

P-1

**ANALISA PERFORMANSI TIPE WATER COOLED CHILLER CENTRIFUGAL
KAPASITAS 2000 TR PADA GEDUNG CENTRAL PARK MALL
JAKARTA BARAT**

**PERFORMANCE ANALYSIS OF WATER COOLED CHILLER CENTRIFUGAL
WITH 2000 TR CAPACITY AT CENTRAL PARK MALL JAKARTA BARAT**

Asep Rindika¹, Indra Saputra¹

*Program Studi Teknik Mesin Institut Saint dan Teknologi Al-Kamal (ISTA)
Jl. Raya Al Kamal No. 2 Kedoya Selatan, Kebon Jeruk, Jakarta Barat 11520*

Email : mesin1315@gmail.com

Email : rindikaa@gmail.com

Diterima 25-06-2020	Diperbaiki 28-06-2020	Disetujui 7-12-2020
---------------------	-----------------------	---------------------

ABSTRAK

Analisa Performansi tipe Water Cooled Chiller Centrifugal Kapasitas 2000 TR. Water Cooled Chiller Centrifugal adalah salah satu tipe AC sentral dengan pendinginan refrigeran menggunakan air dimana pendinginan air melalui menara air (cooling tower), mesin pengkondisian udara ruangan yang digunakan di Central Park Mall Jakarta adalah water cooled chiller dimana chiller ini menggunakan hampir 30%-40% penggunaan energi listrik dari Central Park Mall Jakarta Barat, Pada proyek akhir ini penulis ingin menganalisis performansi chiller di Central Park Mall Jakarta Barat dengan cara menghitung COP nya dan menghitung emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan energi listrik tersebut. Hasil dari Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui performansi dan emisi CO₂ yang dihasilkan guna mengidentifikasi kemungkinan untuk dilakukan efisien energi dan juga mengurangi efek pemanasan global.

Kata kunci: *Chiller, COP, Emisi CO₂, Performansi, Efek pemanasan global*

ABSTRACT

Analyze Permannce Water Cooled Chiller Centrifugal type Capacity 2000 TR. Water Cooled Chiller Centrifugal is one type of central air conditioner with refrigerant cooling using water where cooling water through a water tower cooling tower, the room air conditioning machine used at Central Park Mall Jakarta is a water cooled chiller where this chiller uses almost 30% - 40% the use of electrical energy from Central Park Mall West Jakarta. In this final project, the writer wanted to analyze chiller performance at Central Park Mall Jakarta by calculating its COP and calculating CO₂ emissions resulting from the use of electric energy. The results of this final project aims to determine the performance and emissions of CO₂ generated to identify the possibility to be carried out energy efficiency and also reduce the effects of global warming.

Keywords: *Chiller, COP, CO₂ Emissions, Performance, Effects of global warming*

PENDAHULUAN

Ada beberapa macam alat pengkondisian udara contohnya AC split, AC window, AC sentral dan AC lainnya setiap AC memiliki komponen utama yaitu: kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator.

Begitu juga di gedung *Central Park Mall* yang terletak di Jakarta Barat. Di gedung ini alat pengkondisian udaranya menggunakan tipe *water cooled chiller centrifugal* dengan kapasitas 2000 TR dengan refrigeran R-

134a/3148. Tipe *water cooled chiller centrifugal* menggunakan refrigeran sekunder sebagai media pendinginannya dimana air di evaporator di distribusikan menggunakan bantuan pompa ke masing-masing *Air Handling Unit (AHU)* dan ke masing-masing *Fan Coil Unit (FCU)*. Pendinginan pada kondensor juga menggunakan air dimana panas di kondensor diserap oleh air, lalu air panas dari kondensor dialirkan dengan bantuan pompa menuju *cooling tower* untuk

didinginkan sebelum kembali lagi ke kondensor¹⁰.

Rumusan Masalah

Performansi setiap *chiller* sangatlah penting untuk mengontrol pemakaian energi dari *chiller* tersebut begitu juga efek pemanasan global, maka dari itu penulis mengangkat beberapa masalah yaitu

1. Bagaimanakah performansi tipe *water cooled chiller centrifugal* di *Central Park Mall* Jakarta Barat antara COP dari pabrik dengan COP setelah dilakukan analisa?
2. Bagaimanakah pengaruh performansi *chiller* terhadap efek pemanasan global yang disebabkan oleh emisi CO₂ dari penggunaan energi listrik di *Central Park Mall* Jakarta Barat?

Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini tidak menyimpang dari judul dan rumusan masalah yang telah dibuat, maka penulis membuat batas-batas sebagai berikut:

1. Performansi dari tipe *water cooled chiller centrifugal* di *Central Park Mall* Jakarta Barat dengan kapasitas 2000 TR yang dihitung berdasarkan *Coefficient Of Performance* (COP), kapasitas pendinginan, panas yang dibuang di kondensor dan kerja kompresi, selisih anantara COP pabrik dengan COP setelah dilakukan analisa.
2. Pengaruh performansi *chiller* terhadap efek pemanasan global akibat emisi CO₂ yang ditimbulkan dari penggunaan energi listrik *chiller* di *Central Park Mall* Jakarta Barat.

Tujuan

Adapun beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

Tujuan Umum

1. Sebagai salah satu kewajiban dan syarat kelulusan untuk meraih gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Mesin Institut Saint dan Teknologi Al Kamal.
2. Untuk mengaplikasikan dan menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di bangku kuliah dengan masalah yang ditemui dilapangan.
3. Untuk membiasakan diri dalam memecahkan masalah yang ditemukan di lapangan.

4. Mampu mengaudit Performa Tipe *water cooled chiller centrifugal* dan memberi kesimpulan guna untuk memberikan informasi kepada *Maintenance Engenering Building*

Tujuan Khusus

1. Untuk menentukan performansi daritipe *water cooled chiller centrifugal* di *Central Park Mall* Jakarta Barat dengan Kapasitas 2000 TR.
2. Untuk mendapatkan nilai efek pemanasan global akibat emisi CO₂ yang ditimbulkan oleh penggunaan energi listrik *chiller* di *Central Park Mall* Jakarta Barat.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan setelah menyelesaikan penelitian akhir ini meliputi:

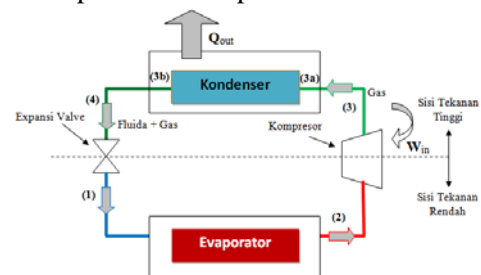
Bagi Penulis

Penelitian akhir ini dibuat untuk menerapkan dan mengembangkan pengetahuan atau ilmu-ilmu yang didapatkan selama pendidikan khususnya di Program Studi Teknik.

LANDASAN TEORI

Mesin Refrigerasi dengan Siklus Kompresi Uap

Mesin refrigerasi siklus kompresi uap merupakan jenis mesin refrigerasi yang paling banyak digunakan saat ini. Mesin refrigerasi siklus kompresi uap terdiri dari empat komponen utama yaitu: kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator⁸.



Gambar 1. Jenis Pengkondisian Udara Sistem Ekspansi Langsung⁸

Adapun cara kerja siklus kompresi uap adalah sebagai berikut:

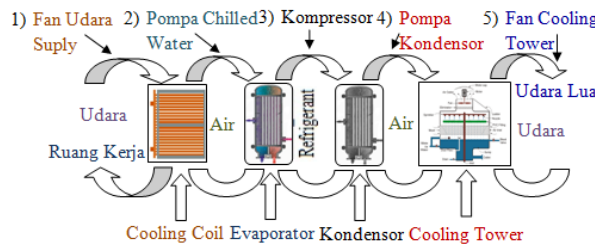
- a. Kompresi (1-2)
- b. Kondensasi (2-3)
- c. Ekspansi (3-4)
- d. Evaporasi (4-1)

Prinsip Kerja Chiller tipe water cooled

Chiller tipe water cooled centrifugal terdiri atas refrigeran primer dan refrigeran sekunder yang berupa. Pada Gambar 2 adalah skema diagram system tipe water cooled chiller centrifugal.

