

Analisa Pengaruh Proses Pendinginan Terhadap Temperatur Angin Masukan Stage Terakhir pada Kompresor Sentrifugal Multistage IHI TRE-50

Andika Kurniawan ¹, Henry Charles ¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta
Email : ndika31.ak@gmail.com, henry.carles@mercubuana.ac.id

Abstrak-Kompresor sentrifugal IHI tipe TRE-50 merupakan kompresor bertipe sentrifugal, dimana memanfaatkan putaran impeller dalam pengoperasiannya. Adapun kegagalan yang sering terjadi yakni temperatur tinggi pada angin masukan stage terakhir. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisa numerik dengan mencari efektifitas, performa, efisiensi dan mencari perbandingan kalor yang diterima dan dibuang oleh cooling tower. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa parameter yang dihitung mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh kondisi mesin dan juga suhu lingkungan yang meningkat. Tindakan yang perlu dilakukan yakni melakukan pengecekan serta pembersihan intercooler secara berkala dan juga mempertimbangkan kembali desain cooling tower termasuk instrument pendukung dan penempatannya.

Kata Kunci: Kompresor sentrifugal, , temperatur tinggi, stage terakhir, analisa numerik, intercooler, cooling tower

Abstract-IHI type TRE-50 centrifugal compressor is a centrifugal type compressor, which utilizes the impeller rotation in operation. The most common failure is the high temperature in the last input wind stage. The method used in this study is a numerical analysis method by looking for effectiveness, performance, efficiency and looking for heat comparisons received and disposed of by the cooling tower. The results of the calculation show that the calculated parameters fluctuate due to engine conditions and also the increasing ambient temperature. Actions that need to be done are checking and cleaning the intercooler regularly and also reconsider the design of the cooling tower including supporting instruments and placement.

Keywords: Centrifugal compressor, high temperature, last stage, numerical analysis, intercooler, cooling tower

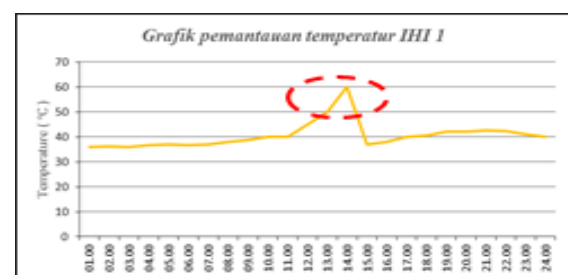
1. PENDAHULUAN

Di industri, penggunaan kompresor sangat penting, baik sebagai penghasil udara mampat atau sebagai satu kesatuan dari mesin. Kompresor banyak dipakai untuk mesin pneumatik, sedangkan yang menjadi satu dengan mesin yaitu turbin gas, mesin pendingin dan lainnya[1].

Kompresor sentrifugal IHI tipe TRE-50 merupakan salah satu kompresor tipe sentrifugal yang memanfaatkan energi putar untuk memperoleh gaya hisapan. Dalam dunia industri, pengoperasian kompresor digunakan untuk pemenuhan kebutuhan mesin produksi, otomasi maupun salah satu aspek untuk kualitas produk. Kompresor tersebut menggunakan motor elektrik berdaya 500 KW sebagai sumber penggerakannya.

Dalam pengoperasiannya tentu terdapat kegagalan-kegagalan yang terjadi pada mekanisme mesin yang berdampak pada performa dan keluaran dari kompresor tersebut. Salah satu kegagalan yang sering terjadi yakni *High Temperature Final Stage Inlet*, yakni suatu kondisi dimana angin yang dihasilkan memiliki suhu diatas ketentuan *Temperature Final Stage Inlet*, yakni suatu

kondisi dimana angin yang dihasilkan memiliki suhu diatas ketentuan. Kegagalan ini dapat berpengaruh terhadap proses selanjutnya yakni pemampatan di stage terakhir.



