

DIAGNOSIS KEGAGALAN GANDA PADA *CHILLER* SISTEM PENDINGIN AIR

DOUBLE FAILURE DIAGNOSIS IN WATER COOLING CHILLER SYSTEM

Rahmat Noval^{1*}, Nofirman²

^{1*,2} Program Studi Pasca Sarjana Teknik mesin, Fakultas Teknik Industri, ISTN
^{1*,2} Jl. Moh Kahfi II Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, Indonesia, 12640

*Koresponden Email: rahmatnoval@gmail.com

Abstrak. Kegagalan pada chiller sistem pendingin air sering terjadi, sehingga perlu dilakukan analisis untuk menentukan akar penyebab kerusakan yang terjadi. Tujuan dari analisis ini untuk menentukan akar penyebab. Metode dalam penelitian yang dilakukan menggunakan analisis regresi. Dari hasil dan pembahasan dalam penelitian diperlukan pekerjaan perawatan untuk membersihkan dimana kondensor dan evaporator serta pemantauan kebocoran refrigeran secara berkala membutuhkan perawatan. Kapasitas sentrifugal Ketika air dingin keluar dari pendingin 44 °F (6,7°C) dan air dingin keluar dari kondensor 95°F (35°C), kisaran chiller eksisting adalah 80-2400 TR. Sistem membandingkan setiap jenis (TCO-TCI), (TEI-TEO) sub TRC Kw / Ton dan COP dan kegagalan yang teridentifikasi melalui perhitungan regresi 1 variabel pada parameter dapat mendiagnosa kegagalan dengan tepat.

Kata Kunci: Chiller, Parameter, Kegagalan, Variabel.

Abstract. Failures in the water cooling system chiller often occur, so analysis is needed to determine the root cause of the damage. The purpose of this analysis is to determine the root cause. And the research method conducted using regression analysis. From the results and discussion in the study, maintenance work is needed to clean where the condenser and evaporator, and monitoring of refrigerant leaks periodically require maintenance. Centrifugal capacity When cold water exits the chiller 44 ° F (6.7 ° C) and cold water exits the 95 ° F (35 ° C) condenser, the range of the existing chiller is 80-2400 TR. The system compares each type (TCO-TCI), (TEI-TEO) sub-TRC kW / Ton, and COP, and the failures identified through the regression calculation of 1 variable on the parameter can diagnose the failure correctly.

Keywords: Chiller, Parameters, Failure, Variable.

1. PENDAHULUAN

Sistem pengkondisian udara yang baik akan menghasilkan udara segar yang akan memperoleh kenyamanan bagi manusia, mesin, maupun lingkungan yang berada disekitar. Chiller menjadi banyak dijadikan sebagai pendingin di gedung komersial dari sisi konsumsi energi[1]. Dalam operasional chiller mampu mengkonsumsi listrik sampai dengan 40-60% dari total kebutuhan listrik[1]. Tidak semua chiller memiliki flow meter untuk mengukur debit air di sisi kondensor dan evaporator, dikarenakan hal ini banyak yang tidak mengetahui karena suatu hal debit air berkurang oleh karena itu diperlukan monitoring kondisi yang terdapat pada chiller.

Dalam pelaksanaan pemeliharaan serta monitoring kinerja sistem pendingin akan memperpanjang umur dari chiller[1]. *Chiller* adalah mesin refrigerasi yang memiliki fungsi utama mendinginkan air



pada sisi evaporatornya[2]. Sistem pendingin terdiri dari komponen kompresor, evaporator, kondensor, katup ekspansi[2]. Adapun sistem kompresi uap pada komponen pendingin disalurkan menggunakan pipa kapiler untuk mendistribusikan fluida[2]. Dalam klasifikasi pendingin pada chiller ada 2, pendingin absorpsi dan pendingin kompresi[2]. Pada dunia industri efisiensi energi dibutuhkan dalam penggunaan pendingin ruangan, serta pendingin mesin produksi yang memang dibutuhkan untuk skala besar[2]. Pengoperasian, perawatan pada sistem pendingin perlu diperhitungkan dengan benar. Setiap beban pada sistem pendingin disesuaikan dengan kebutuhan[2],[3],[2].

