

ANALISIS *FOULING RESISTANCE INTERCOOLER* DAN KUALITAS UDARA KOMPRESOR FU SHENG SA – 4100 WII DI PT XYZ INDONESIA

¹Reza Setiawan, ²Tedi Nurjen, ³Rahmat Hidayat

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹reza.setiawan@ft.unsika.ac.id, ³rahmat.hidayat@staff.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima : 06 Juli 2018

Direvisi : 06 Juli 2018

Disetujui : 07 Agustus 2018

Kata Kunci :

Fouling resistance, Kualitas udara, Material deposit, Laju kondensasi, *Intercooler*, Kompresor

ABSTRAK

Fouling resistance akibat material deposit pada *Intercooler* sangat mempengaruhi kualitas udara hasil kompresi sebuah kompresor. Laju penambahan dari material deposit menjadi penting untuk menjaga kualitas udara hasil kompresi sebuah kompresor. Metode yang digunakan untuk mengetahui laju penambahan material deposit dilakukan dengan cara pengamatan, pengukuran, perhitungan dan analisis secara langsung pada kompresor tipe sekrup FU SHENG SA – 4100 WII yang ada di PT XYZ Indonesia. Hasil dari perhitungan dan analisis diperoleh penambahan *fouling resistance* rata – rata sebesar 3×10^{-9} (m²K)/W per minggu selama pengamatan. Laju kondensasi uap air yang terjadi pada kompresor FU SHENG SA – 4100 WII di PT. XYZ Indonesia rata – rata sebesar $9,837 \times 10^{-3}$ (kg air/s) per minggu. Perlu perhatian khusus dalam penggunaan fluida pada *Intercooler* yang terbebas dari kontaminasi kotoran dari lingkungan sekitar area kompresor untuk mengurangi laju penambahan material deposit dan adanya sistem perawatan berkala pada *Intercooler* tersebut. Penekanan jumlah laju pertumbuhan material deposit akan meningkatkan kualitas udara hasil kompresi.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dimanfaatkan oleh berbagai industri, salah satunya industri yang bergerak dalam bidang (*property*) yaitu PT XYZ Indonesia yang menggunakan banyak peralatan yang modern demi menunjang keterlangsungan proses produksinya. PT XYZ Indonesia merupakan perusahaan *manufacture* yang bergerak di bidang bahan bangunan (*property*). Mesin – mesin yang ada di PT XYZ Indonesia sangat kompleks yang beroperasi secara terus menerus dan berhubungan satu sama lain dari proses satu ke proses yang lainnya baik secara sistem mekanik (pneumatik dan hidrolik) maupun elektrik. Hampir semua peralatan penunjang proses produksi yang ada di PT XYZ Indonesia menggunakan sistem pneumatik yang ditopang oleh sebuah kompresor tipe sekrup FU SHENG SA – 4100 WII, kompresor tersebut dilengkapi oleh *intercooler* tipe *shell and tube* seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut ini.



(b)

Gambar 1 (a) Sistem kompresor ; dan (b) *Intercooler* FU SHENG SA-4100 WII di PT XYZ Indonesia



(a)

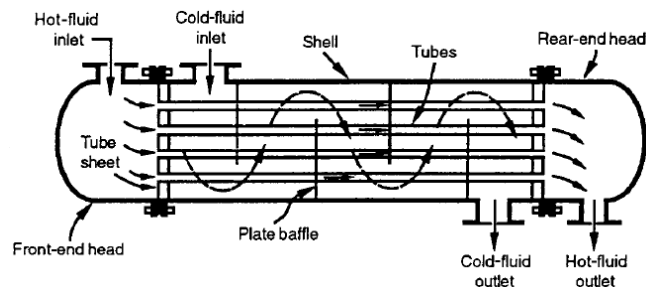
Intercooler berfungsi menurunkan temperatur udara hasil kompresi sebelum masuk ke sistem (peralatan) seperti pnumatik, agar udara tersebut memiliki kandungan air yang cukup kecil (kering). Namun tidak dapat dihindari permasalahan yang sering terjadi pada *intercooler* adalah sering terjadinya pengendapan dari mineral fluida yang bekerja pada *intercooler* tersebut atau yang disebut material deposit. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kualitas udara hasil kompresi, karena pendingin udara hasil kompresi kurang maksimal karena adanya material deposit. Material deposit tersebut akan membentuk *fouling resistance* yang akan mengurangi kemampuan transfer panas *intercooler*.

