

Analisis Kinerja Sistem Kompresor Udara di Jalur Produksi PT. X Melalui Audit Energi

Dadang Suhendra Permana dan Yuriadi Kusuma
Dosen Peneliti Teknik Mesin (Universitas Mercu Buana Jakarta)

Email: dadangsp2012@gmail.com
Fakultas Teknik Universitas Mercubuana

ABSTRAK

Analisis dilakukan untuk mengetahui kondisi kinerja kompresor dan bagaimana tindakan yang harus dilakukan untuk mengantisipasi permasalahan. Diperlukan data primer, data sekunder serta data penunjang lainnya untuk menganalisis permasalahan. Data-data diperoleh dari hasil pengukuran antara lain flow rate, tekanan dan daya konsumsi listrik. Adapun data lainnya diperoleh dari kondisi aktual lapangan dan informasi dari pengguna. Hasil analisis memperlihatkan penurunan kinerja kompresor rata-rata antara 13% - 52%. Kompresor No. 4 paling rendah kinerjanya, karena perawatan general overhaul belum dilaksanakan secara keseluruhan. Kompresor ini direkomendasikan untuk berhenti beroperasi, karena menyebabkan kerugian biaya listrik sebesar Rp192.714.120/tahun. Ditemukan perbedaan tekanan antara supply dan demand yang sangat besar pada kompresor no. 5, yakni 2,5 bar dengan estimasi kerugian finansial sebesar Rp 226.720.000/tahun.

Kata kunci: Kinerja, tekanan, finansial, penurunan, udara

PENDAHULUAN

Kompresor dimasa ini sudah menjadi mesin yang lazim digunakan di berbagai industri. Di beberapa industri tertentu, sistem udara bertekanan memegang peranan yang sangat penting. Sehingga keseluruhan sistemnya tidak akan dapat beroperasi tanpa adanya sistem kompresor udara.

Sistem udara bertekanan dibangkitkan kompresor dengan tingkat konsumsi energi yang sangat bervariasi, tergantung besarnya tekanan. Ternyata 70 sampai 90 persen udara tekan hilang dalam bentuk kerugian panas dan gesekan, salah penggunaan serta kebisingan. Sehingga, bidang ini menjadi area penting untuk konservasi energi pada plant industri⁷.

Sistem udara bertekanan memiliki bagian supply dan bagian demand. Pengaturan sisi supply yang baik, akan menghasilkan udara bertekanan yang bersih, kering dan stabil untuk didistribusikan ke pemakai (demand). Demikian juga pengaturan sisi demand yang baik, akan meminimalisir kerugian akibat terbuang percuma, karena kebocoran dan penggunaan yang tak semestinya. Untuk improvisasi dan menjaga performa sistem udara bertekanan perlu diperhatikan kedua sisi tersebut agar dapat bersinergi, sehingga diperoleh sistem kompresor udara dengan kinerja optimal dan hemat energi. Sistem udara tekan yang dimaintain dengan baik

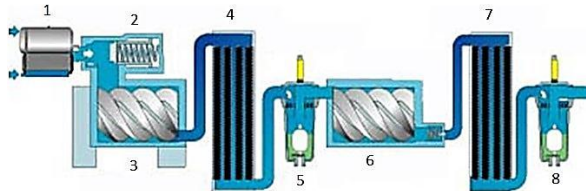
dan benar tentunya akan dapat menghemat energi, mengurangi perawatan, menurunkan waktu penghentian operasi (downtime), serta meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi.

Sistem udara bertekanan yang digunakan Industri untuk proses produksi, sering dikeluhkan sebagai penyebab tingginya biaya produksi, terutama dikarenakan membengkaknya biaya konsumsi energi penggerakannya (listrik atau BBM). Hal ini tentu saja membuat produk industri sulit bersaing dengan produk sejenis dipasaran. Selain itu tingkat kegagalan produksi yang disebabkan oleh suplai udara bertekanan kurang stabil cukup mempengaruhi hasil produksi. Oleh karena itu perlu perbaikan pada kinerja dan pola konsumsi energi kompresornya, agar dapat bersaing di pasar global.

Hal penting yang harus diingat adalah biaya menjalankan sistem udara tekan jauh lebih tinggi dari pada harga kompresor itu sendiri. Penghematan energi melalui perbaikan kinerja sistem kompresor, dapat berkisar dari 20 sampai 50 persen atau lebih dari total penggunaan energi listrik⁷. Ini menghasilkan penghematan sangat besar, diatas ratusan ribu dolar dan bahkan sangat menyokong usaha pelestarian lingkungan hidup dari bahaya gas buang hasil pembakaran bahan bakar energi penggerakannya.

Kompresor Udara Oil Free Dry Screw

Kompresor Udara *Oil free dry screw* adalah salah satu dari jenis kompresor udara dengan simetrik rotor dan tidak menggunakan pelumas pada bagian screw.



Tekanan

Tekanan merupakan parameter penting yang harus dikontrol dalam sistem udara bertekanan. Setiap kenaikan 1 bar tekanan udara memerlukan 7% - 9% energi listrik dari kapasitas yang tersedia¹⁰.

Profil beban

Profil beban merupakan kunci penting dalam mendisain dan mengoperasikan udara bertekanan. Variasi kebutuhan udara pada suatu industri menjadi pertimbangan utama dalam mendesain sistem udara bertekanan, apabila kebutuhan udara yang berubah-ubah sebaiknya menggunakan "sequencing control/central controller" untuk mendapatkan operasional kompresor lebih ekonomis. Dan kebutuhan udara yang cenderung konstan dapat menjaga konsumsi energi listrik pada titik optimum sehingga lebih efisien.

Kinerja Kompresor

Cara paling tepat untuk menentukan kinerja kompresor adalah dengan mengukur secara langsung *input power* (kW) dan kapasitas *flow* udara bertekanan (m³/min). Kinerja/efisiensi kompresor lebih sering dikenal dengan *Specific Power Consumption (SPC)*. SPC dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$SPC = \frac{P}{Q} \tag{1}$$

Dimana:

- SPC = (kW/m³/min)
- P = Power/Daya (kW)
- Q = Laju aliran volume udara (m³/min)

Saat ini SPC untuk tipe kompresor screw adalah 6,4 kW/m³/min hingga 7,8 kW/m³/min¹¹.

Dengan membandingkan antara name plate (SPC₁) dengan hasil pengukuran (SPC₂), maka akan diperoleh deviasi kinerja kompresor udara (η) dan selanjutnya dapat dihitung biaya energi listrik (*Energy Cost*) yang terbuang dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{SPC_2 - SPC_1}{SPC_2} \times 100\% \tag{2}$$

Dimana:

- η = Effisiensi kinerja kompresor udara (%)
- SPC₁ = Specific power consumption spek/nameplate (kW/m³/min)
- SPC₂ = Specific power consumption perhitungan (kW/m³/min)

Dan energy cost dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Energy\ Cost = \eta \times P \times n \tag{3}$$

Dimana:

- Energy Cost = Biaya energi listrik yang dikeluarkan (Rupiah/Rp)
- η = Effisiensi kinerja kompresor (%)
- P = Daya listrik yang digunakan (kWh)
- n = harga energi listrik per kWh = IDR 1300/kWh

Pola Konsumsi Udara Bertekanan

Pola konsumsi udara bertekanan yang tidak menguntungkan biasanya disebabkan oleh kebocoran, keausan pada peralatan, proses produksi yang tidak diatur sedemikian rupa dan penggunaan udara bertekanan tidak tepat.

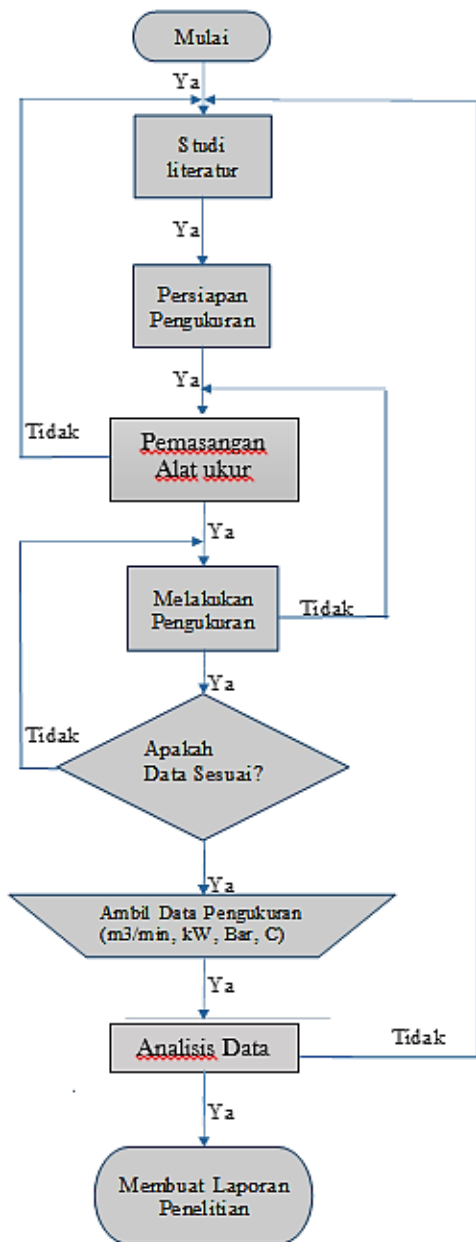
Membagi sistem udara bertekanan menjadi beberapa bagian dapat dilakukan untuk mengurangi konsumsi udara, seperti contoh pola pemakaian pada siang hari lebih besar dari pada malam hari, sehingga perlu dibagi dengan memisahkan sistem udara bertekanan.

Spesifikasi Kompresor Udara

Pengambilan data dilakukan pada ruang kompresor, sistem pemipaan pada ruang kompresor dan pipa distribusi udara bertekanan. Spesifikasi kompresor udara yang akan diukur untuk pengambilan data adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi (Nameplate) ke lima kompresor udara yang akan diukur

No	Kompresor	Model	Flow (m ³ /min)	Daya	Tekanan Maksimum (Bar)	Tahun Perakitan	Status Operasional
1	Atlas Copco	ZT30-AIF050473	4,2	30kW; 3~; 380V; 50Hz	8,6	1998	Full Running
2	Atlas Copco	ZT30-AIF050472	4,2	30kW; 3~; 380V; 50Hz	8,6	1998	Full Running
3	Kobelco	ALE30A-5H	3,8	30kW; 3~; 380V; 50Hz	9	2003	Full Running
4	Mitsui Seiki	U-14375A	6	37kW; 3~; 380V; 50Hz	9	2005	Full Running
5	Ingersoll Rand	IRN55K-OF	7,6	55kW; 3~; 380V; 50Hz	10	2010	Full Running



Gambar Diagram Alir Sistematika Penelitian

METODE RISET

Sistematika penelitian ini digambarkan dalam diagram alir seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Alat Ukur

1. Orifice Flowmeter

Orifice Flowmeter adalah alat pengukur volume aliran udara. Alat ini memiliki beberapa orifice didalamnya, masing-masing orifice akan menghasilkan laju aliran volume udara tertentu.

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui laju aliran volume udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor.

Orifice flowmeter yang digunakan untuk pengambilan data ini menggunakan flowmeter dengan merek IMPACTRM tipe LP07 nomor seri 16-2199-A1-A6. Dengan Range 0.28 s/d 45m³/menit, tingkat akurasi ±2% (Impactrm LP07 calibration certificate, 2016).



2. Pengukur Daya (Power Meter)

Pengukur daya / Power meter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur energi listrik yang diperlukan oleh kompresor untuk menghasilkan udara bertekanan.

Power meter yang digunakan untuk pengambilan data ini menggunakan merek Fluke tipe 1730, dengan range tegangan maksimum 1000 Volt, tingkat akurasi ±0.2% (www.en.us.fluke.com)



Tipe *thermal mass flowmeter* yang digunakan S400 dengan *range* pengukuran 0.2 m³/jam-19815m³/jam.



3. Pengukur Tekanan (Pressure Gauge)

Pressure gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor dan juga tekanan pada area mesin produksi.



Pressure gauge dipasang pada *flowmeter* untuk mengetahui dan memonitor tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor. *Pressure gauge* yang digunakan merek Fluke tipe 700G27 dengan *range* pengukuran -0.83 s/d 20 Bar (www.us.fluke.com).

5. Data Logger

Data Logger adalah alat yang berfungsi untuk membaca dan mencatat hasil pengukuran dari sensor *thermal mass flow meter*.



5. Thermal Mass Flowmeter

Thermal mass flowmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran volume udara yang mengalir pada pipa distribusi, *thermal mass flowmeter* digunakan untuk mengetahui konsumsi udara yang digunakan untuk proses produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

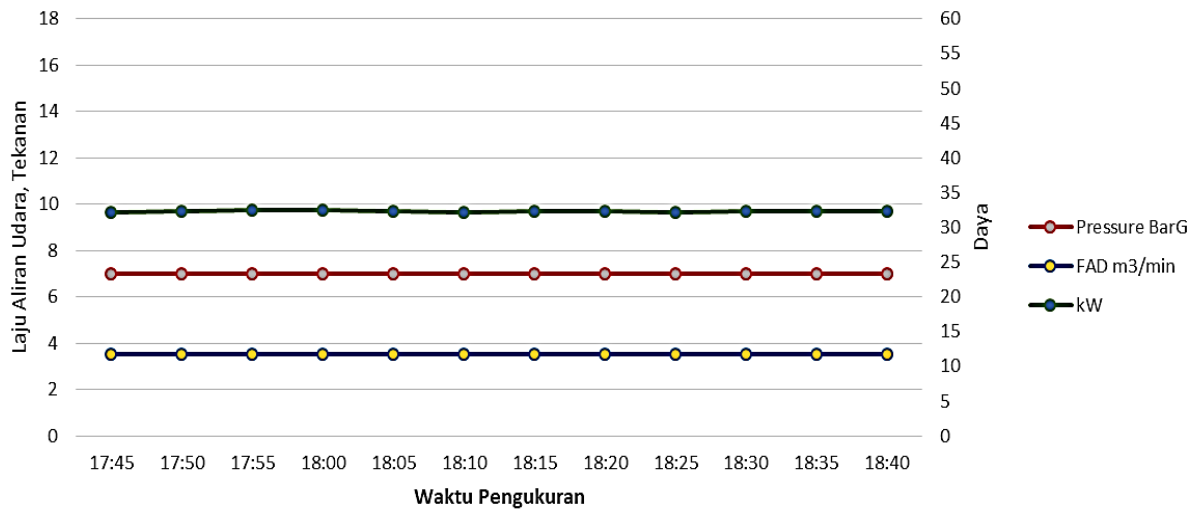
Data pengukuran diambil sebanyak dua belas kali pengukuran untuk setiap kompresor udara dan data diambil selang waktu setiap lima menit. Parameter yang diukur yaitu daya (*kW*) dengan *Power meter*, laju aliran udara (m³/min) dengan *Orifice Flowmeter* dan tekanan udara (Bar) dengan *Pressure gauge*. Berikut hasilnya :

Tabel 2. Hasil pengukuran kompresor udara No. 1

No	Deskripsi	Satuan	Waktu Pengukuran												Rata-rata
			17:45	17:50	17:55	18:00	18:05	18:10	18:15	18:20	18:25	18:30	18:35	18:40	
1	Daya	kW	32,17	32,28	32,43	32,46	32,25	32,19	32,32	32,25	32,19	32,34	32,36	32,39	32,28
2	Laju Aliran Udara	m ³ /min	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53
3	Tekanan Udara	Barg	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Pengukuran pada kompresor No. 1, memperlihatkan nilai konsumsi daya listrik rata-rata sebesar 32,28 kW, lebih besar dibanding daya nameplate kompresornya sendiri. (30 kW)

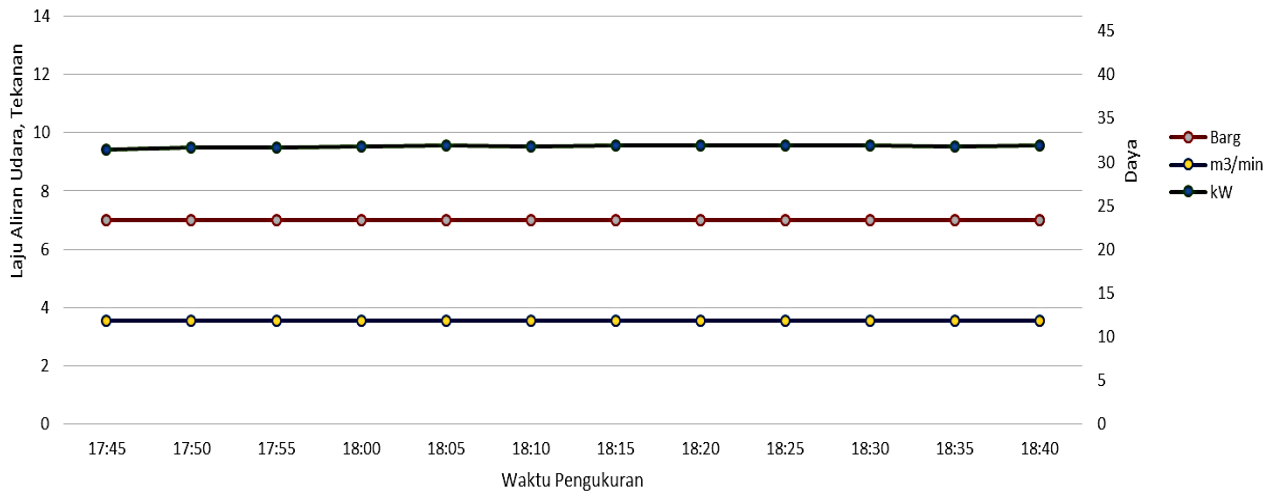
Data Pengukuran Kompresor I



Tabel 3. Hasil pengukuran kompresor udara No. 2

No	Deskripsi	Satuan	Waktu Pengukuran												Rata-rata
			14:50	14:55	15:00	15:05	15:10	15:15	15:20	15:25	15:30	15:35	15:40	15:45	
1	Daya	kW	31,38	31,6	31,65	31,8	31,93	31,81	31,84	31,88	31,84	31,86	31,82	31,95	31,78
2	Laju Aliran Udara	m3/min	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53	3,53
3	Tekanan	Barg	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

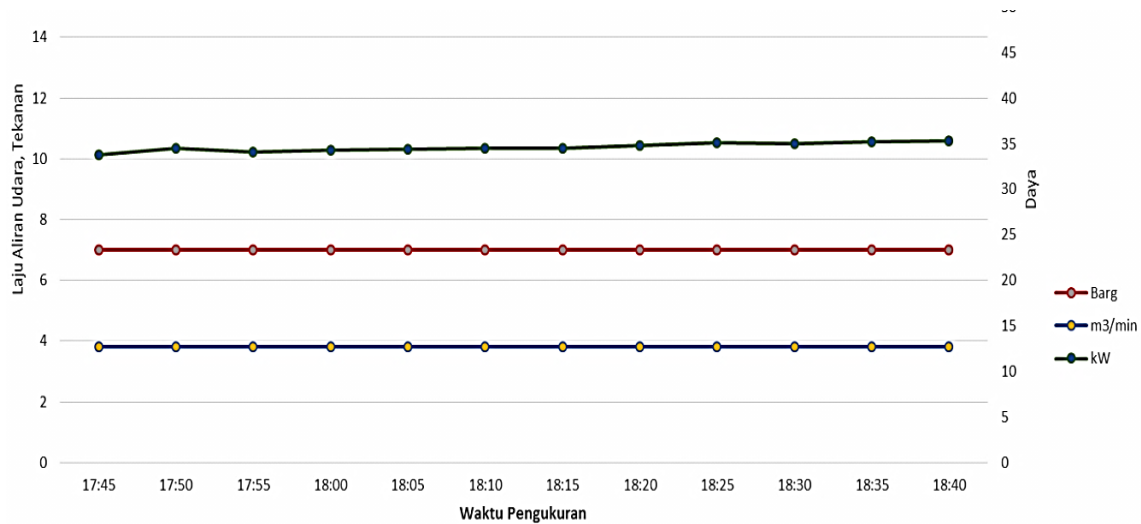
Pengukuran pada kompresor No. 2, memperlihatkan nilai konsumsi daya listrik rata-rata sebesar 31,82 kW, lebih besar dibanding daya nameplate kompresornya sendiri. (30 kW)



Tabel 4. Hasil pengukuran kompresor udara No. 3

No	Deskripsi	Satuan	Waktu Pengukuran												Rata-rata
			11:00	11:05	11:10	11:15	11:20	11:25	11:30	11:35	11:40	11:45	11:50	11:55	
1	Power	kW	33,82	34,45	34,08	34,33	34,37	34,45	34,46	34,77	35,05	35,01	35,19	35,33	34,61
2	Laju Aliran Udara	m3/min	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
3	Tekanan	Barg	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

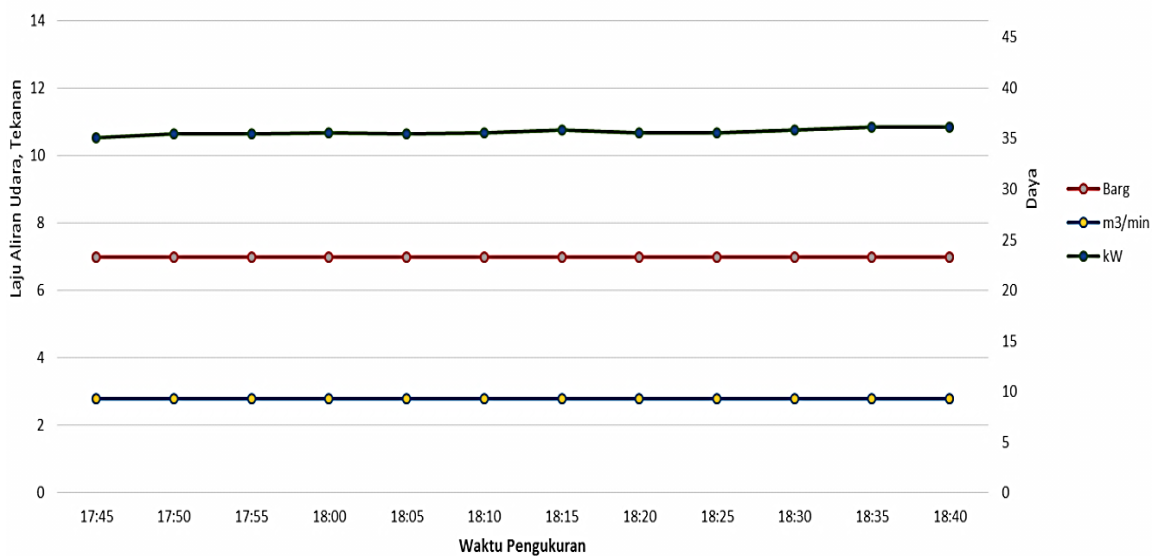
Pengukuran pada kompresor No. 3, memperlihatkan nilai konsumsi daya listrik rata-rata sebesar 34,60 kW, lebih besar dibanding daya nameplate kompresornya sendiri. (30 kW)



Tabel 5. Hasil pengukuran kompresor udara No. 4

No	Deskripsi	Satuan	Waktu Pengukuran												Rata-rata
			14:55	15:00	15:05	15:10	15:20	15:25	15:30	15:35	15:40	15:45	15:50	15:55	
1	Daya	kW	35,12	35,51	35,51	35,53	35,43	35,54	35,86	35,54	35,55	35,86	36,11	36,11	35,64
2	Laju Aliran Udara	m3/min	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
3	Tekanan	Barg	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

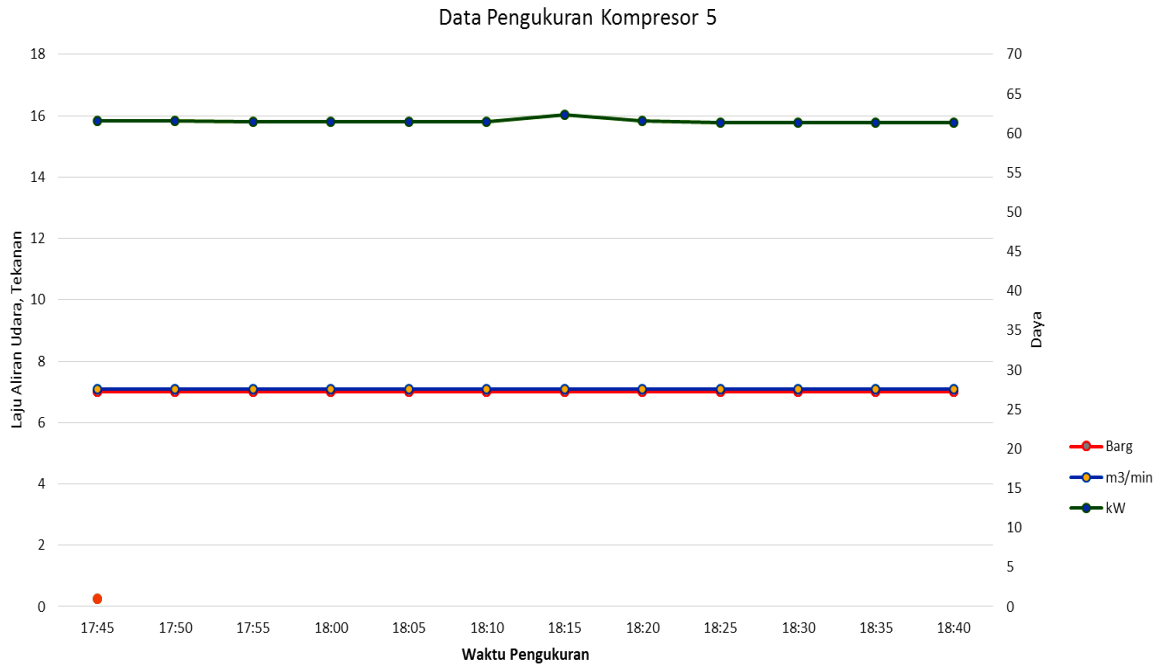
Pengukuran pada kompresor No. 4, memperlihatkan nilai konsumsi daya listrik rata-rata sebesar 35,54 kW, lebih besar dibanding daya nameplate kompresornya (37 kW)



Tabel 6. Hasil pengukuran kompresor udara No. 5

No	Deskripsi	Satuan	Waktu Pengukuran											Rata-rata	
			11:00	11:05	11:10	11:15	11:20	11:25	11:30	11:35	11:40	11:45	11:50		11:55
1	Daya	kW	61,62	61,54	61,43	61,44	61,4	61,4	62,34	61,61	61,33	61,34	61,29	61,33	61,53
2	Laju Aliran Udara	m3/min	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08	7,08
3	Tekanan	Barg	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	

Pengukuran pada kompresor No. 5, memperlihatkan nilai konsumsi daya listrik rata-rata sebesar 61,50 kW, lebih besar dibanding daya nameplate kompresornya sendiri (55 kW)



B. Analisis Penurunan Kinerja Kompresor

Berdasarkan pengukuran laju aliran volume udara dan daya yang dihitung pada lampiran G,

maka diperoleh kinerja setiap kompresor pada tabel 7 sebagai berikut;

Tabel 7. Diviasi Kinerja Kompresor

No	Deskripsi	Specific Power Consumption (kW/m3/min)		Deviasi Kinerja
		Nameplate	Pengukuran	
1	Kompresor 1	7,14	9,14	21%
2	Kompresor 2	7,14	9,00	21%
3	Kompresor 3	7,89	9,10	13%
4	Kompresor 4	6,16	12,72	52%
5	Kompresor 5	7,23	8,69	17%

Dari tabel 7 terlihat, bahwa *Specific Power Consumption* (konsumsi energi listrik) Kompresor No.4 adalah yang paling tinggi dibandingkan dengan konsumsi energi listrik ke empat kompresor lainnya. Hal ini terbaca dari nilai Deviasi kinerjanya, merupakan yang paling besar (52%).

Tabel 8. Estimasi kerugian listrik dalam 1 tahun

No	Deskripsi	Tahun Perakitan	Daya terukur (kW)	Deviasi Kinerja	Daya Terbuang (kW)	Estimasi Kerugian Dalam Rp/Jam	Estimasi 1 tahun (8000jam)
1	Kompresor 1	1998	32,28	22%	7,10	9232	73.856.640
2	Kompresor 2	1998	31,78	21%	6,67	8678	69.407.520
3	Kompresor 3	2003	34,61	13%	4,50	5849	46.792.720
4	Kompresor 4	2005	45,64	52%	18,53	24093	192.741.120
5	Kompresor 5	2010	61,53	17%	10,46	13598	108.785.040
Jumlah Potensi Kerugian/tahun (Rp)							491.583.040

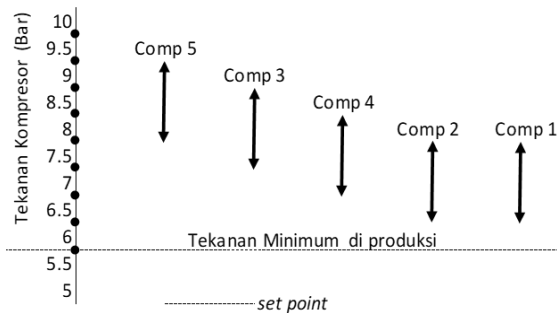
Dari tabel 8, terlihat potensi kerugian listrik paling besar ada pada kompresor 4 dan 5, sebesar lebih dari 100 juta. Permasalahan ini

kemungkinan besar disebabkan oleh bagian *airend/screw* pada kompresor sudah mengalami penurunan ukuran, karena *clearance* antara

male-female rotor dan rumah airend sudah cukup besar. Clearance antara male-female rotor sangat memengaruhi kemampuan kompresor dalam mengkompresi udara.

Sistim Pengontrolan Kompresor Udara

Saat ini belum dipasang sistem pengontrolan terpusat, masing-masing kompresor hanya dikontrol oleh pengontrol yang ada pada kompresor dengan menggunakan sistem bertingkat (cascade). Kekurangan dari sistem bertingkat ini adalah pressure band menjadi besar.



Gambar Skema Pengontrolan secara Bertingkat

Dari Skema Pengontrolan secara Bertingkat dapat dihitung potensi kerugian energi listrik akibat perbedaan pressure band, dengan asumsi tekanan di area produksi sebesar 6 bar, tekanan supply 7 bar, dan setiap kenaikan 1 bar tekanan akan menaikkan konsumsi energi listrik sebesar 7% dari motor terpasang², maka;

No.	Deskripsi Kompresor	Diff. Pressure (Bar)	Energi terbuang (kW)
1	No.1	1	2,1
2	No.2	1	2,1
3	No.3	2	4,2
4	No.4	1,5	3,8
5	No.5	2,5	9,6
Total Energi terbuang (kW)			21,8

Dari perhitungan estimasi kerugian energi listrik, maka kerugian biaya dapat dihitung dalam satu tahun dengan asumsi kompresor beroperasi 8000jam/tahun, maka estimasi kerugian biaya energi listrik didapat sebesar:

Total Energi terbuang dari 5 kompresor tersebut adalah 21,8 kWh, maka:

Potensi kerugian/tahun = 21,8kWh x Rp1300/jam x 8000 jam/tahun = Rp 226.720.000/tahun

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kinerja dari setiap kompresor yang bekerja sama untuk menyuplai udara bertekanan, maka disimpulkan:

1. Kinerja setiap kompresor pada sistim kompresor sudah turun terlalu rendah (13% sampai dengan 52%) dibandingkan batas toleransi penurunan standar (3%-10%).
2. Karena batas toleransi penurunan kinerja kompresor sudah jauh terlewati oleh ke lima kompresor dalam sistim tersebut, maka keseluruhan kompresor sudah seharusnya segera dilakukan service general overhaul untuk mengembalikan kinerja kompresor tersebut.
3. Untuk mengurangi potensi kerugian energi listrik yang terlalu besar, maka sebaiknya : kompresor No. 4 dihentikan pengoperasiannya, karena konsumsi energi listriknya (*Specific Power Consumption*) boros, terpantau dari kinerjanya yang hanya tinggal 48%. Sehingga hal ini dapat menyebabkan kerugian biaya listrik sebesar Rp192.714.120 /tahun.
4. Adapun kompresor No. 5 juga sebaiknya dihentikan pengoperasiannya, karena kerugian akibat kehilangan tekanan menyebabkan kerugian energi yang terbuang sebesar 9,6 kW per jam. Sehingga hal ini dapat menyebabkan kerugian biaya listrik sebesar Rp 226.720.000/tahun

REFERENSI

1. Ahza, Hendri. (2017). Potensi Penghematan Energi pada Kompresor di PT. ABC. Jurnal PASTI Volume IX No 1, 72 – 82.
2. Atlas Copco. (2015). *Basic Air Compressor Handbook 8th edition*. Wilrijk: Atlas Copco.
3. BPPT. (2013). Perencanaan Efisiensi dan Intensitas Energi.
4. ECompressedAir. Compressed Air Audits. <http://ecompressedair.com/air.shtml>
<http://superiorsignal.com/usndacr.pdf>
5. Hutapea, Maritje. (2013). Energy Efficiency and Conservation Policy in Indonesia, ESDM Republik Indonesia.
6. CEA Technology Inc. (CEATI) (2014). *Compressed Air Energy Efficiency Reference Guide*.
7. Compressed Air & Gas Institute (CAGI) (2016). Air Compressor Selection and Application. *Air Compressor Performance and Installation*.
8. Dwi Susanto, Agustinus. & Hamdi Azwir, Hery. (2018). Perencanaan Perawatan Pada Unit

- Kompresor TipeScrew dengan Metode RCM di Industri Otomotif
9. Energy Management Association of New Zealand. *Compressed Air Systems Audit (CAS) Audit Standard* (Version 1.0).
 10. Fusheng. (2016). *Design Compressed Air System, 2nd edition*. Taipei: Fusheng
 11. Marshall, Ron. (2017). Compressed Air System Costs Meet Real World. *Compressed air challenge*.
 12. Stiaccini, Isacco, et al 2016,. A Reciprocating Compressor Hybrid Model With Acoustic FEM Characterization .University of Florence, Italy. ScienceDirect- International Journal of Refrigeration 63 , pp 171–183.
 13. Visnu, R., & Prof. Vasanthakumar, D. (2015). Performance analysis and modification of air compressor system. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2, 1171-1174. Diambil dari <http://www.irjet.net>
 14. Zolkowski, J. (2017). Using excel to evaluate air compressor performance. *Journal of Energy Engineering*. 114, 51-63. Diambil dari <http://www.tandfonline.com>