

**ANALISA PENGARUH *CLEANING* TUBING KONDENSOR TERHADAP
KINERJA *CHILLER* I DI BANDAR UDARA SULTAN MAHMUD
BADARUDDIN II PALEMBANG**

KGS. M. Ismail⁽¹⁾, Siddiq Sukma Wardana⁽²⁾, Salsa Cheisa Pratiwi⁽³⁾

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

e-mail: ¹kgs.ismail@ppicurug.ac.id, ²siddiqsukma@gmail.com, ³
salsacheisap16@gmail.com

Received :
06 Desember 2024

Revised :
14 Desember 2024

Accepted :
25 Desember 2024

Abstrak: *Chiller* merupakan salah satu peralatan dalam *Air Conditioning System* yang berfungsi sebagai alat pertukaran kalor. Di bandar udara, *Chiller* berfungsi sebagai alat pertukaran kalor yang nantinya akan di distribusikan pada daerah terminal bandara. Salah satu komponen utama pada *chiller* yaitu kondensor. Kondensor merupakan suatu alat penukar kalor dalam suatu siklus refrigerasi. Seiring berjalannya waktu performa dari suatu alat penukar kalor biasanya akan menurun karena adanya penumpukan endapan / *fouling* pada permukaan perpindahan panas. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performa dari suatu *Chiller* yaitu dengan melakukan proses pembersihan pada bagian yang melakukan pertukaran panas atau *cleaning* pada tubing kondensor. Maka dari itu, sangat penting diperlukan sebuah Analisa Pengaruh *Cleaning* Tubing Kondensor Terhadap Kinerja *Chiller* di Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang. Analisa ini dilakukan pada *Chiller* merk Carrier dengan model 19XR-4647836CLH52 yang berkapasitas 350 TR. Diharapkan pada jurnal ini akan mendapatkan perbedaan efektivitas kinerja *Chiller* pada keadaan sebelum dan setelah dilakukan *cleaning* pada tubing kondensornya.

Kata Kunci: *Chiller, Condenser, Fouling, Tubing*

Abstract: *Chiller* is one of the equipment in *Air Conditioning System* that functions as a heat exchanger. At the airport, *Chiller* functions as a heat exchanger that will later be distributed in the airport terminal area. One of the main components of the *chiller* is the condenser. The condenser is a heat exchanger in a refrigeration cycle. Over time, the performance of a heat exchanger will usually decrease due to deposits/fouling on the heat transfer surface. One way that can be done to improve the performance of a *Chiller* is by cleaning the part that performs heat exchange or cleaning the condenser tubing. Therefore, it is very important to need an

Analysis of the Effect of Cleaning Condenser Tubing on Chiller Performance at Sultan Mahmud Badaruddin II Airport, Palembang. This analysis was carried out on a Carrier brand Chiller with a model of 19XR-4647836CLH52 with a capacity of 350 TR. It is estimated that this journal will find a difference in the effectiveness of Chiller performance before and after cleaning the condenser tubing.

Keyword: Chiller, Condenser, Fouling, Tubing

Pendahuluan

Refrigerasi adalah suatu proses perpindahan panas dari suatu materi baik yang berbentuk padat, cairan maupun sebuah gas. Memindahkan panas dari suatu materi bisa diartikan mendinginkannya atau mengurangi temperaturnya (Pranoto et al., 2023). Mesin *water cooled chiller* adalah salah satu jenis mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan media yang perlu didinginkan, yang berupa fluida cair di bagian *evaporator*, lalu fluida cair yang dingin tersebut dialirkan menuju AHU (*Air Handling Unit*) dan FCU (*Fan Coil Unit*) setelah itu di suplai ke produksi. (Nathan & Scobell, 2012).