Energi panas ditransmisikan dari ruangan ke udara luar dengan mengikuti lima alur sirkuit perpindahan panas masing-masing dari kiri ke kanan sebagai berikut:

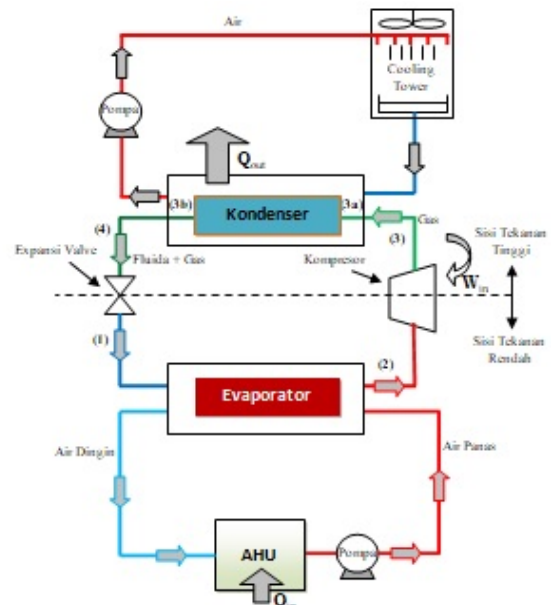
- a. Sirkuit udara dalam ruangan
- b. Sirkuit air dingin
- c. Sirkuit refrigeran
- d. Sirkuit pendingin kondensor
- e. Sirkuit pendingin luar (cooling tower).



Gambar 2. Siklus Chiller⁸
Sumber: UPLIFT (2013)

Tipe water cooled chiller centrifugal adalah sistem pendinginan ruangan yang dikontrol dari satu titik atau tempat dan didistribusikan secara terpusat ke seluruh isi gedung dengan kapasitas yang sesuai dengan ukuran ruangan dan didistribusikan dengan menggunakan saluran udara (ducting).

Sumber : Jurnal Optimasi Sistem Industri
Vol 11. No. 2: Desember 2018.
ISSN 1693-2102.
<http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi>



Gambar 3. Siklus Pengkondisian Udara Sentral

Komponen Chiller Tipe Water Cooled

Tipe water cooled chiller centrifugal memiliki beberapa komponen utama yaitu:

Kompresor

Kompresor adalah alat yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida dengan cara dimampatkan.

Kondensor

Kondensor adalah tempat berubahnya fase refrigeran dari gas bertekanan dan bertemperatur tinggi menjadi cair bertemperatur tinggi dengan cara melepas panasnya ke air yang di alirkan pada kondensor dan selanjutnya air didistribusikan ke cooling tower untuk didinginkan.

Evaporator

Cooled water Evaporator adalah tempat berubah fase refrigeran cair ke gas dengan cara menyerap panas dari air yang melalui evaporator setelah panas air diserap kemudian air akan didistribusikan ke AHU atau FCU.

Ekspansi

Alat Ekspansi yang digunakan pada chiller di Central Park Mall Jakarta Barat adalah inlear float chamber yang dimana sistem ekspansi ini menggunakan bandul sebagai pengontrol aliran refrigeran ke dalam evaporator.

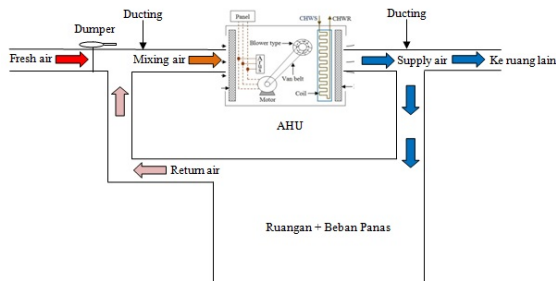
Cooling Tower

Cooling Tower merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menurunkan

suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer.

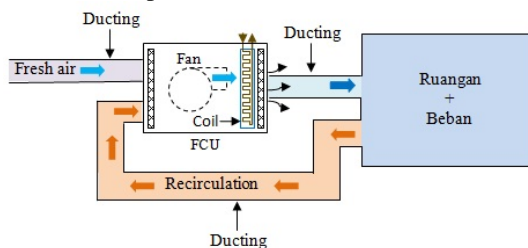
Air Handling Unit (AHU) dan Fan Coil Unit (FCU)

AHU merupakan alat yang digunakan untuk mendinginkan ruangan. Unit ini menggunakan air sebagai media penukar kalor dan dipakai pada beban pendinginan yang besar. Air dingin diproduksi oleh mesin *chiller*.



Gambar 4. Siklus AHU

FCU adalah perangkat sederhana yang terdiri dari kumparan (Coil) dan kipas. FCU digunakan untuk mengontrol suhu dalam ruangan yang dikendalikan oleh on/off switch atau thermostat. Karena kesederhanaannya FCU lebih ekonomis daripada AHU.



Gambar 5. Siklus FCU

Sumber : Digambar oleh Penulis

Komponen pendukung *chiller*

Pompa

Definisi Pompa pada umumnya adalah jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan fluida melalui pipa dari satu tempat ke tempat lain.

Chilled Water Pump

Chilled water pump (CWP) atau pompa pendingin yang menggunakan air adalah pompa yang digunakan untuk mensirkulasikan air yang telah didinginkan oleh evaporator untuk kemudian didistribusikan ke AHU dan FCU untuk mengondisikan ruangan. Biasanya pompa ini dijalankan dengan putaran maksimum dan umumnya teknik penggunaan pompa CWP secara terus menerus.

Strainer

Strainer adalah salah satu komponen yang dipasang pada *suction pipe* atau pipa penghisap air.

Make up Water cooling tower (MWCT) adalah tangki yang menampung air yang kemudian didistribusikan ke *cooling tower*, untuk menghitung *make up water Cooling Tower* sebagai berikut :

$$MWCT = W_B + W_e + W_D \quad (2.1)$$

Dimana :

W_B : Kehilangan Air Akibat *Blow Down*

W_e : Kehilangan Air Akibat *Evaporation Loss*

W_D : Kehilangan Air Akibat *Drift Loss*

Sumber : Jurnal Teknik Mesin (JTM): Vol. 06, No. 3, Juni 2017, ISSN 2549-2888, Hutriadi Pratama Siallagan

Valve (Katup)

Katup adalah sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan atau mengontrol aliran dari suatu cairan (gas, cairan, padatan terfluidisasi) dengan membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalan alirannya. Katup dalam kehidupan sehari-hari, paling nyata adalah pada pipa air, seperti keran untuk air. Contoh akrab lainnya termasuk katup kontrol gas di kompor, katup kecil yang dipasang di kamar mandi dan masih banyak lagi.

Oil Sparator

Oil Separator adalah sebuah alat atau sistem untuk memisahkan air bersih dengan minyak atau oli. Sistem ini biasa dipakai di proses treatment pada painting line terutama di bagian degreasing (penggerusan oli yang menempel pada pori-pori benda kerja).

Performansi dari *Chiller tipe Water Cooled*

Untuk mengetahui performansi dari *chiller tipe water cooled* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

Kapasitas Pendinginan (Q_c)

Kapasitas pendinginan adalah untuk mengetahui kapasitas sistem saat berjalan dengan beban yang berbeda-beda dan untuk *chiller* kapasitas pendinginannya dihitung dari sisi airnya. Secara teoritis kapasitas pendinginan (Q_c) dapat dinyatakan dengan :

$$Q_c = \rho x \dot{V} x c_p x \Delta T$$

Dimana :

ρ = Water density (1000 kg/m³)

\dot{V} = Water flow rate (m³/s)

c_p = Specific heat (4,2 kJ/kg.K)

ΔT_{ch} = Beda temperatur air inlet dan outlet pada evaporator

Coefficient Of Performance (COP)

Coefficient Of Performance Adalah suatu koefisien yang besarnya didapatkan dari perbandingan dari kapasitas pendinginan berbanding dengan kerja kompresi, Rumus dari COP adalah sebagai berikut:

$$COP = \frac{Q_c}{W_{in}}$$

Dimana:

Q_c = Kapasitas pendinginan (kW)

W_{in} = Kerja kompresi (kW)

Panas yang diserap oleh air di kondensor (Qair)

Panas yang diserap oleh air di kondensor yaitu untuk mengetahui jumlah panas yang diserap oleh air di kondensor saat sistem berjalan dengan beban yang berbeda-beda. Secara teoritis Q_{air} dapat dinyatakan dengan :

$$Q_{air} = \rho x \dot{V} x C_p x \Delta T_{cw}$$

Dimana :

ρ = *Water density* (1000 kg/m³)

\dot{V} = *Water flow rate* (m³/s)

C_p = *Specific heat* (4,2 kJ/kg.K)

ΔT_{cw} = Beda temperatur air inlet dan outlet pada kondensor

Efek Pemanasan Global

Perubahan iklim dunia merupakan tantangan yang paling serius yang dihadapi pada abad 21. Pemanasan Global (Global Warming) adalah peristiwa meningkatnya suhu rata-rata pada lapisan atmosfer dan permukaan bumi. Pemanasan global dapat terjadi karena adanya efek rumah kaca yang dapat mengakibatkan meningkatnya suhu yang diakibatkan oleh emisi CO₂.

