. Kabupaten X, Banten. *Jurnal Teknik Mesin, 7*, 92–96.
- Biantoro, A. W., & Permana, D. S. (2017a). Analisis Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Di Gedung Ab, Kabupaten Tangerang, Banten. *Jurnal Teknik Mesin, 6(2)*, 24.
- Biantoro, A. W., & Permana, D. s. (2017b). Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi Energi di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten. *JTM, 06*, 85–93.
- BMKG. (2021). *Data Online Pusat Database BMKG*.
https://dataonline.bmkg.go.id/dashboard_user
- Carrier Air Conditioning Company. (1999). *Handbook of Air Conditioning System Design*. Mei Ya Publication, INC.
- Cheng, C., & Ohki, Y. (2018). Battery & Battery Charger (PDS) Installation, Operation & Maintenance Manual. In *Metro One Consortium*.
- Dumont, M. (2002). *British Standard 6290: Lead-acid Stationary Cells and Batteries* (Issue April).
- Handbook, A. (2019). *2019 ASHRAE Handbook_ HVAC Applications CH35* (H. Kennedy (ed.); SI). Mark S. Owen.
- Pita, E. G. (2002). *Air Conditioning Principles and Systems* (S. Helba & E. Francis (eds.); 4th ed.). R.R. Donnelley & Sons Company.
- PT MRT Jakarta. (2016a). *Electric Equipment Layout Plan in Traction Substation Lebak Bulus*.
- PT MRT Jakarta. (2016b). *Outline Dimension Drawing*.
- PT MRT Jakarta. (2019). *Temuan dan Gangguan*.
- Purnomo, B. C., & Setiyo, M. (2017). Karakteristik Sistem Refrigerasi Kompresi Uap dengan Refrigerant Campuran Musicool 134 - CO₂. *Jurnal Teknologi UMJ, 9*, 57–64.
- Suntoro, D., Darmawan, R., & Ahadi, K. (2018). Perhitungan Beban Pendinginan pada Ruang di Perkantoran PT. Indonesia Power UPJP Pesanggaran Bali. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan, 17*, 19–30.
- Wang, S. K. (2001). *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration* (R. Hauserman, G. Eisensberg, R. Parmley, & R. A (eds.); 2nd ed.). R. R. Donnelley & Sons Company.
- Wisesa Persada Indonesia. (2020). *Kenali Perbedaan AC Split dan AC Sentral Ini*.
<https://www.wisesapersadaindo.com/post/perbedaan-ac-split-dan-central>
- Yohanes Tri Prianto. (2015). *Analisis Temperatur dan Sistem Pengkondisian Udara pada Kereta Eksekutif Malam Bangunkarta*. 1–135.