Salah satu komponen utama pada mesin *watercooled chiller* adalah kondensor. Kondensor berfungsi untuk memindahkan panas dari sistem refrigerasi ke media pendingin yang digunakan. Selanjutnya panas yang dihasilkan kondensor, kemudian diserap oleh media yang digunakan seperti air, sehingga menyebabkan uap refrigerant mengembun menjadi cair (Rindika & Saputra, 2020). Nilai COP yang bagus dipengaruhi dengan temperatur refrigerant. Semakin rendah temperatur refrigerant di kondensor maka nilai COP yang dihasilkan akan semakin bagus. Perbedaan selisih suhu

rata-rata antara temperatur masuk dan keluar dari uap refrigerant serta cooling tower dan kondisi tekanan kondensor mempengaruhi laju perpindahan panas pada kondensor. (Arnas et al., 2023)

Seiring berjalannya waktu, performa dari suatu alat penukar kalor atau *chiller* akan menurun karena adanya penumpukan endapan pada permukaan yang melakukan perpindahan panas. Kondisi tekanan kondensor serta perbedaan selisih suhu rata-rata antara temperatur masuk dan keluar dari refrigeran maupun *cooling tower* akan mempengaruhi laju perpindahan panas pada kondensor (Akbari et al., 2021).

Melakukan pembersihan atau *cleaning* pada bagian yang melakukan pertukaran panas adalah salah satu cara yang tepat dilakukan untuk meningkatkan performa dari suatu alat penukar kalor (et al., 2019). Pada jenis mesin refrigerasi lainnya yang berjenis *Air Conditioner (AC)*, (Pranoto et al., 2023) menyatakan COP sistem akan meningkat disebabkan oleh kenaikan putaran kipas kondensor. Untuk meningkatkan kinerja dari kondensor dan evaporator pada *AC split wall* dengan refrigeran R22 perlu dilakukan pembersihan sirip-sirip pada kondensor dan evaporatornya (Zayadi et al.,

ANALISA PENGARUH *CLEANING* TUBING KONDENSOR TERHADAP KINERJA *CHILLER* I DI BANDAR UDARA SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG

2021). Tentunya hal ini juga berlaku pada sistem refrigerasi, pendinginan ruangan yang cepat didapat dengan laju aliran yang sangat tinggi, karena fluida pendingin untuk menukar panas ruang dipengaruhi oleh kecepatan tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa dari suatu sistem refrigerasi mesin *watercooled chiller* setelah dilakukan *cleaning* tubing kondensor. Dengan membandingkan performa mesin pada tiga keadaan berbeda, yaitu sebelum terjadi *fouling*, saat terjadi *fouling*, dan setelah dilakukan *cleaning* tubing kondensor. Dalam penelitian ini, fluida yang digunakan oleh mesin *watercooled chiller* adalah R134a.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. penelitian kuantitatif mengacu pada jumlah dan ukuran. Dalam memaknai hasil, penelitian kuantitatif mencoba mengurai keluasan hasil studi dan menggeneralisasi sebagai kebenaran atau fakta empiris secara umum.

Data yang diperlukan untuk mencari nilai efisiensi mesin *chiller* adalah spesifikasi mesin *chiller* yang akan diamati. Cara untuk memperoleh data tersebut adalah dengan mengamati *name plate* yang terdapat pada *body* mesin *chiller* yang diamati. Berikut adalah data spesifikasi mesin *chiller* yang dicantumkan pada Tabel 1. :

Tabel 5. Spesifikasi *Chiller*

NO	SPESIFIKASI	
1	<i>Merk</i>	<i>Carrier</i>
2	Seri	3904Q69952
3	Model	19XR-4647836CLH52
4	Refrigerant	R-134A
5	Kapasitas	350 TR
6	Tipe Kompresor	Sentrifugal
7	Kapasitas Pendingin	1230,6 KW
8.	Tahun Aktif	2004

Pada Tabel 2. merupakan hasil data pengamatan keadaan pertama yaitu sebelum terjadinya *fouling* pada mesin *chiller* tanggal 15 September 2023.