Emisi CO₂

Emisi CO₂ adalah buangan atau hasil dari gas-gas yang dikeluarkan dari hasil pembakaran atau penggunaan energi yang mengandung karbon. Indonesia saat ini mengembangkan energi panas bumi dalam rangka mengatasi kritis energi listrik dan terkait dengan program kelistrikan nasional 35.000 MW, Indonesia memiliki potensi panas bumi sebesar 29.00 MW dan pemanfaatannya baru sekitar 1.533,5 MW (Sumber : KESDM-b 2017; Pambudi 2018), Adapun persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Bey = E_{gfacility.y} \times GWP \quad (2.5)$$

Dimana :

Bey = *Baseline* Emisi CO₂

$E_{gfacility.y}$ = Besar Energi Listrik

GWP = *global warming potensial* yang dihasilkan oleh listrik di Indonesia (0,715 kg.CO₂)

Sumber : *Journal Of Natural Resources and Environmental Management*, Analisis Emisi CO₂ Pembangkit Listrik Panas Bumi Ulubelu Lampung dan Kontribusinya (2,3) terhadap Pengembangan Pembangkit Listrik di Provinsi Lampung, Alimuddin, Armansyah H. Tambunan, Machfud, Andi Novianto

Tabel 1. Kategori sumber emisi CO₂ dari kegiatan energi

Kode IPCC GL 2006	Kategori
1A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar
1A1	Industri Produksi Energi
1A2	Industri Manufaktur dan Konstruksi
1A3	Transportasi
1A4	Konsumen energi lainnya (Komersial, Rumah tangga dll.)
1A5	Lain-lain yang tidak termasuk pada 1A1 s.d. 1A4
1B	Emisi Fugitive
1B1	Bahan Bakar Padat
1B2	Minyak Bumi dan Gas Alam
1B3	Emisi Lainnya dari penyediaan energi

Catatan : Kode Kategori sumber emisi CO₂ energi mengikuti penulisan kode pada IPCC *Guidelines 2006*.

Sumber : Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku II - Volume 1 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca, Kegiatan Pengadaan Dan Penggunaan Energi

Analisa yang sudah Dilakukan

Sebagai pembandingan dan untuk memperkuat hasil dari COP yang telah didapat maka berikut adalah hasil analisa yang sudah dilakukan oleh beberapa mahasiswa digedung lain dan kapasitas *chiller* yang berbeda :

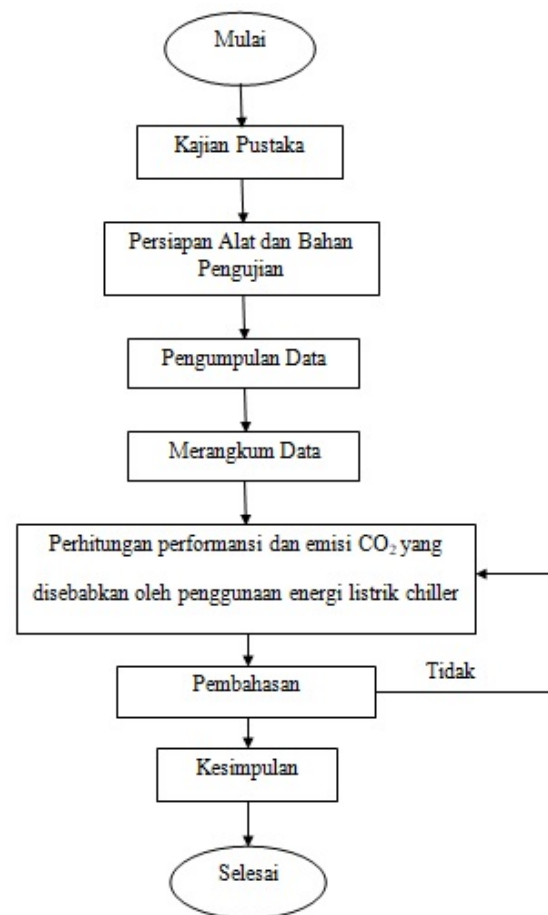
1. Jurnal ilmiah teknik mesin *CakraM* Vol. 4 No.1. April 2010 (43-50), Analisa Performansi Sistem Pendingin Ruangan dan Efisiensi Energi Listrik pada Sistem *Water Chiller* dengan Penerapan Metode *Cooled Energy Storage*. Komang Metty Trisna Negara, Hendra Wijaksana, Nengah

- Suarnadwipa, Made Sucipta, Menyimpulkan “Dengan penggunaan *Half* sistem konsumsi energi selama 1 jam lebih sedikit sebesar 0,4449 kWh dibandingkan penggunaan full sistem sebesar 0,8650 kWh atau dengan selisih 0,4201 kWh”.
2. Jurnal ilmiah teknik mesin FT-UNDIP Vol. 8 No.3. Juli 2006, Pengujian *Performance* dan Analisa *Pressure Drop* Sistem *Water-Cooled Chiller* Menggunakan Refrigeran R-22 Dan HCR-22, Muchammad, Menyimpulkan “Penurunan tekanan air pada pipa FCU pada sistem *water-cooled chiller* yang menggunakan refrigeran R-22 sebesar 11,706 kPa, sedangkan pada sistem yang menggunakan refrigeran HCR-22 penurunan tekanan airnya sebesar 18,95 kPa”.
 3. Jurnal OPSI Vol. 11 No. 2. Desember 2018, Analisis Efektifitas Mesin *Cooling Tower* Menggunakan *Range And Aproach*, Ahmad Muhsin, Zicko Pratama, Menyimpulkan “*Performance Efficiency* Sebesar 96,46%, Artinya Mesin *Cooling Tower* masih efektif dan berkinerja baik, Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada periode penelitian sudah memenuhi standar *world class* yaitu >85%”.
 4. Jurnal Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT) Vol. 8, No. 1, September 2012 Hal. 24-30, Agung Nugroho, menyimpulkan “Penurunan COP disebabkan adanya kenaikan putaran kompresor, sehingga kerja kompresi akan mengalami kenaikan harga. Kerja kompresi merupakan faktor pengendali harga COP”.
 5. Jurnal Teknik Mesin (JTM) Universitas Mercu Buana Vol. 06, No. 3, Juni 2017, Hutriadi Pratama Siallagan, menyimpulkan “Efektifitas dari *Cooling Tower* 8330 CT01 untuk data teori adalah 64,51%, data aktual 42,16% terdapat penurunan sebesar 22,35%”.
 6. *Journal of Natural Resorces and Environmental Management* Vol. 9 No. 2, Analisis Emisi CO₂ Pembangkit Listrik Panas Bumi Ulubelu Lampung dan Kontribusinya Terhadap Pengembangan Pembangkit Listrik di Provinsi Lampung, Menyimpulkan “Persentase emisi pembangkit tenaga listrik diprovinsi Lampung terhadap target penurunan emisi GRK dengan skenario pengembangan adalah 1,29% dan dengan kondisi BaU sebesar 1,05%”.

Dari kesimpulan analisa sebelumnya yang sudah pernah dilakukan untuk selisih COP dari awal pemakaian *chiller* hingga sampai pada mesin beroperasi lebih dari lima tahun adalah tidak lebih dari 45%, dari jurnal diatas pun membuktikan bahwa komponen *chiller* seperti *Cooling Tower*, *Chiller Pump*, *Refrigerant* dan konsumsi daya sangat berpengaruh terhadap performa mesin pendingin, maka untuk menjaga performa mesin pendingin harus dilakukan *maintenance* yang baik dan benar secara rutin.