Alat pengkondisian udara mempunyai peran penting dalam industri maupun gedung perkantoran, dimana pengkondisian udara ini menghasilkan udara yang segar untuk kenyamanan pekerja, alat kerja maupun kondisi lingkungan kerja[4],[3]. Chiller menjadi banyak dijadikan sebagai sumber konsumsi energi untuk gedung komersial. Seperti peralatan lainnya, semakin lama chiller bekerja maka performa chiller akan semakin menurun. Performa yang ditingkatkan akan menghemat banyak energi. Salah satu cara untuk memulihkan kinerja dengan melakukan tindakan perawatan dan pemeliharaan yang baik. Dalam hal perawatan pada sistem pendingin juga harus direncanakan[5],[6] pertama, dan kedua, kegagalan yang disebabkan oleh penurunan performa peralatan. Dalam jangka panjang, kegagalan degradasi. Dalam jangka pendek, sulit untuk mengetahui apakah kinerja sistem dalam kotak pendingin mengalami penurunan, kinerja chiller menurun atau beban pendinginan keluaran chiller menurun. Mengontrol kedua parameter ini untuk operasi pendingin efisien. Alasan kegagalan penurunan kinerja ini adalah karena rendahnya tingkat perawatan dan pemantauan pendingin. Tindakan pemeliharaan dan pemantauan umur pendingin hingga 50%.

Banyak kegagalan dapat terjadi pada chiller termasuk sistem kelistrikan, instrumentasi, peralatan tambahan, dll. Comstock telah melakukan investigasi kegagalan berdasarkan histori di beberapa manufaktur chiller[5]. Berdasarkan hasil investigasi yang dilakukan, kesalahan yang terjadi dibedakan menjadi dua kategori. Yang pertama adalah "sesar keras". Pada kondisi ini chiller tidak beroperasi dan kehilangan kemampuan dalam mendinginkan air, jenis sesar keras lebih mudah dideteksi[5]. Contoh kegagalan serius adalah kerusakan pada kompresor yang menyebabkan refrigerant di sistem habis, dan kerusakan atau terbakar pada motor penggerak kompresor. Gangguan lunak lebih sulit dideteksi karena pendingin masih berjalan, tetapi hanya akan mengurangi kinerjanya. Contoh kerusakan lunak seperti itu adalah hilangnya refrigeran secara perlahan dalam waktu yang lama akan mempengaruhi kinerja kondensor.

Dari beberapa survei dilakukan identifikasi kegagalan menjadi delapan jenis kesalahan, yang secara serius akan mempengaruhi kinerja pendingin. Delapan jenis kegagalan ditunjukkan pada Tabel 1 [7].

Beberapa hal mengenai perbaikan atau perawatan yang dilakukan terindikasi gejala yang sering terjadi[8].

- Kegagalan mekanis mengacu terhadap kerusakan fisik atau keausan material yang terjadi.
- kegagalan kelistrikan mengacu terhadap ketersediaan daya, motor, atau elektronik didalam lainnya.
- Berkurangnya kapasitas mengacu kepada keluhan konsumen terhadap ketidakmampuan unit menjaga pada kondisi terbaiknya.
- berkurangnya kinerja mengacu terhadap hasil observasi berlebihnya energi yang dibutuhkan agar tercapai pada kondisi terbaiknya.

Perawatan rutin mengacu pada panggilan perawatan sesuai dengan jadwal yang dikeluarkan oleh pabrikan.

Tabel 1. Delapan jenis kegagalan pada chiller[5].

No	Jenis Kegagalan
1	Berkurangnya air kondensor
2	Berkurangnya air evaporator
3	Kebocoran refrigeran
4	Refrigerant berlebihan
5	Minyak pelumas berlebihan
6	Fouling pada kondensor
7	<i>Non-Condensable Gas</i> (NCG)
8	Kerusakan katup ekspansi

Tujuan penggunaan analisis regresi, membuat estimasi rata-rata dan nilai variabel tergantung dengan didasarkan nilai variabel bebas[9]. Untuk menguji hipotesis karakteristik dependensi untuk menghitung variabel bebas berdasarkan di luar jangkauan sampel diambil.

Tabel 2. Formulir survei kegagalan.