Gambar 1. Grafik pemantauan temperatur angin

Data tersebut merupakan pemantauan temperatur udara masukan dari stage terakhir, dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan temperatur disaat tertentu dan menjadikan kegagalan pada mesin. Kegagalan yang terjadi Untuk meminimalisir kegagalan yang terjadi maka harus dilakukan sebuah perlakuan guna menjaga kestabilan performa mesin. Maka dalam penelitian ini penulis akan mengambil tema analisa pengaruh sistem pendinginan terhadap temperatur udara masukan stage

terakhir pada kompresor sentrifugal IHI TRE-50.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat disimpulkan bahwa permasalahan pada penelitian ini yaitu “ Bagaimana analisa kondisi instrumen pendingin pada kompresor sentrifugal IHI tipe TRE-50 dan perlakuan apa saja yang dibutuhkan untuk meminimalisir kegagalan yang terjadi “

1.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Objek penelitian yaitu Kompresor Sentrifugal IHI dengan tipe TRE-50
2. Kegagalan yang dijadikan dasar penelitian yaitu *High Temperature Inlet Final Stage* (temperatur tinggi pada udara masukan *stage* terakhir)
3. Aspek yang dianalisa hanya pada instrumen pendinginan (*Cooling tower, intercooler*)

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui kondisi dan performa dari instrumen pendingin
2. Menentukan tindakan yang dapat meminimalisir terjadinya kegagalan.

1.4 Tinjauan Umum

Kompresor adalah peralatan mekanik yang digunakan untuk memberikan energi kepada fluida gas/udara, sehingga gas/udara dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lain secara kontinyu. Fungsi kompresor adalah mengubah energi mekanik (kerja) ke dalam energi tekanan (potensial) dan energi panas yang tidak berguna. Prinsip kerja kompresor sentrifugal yaitu mengkonversikan energi kecepatan gas/udara yang dibangkitkan oleh aksi/gerakan impeller yang berputar dari energi mekanik unit penggerak menjadi energi potensial (tekanan) di dalam diffuser[2].



Gambar 2. Kompresor Sentrifugal IHI TRE-50

Kompresor sentrifugal IHI TRE-50 adalah kompresor bertipe sentrifugal yang merupakan produk dari IHI Rotating Machinery Engineering Co., LTD. Kompresor ini merupakan kompresor tipe sentrifugal yang memiliki sumber penggerak berupa motor listrik berdaya 500 kW dan kapasitas aliran $4753 \text{ m}^3 / \text{h}$. Keunggulan dari kompresor sentrifugal ini yakni berkapasitas besar dan perawatan yang terbilang mudah, sehingga sangat cocok digunakan dalam industri yang membutuhkan supply angin dalam jumlah yang besar.

1.5 Prinsip Kerja Kompresor

Pada dasarnya prinsip kerja dari kompresor sentrifugal menggunakan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh putaran impeller sehingga udara mengalami kenaikan energi yang akan diubah menjadi energi tekanan[1]

Adapun beberapa komponen utama dari Kompresor sentrifugal IHI TRE-50 antara lain

A. Motor

Suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor[3]. Motor yang digunakan yaitu motor elektrik 3 phase dengan daya 500 kW.

B. Rotor

Rotor berfungsi untuk menaikkan / menambah enersi kinetik gas[4]. Rotor yang digunakan yakni berjenis impeller.

C. Cooler

Intercooler adalah salah satu jenis dari *Heat Exchanger* (HE) yang memiliki bentuk yang cukup sederhana dibandingkan dengan HE yang lain namun memiliki manfaat besar dalam mesin *turbocharger*[5].

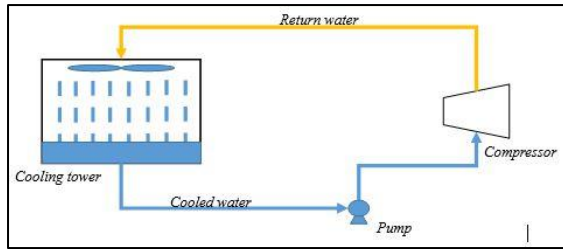
D. Suction Filter

Berfungsi untuk menyaring udara ruangan yang menjadi udara masukan yang nantinya akan dimampatkan oleh kompresor.

1.6 Proses pendinginan Kompresor

Proses pendinginan yang digunakan yakni dengan memanfaatkan media air yang dialirkan secara terus-menerus melalui *intercooler* bertipe *shell and tube* dimana terdiri dari pipa-pipa tubing yang terlapis dengan sirip-sirip evaporator, dimana nantinya akan berkontak secara langsung dengan udara bertekanan. Di saat inilah nantinya akan terjadi perpindahan panas dari udara bertekanan menuju air melalui sirip-sirip evaporator.

Air yang telah menerima kalor dari aliran udara yang melewati *intercooler* akan didinginkan oleh *cooling tower* yang nantinya akan disirkulasikan kembali menuju *intercooler*.