Metode Penelitian

Alur Penelitian



Gambar 6. Bagan tahap pelaksanaan

Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat dan lokasi pengambilan data penelitian ini adalah dilakukan diruang *chiller* lantai lower ground dan *Cooling Tower* pada dak atap lantai tiga *Central Park Mall* Jakarta Barat, dan waktu penelitian dibatasi sampai November 2019. Pengambilan data dilakukan di *Central Park Mall* Jakarta Barat dimana terdapat alat-alat yang lengkap, sehingga

memudahkan penulis dalam melakukan proses pengambilan data.

Profil Objek Penelitian (*Central Park Mall*)

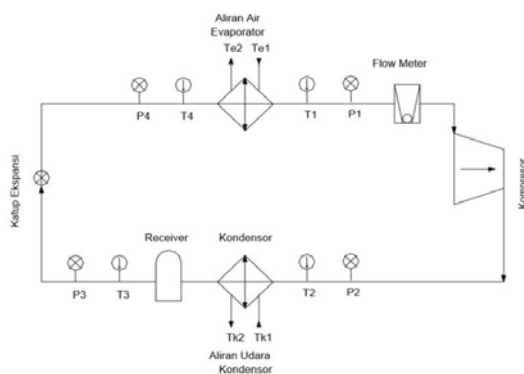
Central Park Mall adalah mall yang letaknya strategis bukan hanya karena akses menuju *Central Park Mall* tetapi ditunjang dengan beberapa bangunan komersial di sekitarnya.

Batas Wilayah Objek Penelitian (*Central Park Mall*) :

- Batas Utara : *Mediterrania Garden 1* dan *Mediterrania Garden 2, Royal Mediterranean Garden, Garden Shopping Arcade*
 - Batas Selatan: Mall Taman Anggrek
 - Batas Barat : Perumahan warga
 - Batas Timur : Jalan Let Jend S.Parman
- Sumber : Data *ProjectCentral Park Mall*

Jenis Penelitian

Pengujian performansi *chiller* adalah salah satu langkah untuk melakukan program penghematan energi yang komprehensif yang terkait dengan sistem pengkondisian udara. Tujuan utama melakukan pengukuran dan observasi langsung adalah untuk memperoleh data yang akurat berdasarkan kondisi operasi aktual. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode otomatis.



Gambar 7. Skema Instalasi Peralatan Uji

Sumber : Jurnal Analisa Sistem Mesin Pendingin Water Chiller Yang Menggunakan Fluida Kerja R12 Dengan Variasi Puli Kompresor, Agung Nugroho, TEKNIK - UNISFAT, Vol. 8, No. 1, September 2012 Hal 24 – 30

Penentuan Sumber Data

Adapun ruang lingkup dalam penelitian adalah: mencari nilai COP, perbandingan COP, kapasitas pendinginan, kerja kompresi, panas yang dibuang di kondensator dan emisi CO₂ yang disebabkan dari penggunaan energi listrik

di *Central Park Mall* Jakarta barat yang beralamatkan di Jalan Let.Jend. S.Parman Kav. 28.

Pada pengujian ini data-data yang diambil menggunakan metode otomatis. Dengan pengukuran otomatis, data operasional yang dicatat, dan terus menerus dalam waktu yang bersamaan untuk berbagai parameter seperti *water flow rate* evaporator dan kondensator, daya yang dibutuhkan kompresor, *approach* temperature kondensator dan evaporator dan temperatur air masuk dan keluar pada evaporator dan kondensator. Dilakukan setiap hari dan dicatat tiap dua jam saat gedung beroperasi selama satu bulan dan dilengkapi dengan data operasional yang dimiliki oleh *Central Park Mall* Jakarta Barat kemudian data-data tersebut dirata-ratakan terlebih dahulu agar bisa dilakukan ke perhitungan dan untuk energi listrik data yang digunakan adalah dari data total selama satu bulan penggunaan energi di *Central Park Mall* Jakarta Barat, yang mulai dibangun tahun 2007 dan dioperasikan pada 9 September 2009 dengan luas lahan 188.077 sqm *leaseable* area 125.626 sqm.

Sumber Daya Penelitian

Untuk menentukan *full load* (kW/Ton.R) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Daya Input}}{\text{Kapasitas Chiller (TR)}} = \text{Full Load (kW/TR)}$$

Sedangkan untuk menghitung COP, pertama kapasitas pendingin *chiller* dikonversikan terlebih dahulu menjadi kilo watts (kW) yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Kapasitas Chiller (TR)} \times 12000 \text{ BTU}}{\text{Konversi (kW)}} = \text{Kapasitas Pendingin (kW)}$$

Kemudian untuk perhitungan COP nya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Kapasitas Pendingin (kW)}}{\text{Daya Input}} = \text{COP}$$

Adapun alat pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah AC jenis *Water Chiller* yang ada di *Central Park Mall* Jakarta Barat dengan spesifikasi sebagian berikut:

Project: Unit Tag: Rating Program: LTC v1_188.kdd
 Engineer: Software Version: YW 19.04
 Customer: Date: 11/04/19 13:30:00

SALES REPORT

Unit Specifications			
Model	YKS4S9K45DFH	Gear Code	ED
Rated Net Capacity (Tons)	2000	Specified Net Capacity (Tons)	2000
Heat Rejection Capacity (MBtu/h)	27.69		
NPLV/IP (kW/Ton.R)	0.4720	Refrigerant Type/Charge (lb)	R-134a/3148
Full Load (kW/Ton.R)	0.5778	A-Weighted SPL (dBA)	84.5
Input Power (kW)	1159	Max Motor Load (kW)	1171
Voltage / Hz (Input)	3300 / 50.0	Oil Cooler	Refrig chl
Job FLA (Amps)	230	Condenser Gas Inlet Type	Diffuser
		OptiSound Control	Y
LRA (Amps)	1415	Isolation Valve	Y
Min Circuit Ampacity	388	Variable Orifice	VALVE-5
Max Circuit Breaker Amps	400	Starter Type	Auto Trans 80%
		Starter Model	242

	Evaporator	Condenser
Fluid	Water*	Water*
Tube MTI No.	466	266 / 260
Passes	2"	2"
Fouling Factor (hr-ft ² -°F/Btu)	0.000100*	0.000250*
Entering Fluid Temp (°F)	54.50*	86.00*
Leaving Fluid Temp (°F)	44.60*	95.00*
Fluid Flow (gpm)	4833	6183
Fluid Pressure Drop (ft H2O)	28.8	29.1

(*) Designates User Specified Input

COP = 6,08

Gambar 8. Spesifikasi Chiller Kapasitas 2000 TR Central Park Mall Jakarta Barat

Sumber : Katalog York, Software Version YW 19.04

Istrumen penelitian

Pada pengujian ini instrumen yang digunakan untuk memperoleh data adalah dengan cara otomatis dimana semua data yang diperoleh telah tersedia pada *optiview control center* seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Optiview control center
 Sumber : Objek Penelitian Central Park Jakarta Barat

Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada Chiller di Central Park Mall Jakarta Barat dengan mengukur dan mencatat data-data yang diperlukan seperti laju aliran air di evaporator dan kondensor, temperatur masuk dan keluar air di evaporator dan kondensor, daya yang dibutuhkan kompresor dan jumlah penggunaan energi listrik perbulannya di Central Park Mall Jakarta Barat.

Data yang telah didapat dari hasil pengujian selanjutnya akan dilakukan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan yaitu, memasukkan data ke dalam grafik perbandingan performansi dari chiller

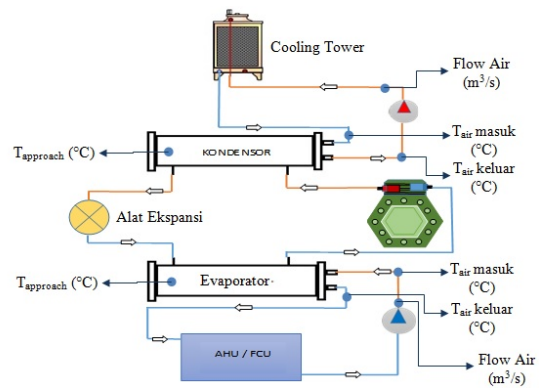
tiap bulannya dan juga perbandingan emisi CO₂ yang dihasilkan tiap bulannya dari penggunaan energi listrik, selanjutnya penguji dapat menyimpulkan pengujian yang telah dilakukan.