Fouling resistance selalu muncul pada proses industri yang menggunakan peralatan penukar kalor. Beberapa kasus diantaranya adalah pada industri pengolahan makanan dan pembangkit listrik. Pada industri pengolahan makanan *fouling resistance* menjadi problem utama karena perpindahan panas ke

**ANALISIS FOULING RESISTANCE INTERCOOLER DAN KUALITAS UDARA
KOMPRESOR FU SHENG SA – 4100 WII DI PT. XYZ INDONESIA**

produk menurun sehingga menurunkan pula kualitas dan keamanannya. Selain itu *fouling resistance* juga menyebabkan efisiensi pabrik menurun dan memerlukan proses *cleaning* peralatan penukar kalor. Hal ini membatasi waktu proses dan biaya pada industri pengolahan makanan. Ada berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengetahui perkembangan *fouling resistance* pada *heat exchanger* untuk menjaga laju pertumbuhan *fouling resistance* [1]. Selain itu di industri pembangkit juga terganggu oleh *fouling resistance* yang terdapat pada *Heat Exchanger*. *Fouling resistance* pada industri pembangkit listrik didominasi pada area peralatan penukar kalor dengan aliran fluida dua fasa [2]. Peralatan yang selalu menjadi tempat terbentuknya *fouling resistance* adalah *Heat Exchanger*.

Heat exchanger adalah suatu alat penukar panas yang digunakan untuk memanfaatkan atau mengambil panas dari suatu fluida untuk dipindahkan ke fluida lainnya melalui suatu proses yang disebut dengan proses perpindahan panas (*heat transfer*) [3]. *Intercooler* merupakan salah satu jenis *heat exchanger* tipe *shell-and-tube* yang memiliki konstruksi komponen utama seperti terlihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Komponen utama *heat exchanger* tipe *shell-and-tube* [4]

Persamaan yang digunakan untuk mendesai maupun mengukur kemampuan transfer panas dengan mengetahui perpindahan panas secara menyeluruh dan besarnya laju perpindahan panas yang terjadi pada *heat exchanger shell-and-tube* adalah sebagai berikut [5], [6].

$$U = \left(\frac{1}{h_o} + R_{o,f} + \frac{d_o}{k} + R_{i,f} \right)^{-1} \quad (1)$$

$$Q = U A \Delta T_m F \quad (2)$$

Keterangan:

U : Koefisien perpindahan panas secara menyeluruh (W/m²K)

h : Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²K)

R : Hambatan termal (m²K/W)

d : diameter (m)

Q : Laju perpindahan panas (W)

A : Luas permukaan (m²)

ΔT_m : *Log-mean temperature diference* (K)

F : Faktor koreksi

i : Bagian dalam

o : Bagian luar

Material deposit yang menempel pada dinding-dinding pipa menyebabkan kemampuan transfer panas *heat exchanger* menurun. Hal ini menyebabkan hambatan termalnya bertambah dan meningkat karena *fouling factor*

yang terjadi meningkat. *Fouling factor* dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut [6].