Jenis Unit	Alasan diperbaiki	Kerusakan yg terjadi	Tindakan yang dilakukan
1 Centrifugal chiller	1 Kegagalan mekanis	A Level sistem	1 Penggantian
2 Screw chiller water cooled	2 Kegagalan kelistrikan	1 Refrigerant tidak dapat dikondensasikan	2 Perbaikan
3 Screw chiller, air colled	3 Berkurangnya kapasitas	2 Refirgerant bocor	3 Pengisian daya ulang
	4 Berkurangnya kiner	3 Banyak oli pada evaporator	4 pembersihan
	5 Perawatan rutin	B Pelumasan 1 Oil cooler 2 Lube box 3 Pompa oli	

- 4 Tekanan oli rendah
 - 5 Aliran oli deras
 - C Control Box Starter**
 - D Screw Compressor**
 - 1 Katup screw
 - 2 Sistem kapasitas kontrol
 - 3 Temperatur motor
 - 4 Bearing
 - 5 Burnout motor
 - E Centrifugal**
 - 1 Impeller/Vanes
 - 2 Sistem kapasitas kontrol
 - 3 Temperatur motor
 - 4 Bearing
 - 5 Burnout motor
 - F Pemipaan**
 - 1 Aliran cairan
 - 2 Pendinginan motor
 - 3 Perangkat tambahan
 - 4 Pengering filter
 - G Evaforator**
 - 1 Kehilangan aliran air
 - 2 Lain-lain
 - H Kondensator**
 - 1 Kehilangan aliran air
 - 2 Fouling
 - 3 Motor fan
 - 4 Lain-lain
-

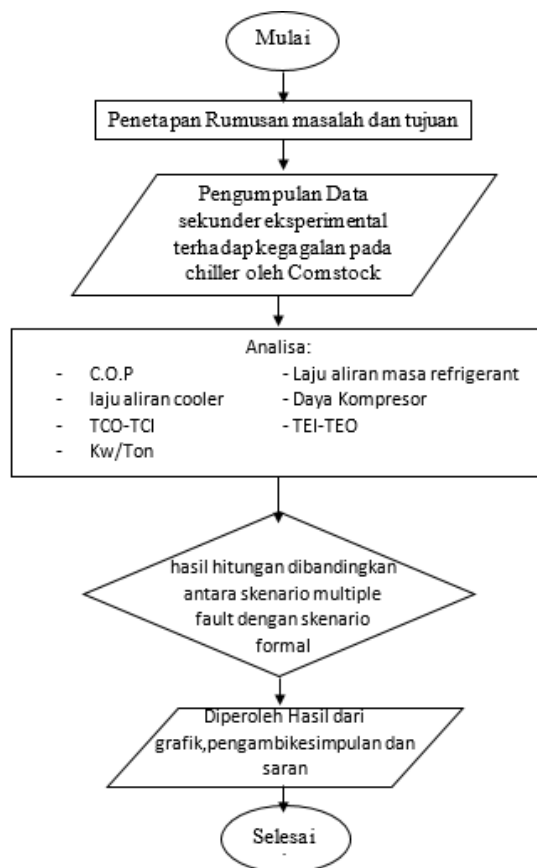
2. METODE

Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah *library research method* yaitu dengan pengambilan data melalui literatur. Metodologi penelitian menjelaskan tentang tahapan – tahapan pengolahan data serta analisis yang akan dilakukan selama proses analisa kegagalan pada chiller

- Tahapan penelitian

Tahapan penelitian tesis ini mengikuti diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1. sebagai berikut:

- a) Merumuskan masalah terhadap penelitian yang akan dibuat, dimana kegagalan pada chiller berdasarkan analisis *Multiple Fault*.
- b) Pengumpulan data yang dikumpulkan adalah data kegagalan yang terjadi dari beberapa pabrikan chiller serta data operasi kondisi normal yang akan digunakan sebagai pembandingan atau sebagai acuan.
- c) Menganalisis data yaitu data operasi normal unit diolah dalam bentuk dihitung untuk mendapatkan nilai aktual kondisi unit seperti C.O.P, kW/Ton, laju aliran massa refrigeran laju aliran cooler, dan kerja dari cooler.
- d) Hasil dari analisa data dibandingkan dengan nilai standar atau nilai desain yang dikeluarkan oleh perusahaan pabrikan unit untuk mengetahui dan menghasilkan kondisi unit.
- e) Proses perbandingan data menghasilkan formulakan pencegahan kegagalan berulang serta merumuskan perawatan.