Setelah melakukan pengujian dan penghitungan hasil pengujian yang berupa parameter-parameter performansi sistem, maka kita akan mendapatkan hal-hal penting dari pengujian keseragaman data yang dilakukan apakah data yang didapat masih didalam dari BKA (Batas Kendali Atas) dan BKB (Batas Kendali Bawah) sehingga dapat disimpulkan bahwa data pengujian yang didapat dalam kondisi terkendali, Perubahan kecepatan puli kompresor, karena kecepatan kompresor yang semakin besar maka COP semakin turun nilainya, hal ini disebabkan karena peningkatan daya kompresor tidak sebanding dengan peningkatan kapasitas refrigerasi atau dengan kata lain peningkatan kapasitas refrigerasi lebih kecil dibandingkan dengan peningkatan daya kompresor.

Pengambilan Data Chiller

Pengambilan data didapat dari *maintenance mechanical building* yaitu dari pencatatan data dari pengukuran mesin pendingin atau chiller yang sedang beroperasi, baik itu data dari alat ukur ataupun dari *optiview control center chiller*.

Data dari hasil pengukuran langsung diolah dan dianalisis. Untuk mengetahui performansi sistem chiller 401 dengan kapasitas 2000 TR, dimana lokasi ruang chiller di lantai lower ground dan lokasi cooling tower di dak atap lantai 3, data yang diolah adalah per hari selama satu bulan di bulan September 2019 dan dilengkapi dengan contoh perhitungan data performansi per dua jam selama 1 hari sistem chiller2000 TR dari jam 08.00 WIB pagi hingga 20.00 WIB. Adapun titik – titik pengukuran sebagai berikut :



Gambar 10. Titik pengukuran chiller tipe water cooled

Performansi Chiller

Sebelum menghitung performansi *chiller* perlu diketahui terlebih dahulu kapasitas pendingin (Q_c), berikut adalah rumus perhitungan untuk menentukan kapasitas pendingin (Q_c) :

$$Q_c = \rho \dot{V} c_p \Delta T_{ch}$$

Dimana :

$$\rho = \text{Water Density (kg/m}^3\text{)}$$

$$\dot{V} = \text{Water Flow Rate (m}^3\text{/s)}$$

$$c_p = \text{Specific heat (kJ/kg.K)}$$

ΔT_{ch} = Beda temperatur air inlet dan outlet evaporator

Performansi kinerja *chiller* dihitung berdasarkan *Cooling Capacity* (kW), COP (*Coefficient of Performance*), konsumsi daya (kW), panas yang dibuang dikondensor dan faktor-faktor yang mempengaruhi performansi dari *chiller* tersebut, adapun rumus perhitungan COP yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$COP = \frac{Q_c}{W_{in}}$$

Dimana:

Q_c = Kapasitas Pendingin

W_{in} = Kerja Kompresi

Jadi data yang diambil dalam satu hari dimana pengukuran untuk data tersebut dilakukan setiap dua jam sekali dari jam 08.00 WIB sampai dengan jam 22.00 WIB, karena metode analisa yang digunakan adalah *base maintenance* untuk mendapatkan hasil COP maka data yang digunakan adalah data yang diambil dari *maintenance* mesin *chiller* yang sedang beroperasi, yang kemudian dibandingkan pada katalog spesifikasi *chiller* Kapasitas 2000 TR brand York di *Central Park Mall* Jakarta Barat yaitu untuk *full load* 0.5778 kW untuk mengetahui *full load* sendiri adalah dari kapasitas *chiller* dikalikan dengan konversi BTU (12.000) dan COP 6,08, dimana COP didapat dari kapasitas pendingin dibagi daya input, dari perbandingan tersebut dapat dilihat *life time coefficient performance* dari *chiller* 401 tipe *water cooled* yang ada di *central park mall* jakarta barat.

PEMBAHASAN DAN HASIL

Perhitungan Performansi Chiller

Performansi Kinerja *chiller* yang dihitung berdasarkan *Cooling Capacity* (kW), COP (*Coefficient of Performance*), konsumsi daya (kW), panas yang dibuang dikondensor dan faktor-faktor yang mempengaruhi performansi

dari *chiller* tersebut, dan sebelum ke perhitungan performansi *chiller* perlu diketahui terlebih dahulu kapasitas pendingin (Q_c) pada tanggal 01 september 2019:

Diketahui:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 0,266 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$C_p = 4,2 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\Delta T_{ch} = 4,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} Q_c &= \rho \times v \times c_p \times \Delta T_{ch} \\ &= 1000 \times 0,266 \times 4,18 \times 4,4 \\ &= 4900 \text{ kW} \end{aligned}$$

Adapun perhitungan COP Evaporator yang digunakan yaitu pada tanggal 01 September 2019 adalah sebagai berikut:

$$Q_c = 4900 \text{ kW}$$

$$W_{in} = 961 \text{ kW}$$

Ditanya : COP ?

Penyelesaian :

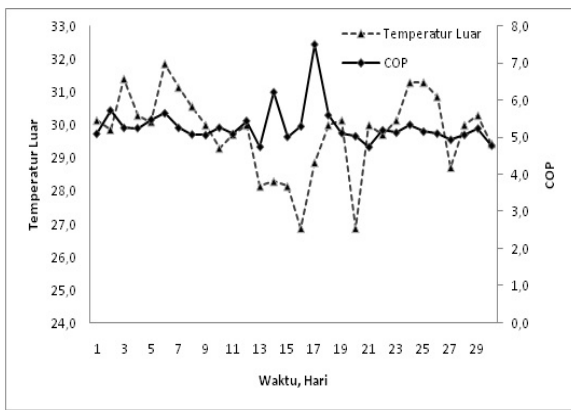
$$COP = \frac{Q_c}{W_{in}}$$

$$COP = \frac{4900}{961}$$

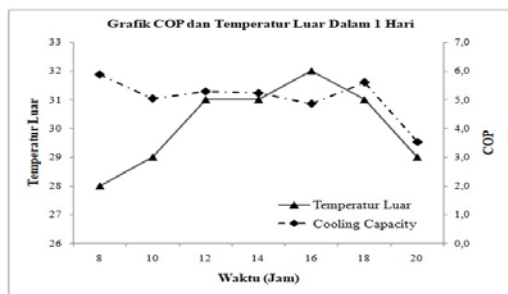
$$COP = 5,1$$

Setelah melakukan perhitungan diatas, hasil yang didapat dalam satu bulan di *input* ke dalam grafik seperti pada Gambar 11.

Dari Gambar 11 terlihat COP Evaporator *chiller* 401 terlihat beberapa titik COP yang naik dan turun, ketidak stabilan ini disebabkan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi COP Evaporator salah satunya adalah *ambient* temperatur, selain itu beban didalam ruangan dan *approach* temperatur juga ber-pengaruh terhadap performansi sistem tersebut. Dan dari Gambar 11 rata-rata temperatur *ambient* yang didapat adalah 30,1 $^\circ\text{C}$ dengan rata-rata COP Evaporator *chiller* 401 sebesar 5,1 dengan *load faktor* 87,7 % dan dari hasil rata-rata tersebut menandakan bahwa *chiller* cenderung bekerja dibawah standar COP dari sistem tersebut yang nilainya 6,08. Adapun contoh COP per dua jam selama 1 hari dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 11. Grafik COP *chiller* dan Temperatur Luar



Gambar 12. Grafik COP *chiller* dan Temperatur Luar Dalam 1 Hari

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa COP *chiller* berkisar 3,5 - 5,9 adanya *fluktuasi* pada Gambar 12 dikarenakan saat pukul 08.00 *chiller* baru beroperasi sehingga *chiller* bekerja lebih berat untuk mengkondisikan udara gedung tersebut dan saat temperatur gedung tersebut mulai turun pada pukul 12.00 COP naik, dan saat pukul 16.00 COP turun dikarenakan temperatur udara luar mulai naik hingga 32°C sehingga *chiller* perlu bekerja lebih berat guna mencapai temperatur yang diinginkan didalam ruangan dan selanjutnya COP *chiller* mulai naik dan stabil hingga pukul 18.00. COP *chiller* mulai turun lagi pada pukul 20.00 dikarenakan beban didalam ruangan mulai meningkat. Dan rata-rata COP yang didapat selama sehari adalah 5,1 dengan rata-rata temperatur udara luar adalah 29,4°C dengan *load factor* 87,57 %.