Tabel 6. Data Kinerja *Chiller* Sebelum Adanya *Fouling*

No	Data	Sebelum Ada <i>Fouling</i>	
1	Tekanan <i>Suction</i>	40 psi	2,76 bar
2	Tekanan <i>Discharge</i>	142 psi	9,79 bar
3	Temp. Masuk Evaporator	55°F	13°C
4	Temp. Keluar Evaporator	48,2°F	9°C
5	Temp. Masuk Kondensor	89,6°F	32°C
6	Temp. Keluar Kondensor	96,8°F	36°C
7	Temp. Masuk Kompresor	57,2°F	14°C
8	Temp. Keluar Kompresor	98,6°F	37°C
9	Temp. Masuk Katup Ekspansi	76,1°F	24,5°C

Setelah mengetahui nilai kinerja mesin *chiller* maka didapatkan hasil dari plot diagram Mollier nilai *enthalpy* yaitu :

- a. H1 (*enthalpy* masuk kompresor/keluar kompresor) : 415 Kj/Kg
- b. H2 (*enthalpy* keluar kompresor/masuk kondensor) : 445 Kj/Kg
- c. H3 (*enthalpy* keluar kondensor/masuk ekspansi) : 227 Kj/Kg
- d. H4 (*enthalpy* keluar

expansi/masuk evaporator) :
 227 Kj/Kg

$$Wk = 6,54 \text{ kg/s} (218 \text{ J/kg})$$

$$Wk = 1.425,7 \text{ Kj/s}$$

Setelah didapatkan nilai *enthalpy* maka selanjutnya akan mencari nilai laju aliran, kerja kompresor, daya evaporator, daya kondensor, COP dan PF. Menurut (Nathan & Scobell, 2012) cara mencari nilai laju aliran, kerja kompresor, daya evaporator, daya kondensor, COP dan PF adalah sebagai berikut :

5) *Coefficien of Performance* (COP)

$$COP = \frac{Q_e}{W_k} \dots\dots\dots(5)$$

$$COP = \frac{1.229,5 \text{ Kj/s}}{196,2 \text{ KW}}$$

$$COP = 6,26$$

6) *Perfomance Factor* (PF)

$$PF = \frac{Q_k}{W_k}$$

$$PF = \frac{1.425,7 \text{ Kj/s}}{196,2 \text{ KW}}$$

$$PF = 7,2$$

1) Laju aliran massa (mr)

$$Q_{ue} = 1230,6 \text{ KW}$$

$$mr = \frac{Q_{ue}}{h_1 - h_4} \dots\dots\dots(1)$$

$$mr = \frac{1230,6 \text{ KW}}{415 \text{ Kj/kg} - 227 \text{ Kj/kg}}$$

$$mr = \frac{1230,6 \text{ KW}}{188 \text{ Kj/kg}}$$

$$mr = 6,54 \text{ kg/s}$$

2) Kerja Kompresor (Wk)

$$Wk = mr (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(2)$$

$$Wk = 6,54 \text{ kg/s} (445 \text{ Kj/kg} - 415 \text{ Kj/kg})$$

$$Wk = 6,54 \text{ kg/s} (30 \text{ Kj/kg})$$

$$Wk = 196,2 \text{ KW}$$

3) Energi Yang Diserap Evaporator (Qe)

$$Wk = mr (h_1 - h_4) \dots\dots\dots(3)$$

$$Wk = 6,54 \text{ kg/s} (415 \text{ Kj/kg} - 227 \text{ Kj/kg})$$

$$Wk = 6,54 \text{ kg/s} (188 \text{ Kj/kg})$$

$$Wk = 1.229,5 \text{ Kj/s}$$

4) Jumlah Energi Yang Diserap Kondensor (Qk)

$$Wk = mr (h_2 - h_3) \dots\dots\dots(4)$$

$$Wk = 6,54 \text{ kg/s} (445 \text{ Kj/kg} - 227 \text{ Kj/kg})$$

Setelah melakukan perhitungan kinerja mesin *chiller* maka diperoleh hasil pada Tabel 3. :

