

ANALISIS KINERJA PENDINGIN SETELAH PROSES PEMBERSIHAN SECARA KIMIA DI PT AJINOMOTO MOJOKERTO

Devi Risma Anggraeni¹, Profiyanti Hermien Suharti¹, Ibadul Wasi'an Nazar²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PT Ajinomoto Indonesia, Jl. Raya Mlirip No.110, Mojokerto, 61352, Indonesia
devirisma22@gmail.com ; [profiyanti@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Pendingin air merupakan salah satu utilitas penting dalam industri proses, karena memiliki peran yang sangat penting dalam setiap aplikasi. Penggunaan pendingin semakin lama tentunya akan membuat kinerja pendingin akan menurun. Ketika kinerja pendingin menurun maka akan membutuhkan energi lebih banyak untuk menghasilkan beban pendingin yang sama. Hal ini terjadi di PT Ajinomoto yang ditandai tekanan dan temperatur pada kondensor naik mendekati batas maksimal yang diharuskan yaitu ≤ 0.9 Mpa dan $\leq 40^{\circ}\text{C}$. Penurunan kinerja pendingin ini terjadi akibat adanya kotoran atau kerak yang menempel dalam kondensor. Untuk mengatasi adanya kerak perlu mengambil tindakan perawatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pendingin sebelum dan setelah perawatan, khususnya dilihat dari nilai COP. Dari permasalahan tersebut telah dilakukan tindakan perawatan dengan pembersihan secara kimia pada alat pendingin di PT Ajinomoto. Hasil didapatkan setelah pembersihan secara kimia adalah tekanan kondensor mengalami penurunan dari rata-rata 0.9 Mpa menjadi 0.7 Mpa, untuk temperatur kondensor dari rata-rata 38.3°C menjadi 35.7°C . Selain itu, untuk *Coefficient of Performance* (COP) naik dari awalnya 4,1 menjadi 7,39. Agar permasalahan ini tidak terjadi kembali perlu dilakukan pengecekan dan pembersihan berkala pada pendingin agar kerak yang menempel pada dinding pipa lebih mudah dibersihkan.

Kata kunci: Pendingin, Pembersihan kimia, Koefisien Kinerja, Temperatur, Tekanan

ABSTRACT

Chiller is one of the important utilities in the process industry, because it has a very important role in every application. The longer the chiller is used, the cooler's performance will decrease. When chiller performance decreases, it will require more energy to produce the same cooling load. This happened at PT Ajinomoto which was marked by the pressure and temperature in the condenser rising close to the required maximum limits, namely ≤ 0.9 MPa and $\leq 40^{\circ}\text{C}$. This decrease in chiller performance occurs due to dirt or scale that sticks to the condenser. To overcome the presence of crust, it is necessary to take maintenance measures. This study aims to determine the performance of the chiller before and after treatment, especially from the COP value. From these problems, treatment measures have been taken with chemical cleaning of the chiller device at PT Ajinomoto. The results obtained after chemical cleaning were that the condenser pressure decreased from an average of 0.9 MPa to 0.7 MPa, for the condenser temperature from an average of 38.3°C to 35.7°C . In addition, the *Coefficient of Performance* (COP) rose from 4.1 initially to 7.39. To prevent this problem from happening again, it is necessary to periodically check and clean the chiller so that the scale attached to the pipe walls is easier to clean.

Keywords: Chiller, Chemical Cleaning, Performance Coefficient, Temperature, Pressure