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{A_i \ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{A_i}{A_o} + \frac{1}{h_o}} \quad (3)$$

$$U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{A_o \ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{A_o}{A_i} + \frac{1}{h_o}} \quad (4)$$

$$R'' = \frac{1}{U_o} - \frac{1}{U_i} \quad (5)$$

Keterangan:

L : Panjang pipa (m)

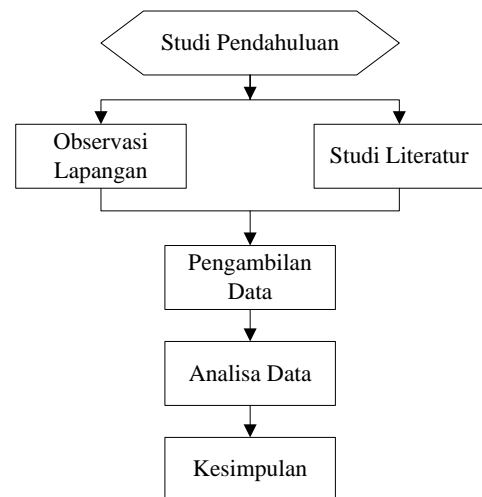
k : Konduktivitas termal bahan (W/mK)

R'' : *Fouling resistance* (m²K/W)

Sedangkan kualitas udara yang keluar dari kompresor dapat diukur dengan seberapa besar air kandungan air/ kelembapan udaranya. Kualitas udara tersebut dapat dicari dengan menggunakan diagram psikometrik dengan mengetahui parameter suhu bola basahnya dan besar kelembapan relatifnya [7].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah dengan menganalisis performansi kompresor sekrup, menganalisis material deposit yang terjadi pada unit *intercooler* kompresor dan menganalisis kualitas dari kompresor FU SHENG SA – 4100 WII yang ada di PT. XYZ Indonesia. Tahapan penelitian yang dilakukan terlihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Alur penelitian

Alur proses penelitian yang dilakukan dari tahap ke tahap pada gambar 3 dijelaskan sebagai berikut.

a. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan menjadi dua bagian yakni observasi lapangan dan studi literatur. Observasi lapangan dilakukan dengan mengamati kejanggalana yang terjadi pada

**ANALISIS FOULING RESISTANCE INTERCOOLER DAN KUALITAS UDARA
KOMPRESOR FU SHENG SA – 4100 WII DI PT. XYZ INDONESIA**

kinerja kompresor FU SHENG SA – 4100 WII di PT. XYZ Indonesia yakni kinerja *intercooler* yang tidak bekerja dengan baik untuk jangka waktu yang lama dan rendahnya kualitas udara keluar kompresor sebagai udara masukan sistem pneumatik. Sedangkan studi literatur dilakukan proses studi pustaka berkaitan dengan menurunnya kualitas udara yang dihasilkan kompresor, laju pertumbuhan material deposit pada *heat exchanger* dan pengalaman studi kasus yang sama tentang hal tersebut yang pernah dialami melalui jurnal dan buku referensi terkait.

b. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan mencari data spesifikasi *heat exchanger*, mengukur laju aliran massa, mengukur temperatur dan mengukur tekanan sistem disisi *inlet* dan *outlet* yang terjadi pada udara dan fluida pendingin. Pengukuran laju aliran massa, temperatur dan tekanan tersebut dilakukan selama 35 hari pengamatan. Laju aliran massa diukur menggunakan *flow meter*, Temperatur menggunakan *infra red thermometer* dan tekanan diukur menggunakan *pressure gauge*.

c. Analisa Data

Analisa data dilakukan dengan menghitung dan menganalisa koefisien perpindahan panas menyeluruh, laju perpindahan panas, pertumbuhan material deposit dan kandungan air pada udara keluaran kompresor yang terjadi dari waktu ke waktu selama 35 hari pengamatan. Data selama 35 hari pengamatan dirata-ratakan untuk dianalisa per minggunya.