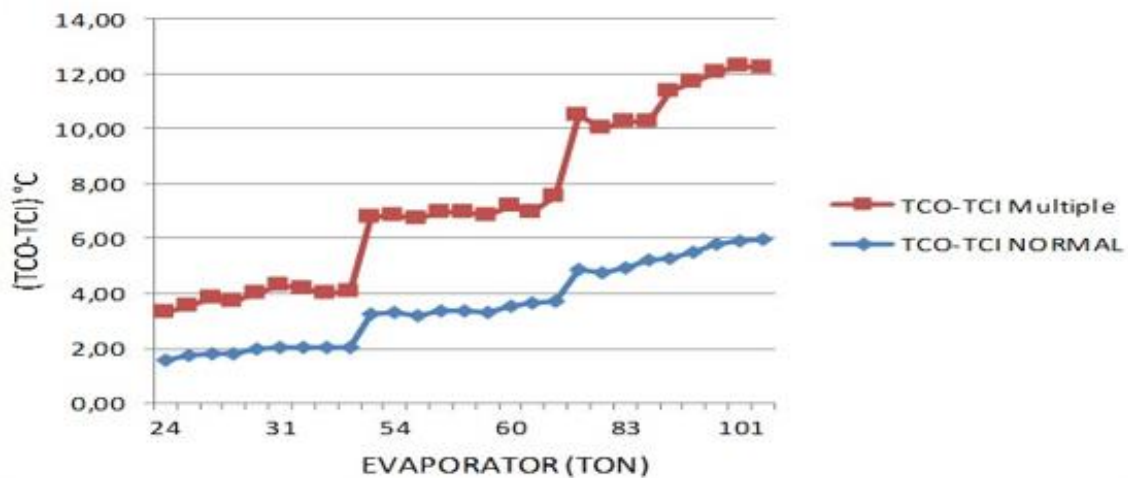
Gambar 1. Alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sub bab ini mencakup tentang analisa dan pembahasan seluruh hasil dari penelitian yang mengarah pada tujuan penelitian, maka akan dijelaskan lebih lanjut melalui beberapa tahap. Analisis dilakukan

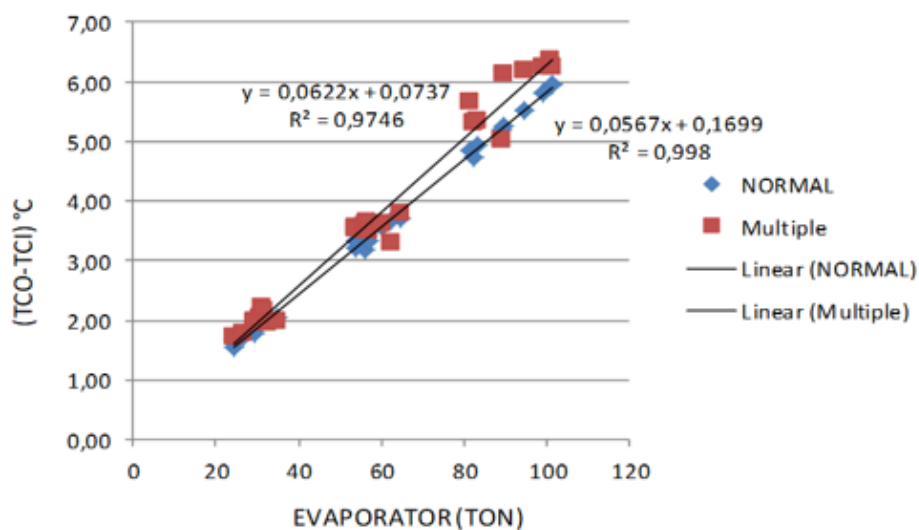
dengan memperhatikan delapan jenis kegagalan. Terutama dalam menguji kesensitifan parameter chiller. Dari 13 parameter yang dipergunakan kemudian disederhanakan menjadi 5 parameter, terutama data experimental pendeteksi dan diagnosis kerusakan chiller dikenal dengan istilah *Failure Detection and Diagnostic (FDD)*[5],[8].