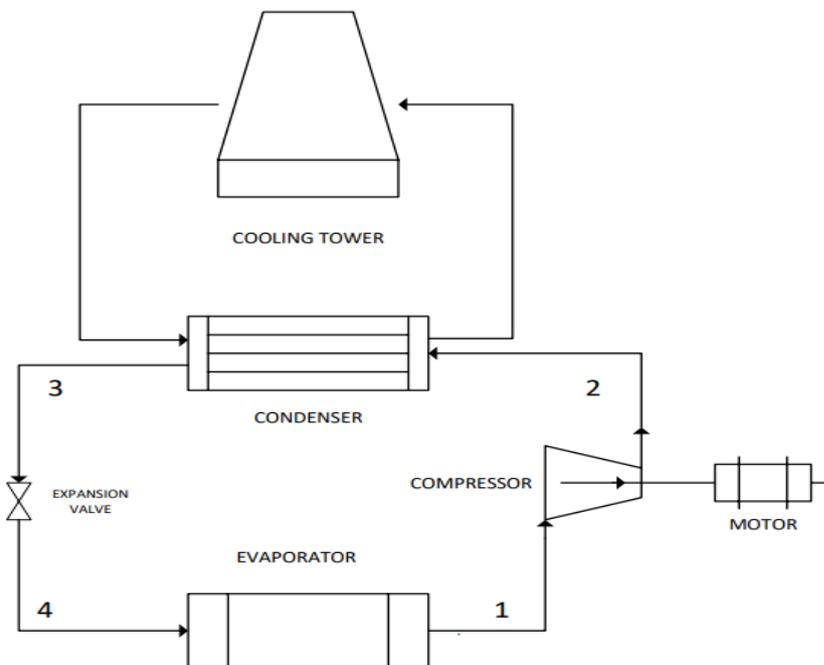
1. PENDAHULUAN

PT Ajinomoto Indonesia menggunakan pendingin tipe air. Pendingin tipe air adalah mesin yang digunakan untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya. Pendingin air terdiri dari kompresor, kondensor, evaporator dan alat ekspansi [1]. Peralatan pendingin paling banyak mengonsumsi energi listrik sekitar 50% dari konsumsi energi listrik di suatu bangunan [2]. Pendingin memiliki kapasitas yang cukup besar sehingga konsumsi energi juga besar, maka perlu adanya manajemen energi untuk menekan penggunaan energi Pendingin agar lebih efisien [3].

Pendingin beroperasi dalam durasi waktu yang panjang dan tanpa henti, sehingga perawatan pendingin menjadi faktor penentu dalam pengoperasian. Perawatan pendingin adalah upaya pemeriksaan pendingin komersial atau industri secara berkala untuk memperpanjang umur peralatan dan mempertahankan efisiensi optimal. Pemeliharaan pendingin dapat bersifat pemeliharaan preventif maupun pemeliharaan korektif. Pemeliharaan pendingin bersifat pemeliharaan preventif bertujuan untuk mempertahankan kondisi kerja yang baik dari pendingin serta untuk mencegah keluaran pendingin di bawah standar [4]. Sedangkan pemeliharaan korektif bertujuan untuk memperbaiki kerusakan pada pendingin. Chang Yen, dkk.(2013) menyatakan bahwa konsumsi daya sebelum perawatan adalah 9385 Kw/h dan sesudah perawatan adalah 9093 kW/h, sehingga rasio penghematannya adalah 3,11% [5].

Gambar 1 menunjukkan skema proses pertukaran panas dari pendingin, nilai *Coefficient of Performance* (COP) dapat dihitung dari panas yang dihasilkan di bagian 3 yaitu dibandingkan dengan kerja yang diperlukan kompresor di bagian 2. Dalam siklus kompresi uap standar, refrigeran mengalami 4 proses [6], yaitu:

1. Proses 1 – 2: refrigeran keluar dari bagian evaporator dalam wujud uap jenuh dengan temperatur dan tekanan rendah. Refrigeran akan dialirkan menuju kompresor dan tekanan refrigeran akan dikompresi menuju tekanan tinggi hingga menjadi uap.
2. Proses 2 – 3: refrigeran hasil proses 1 – 2 akan dialirkan melalui *heat exchanger* berupa kondensor, pada pipa satunya akan dialirkan *cooling water* dengan temperatur yang lebih rendah dari refrigeran. Lalu terjadi perpindahan panas dari *refrigeran* ke *cooling water* sehingga terjadi penurunan temperatur dari kondisi uap jenuh berubah menjadi wujud cair jenuh.
3. Proses 3 – 4: refrigeran dengan wujud cair jenuh dialirkan menuju alat ekspansi dan keluar berwujud campuran uap – cair pada tekanan dan temperatur yang sama dengan tekanan dan temperatur evaporator.
4. Proses 4 – 1: refrigeran dengan wujud uap – cair mengalir melalui *heat exchanger* berupa evaporator, pada pipa satunya akan dialirkan *chilled water* dengan temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur *refrigeran*. Lalu terjadi perpindahan panas dari refrigeran ke *chilled water* sehingga *refrigeran* yang berwujud cair menguap menjadi uap jenuh keluar dari evaporator.



Gambar 1. Skema proses pertukaran panas dalam pendingin

Semakin lama pendingin beroperasi maka kinerja pendingin akan menurun [7] dikarenakan air yang mengalir di dalam pipa dengan temperatur tinggi dapat menimbulkan kerak yang sangat tebal [8] dan umumnya terbentuk pengotor di bagian pipa kondensor atau evaporator [9]. Untuk menghasilkan beban pendinginan yang sama, akan membutuhkan energi lebih banyak [10] seperti kompresor akan bekerja secara ekstra sehingga menyebabkan konsumsi energi listrik juga semakin tinggi. Untuk memulihkan kinerja pendingin dapat dilakukan tindakan perawatan dan pemeliharaan yang baik sehingga kinerja pendingin dapat meningkat dan menghemat banyak energi [11]. Perawatan pada mesin pendingin yang kurang berpotensi timbulnya kerak pada dinding pipa pada sisi kondensor dan evaporator. Adanya kerak pada dinding pipa menyebabkan pertukaran panas menjadi tidak maksimal. Untuk menghasilkan beban pendingin yang sama, maka kompresor akan bekerja secara ekstra hingga *overheat* dan tentunya hal ini dapat mempengaruhi kinerja mesin [12]. Penelitian oleh Priyanto, dkk (2021) menyatakan bahwa kurangnya perawatan berdampak pada permasalahan pada pendingin seperti timbulnya kerak pada dinding kondensor dan pembersihan kerak ini dilakukan dengan menyogok pipa hingga kerak keluar dari sisi keluarannya [13]. Wibowo, dkk (2016) mengatakan bahwa proses pembersihan kerak pada dilakukan dengan menyikat menggunakan sikat baja [14]. Eric (2014) mengatasi permasalahan kerak dengan menambahkan Inhibitor korosi dan kerak ke dalam sistem air dingin sehingga dapat mengikat unsur penyebab timbulnya kerak [15].

Kerak pada dinding pipa juga terjadi di PT Ajinomoto Indonesia yang menyebabkan tekanan dan temperatur kondensor yang ditunjukkan pada Tabel 1 naik mendekati batas maksimal yang diharuskan. Pembersihan kerak pada dinding pipa tidak dapat dilakukan hanya dengan menyikat, sehingga membutuhkan bahan kimia untuk membantu proses pembersihan. Kinerja pendingin dinyatakan dalam parameter *Coefficient of Performance* (COP). COP menunjukkan rasio antara efek *refrigeran* berupa panas yang diterima oleh

refrigeran dan kerja yang diperlukan kompresor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pendingin sebelum dan setelah perawatan, khususnya dilihat dari nilai COP.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan data-data primer yang terdapat di PT Ajinomoto Indonesia untuk melakukan perhitungan COP. Data – data yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan COP, meliputi: efek refrigeran berupa panas yang diterima oleh refrigeran dan kerja yang diperlukan kompresor. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan COP pada Persamaan (1).

$$COP = \frac{\text{panas diterima refrigerant}}{\text{Kerja yang dilakukan kompresor}} \quad (1)$$

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu: (1) penentuan COP pendingin sebelum tindakan pemeliharaan preventif; (2) pelaksanaan tindakan pemeliharaan preventif berupa prosedur pembersihan menggunakan bahan kimia; (3) penentuan COP pendingin setelah tindakan pemeliharaan preventif. Variabel terikat yang digunakan adalah suhu dan tekanan kondensor.