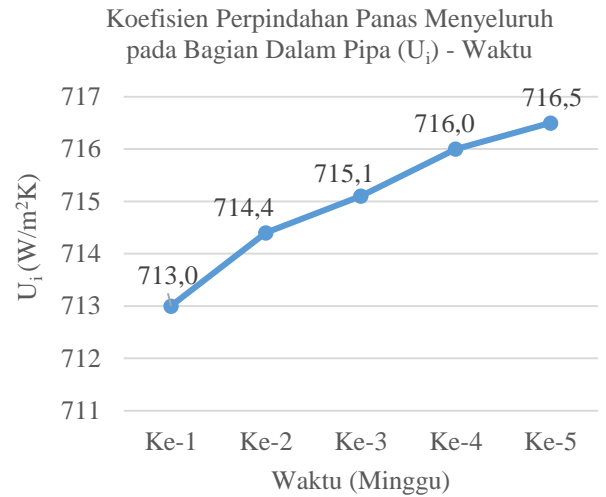
d. Kesimpulan

Kesimpulan dilakukan dengan menarik informasi besarnya laju pertumbuhan *fouling factor* dan laju kondensasi air pada udara kompresor serta prediksi berapa lama *intercooler* perlu dilakukan perawatan pembersihan berkala agar kualitas udara yang dihasilkan kompresor sesuai kebutuhan sistem pneumatik.

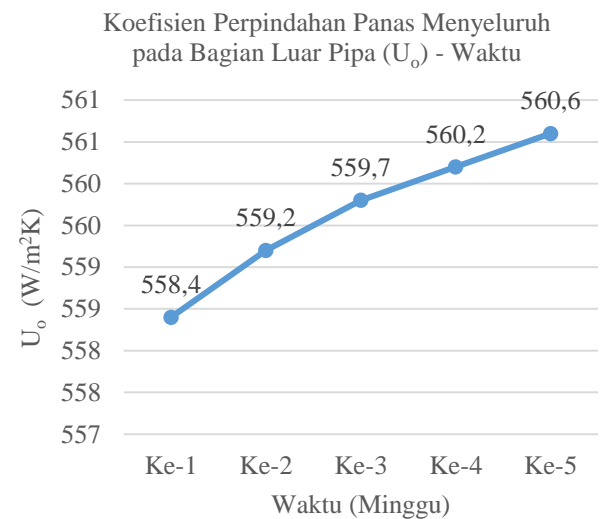
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kompresor FU SHENG SA – 4100 WII di PT. XYZ Indonesia bekerja pada kondisi dengan efisiensi sebesar 73 %. Hasil analisis data dari kompresor dan *intercooler* yang bekerja dengan kemampuan tersebut didapatkan koefisien perpindahan panas menyeluruh bagian dalam dan luar pipa dari waktu ke waktu seperti terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 di bawah ini.

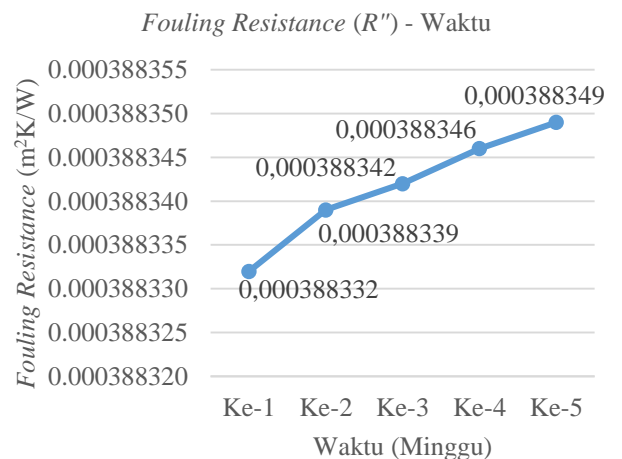
Koefisien perpindahan panas secara menyeluruh pada bagian dalam dan luar pipa dari minggu ke minggu mengalami peningkatan. Rata-rata peningkatan koefisien perpindahan panas menyeluruh yang terjadi sebesar 0,875 W/m²K per minggu pada pipa bagian dalam dan 0,550 W/m²K per minggu pada pipa bagian luar. Hal ini disebabkan karena dari waktu ke waktu kompresor diharapkan dapat bekerja dengan hasil yang sama baiknya akan tetapi sistem mengalami gangguan transfer panas akibat pertumbuhan material deposit yang terjadi pada *intercooler*. Sehingga kemampuan transfer panas ditingkatkan melalui rekayasa variabel sistem seperti memperbesar laju aliran massa agar kemampuannya mentransfer panas tetap terjaga. Disatu sisi dari waktu ke waktu pula material deposit yang terdapat pada dinding-dinding pipa juga meningkat sehingga proses transfer panas yang terjadi terhambat. Pertumbuhan material deposit dari *intercooler* terlihat pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 4 Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada bagian dalam pipa dari minggu ke minggu