Penambahan tiga jenis parameter lainnya yang mempunyai keterkaitan dengan kegagalan yang disebabkan oleh kurangnya air[5]. Dengan pengamatan parameter operasi dari cooler membuat diagnosis terjadinya pengurangan air kondensor lebih mudah. Tindakan yang dilakukan adalah pengamatan perbedaan suhu antara inlet dan outlet kondensor (TCO-TCI)[5]. Perbedaan suhu air di kondensor semakin besar dibandingkan dengan TCO-TCI pada kondisi normal[10].



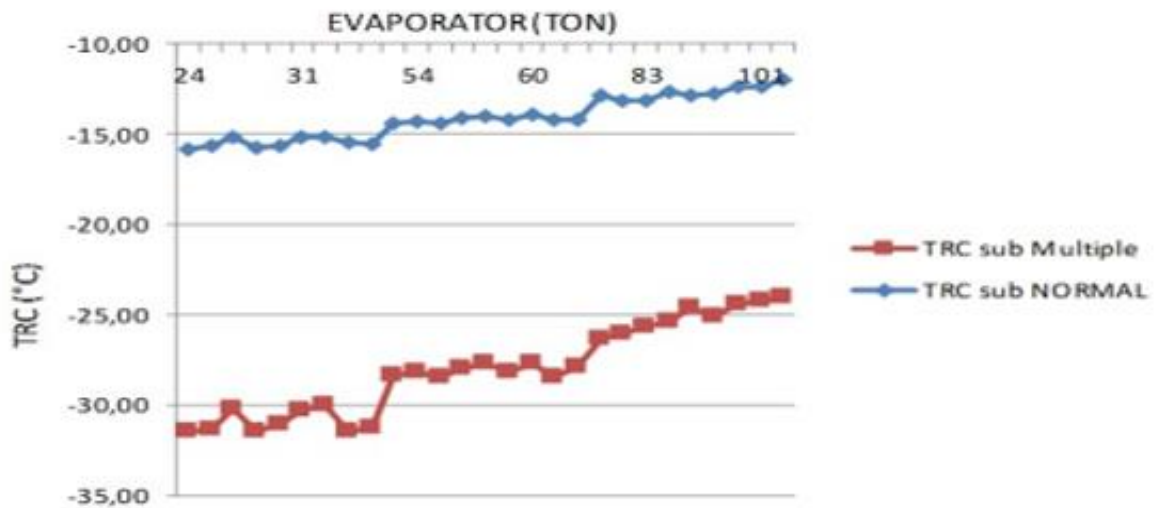
Gambar 2. Debit air kondensor terhadap TCO-TCI.

Kenaikan TCO-TCI digunakan untuk mendiagnosis air kondensor pada kegagalan chiller. Dari hasil regresi satu variabel TCO-TCI pada analisa kegagalan sebagaimana terlihat pada kurva gambar 3.



Gambar 3. Kurva regresi pengaruh debit air kondensor terhadap TCO-TCI

Dari hasil grafik pada gambar 4 penurunan menunjukkan bahwa chiller tersebut masih dalam kondisi bisa beroperasi dan tidak ditemukannya *hard failure*. Berdasarkan analisis dari nilai TEO pada data FDD perbandingan nilai rata-rata data normal dengan data multiple. Penurunan di atas menunjukkan bahwa chiller masih dalam kondisi bisa beroperasi dan tidak ditemukannya *hard failure*. Dari dua data TEO maupun data TCI dianalisa kegagalan lebih lanjut dengan menggunakan regresi satu variabel yaitu beban pendingin (evaporator ton) maka hasil dari TEI-TEO dapat.



Gambar 4. Pengaruh berkurangnya refrigeran terhadap TRC.