Adapun perhitungan *cooling capacity* yang digunakan pada tanggal 01 September 2019, Contohnya adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad v = 0,266 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$c_p = 4,18 \text{ kJ/kg.K} \quad \Delta T_{ch} = 4,4^\circ\text{C}$$

Ditanya : Q_c ?

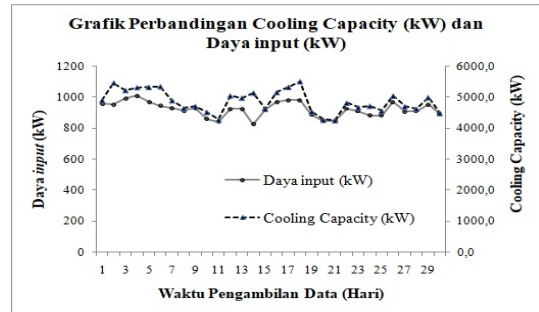
Perhitungan :

$$Q_c = \rho \times v \times c_p \times \Delta T_{ch}$$

$$Q_c = 1000 \times 0,266 \times 4,18 \times 4,4^\circ\text{C}$$

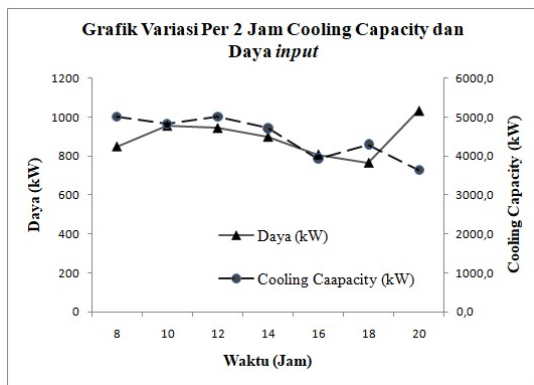
$$Q_c = 4900 \text{ kW}$$

Jadi untuk kapasitas pendingin pada tanggal 01 September 2019 adalah 4900 kW, dimana terlihat kapasitas pendingin ini sudah mulai naik dalam penggunaan daya input, yang seharusnya pada katalog spesifikasi *chiller* adalah 3300 kW yaitu pada tahun 2009 yaitu pada saat pertama kali *chiller* beroperasi, Berikut grafik pada Gambar 13 yang sudah di *input* dari perhitungan *cooling capacity* (kW) dan daya *input* (kW).



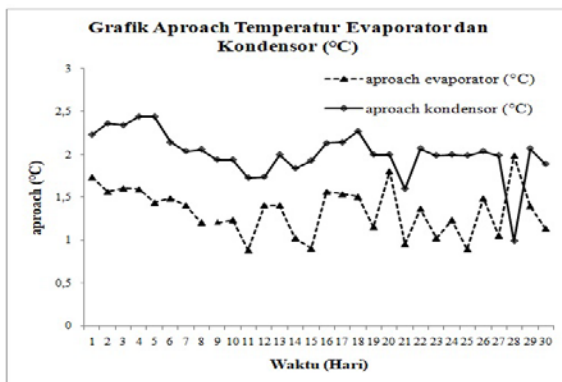
Gambar 13. Grafik Perbandingan *Cooling Capacity* dan Daya *input*

Di beberapa titik terjadi fluktuasi (ketidak tetapan) yang terjadi pada parameter kinerja adalah merupakan akibat dari perubahan temperatur udara luar, *approach* (pendekatan) temperatur dan beban dari ruangan yang dikondisikan. Dan terlihat juga saat *cooling capacity* meningkat daya input juga ikut meningkat dan juga sistem beroperasi lebih berat saat awal dan akhir bulan, ini di sebabkan karena gedung yang dikondisikan adalah sebuah mall yang biasanya pada awal dan akhir bulan kondisi mall lebih ramai dari biasanya. Namun dilihat dari Gambar 13 grafik perbandingan antara kapasitas pendingin dengan daya input pada tanggal 4,8,15,20 dan 26 terjadi fluktuasi yaitu daya input hampir sama besarnya dengan kapasitas pendingin, yang seharusnya saat kapasitas pendingin turun daya input juga harus turun, Adapun contoh perbandingan *cooling capacity* dengan daya input perjam selama 1 hari pada tanggal 30 september 2019 dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Variasi Per 2 Jam Cooling Capacity dan Daya input

Dari Gambar 14. dapat dilihat bahwa *cooling capacity chiller* diawal berada pada titik yang tinggi, ini disebabkan karena saat itu *chiller* baru saja beroperasi sehingga temperatur air yang masuk ke evaporator menjadi meningkat untuk mencapai temperatur yang diinginkan, dan Kondensor dalam grafik dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Approach (°C) Evaporator dan Kondensor

Dan salah satu faktor yang mempengaruhi *cooling capacity* yaitu *approach* temperatur evaporator dan kondensor, dari Gambar 15 dapat dilihat bahwa evaporator *chiller* dapat beroperasi dengan temperatur *approach* yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pipa evaporator bersih, ini juga dikarenakan kualitas air yang bagus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Dan dengan mempertahankan temperatur *approach* serendah mungkin (di bawah 1°C), Evaporator dapat beroperasi pada temperatur evaporasi yang lebih rendah dan tentu saja akan meningkatkan *cooling capacity* dan akan meningkatkan perpindahan panas antara refrigeran dan air pendingin.

Namun sebaliknya dengan evaporator, *approach* temperatur dikondensor tidak stabil ini berarti dapat diperkirakan bahwa *tube* pada

kondensor kotor karena kualitas air yang buruk sehingga *approach* temperatur tidak stabil, cepat naik sehingga proses perpindahan panas dari refrigeran ke air menurun. Maka untuk pembersihan kerak pada *tube* kondensor perlu dilakukannya *descaling* pada kondensor *chiller* 401 yang pada umumnya *descaling* sebanyak satu sampai dua kali dalam satu tahun, apabila pada kondensor atau evaporator lebih dari dua kali dalam satu tahun dilakukannya *descaling* maka pada kondisi ini sangat tidak baik karena semakin sering sistem *descaling* ditakutkan *tube* dalam *shell* akan terkikis dan mengakibatkan kebocoran pada *tube* tersebut.

Tabel 2. Kualitas Air

Parameter	Maximum Condition	Cooling Water	Chill Water	Unit
Total Dissolved (TDS)	700	1646	449	ppm
Conductivity	1000	3297	880	µ/cm
pH	6 - 9	8,7	8	pH

Kualitas air dari sistem *cooling water* (air pendingin) juga dapat mempengaruhi kinerja sistem *chiller*. Misalnya kesadahan dan alkali air yang tinggi dapat membentuk kerak (*scale*) garam pada permukaan *tube* kondensor sehingga mengakibatkan meningkatkannya tahanan panas atau *approach* temperatur dari pipa kondensor dan menghambat perpindahan panas dari refrigeran ke air pendingin. Sebagai akibatnya dapat menurunkan kapasitas pembuangan panas dari kondensor, begitu juga dengan *chiller* di *Central Park Mall* Jakarta Barat, seperti dilihat pada Gambar 15, *approach* temperatur tidak stabil ini mungkin disebabkan karena air yang digunakan untuk *cooling water* adalah air yang berasal dari pengolahan limbah STP maka dari itu diambil *sample cooling water* dan *chill water* untuk diuji menggunakan TDS meter dan pH meter dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 2, dan dapat disimpulkan bahwa kualitas air pendingin pada kondensor sangat buruk dimana kualitas airnya masih jauh dari standar yang ditetapkan sehingga menyebabkan *approach* temperatur tidak stabil dan untuk kualitas *chill water* di evaporator sudah sangat baik ini dibuktikan juga dengan *approach* temperatur yang rendah.

Adapun perhitungan *Qair* yang digunakan yaitu pada tanggal 30 September 2019, contohnya adalah sebagai berikut :

Diketahui:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad v = 0,363 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$c_p = 4,18 \text{ kJ/kg.K} \quad \Delta T_{ch} = 1,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ditanya : Q_{air} ?