Tabel 7. Hasil perhitungan Pada Tanggal 15 September 2023

Tanggal	Mr (kg/s)	Wk (KW)	Qe (KJ/s)	Qk (KJ/s)	COP	PF
15/09/2023	6.54	196.2	1.229.5	1.425.7	6.26	7.2

Setelah melakukan perhitungan nilai kinerja mesin *chiller* pada tanggal 15 September 2023 dikeadaan sebelum terjadinya *fouling* di tubing kondensornya. Selanjutnya dilakukan hal yang sama pada keadaan berikutnya, yaitu pada tanggal 23 April 2024 kondisi tubing kondensor dalam keadaan terjadi *fouling* atau pengotoran ditunjukkan pada tabel 2.4 dan hasil perhitungan kinerja mesin *chiller* pada keadaan saat terjadinya *fouling* atau pengotoran ditunjukkan pada Tabel 4. :

ANALISA PENGARUH *CLEANING* TUBING KONDENSOR TERHADAP KINERJA *CHILLER* I DI BANDAR UDARA SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG

Tabel 8. Data Kinerja *Chiller* Saat Terjadi *Fouling*

No	Data	Saat <i>Fouling</i>	
1	Tekanan <i>Suction</i>	45 psi	3,1 bar
2	Tekanan <i>Discharge</i>	150 psi	10,34 bar
3	Temp. Masuk Evaporator	59,72°F	15,4°C
4	Temp. Keluar Evaporator	54,32°F	12°C
5	Temp. Masuk Kondensor	93,2°F	34°C
6	Temp. Keluar Kondensor	99,86°F	37,7°C
7	Temp. Masuk Kompresor	59°F	15°C
8	Temp. Keluar Kompresor	102,2°F	39°C
9	Temp. Masuk Ekspansi	76,64°F	24,8°C

Tabel 9. Hasil perhitungan Pada Tanggal 23 April 2024

Tanggal	Mr (kg/s)	Wk (KW)	Qe (KJ/s)	Qk (KJ/s)	COP	PF
23/04/2024	6,5	214,5	1.215,5	1.430	5,7	6,7

Setelah dilakukan pengamatan pada tanggal 23 April 2024 dikeadaan tubing kondensor terjadi *fouling* atau pengotoran terjadinya penurunan nilai COP serta PF dan peningkatan pada energi yang digunakan kompresor. Setelah dilakukan pengamatan lebih lanjut, kemudian dilakukan *cleaning* atau pembersihan tubing kondensor pada tanggal 18 Mei 2024.

Setelah melakukan *cleaning* pada tubing kondensor. Penulis melakukan pengamatan kembali pada tanggal 19 Juli 2024 dimana tubing kondensor dalam keadaan bersih. Lalu didapat data kinerja *chiller* yang ditunjukkan pada Tabel 6. Dan hasil perhitungan pada tanggal 19 Juli 2024 ditunjukkan pada Tabel 7. :

Tabel 10. Data Kinerja *Chiller* Sesudah *Cleaning* Tubing Kondensor

No	Data	Sesudah <i>Cleaning</i>	
1	Tekanan <i>Suction</i>	38 psi	2,62 bar
2	Tekanan <i>Discharge</i>	136 psi	9,38 bar
3	Temp. Masuk Evaporator	53,24°F	11,8°C
4	Temp. Keluar Evaporator	47,3°F	8,5°C
5	Temp. Masuk Kondensor	90,5°F	32,5°C
6	Temp. Keluar Kondensor	96,44°F	35,8°C
7	Temp. Masuk Kompresor	51,8°F	11°C
8	Temp. Keluar Kompresor	93,2°F	34°C
9	Temp. Masuk Ekspansi	75,2°F	24°C