Hukum efisiensi termodinamika II, yang disebut "efisiensi energi", dapat didefinisikan sebagai rasio kerja minimum terhadap masukan kerja aktual. Pada suhu kondensasi konstan, efisiensi penguapan meningkat, dan dalam kondisi konstan menurunkan suhu kondensasi efisiensi energi akan meningkat. Kehilangan eksergi pada kondensor meningkat, dan kehilangan eksergi pada evaporator menurun dengan meningkatnya suhu evaporator. Semakin tinggi perbedaan suhu antara kondensor dan komponen evaporator, semakin besar pula hilangnya insting. Pada saat yang sama, jumlah hilangnya insting di kondensor akan meningkat untuk mengkompensasi penurunan persentase hilangnya insting di evaporator. Perlu dicatat bahwa peningkatan kehilangan eksergi pada kondensor tidak akan menurunkan kehilangan eksergi pada evaporator, karena kehilangan eksergi komponen lain juga akan meningkat.

4. SIMPULAN

Kandungan nitrogen pada refrigerant akan mengakibatkan naiknya konsumsi refrigerant. Dari hasil pada gambar grafik kW/Ton bisa kita analisa juga untuk mengetahui prestasi dari kemampuan chiller. COP meningkat seiring dengan terjadinya kegagalan ganda begitu juga jika di lihat dari hasil regresi satu variabel COP yang dapat digunakan untuk analisa kegagalan. Efisiensi dari isentropic kinerja kompresor 85%.

REFERENSI

- [1] T. B. G. Egziabher and S. Edwards, “*濟無*No Title No Title,” *Africa’s potential Ecol. Intensif. Agric.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [2] E. K. Andri Reynaldi, “Analisis Efisiensi Kerja Chiller Pada Mesin Ekstruder Di PT. Arteria Daya Mulia Cirebon,” *Int. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 45418, no. 103, p. 459, 2019.
- [3] A. Nugroho, “Analisa Kinerja Refrigerasi Water Chiller Pada Pt Gmf Aeroasia,” *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, p. 26, 2015, doi: 10.22441/jtm.v4i1.1020.
- [4] I. Taukhid, D. Daniel, and B. R. S., “Analisis Kerja Sistem Refrigerasi Meja Penjaja Ikan,” *J. Kelaut. Nas.*, vol. 9, no. 3, p. 121, 2014, doi: 10.15578/jkn.v9i3.6208.
- [5] N. Firdaus, B. Teguh Prasetyo, Y. Rasyid, and M. Hidayatullah, “Diagnosis Kegagalan Chiller Menggunakan Analisis Parameter Operasi,” *Maj. Ilm. Pengkaj. Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 67–78, 2018, doi: 10.29122/mipi.v12i2.2954.
- [6] A. Aziz, H. Syahputra, R. Mainil, and A. Mainil, “Performansi Mesin Pendingin Tipe Chiller untuk Cold Storage dan Indoor Menggunakan Ethylene Glycol Coolant,” *Mechanical*, vol. 6, no. 2, pp. 71–77, 2015, doi: 10.23960/mech.v6.i2.201510.
- [7] F. Savira and Y. Suharsono, “ANALISIS EKSERGI PENGGUNAAN REFRIGERAN PADA SISTEM REFRIGERASI KOMPRESI UAP,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 01, no. 01, pp. 1689–1699, 2013.
- [8] A. A. K. W. Putra, I. W. Sutarsa, I. W. Widiantara, A. A. K. W. Putra, I. W. Sutarsa, and I. W. W. Vol, “Pengujian Performansi pada Simulator AC Water Chiller dengan Multiple Chilled Water ISSN 2655 4887 (Print), ISSN 2655 1624 (Online) ISSN 2655 4887 (Print), ISSN 2655 1624 (Online),” vol. 2, no. 3, pp. 1–10, 2020.
- [9] D. P. Mishra and J. Min, “Analyzing the Relationship between Dependent and Independent Variables in Marketing: A Comparison of Multiple Regression with Path Analysis,” *SSRN Electron. J.*, no. September 2010, 2013, doi: 10.2139/ssrn.2259524.
- [10] H. P. Huynh, H. Z. Kyaw, K. Kariya, and A. Miyara, “Experimental Study on Thermal Performance of Loop Heat Pipe with Flat-Rectangular Evaporator Under Gravity Assisted Condition,” *EPI Int. J. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 40–46, 2018, doi: 10.25042/epi-ije.082018.06.