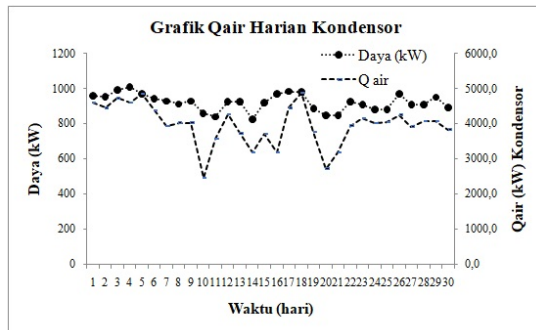
Perhitungan :

$$Q_{air} = \rho \times v \times c_p \times \Delta T_{ch}$$

$$Q_{air} = 1000 \times 0,363 \times 4,18 \times 1,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

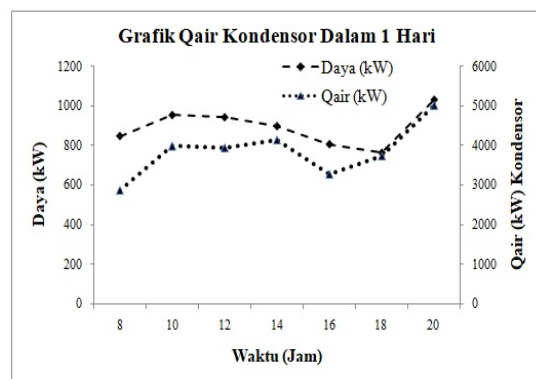
$$Q_{air} = 2882 \text{ kW}$$

Hasil yang didapat selama satu bulan diinput kedalam grafik seperti Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Qair Kondensor

Dan untuk panas yang diserap oleh air dikondensor tidak stabil pada titik tanggal 17 yang naik dan turun pada tanggal 18 atau fluktuatif secara signifikan ini dikarenakan beberapa faktor yaitu beban yang dikondisikan, temperatur udara luar dan tube di kondensor kotor yang dapat dilihat pada Gambar 16. Adapun contoh perbandingan Q_{air} chiller dengan daya selama 1 hari pada tanggal 30 September 2019 dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Qair Kondensor Dalam Satu Hari

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa panas yang dibuang kondensor pada chiller401 relatif stabil, namun terdapat beberapa titik terjadi kenaikan dan penurunan yang signifikan. Kenaikan pada pukul 10.00 ini dikarenakan sistem chiller berada pada temperatur yang naik dan beban didalam ruangan lebih berat sehingga ini dapat

mempengaruhi performansi sistem dimana temperatur air yang balik ke evaporator akan naik dan begitu juga dengan temperatur refrigeran yang masuk kondensor akan ikut naik maka dari itu pada jam tersebut air lebih banyak mengambil panas dari refrigeran begitu juga dengan hal yang terjadi pada pukul 18.00. Dan dari Gambar 17 dapat dilihat bahwa pembuangan panas di chiller 401 lebih besar.

Efek Pemanasan Global Akibat Emisi CO₂

Pada suatu mall energi listrik pasti sangat banyak digunakan dan untuk emisi CO₂ di Central Park Mall Jakarta Barat sendiri khususnya pada energi listrik yang digunakan berpengaruh pada performansi chiller tersebut terhadap emisi CO₂ yang dihasilkan, selain itu emisi CO₂ juga dapat berpengaruh pada pemanasan global dimana semakin banyak CO₂ yang dihasilkan akan dapat berdampak buruk terhadap lingkungan. Maka dari itu harus diukur, dikontrol, dan dihitung, adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Bey = E_{gfacility.y} \times GWP \quad (2.5)$$

Dimana:

Bey = Baseline Emisi CO₂

E_{gfacility.y} = Besar Energi Listrik

GWP = global warming potensial yang dihasilkan oleh listrik di Indonesia (0,715 kg.CO₂)

Sebagai contoh perhitungan emisi CO₂ yang digunakan yaitu pada bulan September 2019 pada tanggal 30 September 2019 contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Penggunaan energy} = 894,1 \text{ kWh}$$

$$\text{GWP} = \text{global warming potensial yang dihasilkan oleh listrik di Indonesia (0,715 kg.CO}_2\text{)}$$

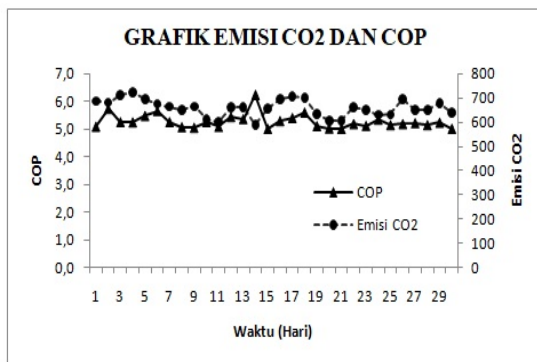
Ditanya : Emisi CO₂ ?

Penyelesaian :

$$\text{Emisi CO}_2 = 894,1 \text{ kWh} \times 0,715 \text{ kg.CO}_2$$

$$= 639,3 \text{ kg.CO}_2$$

Setelah melakukan perhitungan diatas, hasil yang didapat selama satu bulan dan diinput kedalam grafik seperti Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Emisi CO₂ dan COP

Dari Gambar 18 dapat dilihat bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan oleh energi listrik yang digunakan *chiller* di Central Park Mall Jakarta Barat relatif stabil adapun fluktuasi yang terjadi pada tanggal 3,4,14 dan tanggal 26 yang disebabkan karena penggunaan energi listrik oleh *chiller*, adapun rata-rata emisi CO₂ selama satu bulan adalah sebesar 659,6 kg. CO₂ dan rata-rata COP adalah sebesar 5,3. Dan COP juga dapat mempengaruhi emisi CO₂ dimana dapat dilihat pada Gambar 18 dimana saat COP tinggi emisi CO₂ dari sistem *chiller* cenderung menurun dan saat COP rendah emisi CO₂ dari sistem *chiller* relatif tinggi ini membuktikan bahwa *chiller* dengan COP tinggi bukan hanya dapat mengefisiensi energi namun juga dapat mengurangi emisi CO₂ dan menurunkan kemungkinan terjadinya efek rumah kaca atau pemanasan global yang disebabkan oleh emisi CO₂.

Hasil Analisa

Pada grafik Bab pembahasan dibuat berdasarkan gambar tabel perhitungan data dari *base maintenance*, dimana pada perhitungannya terdapat perhitungan mulai dari GPM, temperatur, dan daya pada *chiller* 401, agar hasil pembahasan tidak meluas maka dapat disimpulkan hasil dari rumusan masalah yang sudah dibahas, diantaranya yaitu:

1. Performansi dari tipe *water cooled chiller centrifugal* di Central Park Mall Jakarta Barat dengan kapasitas 2000 TR yang dihitung berdasarkan *Coefficient Of Performance* (COP), di dapat hasilnya bahwa COP evaporator *chiller* 401 adalah 5,3 dalam satu bulan, dimana pada COP evaporator spesifikasi pabrik sebesar 6,08 yang artinya COP hanya turun sebesar 0,78, COP ini menunjukkan daya kapasitas pendinginan yang lebih rendah dari spesifikasi pabriknya.

2. Pengaruh performansi *chiller* terhadap efek pemanasan global Emisi CO₂ yang ditimbulkan rata-ratanya adalah 659,6 kg dengan rata-rata COP adalah 5,3. dimana dapat dilihat pada Gambar 18 saat COP tinggi emisi CO₂ dari sistem *chiller* cenderung menurun dan saat COP rendah emisi CO₂ dari sistem *chiller* relatif tinggi, walaupun di tanggal atau hari tertentu terjadi fluktuatif yang disebabkan karena konsumsi energi yang tidak stabil, yang bisa disebabkan oleh performansi *chiller* yang tidak terkondisikan dengan baik, seperti kurangnya pengecekan maintenance pada *chiller* sehingga kinerja *chiller* tidak maksimal dan mengkonsumsi daya semakin tinggi.

Gambar 19 yang merupakan hasil perhitungan analisa *chiller* 401 yang sudah diselesaikan berdasarkan data *base maintenance*.