Tabel 11. Hasil perhitungan Pada Tanggal 19 Juli 2024

Tanggal	Mr (kg/s)	Wk (KW)	Qe (KJ/s)	Qk (KJ/s)	COP	PF
19/07/2024	6,24	180,96	1.191,84	1.372,8	6,5	7,5

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengamatan data kinerja mesin *chiller* dan perhitungan di tiga keadaan berbeda yaitu pada tanggal 15 September 2023, 23 April 2024, dan 19 Juli 2024 maka didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 12. Data Hasil Perhitungan Pada Tiga Keadaan Berbeda

Tanggal	Mr (kg/s)	Wk (KW)	Qe (KJ/s)	Qk (KJ/s)	COP	PF
15/09/2023	6,54	196,2	1.229,5	1.425,7	6,26	7,2
23/04/2024	6,5	214,5	1.215,5	1.430	5,7	6,7
19/07/2024	6,24	180,96	1.191,84	1.272,8	6,5	7,5

Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan, bahwa pada tanggal 15 September 2023 hasil dari COP adalah 6,26 dengan kerja kompresor sebesar 196,2 KW. Pada tanggal 23 April 2024 hasil dari nilai COP adalah 5,7 dengan kerja kompresor sebesar 214,5 KW. Dan pada tanggal 19 Juli hasil dari nilai COP adalah 6,5 dengan kerja kompresor sebesar 180,96.

Hasil dari nilai COP pada tanggal 19 Juli 2024 tinggi dibanding tanggal 15 September 2023 dan pada tanggal 23 April 2023, karena pada tanggal 19 Juli 2024 tubing kondensor pada *chiller* dalam keadaan setelah *dicleaning* dan bersih, sehingga jumlah energi yang diserap kondensor dan kerja kompresornya rendah. Hasil dari *Performance factor* dipengaruhi oleh kerja kompresor dan energi yang diserap kondensor, jika kerja kompresor dan energi yang diserap kondensor rendah maka hasil dari PF akan tinggi.

Ditemukan nilai COP yang menurun signifikan pada keadaan saat terjadinya *fouling* atau pengotoran di tubing kondensornya yaitu 5,7. Dan setelah dilakukan proses pembersihan atau *cleaning* pada tubing kondensornya COP meningkat menjadi 6,5. Menurut Standar *Coefficien of Perfomance* pada *Chiller* menurut SNI 03-6390:2011 untuk *watercooled chiller* berkapasitas >300 TR nilai minimum COP nya 6,05.

Kesimpulan

Kesimpulan analisa yang penulis lakukan adalah Bahwa nilai efisiensi (COP) yang didapat pada mesin *Chiller* 1 Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang dalam tiga keadaan itu berbeda. Keadaan pertama yaitu sebelum terjadinya *fouling* / pengotoran pada tubing kondensor COP bernilai 6,26 , lalu dikeadaan kedua saat terjadinya *fouling* / pengotoran COP bernilai 5,7 , dan dikeadaan ketiga dalam keadaan bersih setelah di *cleaning* COP bernilai 6,5. Dapat dinyatakan keadaan saat

adanya *fouling* / pengotoran pada tubing kondensor sangat berpengaruh pada nilai COP yang terjadi penurunan nilai COP yang cukup signifikan, karena hasil dari termperatur masuk dan keluar evaporator tinggi.

Bahwa *cleaning* pada tubing kondensor cukup mempengaruhi kinerja *chiller* dan membawa perubahan nilai COP yang cukup signifikan. Semakin rendah temperatur refrigeran di evaporator maka nilai COP yang dihasilkan akan semakin bagus. karena efek refrigerasi yang dihasilkan lebih besar dan kerja kompresor yang dibutuhkan lebih rendah.