Gambar 3. Proses pendinginan kompresor

$$q_r = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{2\pi kL}} \tag{4}$$

Disamping menentukan kalor yang diterima air, dapat juga menentukan besarnya kalor yang telah dibuang oleh Cooling tower

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \tag{5}$$

1.6.1 Proses pendinginan air oleh Cooling Tower

Pada kebanyakan menara pendingin yang dipakai pada sistem pendinginan udara menggunakan sistem pompa sentrifugal untuk menggerakkan air vertikal melintasi menara. Prestasi menara pendingin biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach*[6].

Parameter yang akan dilakukan perhitungan, yaitu :

a. Range

Merupakan perbedaan antara suhu air masuk dan keluar cooling tower. Nilai range yang tinggi menunjukkan bahwa cooling tower telah mampu menurunkan suhu secara efektif[7].

$$Range\ CT\ (^{\circ}C) = [temp\ in - temp\ out] \tag{1}$$

b. Approach

Approach adalah perbedaan suhu air dingin keluaran cooling tower dan suhu wet bulb ambient. Saat kondisi rendah maka semakin baik performa sebuah cooling tower[7].

$$Approach\ (^{\circ}C) = [temp\ out - wet\ bulb] \tag{2}$$

e. Efisiensi cooling tower

Efisiensi disini adalah keefisienan cooling tower proses pendinginan air[6].

$$\eta_{CT} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{wb}} \times 100\% \tag{3}$$

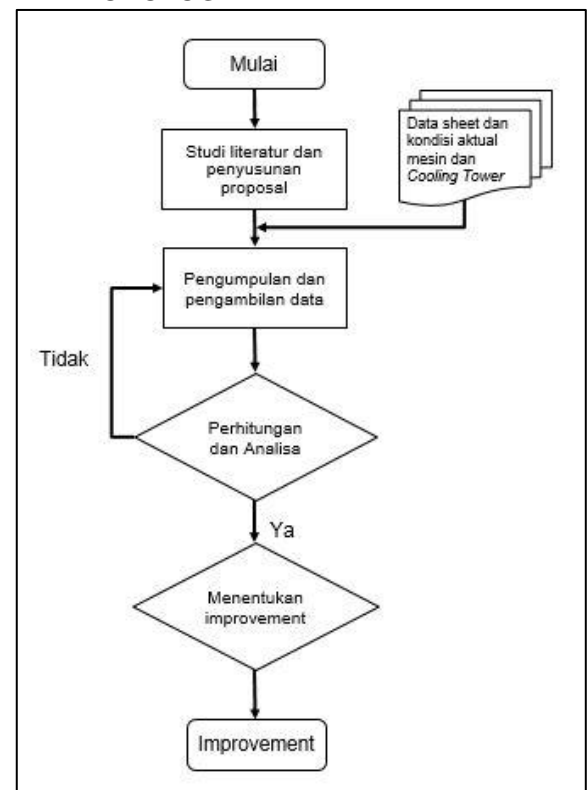
1.6.2 Proses pendinginan angin oleh Intercooler

Apabila terdapat dua zat atau benda yang memiliki perbedaan suhu (Δt) maka akan terjadi perpindahan panas[8].

Perpindahan panas

Kalor air yang dimaksud yakni kalor yang diterima air dari udara setelah dilakukan pemampatan di impeller. Dapat di hitung dengan menggunakan persamaan

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Teknik pengumpulan data yang dipakai penulis yakni berasal dari *check sheet* operator, peninjauan langsung ke lapangan, asistensi dengan pembimbing dan studi pustaka dari jurnal, literatur yang terkait dengan penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengambilan data

Waktu	CT (°C)		Intercooler (°C)	
	Water out	Water in	Tbef cooler	Taft cooler
07.00	27.5	36	88.1	48
08.00	29	38.5	88.5	52.9
09.00	29	38.5	89	53
10.00	29.5	38.5	90.5	55.6
11.00	30	40	90.3	56.8
12.00	31	42	90.5	60.1
13.00	33	43.5	90.6	49
14.00	35	44	90.2	50
15.00	29	36	90.6	49.9
16.00	30	37	91	53
17.00	31	38	90.3	53.6