Tindakan pemeliharaan preventif dilakukan dalam beberapa tahap yaitu: (1) mengeluarkan sisa cairan di dalam pendingin; (2) lalu pendingin dibuka; (3) Mengalirkan Descaler P-180 dan ALB-01 ke dalam kondensor; (4) mengalirkan air ke dalam kondensor dan menyikat pipa; (5) menutup kembali pendingin. Proses pemeliharaan menggunakan kimia membutuhkan waktu 6 hari hingga pendingin bisa dioperasikan kembali.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pembersihan pendingin secara berkala dilakukan dalam 3 bulan sekali. Pembersihan ini biasanya hanya dilakukan dengan menyikat bagian dalam pipa. Tetapi pada bulan Maret terjadi permasalahan kerak yang sangat tebal sehingga perlu bantuan menggunakan bahan kimia. Selama proses pengecekan kondisi awal alat ditemukan temuan puing-puing dan benda asing di dalam kondensor seperti plastik, logam, batu, puing-puing dan kerak yang tebal. Temuan tersebut memblokir aliran pada pipa sehingga proses pembersihan tidak dapat dilakukan dengan menyikat secara langsung karena dapat merusak pipa. Selain adanya temuan - temuan tersebut, ditemukan adanya pengotor berupa kerak yang tebal pada dinding pipa. Tindakan perawatan preventif yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pembersihan secara kimia, dimana dilakukan pembersihan logam yang tertutup oleh film, minyak, kotoran, dan kontaminan lainnya dengan menggunakan bahan kimia berupa Descaler P-180, dengan komponen utama berupa asam. Descaler P-180 bertujuan untuk melunakkan endapan yang terbentuk di dalam sistem perpipaan pendingin. Selain itu, juga digunakan ALB-01 untuk menetralkan pH di dalam pipa kondensor. Setelah tindakan perawatan preventif dilakukan menunjukkan bahwa variabel terikat tekanan dan temperatur kondensor sudah sesuai dengan ambang batas yang diharuskan. Tekanan dan temperatur kondensor harus diperhatikan karena untuk mempertahankan kapasitas pendinginan dengan kondisi perpindahan panas yang terganggu akan membuat temperatur dan tekanan kompresor meningkat sehingga menyebabkan konsumsi energi listrik lebih banyak digunakan dan ketika temperatur dan tekanan pada kondensor yang tinggi tetap beroperasi, maka hal ini dapat menyebabkan pipa kondensor bocor dan meledak. Data kondisi sebelum

dilakukan perawatan preventif dilakukan pengamatan secara berkala selama 1 minggu hingga diputuskan dilakukan pembersihan secara kimia. Data kondisi sebelum dilakukan pembersihan menggunakan kimia digunakan hari terakhir dikarenakan selama 1 minggu pengamatan tekanan dan temperatur kondensor meningkat dibandingkan hari sebelumnya. Sedangkan data kondisi sesudah dilakukan pembersihan menggunakan bahan kimia didapatkan ketika alat pendingin sudah beroperasi normal. Data operasi pendingin ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data kondisi operasi pendingin sebelum dan sesudah pembersihan secara kimia

Kondisi	Waktu	Tekanan Kondensor (Mpa)	Temperatur Kondensor (°C)	COP
Sebelum	08:00	0.90	39	4.1
	12:00	0.90	40	
	16:00	0.87	38	
	20:00	0.89	39	
	00:00	0.88	38	
	04:00	0.86	36	
Sesudah	08:00	0.73	34	7.39
	12:00	0.80	36	
	16:00	0.77	34	
	20:00	0.77	35	
	00:00	0.76	35	
	04:00	0.79	35	

Pada Tabel 1 terdapat data tekanan dan temperatur kondensor sebelum dan sesudah pembersihan secara kimia. Ambang batas tekanan dan temperatur yang diharuskan sebesar ≤ 0.9 Mpa dan $\leq 40^\circ\text{C}$. Pada kondisi sebelum pembersihan menggunakan bahan kimia terdapat parameter tekanan kondensor berada diambang batas pada waktu 08.00 dan 12.00, sedangkan temperatur kondensor berada diambang batas pada waktu 12.00. parameter tekanan dan temperatur kondensor pada jam yang lain menunjukkan mendekati ambang batas yang diharuskan. Lalu setelah dilakukan pembersihan secara kimia semua parameter menurun hingga dibawah ambang batas yang diharuskan.

Pada Tabel 1 juga dicantumkan nilai *Coefficient of Performance*. COP adalah besarnya energi yang digunakan dalam sistem, yaitu efek refrigeran dibagi dengan kerja yang diperlukan kompresor [16]. Angka dari COP berbanding terbalik dengan biaya operasionalnya. Jika COP memiliki angka yang lebih tinggi maka biaya operasional yang dibutuhkan akan semakin lebih rendah [17]. Untuk mendapatkan kinerja pendingin yang optimum, sangat penting menjaga temperatur kondensor karena peningkatan konsumsi daya dan penurunan kapasitas pendinginan dapat menurunkan nilai COP [18]. Sebelum dilakukan pembersihan secara kimia, didapatkan data efek refrigeran sebesar 3139,5 KW dengan kerja kompresor sebesar 777 KW sehingga didapatkan COP sebesar 4,1. Lalu setelah dilakukan pembersihan secara kimia, didapatkan data efek *refrigeran* sebesar 5598.8 KW dan kerja kompresor sebesar 757 KW sehingga didapatkan COP sebesar 7,39. Semakin tinggi nilai COP maka semakin baik kerja dari sistem pendinginan [19]. Hal ini dibuktikan juga pada *Average Annual Plant Efficiency*, untuk COP sebesar 7,39 menunjukkan kategori efisiensi yang *excellent*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan pendingin semakin lama tentunya akan membuat kinerja pendingin akan menurun. Ketika kinerja pendingin menurun maka akan membutuhkan energi lebih banyak untuk menghasilkan beban pendingin yang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pendingin sebelum dan setelah perawatan, khususnya dilihat dari nilai COP. Sebelum dilakukan pembersihan secara kimia, didapatkan *Coefficient of Performance* (COP) sebesar 4,1 dan setelah dilakukan pembersihan secara kimia sebesar 7,39. Agar permasalahan ini tidak terjadi kembali perlu dilakukan pengecekan dan pembersihan berkala pada pendingin agar kerak yang menempel pada dinding pipa lebih mudah dibersihkan.