PENUTUP

Kesimpulan

Pengujian sistem *chiller* telah dilaksanakan untuk menilai performansi dan efek pemanasan global dari sistem *chiller* Gedung Central Park Mall Jakarta Barat. Proses Pengujian ini dilakukan secara langsung mengobservasi sistem *chiller* pada saat beroperasi, mengukur dan mencatat parameter kinerja dan dilengkapi dengan parameter yang dicatat oleh staf teknisi di Central Park Mall Jakarta Barat, selanjutnya memproses data, menganalisis sistem *chiller* dan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada *chiller* tersebut. Hasilnya bahwa *chiller* 401 bekerja dengan COP yang bagus dimana tidak terjadi perubahan yang cukup signifikan, dimana rata-rata COP yang didapat untuk *chiller* 401 adalah 5,3 dalam satu bulan, pada COP spesifikasi pabrik sebesar 6,08 yang artinya COP hanya turun sebesar 0,78, COP ini menunjukkan daya kapasitas pendinginan yang lebih rendah dari spesifikasi pabriknya.

Selain performansi, efek pemanasan global yang disebabkan oleh emisi CO₂ yang dihasilkan oleh penggunaan energi listrik *chiller* di Central Park Mall Jakarta Barat relatif stabil hanya saja akan terjadi fluktuasi saat ada *event-event* di Mall Central Park, selain itu diketahui juga bahwa COP juga mempengaruhi emisi CO₂ dimana dapat disimpulkan bahwa saat COP tinggi emisi CO₂ dari sistem *chiller* cenderung menurun dan saat COP rendah emisi CO₂ dari sistem *chiller*

relatif tinggi ini membuktikan bahwa *chiller* dengan COP tinggi bukan hanya dapat mengefisiensi energi.

Gambar 19. Data Perhitungan Performansi *Chiller* 401 & Emisi CO₂ Tahun 2019

Data Chiller September 2019													
Tgl	Flow air kond (GPM)	Flow air exap (GPM)	T in	T out	Delta Tch	T in	T out	Delta Tcv	Evaporator Qc	COP	Kondensor Qair	Emisi CO2	
			Evaporator (C)			Kondensor (C)							
1	6107,43	4210,29	12,2	7,8	4,4	30,6	33,5	2,9	49006	5,1	45998	4,8	687,1
2	6208,00	4656,00	11,4	7,0	4,5	30,5	33,2	2,7	54562	5,7	44467	4,7	681,3
3	6189,71	4546,29	11,3	6,9	4,4	30,4	33,3	2,9	52199	5,3	47270	4,8	709,6
4	6281,14	4710,86	11,8	7,6	4,3	30,6	33,4	2,8	53096	5,3	45983	4,6	722,9
5	6070,86	4518,86	11,1	6,6	4,5	30,2	33,2	3,0	53193	5,6	48441	5,0	694,2
6	6080,00	4560,00	11,1	6,7	4,5	30,2	32,9	2,7	53437	5,7	43870	4,6	676,0
7	5760,00	4320,00	11,1	6,8	4,3	29,7	32,3	2,6	48918	5,3	39438	4,2	666,0
8	5732,57	4299,43	10,8	6,7	4,1	29,7	32,3	2,7	46421	5,1	40307	4,4	663,2
9	5732,57	4299,43	10,8	6,6	4,2	29,7	32,3	2,7	47100	5,1	40307	4,3	666,3
10	5458,29	4086,86	10,8	6,6	4,2	28,5	30,3	1,7	45202	5,3	24723	2,9	614,1
11	5430,86	4073,14	10,6	6,6	4,0	28,7	31,2	2,5	42798	5,1	35754	4,3	601,2
12	5860,57	4395,43	11,2	6,8	4,4	29,9	32,6	2,8	50467	5,4	42750	4,6	662,7
13	5110,86	3833,14	11,8	6,8	4,9	29,9	32,6	2,8	49764	5,4	37281	4,0	662,7
14	5248,00	3936,00	11,7	6,7	5,0	28,9	31,2	2,3	51411	6,2	31924	3,9	690,8
15	5650,29	4237,71	10,8	6,7	4,1	30,0	32,5	2,5	46201	5,0	37199	4,0	668,1
16	6171,43	4628,57	11,3	7,0	4,2	30,0	33,7	3,7	51559	6,3	60132	6,2	696,7
17	6162,29	4621,71	10,4	6,0	4,4	30,8	33,5	2,7	53220	5,4	44464	4,6	704,0
18	6272,00	4704,00	11,6	7,2	4,4	30,9	33,8	3,0	55001	5,6	48724	5,0	702,1
19	5760,00	4320,00	10,7	6,7	4,0	30,4	32,9	2,5	45391	5,1	37769	4,3	634,1
20	4128,00	4128,00	10,6	6,7	3,9	29,3	31,8	2,5	42722	5,0	27285	3,2	606,7
21	5129,14	3846,86	10,9	6,7	4,2	28,8	31,2	2,4	42547	5,0	31877	3,8	606,4
22	5833,14	4374,86	10,9	6,7	4,2	30,1	32,6	2,6	48157	5,2	39478	4,3	663,1
23	5805,71	4354,29	10,7	6,7	4,1	30,4	33,1	2,7	46669	5,1	41585	4,6	660,7
24	5677,71	4258,29	11,1	6,9	4,2	29,3	32,0	2,7	47210	5,3	40220	4,6	631,9
25	5632,00	4224,00	10,8	6,7	4,1	30,1	32,8	2,7	45606	5,2	40489	4,6	632,4
26	5979,43	4484,57	11,0	6,7	4,3	30,9	33,6	2,7	50427	5,2	42515	4,4	694,7
27	5677,71	4258,29	10,9	6,7	4,2	30,0	32,6	2,6	47434	5,2	39173	4,3	649,5
28	5641,14	4230,86	10,9	6,7	4,2	30,0	32,7	2,7	47017	5,2	40704	4,6	662,0
29	5824,00	4368,00	11,0	6,7	4,3	30,7	33,3	2,7	49922	5,2	40796	4,3	680,9
30	5604,57	4060,57	10,9	6,7	4,2	28,6	31,2	2,6	44911	5,0	38374	4,3	639,3
31													
Rata Rata	5740,6	4318,2	11,0	6,8	4,3	29,9	32,6	2,7	48719	5,3	40643	4,4	669,6

Saran

Berdasarkan hasil pengujian, perhitungan dan observasi penulis dapat menyarankan beberapa hal yaitu dalam rangka meningkatkan performansi dari sistem *chiller* di *Central Park Mall* Jakarta Barat penulis menyarankan untuk dilakukan perawatan yang rutin seperti membersihkan lumut pada *cooling tower*, mengganti air *cooling water* dikondensor menggunakan kualitas air yang lebih baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan karena dengan mengganti air dengan kualitas air yang sesuai standar dapat memperlambat tumbuhnya kerak pada *tube* di kondensor sehingga proses perpindahan panas dari refrigeran ke air dapat berlangsung secara maksimal sehingga performansi dari sistem pun dapat meningkat dan hal ini pun adalah salah satu langkah untuk dapat mengefisiensi energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardita I. N. *Job sheet industri dan komersial*. Program Studi D3 Teknik Pendingin dan Tata Udara Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Vol. 16, no. 2, Juli 2016
- [2] ASHRAE. *Cooling and Heating Load Calculation Manual*. Pittsburgh, Pennsylvania. Volume George Reeves, no. F28, Agustus 2001
- [3] CIBSE Guide A, *Eviromental Design*. London: CIBSE. Vol.7 ,no. 10, Januari 2006
- [4] SNI 03-6572-2001, *Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*, Jakarta, Indonesia.no 4, Maret 2001
- [5] I Wayan Asmara, *Pengembangan Sistem AC Water Cooled Chiller dengan Sistem Heat Recovery*. Vol. 2, no. 2, Februari 2016.
- [6] IPCC-Special Report. *Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System*. UN-Intergovernmental Panel on Climate Change. Online. Internet. Available, Vol. 11, no. 4, November 2005 at: http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_med ia/SROC-final/SpecialReportSROC.html (Accessed 12/08/2007).
- [7] I Nyoman Suamir dan I Made Sumantra. *Sistem Refrigirasi dan Pengkondisian Udara*. Vol. 2, no. 1, Juni 2016
- [8] *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*, Vol. 2, no. 8, Juni 2015, www.eneryefficiencyasia.org
- [9] Sain Jurnal. *Penyebab dan Dampak Pemanasan Global*, Vol. 4, no. ,19, Maret 2005 <http://www.sainsjurnal.com/sains/pe manasan-global>.
- [10] *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Udayana* Vol. 4 No.1. April 2010 (43-50) (7)

- [11] Jurnal Optimasi Sistem Industri Vol 11.
No. 2: Desember 2018. ISSN1693-2102.
<http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi>