

PENGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA SISTEM UDARA BERTEKANAN DI PT CCM BOGOR

Joshua Dermahadi Tammy¹⁾, Chalilullah Rangkuti¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti
Corresponding Author : tammyjoshua1988@gmail.com

ABSTRAK

Setiap sistem udara bertekanan yang ada pada industri dijalankan menggunakan energi listrik yang tinggi. Banyak pelaku industri tidak menyadari hal tersebut dan mengabaikan potensi pemborosan biaya listrik yang dapat terjadi akibat dari penurunan kinerja kompresor udara. Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung potensi pemborosan tersebut pada salah satu industri, yakni PT. CCM Bogor. Penelitian ini menggunakan beberapa alat ukur untuk menentukan kinerja dari tiga buah kompresor udara yang digunakan saat ini. Laju aliran, tekanan, dan suhu udara tekan serta daya listrik yang digunakan oleh kompresor udara menjadi acuan penentuan daya spesifik dari masing-masing kompresor udara yang dibandingkan dengan daya spesifik pada sebuah kompresor udara baru untuk mendapatkan deviasi kinerjanya. Dari hasil penelitian, jumlah potensi pemborosan energi listrik akibat penurunan kinerja kompresor udara ulir dalam bentuk biaya listrik diestimasi mencapai Rp 297.521.814,- setiap tahunnya. Manfaat dari penelitian ini, penulis dapat memberikan saran kepada perusahaan terkait untuk melakukan penghematan biaya listrik dengan mengganti dan memperbaiki kompresor udara yang ada. Dengan penggantian dan perbaikan senilai total Rp 240.764.104,- diperoleh estimasi pengembalian investasi atau *return of investment* (ROI) setelah 9,7 bulan beroperasi.

Kata Kunci: *Industri, Kinerja, Kompresor Udara Ulir, Pemborosan, Energi Listrik.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.

Sistem udara bertekanan sangat luas pemakaiannya di dalam berbagai sektor industri, dan seringkali dikatakan sebagai utilitas yang vital dalam sebuah industri. Hampir seluruh jenis industri, dari yang paling kecil sampai yang paling besar memiliki jenis-jenis kompresor yang berbeda, termasuk perusahaan perabotan kayu. Salah satu perusahaan perabotan kayu PT. CCM yang berlokasi di Bogor menggunakan kompresor tipe ulir/*screw* sebagai sumber sistem udara bertekanan untuk mesin-mesin produksinya. Tanpa sistem udara bertekanan yang memadai, mesin-mesin produksi tidak dapat berfungsi secara utuh dan akan menghambat produksi, oleh sebab itu PT. CCM memiliki banyak kompresor udara untuk mencukupinya. Namun, banyaknya kompresor yang digunakan tidak diiringi oleh manajemen sistem udara bertekanan yang baik, sehingga timbul potensi pemborosan energi listrik yang dikonversikan ke dalam biaya listrik hingga puluhan juta atau bahkan mungkin ratusan juta rupiah.

Kebutuhan udara bertekanan di PT. CCM saat ini dipenuhi oleh kompresor udara jenis ulir/*screw* dengan total daya sebesar 154,9 kW. Diketahui bahwa tahun – tahun sebelumnya dengan kuantitas produksi yang hampir sama, hanya dibutuhkan total daya sebesar 114,87 kW. Berdasarkan hal tersebut dan mengingat pentingnya penghematan energi yang juga digemakan oleh ISO50001, maka penggunaan energi listrik pada sistem udara bertekanan di PT. CCM perlu dianalisa dan diperbaiki.

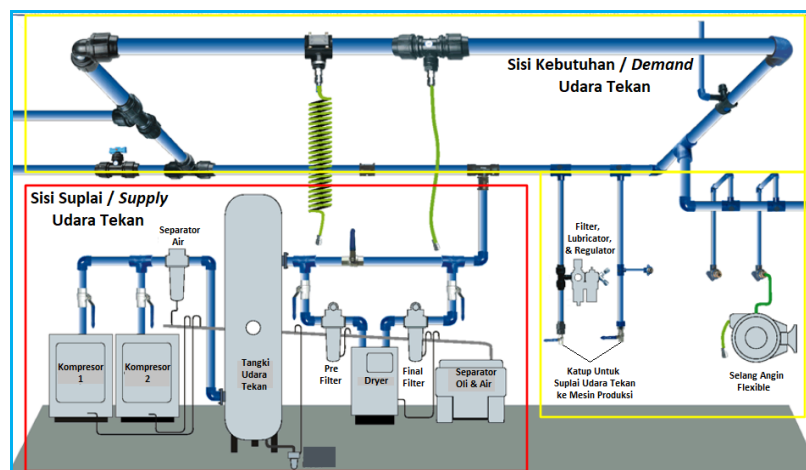
1.2 Tujuan Penelitian,

Tujuan penelitian ini adalah menerapkan manajemen sistem udara bertekanan yang tepat dengan menganalisa data, hasil pengukuran, dan hasil perhitungan kinerja kompresor udara yang sudah ada pada PT CCM, sehingga dapat dibentuk pilihan perbaikan untuk mendapatkan penghematan energi listrik dan pengembalian investasi yang optimal.

II. STUDI PUSTAKA

2.1 Sistem udara bertekanan

Sistem udara bertekanan sangat luas pemakaiannya di dalam berbagai sektor industri, dan seringkali dikatakan sebagai utilitas yang vital dalam sebuah industri. Udara bertekanan menjadi penyokong utama kedua setelah energi listrik yang dibutuhkan oleh mesin-mesin produksi untuk beroperasi. Udara bertekanan dihasilkan melalui suatu proses kompresi udara yang berasal dari atmosfer. Sistem udara bertekanan terdiri dari sisi suplai yang termasuk di dalamnya kompresor udara, pengering udara, penyaring udara, dan tangki udara, juga sisi kebutuhan yang termasuk di dalamnya jalur pipa distribusi dan peralatan akhir yang menggunakan udara tekan. Gambar 1 di bawah ini mengilustrasikan kedua sisi baik suplai/*supply* (dalam kotak merah) maupun kebutuhan/*demand* (dalam kotak kuning) pada sistem udara bertekanan.

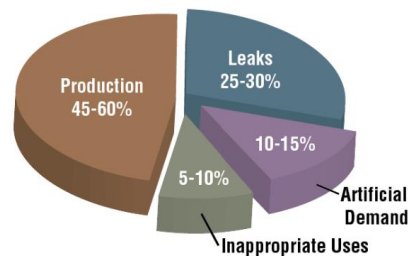


Gambar 1. Ilustrasi sistem udara bertekanan

Di dunia industri, sistem udara bertekanan merupakan sistem yang menggunakan energi listrik yang tinggi. Di Amerika Serikat, rata – rata industri manufaktur menggunakan 10% energi listriknya untuk udara bertekanan.

Penggunaan rata-rata 10% energi listrik untuk sistem udara bertekanan sebenarnya masih bisa diminimalisir. Berdasarkan data dari Departemen Energi Amerika Serikat, setengah dari udara tekan yang dihasilkan pada sebuah industri terbuang percuma. Seperti pada Gambar 2 di bawah ini, 25-30% terbuang karena kebocoran/*leaks*, 10-15% terbuang karena kebutuhan palsu/*artificial demand*, dan 5-10% terbuang karena penggunaan yang tidak tepat sasaran/*inappropriate uses*.

U.S. Department of Energy Estimates that
Half of All Compressed Air is Wasted



Gambar 2. Data udara tekan dari Departemen Energi Amerika Serikat

2.2 Kompresor ulir/ *screw*

Kompresor udara adalah mesin fluida yang berfungsi untuk memampatkan udara atau gas sehingga menghasilkan udara atau gas yang bertekanan. Saat ini dikenal kompresor yang sangat cocok digunakan pada skala industri, yakni kompresor ulir. Kompresor ulir termasuk jenis baru dari kompresor jenis perpindahan positif. Kompresor ulir dikembangkan pada akhir tahun 1940, dimulai dengan kompresor ulir kering. Pada tahun 1980 konsep kompresor ulir kering dimodifikasi dengan penambahan injeksi fluida (biasanya oli) pada ruang kompresi, yang memungkinkan bertambahnya rasio kompresi dan penyederhanaan desain mekanikal dengan menghilangkan roda gigi *timing*.

Kompresor ulir tipe basah dapat dikatakan sebagai sebuah inovasi dari fungsi yang kurang memadai pada kompresor ulir tipe kering. Cairan berupa oli atau air yang dimasukkan ke dalam ruang kompresi berfungsi untuk mendinginkan dan juga melubrikasi elemen kompresor yang bergerak, mendinginkan udara tekan yang dikompres, dan mengurangi kebocoran balik ke saluran masuk.

2.3 Peningkatan Efisiensi Sistem Udara Bertekanan

Menggunakan udara tekan pada sebuah industri membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Konsumsi energi listrik yang tinggi dan juga perawatan berkala yang sering menyebabkan biaya operasi yang tinggi untuk sistem udara bertekanan. Biaya energi listrik, berdasarkan data dari Departemen Energi Amerika Serikat merupakan biaya yang paling tinggi untuk menjalankan sistem udara bertekanan. Seperti terlihat pada Gambar 3, dari keseluruhan biaya sistem udara bertekanan dihitung selama 10 tahun peralatan udara tekan dipakai, biaya energi listrik menduduki posisi tertinggi dengan 76% dari jumlah biaya yang dikeluarkan. Namun demikian, masih banyak industri yang tidak peduli tentang tingginya biaya operasi ini pada basis tahunan atau berapa banyak biaya energi listrik yang dapat mereka hemat dengan berkonsentrasi pada perbaikan sistem udara bertekanan. Untuk memahami bagaimana penghematan energi listrik pada

sistem udara bertekanan dapat dilakukan, diperlukan pemahaman mengenai perbaikan dan peningkatan efisiensi dari sistem tersebut.



Gambar 3. Persentase biaya udara tekan dalam kurun waktu 10 tahun, 2004

Salah satu hal yang bisa digali dalam upaya perbaikan dan peningkatan efisiensi sistem udara bertekanan adalah tentang penentuan garis dasar sistem udara bertekanan. Garis dasar sistem udara bertekanan ini berbicara tentang pembuatan level performa dari pemakaian energi listrik pada sistem udara bertekanan dan biayanya, yang berkorelasi dengan kompresor udara yang paling banyak menggunakan energi listrik. Kompresor udara harus dites dan diulas dalam jangka waktu tertentu untuk mengetahui kinerjanya, termasuk efisiensinya. Ketika berbicara tentang pengujian efisiensi pada sebuah kompresor udara, penting untuk diketahui daya spesifik aktualnya. Daya spesifik aktual didefinisikan sebagai besaran daya aktual yang dikonsumsi oleh kompresor untuk menghasilkan laju aliran udara tekan sebesar 1 m³/min. Parameter untuk menentukan daya spesifik aktual adalah laju aliran, daya listrik yang digunakan, tekanan kerja dan suhu kerjanya. Daya spesifik aktual dirumuskan sebagai berikut:

$$DS = \frac{P}{Q_t} \quad (2.1)$$

dimana:

DS = daya spesifik (kW/(m³/min))

P = daya listrik kompresor (kW)

Q_t = laju aliran udara tekan terkoreksi (m³/min)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan pendekatan penelitian

Dalam skripsi ini digunakan jenis penelitian kuantitatif.

3.2 Sumber data

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data operasional dan mengukur kinerja dari tiga buah kompresor udara yang dimiliki oleh PT. CCM Bogor,

serta mengambil data *commissioning* kompresor udara baru sejenis sebagai pembandingan.

3.3 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan bulan Juli 2020 di PT CCM Bogor.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan udara bertekanan di PT. CCM saat ini dipenuhi oleh tiga kompresor udara jenis ulir/*screw*. Ketiga kompresor tersebut diukur kinerjanya menggunakan alat ukur yang akurat yakni alat ukur laju aliran tipe orifis (LPMeter) dan alat ukur daya listrik portabel dari Fluke pada tekanan 100 psig. Setelah mendapatkan hasil pengukuran, data tersebut dapat digunakan untuk menganalisa kinerjanya yang berarti menghitung deviasi kinerja ketiga kompresor tersebut. Untuk mendapatkan deviasi kinerja dari setiap kompresor, dibutuhkan penghitungan daya spesifik aktual kompresor yang akan dibandingkan dengan daya spesifik kompresor baru. Daya spesifik aktual tiap-tiap kompresor dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1. Sedangkan untuk mendapatkan daya spesifik kompresor baru, digunakanlah data lembar *commisioning* kompresor baru yang sejenis. Tabel 1 menunjukkan perbandingan lengkap daya spesifik tiap-tiap kompresor.

Tabel 1. Perbandingan Daya Spesifik Tiap-Tiap Kompresor

No	Unit	Kondisi aktual hasil pengukuran			Kondisi kompresor baru			Deviasi Kinerja
		Laju Aliran (m ³ /min)	Daya Kompresor (kW)	Daya Spesifik (kW/(m ³ /min))	Laju Aliran (m ³ /min)	Daya Kompresor (kW)	Daya Spesifik (kW/(m ³ /min))	
1	Kompresor 1 (Tipe 37kW)	1,34	27,71	20,62	6,12	39,5	6,45	68,7%
2	Kompresor 2 (Tipe 75kW)	10,71	87,16	8,14	12,5	80,5	6,44	20,9%
3	Kompresor 3 (Tipe 37kW)	5,57	40,03	7,19	6,12	39,5	6,45	10,2%

Dengan mengacu kepada tarif listrik industri di daerah Bogor sebesar Rp 1.500,-/kWh dan estimasi semua kompresor berjalan berbeban selama 16 jam setiap harinya selama 300 hari/tahun seperti waktu kerja pada pabrik, dapat dihitung potensi pemborosan biaya listriknya sebagai berikut:

a. Kompresor 1

$$\begin{aligned}\text{Kerugian biaya} &= \text{Deviasi}_1 \times \text{Daya kompresor 1 aktual} \times \text{Rp 1.500/kWh} \\ &= 68,7\% \times 27,71\text{kW} \times \text{Rp1.500/kWh} = \text{Rp 28.557/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerugian biaya/tahun} &= \text{Kerugian biaya} \times 300 \text{ hari/thn} \times 16 \text{ jam/hari} \\ &= \text{Rp 137.075.645/tahun}\end{aligned}$$

b. Kompresor 2

$$\begin{aligned}\text{Kerugian biaya} &= \text{Deviasi}_2 \times \text{Daya kompresor 2 aktual} \times \text{Rp 1.500/kWh} \\ &= 20,9\% \times 87,16\text{kW} \times \text{Rp 1.500/kWh} = \text{Rp 27.298/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerugian biaya/tahun} &= \text{Kerugian biaya} \times 300 \text{ hari/thn} \times 16 \text{ jam/hari} \\ &= \text{Rp 131.031.715/tahun}\end{aligned}$$

c. Kompresor 3

$$\begin{aligned}\text{Kerugian biaya} &= \text{Deviasi}_3 \times \text{Daya kompresor 3 aktual} \times \text{Rp 1.500/kWh} \\ &= 10,2\% \times 40,03\text{kW} \times \text{Rp 1.500/kWh} = \text{Rp 6.128/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerugian biaya/tahun} &= \text{Kerugian biaya} \times 300 \text{ hari/thn} \times 16 \text{ jam/hari} \\ &= \text{Rp 29.414.453/tahun}\end{aligned}$$

Jumlah potensi pemborosan biaya listrik yang diakibatkan oleh penurunan kinerja semua kompresor dalam satu tahun adalah Rp 297.521.814,-. Perbaikan yang dapat disarankan untuk dilakukan oleh manajemen adalah mengganti kompresor 1 dan 2 dengan sebuah kompresor baru yang efisien dan memperbaiki kompresor 3 dengan melakukan *overhaul*. Jika kompresor 3 diperbaiki diharapkan kinerjanya meningkat kembali dan menghasilkan laju aliran sebesar 6,12 m³/min seperti kompresor baru. Dengan kebutuhan udara maksimum sebesar 11,9 m³/min yang terukur pada area produksi, maka kompresor baru pengganti yang dibutuhkan untuk mendampingi kompresor 3 memenuhi kebutuhan udara tekan pada area produksi adalah kompresor baru tipe 37 kW kontrol VFD dengan kapasitas laju aliran sebesar 6,12 m³/min. Sehingga laju aliran udara tekan maksimal yang dapat dihasilkan kedua kompresor tersebut sebesar 12,24 m³/min.

Merujuk pada penawaran yang didapatkan dari perusahaan distributor kompresor, harga kompresor dengan tipe 37 kW kontrol VFD (*Variable Frequency Drive*) yang dijadikan dasar perbandingan kinerja kompresor adalah sebesar Rp 184.140.000,- dan harga *overhaul* kompresor 3 sebesar Rp 56.624.104,-. Pengembalian investasi (ROI) dari perbaikan yang akan dilakukan tersebut dapat dihitung dengan membandingkan nilai investasi (pengadaan dan perbaikan kompresor) dan potensi kerugian yang terjadi. Berikut adalah perhitungannya:

$$\begin{aligned}\text{ROI} &= \frac{\text{Nilai pengadaan kompresor} + \text{nilai perbaikan kompresor}}{\text{Potensi pemborosan biaya listrik semua kompresor/12 bulan}} \\ &= \frac{\text{Rp 184.140.000} + \text{Rp 56.624.104}}{\text{Rp 297.521.814/12 bulan}} \\ &= 9,7 \text{ bulan}\end{aligned}$$

Jadi dengan melakukan investasi pengadaan kompresor untuk mengganti kompresor 1 dan kompresor 2 serta melakukan perbaikan kompresor 3, akan terjadi penghematan energi listrik dan pengembalian investasi (ROI) setelah 9,7 bulan beroperasi. Karena ROI yang diperoleh kurang dari 1 tahun, maka pilihan perbaikan ini termasuk optimal dan dapat disarankan kepada pabrik.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Setiap kompresor udara yang digunakan oleh pabrik mengalami penurunan kinerja. Kompresor 1, 2, dan 3 mengalami penurunan kinerja berturut-turut sebesar 68,7 %, 20,9 %, dan 10,2 % yang mengakibatkan timbulnya potensi pemborosan biaya listrik sejumlah Rp 297.521.814,-/tahun.
- Untuk menanggulangi permasalahan kerugian operasional ini disarankan kepada pihak manajemen pabrik untuk melakukan investasi pengadaan kompresor kontrol VFD menggantikan kompresor 1 dan kompresor 2 serta

melakukan perbaikan *overhaul* kompresor 3 senilai total biaya Rp 240.764.104,-, sehingga akan diperoleh penghematan listrik dan pengembalian investasi/*return of investment* (ROI) setelah 9,7 bulan beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- U.S. Department of Energy, 2001, *Assessment of the Market for Compressed Air Efficiency Services*, Massachusetts, Xenergy, Inc.
- Forsthoffer, W. E. Bill., dan T. Books, 2005, *Forsthoffer's Rotating Equipment Handbooks*, Kidlington, Elsevier Ltd.
- Beals, H. C., 2011, *Improving Compressed Air System Performance: A Sourcebook for Industry* (edisi ke-3), McLean, Resource Dynamic Corporation.
- Impact RM, 2015, 'Operation Manual The LP Meter Impact RM Compressed Air Multi-Orifice Flow Meter'.
- U.S. Department of Energy, 2004, 'Energy Tips – Compressed Air, Renewable and Sustainable Energy Reviews'.
- Atlas Copco Airpower NV, 2015, *Compressed Air Manual* (edisi ke-8), Belgium, Atlas Copco.