REFERENSI

- [1] S. A. Syahputra dkk., "Perbandingan Coefficient Of Performance (COP) Chiler Water Cooled Dengan Air Cooled," *ATDS SAINTECH-Journal of Engineering E-ISSN*, vol. 2, no. 1, hlm. 21–28, 2021.
- [2] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, dan C. Pout, "A review on buildings energy consumption information," *Energy Build*, vol. 40, no. 3, hlm. 394–398, 2008.
- [3] M. Nuriyadi dan A. S. Margana, "Evaluasi dan optimasi efisiensi energi sistem chiller Dengan proses descaling," *Jurnal ROTOR*, vol. 12, no. 2, hlm. 22–27, 2019.
- [4] N. Nurjaman, W. T. Bhirawa, Dan E. Meladiyani, "Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness Untuk Meningkatkan Efektivitas Mesin Chiller Di Gedung Mal Artha Gading," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 8, no. 2, 2021.
- [5] Y.-C. Chang, C.-Y. Chen, J.-T. Lu, J.-K. Lee, T.-S. Jan, dan C.-L. Chen, "Verification of chiller performance promotion and energy saving," *Engineering*, vol. 5, hlm. 141–145, 2013, <http://dx.doi.org/10.4236/eng.2013.51A20>.
- [6] A. M. Irfan, K. Unmparantambung, J. Daeng Tata, dan R. Makassar, "Analisis Perubahan dan Temperatur Kondensor Menggunakan Refrigeran R-22," *TEKNOLOGI*, vol. 15, no. 1, hlm. 43–50, 2012.
- [7] R. Noval, "Diagnosis Kegagalan Ganda Pada Chiller Sistem Pendingin Air," *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, hlm. 9–16, 2021.
- [8] A. Rindika dan I. Saputra, "Analisa Performansi Tipe Water Cooled Chiller Centrifugal Kapasitas 2000 Tr Pada Gedung Central Park Mall Jakarta Barat," *Prosiding Snitt Poltekba*, vol. 4, hlm. 1–15, 2020.
- [9] S. Adelia Pravitasari, F. Angestine, P. Hermien Suharti Jurusan Teknik Kimia, "Evaluasi Kinerja Alat Glycol Fan Cooler (E-230) Pada Proses Regenerasi Glikol Minarak Brantas Gas, Inc," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, hlm. 143–150, 2020.
- [10] N. Firdaus, "Komparasi Metode Estimasi Debit Air Chiller," *Jurnal PowerPlant*, vol. 6, no. 2, hlm. 93–98, 2018.
- [11] N. Firdausa, B. T. Prasetyob, Y. Rasyida, dan M. Hidayatullaha, "Diagnosis Kegagalan Chiller Menggunakan Analisis Parameter Operasi Chiller Faultsdiagnosis Using Operating Parameter Analysis," *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, vol. 12, no. 2, hlm. 67–68, 2018.
- [12] A. Reynaldi dan E. Koswara, "Analisis Efisiensi Kerja Chiller Pada Mesin Ekstruder Di PT. Arteria Daya Mulia Cirebon," dalam *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, hlm. 459–464, 2019.
- [13] P. Bumi Akpelni Semarang, S. Wilastari, P. Studi Teknik, P. I. Bumi Akpelni Semarang JIPawiyatan Luhur, dan B. Duwur, *Analisa Trouble Shooting Chiller Tipe Water Cooled Chiller Pada Unit Ac Sentral Di Hotel Patra Jasa Semarang*, vol. 3, no. 1. 2021.

- [14] C. Adhiatma dan T. W. S. Panjaitan, “/ Perancangan Standard Operating Procedure Preventive Maintenance,” *Jurnal Titra*, vol. 4, no. 2, hlm. 13–20, 2016.
- [15] Johneri Eric, “Penerapan Pengelolaan (Treatment) Air Untuk Pencegahan Korosi Pada Pipa Aliran Sistem Pendingin Di Instalasi Radiometalurgi,” *PIN Pengelolaan Instalasi Nuklir*, hlm. 51–56, 2014.
- [16] I. E. M. M. Komarudin dan I. E. M. Manik, “Analisis Water Balancing Primary Loop Chiller System Terhadap Cop (Coefficient Of Performance),” *Bina Teknik*, vol. 14, no. 1, hlm. 1–11, 2018.
- [17] M. Khadafi, “Analisis Dan Audit Energi Listrik Di Hotel Kapuas Palace Pontianak,” *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, hlm. 1–7, 2022.
- [18] I. N. G. Baliarta, I. N. Suamir, dan M. E. Arsana, “Kajian Pengaruh Temperatur Approach Evaporator Dan Kondenser Terhadap Performansi Sistem Ac Sentral Tipe Water Chillers,” *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi dan Informatika*, vol. 6, no. 3, hlm. 129, 2017.
- [19] K. W. P. A. Agung, “Pengujian Performansi pada Simulator AC Water Chiller dengan Multiple Chilled Water,” *Indonesian Journal of Laboratory*, vol. 2, no. 3, hlm. 1–10, 2020.