Selain data tersebut didapat juga data sebagai berikut

Debit : 0,0379 m³/s
 Ø inner tubing : 1,12 mm
 Ø outer tubing : 1,2 mm

3.1 Cooling Tower Range

Dari persamaan (1):

$$Range\ CT\ (Ra^{\circ}C) = [temp\ in - temp\ out]$$

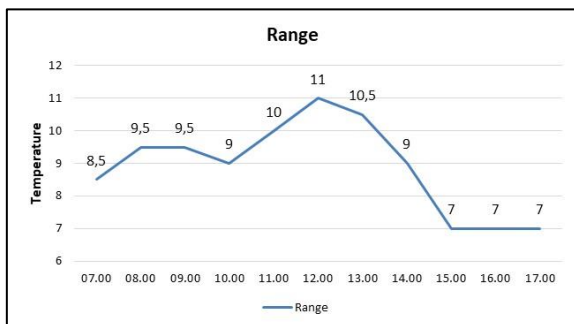
Sebagai contoh dilakukan perhitungan range saat pukul 07.00

$$Range\ CT\ (^{\circ}C) = [temp\ in - temp\ out]$$

$$Range\ CT\ (^{\circ}C) = [36 - 27.5]$$

$$Range\ CT\ (^{\circ}C) = 8.5^{\circ}C$$

Setelah dilakukan perhitungan pada setiap waktu pemantauan maka diperoleh grafik perhitungan seperti Gambar 5.



Gambar 5. Grafik perhitungan Range

Dalam grafik tersebut terlihat efektifitas cooling tower yang terbaik terjadi pada jam 12.00 akan tetapi langsung mengalami penurunan hingga mencapai nilai 7 °C.

Approach

Dari persamaan (2):

$$Approach\ (^{\circ}C) = [temp\ out - wet\ bulb]$$

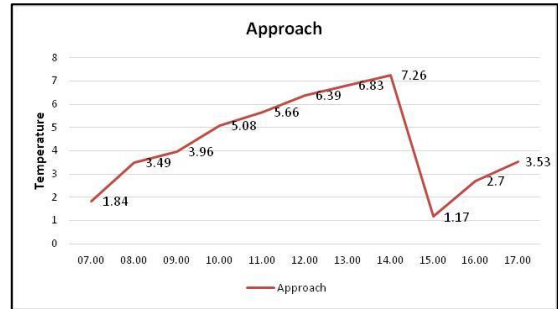
Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut (Pukul 07.00)

$$Approach\ (^{\circ}C) = [temp\ out - wet\ bulb]$$

$$Approach\ (^{\circ}C) = [27.5 - 25.66]$$

$$Approach\ (^{\circ}C) = 1.84^{\circ}C$$

Lalu didapatkan grafik perhitungan seperti berikut:



Gambar 6. Grafik perhitungan Approach

Dalam grafik tersebut terlihat performa cooling tower mengalami titik terendah di jam 14.00 dan naik drastis pada jam berikutnya dikarenakan mesin trip disebabkan temperatur angin yang mencapai > 60 °C.

Efisiensi

Dari persamaan (3):

$$\eta_{CT} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{wb}} \times 100\%$$

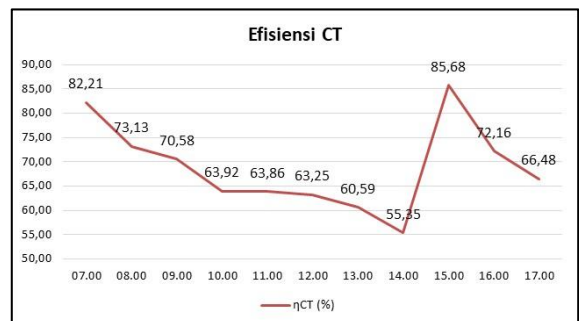
Contoh perhitungan yang dilakukan pada jam 07.00

$$\eta_{CT} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{wb}} \times 100\%$$

$$\eta_{CT} = \frac{36 - 27.5}{36 - 25.66} \times 100\%$$

$$\eta_{CT} = 82.21\%$$

Setelah dilakukan perhitungan maka dapat diperoleh grafik perhitungan seperti pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Grafik perhitungan Efisiensi

Dalam grafik tersebut terlihat kinerja cooling tower pada pagi hari memiliki efisiensi 82,21% lalu terus mengalami penurunan sampai pada titik terendah di jam 14.00 (55,35%), dikarenakan meningkatnya temperatur angin

dan berpengaruh langsung pada temperatur air yang didinginkan oleh *cooling tower*.