Hasil dari *performance* faktor pada mesin *chiller* 2 adalah 7,2, 6,7, 7,5. Bahwa nilai *Perfomance factor chiller* dapat dipengaruhi oleh kerja kompresor, energi yang diserap oleh kondensor dan temperatur keluar/masuk pada kondensor.

Semakin rendah temperatur refrigerant di kondensor, maka semakin tinggi juga nilai *performance factor* yang diperoleh.

Daftar Pustaka

- Akbari, R. F., Gaos, Y. S., & Siregar, T. H. (2021). Analisis Kinerja Kondensor Pada Sistem Pendingin Water Chiller Kapasitas 300 Tr. *Almikanika*, 3(4), 1–10. <https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/ALMIKAN IKA/article/view/6891>
- Andini, Y., Margana, A. S., Badarudin, A., & Kunci, K. (2020). Analisis Audit Energi Sistem Tata Udara Pada Chiller , Cooling Tower , dan Air Handling Unit di Gedung Transmart Buah Batu. *ELECTRICIAN - Jurnal Rekayasa*

ANALISA PENGARUH *CLEANING* TUBING KONDENSOR TERHADAP KINERJA *CHILLER* I DI BANDAR UDARA SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG

Dan Teknologi Elektro, 1, 26–27.

019.010.02.11

- Arnas, Y., Novi Mediaswati, C., Shofia Izaty, H., Wahyu, A., Krisdian, S., Ivan Marpaung, R., & Penerbangan Indonesia Curug, P. (2023). Analisa Sistem Kerja Kondensor Terhadap Nilai Set Point Chiller Trane Tipe Cvhg0780. *Jurnal Teknik Mekanikal Bandar Udara*, 1(1), 9.
- Aziz, C., & Firdaus, R. (2018). Pemanfaatan Panas di Pipa Tekanan Tinggi pada Mesin Pendingin (AC). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(1), 15–21. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.01.3>
- Nathan, A. J., & Scobell, A. (2012). Analisis Efisiensi Kerja Chiller Pada Mesin Ekstruder Di Pt. Arteria Daya Mulia Cirebon. *IRWNS Industrial Research Workshop*, 45418(103), 459–464.
- Pranoto, A., Kindi, H. Al, & Pramono, G. E. (2023). Analisis Pengaruh *Cleaning* Tubing Kondensor Terhadap Performa Sistem Refrigerasi Mesin Water Cooled Chiller Kapasitas 650Tr. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(1), 351–362. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i1.1337>
- Pribadi, M. A., Meydiant, E., & Sukardi, S. (2019). Pengaruh Diameter dan Kecepatan Kipas Kondensor terhadap Suhu AC Mobil. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(2), 193–198. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2019.010.02.11>
- Rindika, A., & Saputra, I. (2020). Analisa Performansi Tipe Water Cooled Chiller Centrifugal Kapasitas 2000 Tr Pada Gedung Central Park Mall Jakarta Barat. *Prosiding Snitt Poltekba*, 4(2), 1–15.
- Simangunsong, R., & Gozali, M. S. (2023). Perubahan Nilai Efektivitas Kondenser Sebelum Dan Sesudah Pemeliharaan Unit 2 Di Pltgu Panaran. *Jurnal Rekayasa Energi*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.31884/jre.v2i1.19>
- Yohana, E., Farizki, B., Sinaga, N., Julianto, M. E., & Hartati, I. (2019). Analisis Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Massa Cooling Water Terhadap Efektivitas Kondensor di PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng. *Rotasi*, 21(3), 155. <https://doi.org/10.14710/rotasi.21.3.155-159>
- Zayadi, A., Yoga Utomo, K., Sugiaharto, A., S, W., HP, C., & Madaskala, A. R. (2021). Analisis Sebelum dan Sesudah Dilakukan Proses Pembersihan Terhadap Performa AC Tipe Split Wall Kapasitas 1 1/2 PK. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 6(1). <https://doi.org/10.35894/jtk.v6i1.19>