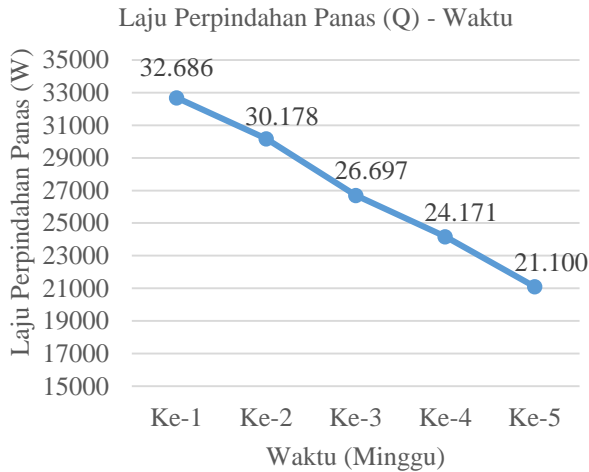
Gambar 5 Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada pipa bagian luar pipa dari minggu ke minggu



Gambar 6 Pertumbuhan material deposit dari minggu ke minggu

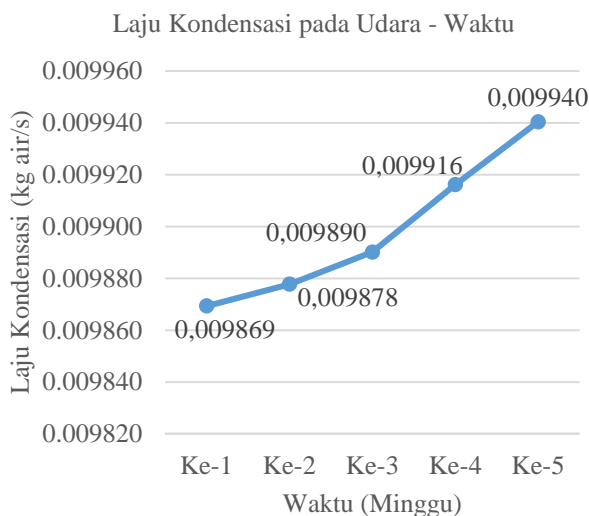
ANALISIS FOULING RESISTANCE INTERCOOLER DAN KUALITAS UDARA KOMPRESOR FU SHENG SA – 4100 WII DI PT. XYZ INDONESIA

Material deposit meningkat pada dinding-dinding pipa *intercooler* dari waktu ke waktu menyebabkan transfer panas menjadi menurun karena hambatan termal konduksi yang disebabkan material deposit cukup besar. Sehingga peningkatan *fouling factor* yang terjadi sebesar 1×10^{-9} (m²K)/W per minggu. Hal ini menyebabkan laju perpindahan panas yang terjadi menurun seperti terlihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7 Perubahan laju perpindahan panas dari minggu ke minggu

Laju perpindahan panas *intercooler* menurun dari waktu-kewaktu seiring peningkatan material deposit yang menempel pada dinding-dinding pipa *intercooler*. Penurunan laju perpindahan panas *intercooler* rata-rata sebesar 2.896,5 W per minggu. Sedangkan laju kondensasi udara yang terjadi dari minggu ke minggu dijelaskan pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Laju kondensasi pada udara dari minggu ke minggu