3.2 Intercooler

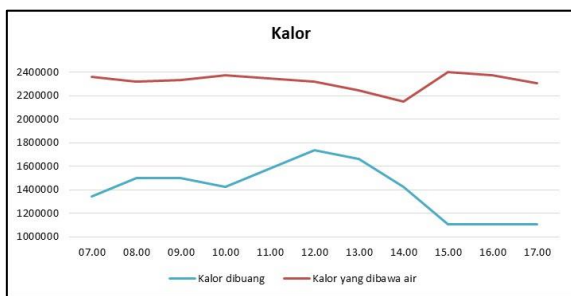
Jumlah kalor yang di terima air dapat dihitung dengan persamaan (4) berikut.

$$q_r = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi kL}}$$

Sedangkan kalor yang dibuang oleh *cooling tower* dapat dihitung dengan persamaan (5) berikut.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Setelah dilakukan perhitungan guna mengetahui kalor yang diterima air dan kalor yang dibuang oleh *cooling tower*, maka didapatkan grafik perbandingan seperti berikut.



Gambar 8. Grafik perbandingan kalor

Dalam grafik tersebut terlihat bahwa kalor yang diterima air lebih besar dibandingkan kalor yang dibuang oleh *cooling tower*. Hal ini dapat dikarenakan beberapa faktor antara lain:

Intercooler

- Kondisi sirip-sirip evaporator pada *intercooler* yang kotor sehingga menghambat laju aliran angin lalu mengakibatkan adanya tekanan sehingga temperatur menjadi tinggi.
- Adanya kebocoran pada salah satu tubing yang mengakibatkan adanya bocoran air yang akan terus menerus berkontak dengan angin lalu terbentuk kerak yang menghambat laju angin pada sirip-sirip evaporator.

Cooling Tower

- Kurang tepatnya desain *cooling tower* yang digunakan, termasuk instrument pendukung lainnya (pompa, basin)
- Menurunnya performa *cooling tower* dikarenakan umur pemakaian.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan parameter-parameter yang telah dilakukan perhitungan pada instrumen pendingin pada kompresor maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Efektifitas, performa dan efisiensi pada *cooling tower* mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh kondisi mesin dan juga suhu lingkungan yang meningkat.
2. Berdasarkan Gambar 6 terlihat ketidakmampuan *cooling tower* dalam membuang seluruh kalor yang diterima air. Dikarenakan kalor yang diterima air lebih besar dibandingkan kalor yang dibuang oleh *cooling tower*.
3. Sesuai dengan kemungkinan yang terjadi di instrumen pendingin, maka ada beberapa tindakan yang mungkin dilakukan guna meminimalisir terjadinya kegagalan, yaitu
 - Melakukan pengecekan dan pembersihan *intercooler* secara terjadwal guna memastikan tidak ada kebocoran tubing dan kotoran pada sirip-sirip evaporator.
 - Melakukan pembersihan dan penggantian secara berkala pada *suction filter* guna memastikan kebersihan dari udara yang dihisap.
 - Memastikan kembali desain *cooling tower* termasuk instrumen pendukungnya dan juga penempatannya.
 - Apabila memungkinkan, lakukan penggantian *cooling tower* dengan kapasitas pendinginan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. A. B. D. Kompresor and A. P. K. Kompresor, "Bab 9 dasar kompresor."
- [2] S. A. Jalil and F. Arlena, "PERAWATAN PADA LABYRINTH KOMPRESOR SENTRIFUGAL KAWASAKI K-2501 A DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DI PT . ARUN NGL BLANG LANCANG," vol. 14, pp. 32–36, 2016.
- [3] A. A. Frima, N. N. Dyto, and E. S. Siregar, "Motor Induksi 3 Fasa."
- [4] T. Di, P. T. Pertamina, R. U. li, T. Akhir, and J. T. Mesin, "SENTRIFUGAL 910-C-1 DI PERTAMINA RU II," 2016.
- [5] A. H. Yoewono, "Perbandingan karakteristik intercooler satu dan dua laluan dengan variasi kubah," pp. 1–7, 1840.
- [6] R. S. Putra, C. Soekardi, J. T. Mesin, F.

- Tehnik, and U. M. Buana, "Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower," vol. 04, no. 2, pp. 19–25, 2015.
- [7] Y. Handoyo, "Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 38–52, 2015.
- [8] L. gang Liu, C. wei Gu, and X. Ren, "An investigation of the conjugate heat transfer in an intercooled compressor vane based on a discontinuous Galerkin method," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 114, pp. 85–97, 2017.