Material deposit terbentuk dari material yang dibawa oleh air sebagai pendingin karena air pendingin diambil dari air tanah biasa tanpa perlakuan khusus untuk mengurangi material yang terkandung dalam air. Selain itu air pendingin juga berpotensi terkontaminasi oleh pengotor sekitar lokasi *cooling tower* seperti

debu lingkungan yang berterbangan, uap limbah hasil produksi dan debu dari tangki semen Akibat menurunnya kemampuan transfer panas menyebabkan panas yang dikeluarkan dari kerja kompresor menjadi berkurang sedangkan dalam sistem kompresor udara memanaskan akibat kompresi kompresor. Hal ini menyebabkan kondensasi air pada udara meningkat menyebabkan kualitas udara keluar kompresor untuk sistem pneumatik menjadi buruk. Peningkatan laju kondensasi air rata-rata yang terjadi pada udara sebesar 1×10^{-5} kg air/s per minggu.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan yang ada pada unit *Intercooler* kompresor FU SHENG SA – 4100 WII disebabkan oleh adanya Material Deposit (endapan kotoran) yang terjadi pada tube *Air Cooler* tersebut, sehingga laju perpindahan panas semakin menurun, laju penambahan *fouling resistance* yang terjadi mengalami penambahan sebesar 1×10^{-9} (m²K)/W per minggu. Penambahan *fouling resistance* pada *intercooler* tersebut disebabkan karena adanya faktor pengotoran dari *fluida* (air) pendingin, yang hanya menggunakan air tanah biasa, tanpa *treatment* khusus disamping adanya pengotoran dari lingkungan sekitar lokasi *cooling tower* yaitu debu, uap limbah hasil produksi, debu dari tangki semen.
2. Penambahan Material Deposit pada *Intercooler* juga menyebabkan penurunan kualitas udara kering hasil dari kompresor, karena proses penurunan temperatur udara hasil kompresi tidak sempurna. Terhambat dengan adanya material deposit, yang tentunya sangat berpengaruh ke semua sistem (peralatan). Kandungan uap air pada kompresor FU SHENG SA – 4100 WII mengalami kenaikan sebesar 1×10^{-5} (kg air/s) per minggu.
3. Perawatan *cleaning* pada *intercooler* sebaiknya dilakukan sebulan sekali guna menjaga kualitas udara untuk peralatan pneumatik karena hasil analisis menunjukkan kondensasi uap air sudah cukup meningkat setelah kompresor FU SHENG SA – 4100 WII di PT. XYZ Indonesia digunakan selama sebulan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Wallhäußer, E., Hussein, M.A. dan Becker, T., Detection methods of fouling in heat exchangers in the food industry, *Food Control*, Volume 27, 2012, pp.1-10.
- [2] Qureshi, Bilal Ahmed dan Zubair Syed M., Predicting the impact of heat exchanger fouling in power systems, *Energy*, Volume 107, 2016, pp. 595-602.
- [3] Wijaya, Binsen, Analisis Dan Simulasi Keefektifan Alat Penukar Kalor Tabung Sepusat Dengan Variasi Kapasitas Aliran Fluida Panas, Kapasitas Aliran Fluida Dingin, Dan Suhu Masukan Fluida Panas Dengan Aliran Sejajar, *Skripsi Departemen Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara*, 2015.

**ANALISIS FOULING RESISTANCE INTERCOOLER DAN KUALITAS UDARA
KOMPRESOR FU SHENG SA – 4100 WII DI PT. XYZ INDONESIA**

- [4] Shah, R. K. and Sekulic, D. P., *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2003.
- [5] Cao, E., *Heat Transfer in Process Engineering*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2009.
- [6] Holman, J. P., *Perpindahan Kalor alih bahasa Jasjfi E., edisi ke-6*, Erlangga, Jakarta, 1988.
- [7] Permana, Dicky dan Prabowo, Studi Eksperimen Pengaruh Kecepatan Udara Pengeriing Inlet Chamber Pada Swirling Fluidized Bed Dryer Terhadap Karakteristik Pengeringan Batubara, *Jurnal Teknik ITS*, Volume 5.2, 2017.