

ANALISIS DAN EVALUASI UNJUK KERJA SCREW COMPRESSOR SH250 PADA UTILITIES UNIT PT. CPP GUNDIH

Gilbert Maiseka¹, Tegas Soegang Soegiarto²

gilbertmaiseka645@gmail.com¹

PEM Akamigas Cepu

ABSTRAK

Central Processing Plant (CPP) Gundih merupakan kilang penghasil gas alam yang berlokasi di Desa Sumber Kecamatan Kradenan Kabupaten Blora. PT. CPP Gundih dibawah naungan PT. Per-tamina EP Asset 4 Cepu Field. Pada PT. CPP Gundih, sistem udara bertekanan sangat berperan penting untuk menunjang kelancaran operasi pengolahan dan distribusi suatu produk gas. Maka dari itu Screw Compressor SH250 yang berada di Utilities Unit PT. CPP Gundih sangat berperan penting untuk menghidupkan peralatan instrumentasi/pneumatic. Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan saat melakukan Praktik Kerja Lapangan yang bertujuan untuk menganalisa kinerja screw compressor SH250 berdasarkan data pengamatan di lapangan. Hasil pengamatan dan analisis data, beberapa kesimpulan dapat ditarik Pertama. Daya yang dihasilkan oleh screw compressor SH250 saat ini adalah sekitar 244,69 kW, yang perbandingannya tidak terlalu jauh dari daya desain sebesar 250 kW Kedua, berdasarkan hasil evaluasi efisiensi screw compressor SH250 diperoleh 97,88 % maka, screw compressor SH250 masih sangat aman untuk beroperasi.

Kata Kunci: Screw Compressor SH250, Daya Actual, Efisiensi.

PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan zaman, teknologi berkembang pesat, termasuk dalam bidang keteknikan, terutama pada ilmu kompresor. Udara bertekanan menjadi kebutuhan penting dalam berbagai pekerjaan dan proses produksi. Untuk memenuhi kebutuhan ini, masyarakat biasanya menggunakan kompresor sebagai alat untuk mengompres udara, yang meningkatkan tekanannya dan menyimpannya dalam reservoir. Kompresor berfungsi sebagai peralatan mekanik yang menambah energi pada udara atau gas, memungkinkan aliran udara dari satu tempat ke tempat lain secara kontinu. Proses ini melawan hambatan yang ada, dengan penambahan energi yang terjadi akibat gesekan mekanik. Dengan demikian, kompresor mengkonversi energi mekanik menjadi energi udara atau gas. [1]

Dalam teknik mesin terdapat berbagai jenis kompresor yang biasa digunakan dalam pekerjaan atau proses produksi, diantaranya adalah screw compressor. Screw Compressor banyak digunakan di industri besar untuk memasok udara terkompresi ke sistem pneumatik dan untuk membantu mensirkulasikan pada plant.

Pada Kilang Central Processing Plant (CPP) Gundih, menggunakan kompresor jenis screw compressor yang mempunyai peranan yang sangat penting untuk mensuplai udara bertekanan pada peralatan instrumentasi dalam produksi gas di plant. Untuk mengevaluasi kinerja kompresor, perlu diketahui data spesifikasi yang menunjukkan karakteristik kompresor dan data kondisi yang menunjukkan kapasitas operasi kompresor yang sebenarnya.

Berikut ini adalah gambar screw compressor yang berada di Utilitas Unit PT. CPP Gundih ditampilkan pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1 Screw Compressor SH250

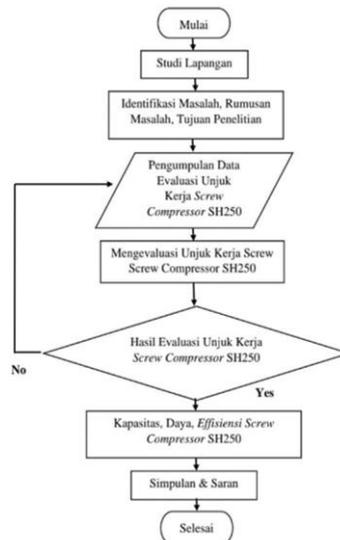
Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan setelah penulis menyelesaikan KKW ini sebagai berikut:

1. Mengevaluasi kapasitas desain Screw Compressor SH250;
2. Menghitung daya aktual Screw Compressor SH250;
3. Membandingkan daya aktual dan daya desain Screw Compressor SH250;
4. Menghitung efisiensi Screw Compressor SH250.

METODOLOGI

Untuk mengevaluasi kinerja screw compressor SH250, dilakukan kunjungan lapangan dengan tujuan mengumpulkan data sebagai bahan analisis secara langsung di lapangan. Setelah itu, dilakukan perbandingan antara data sebelumnya dengan data saat ini untuk mengetahui apakah kondisi mesin berfungsi dengan baik atau memerlukan perbaikan. Proses evaluasi screw compressor SH250 dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu pengamatan mesin untuk mendeteksi adanya kerusakan atau kebocoran, pengukuran kinerja mesin, pemeriksaan fungsi mesin dengan cara menjalankannya, dan hasil evaluasi digunakan untuk mengidentifikasi jenis perawatan yang diperlukan. Flowchart Screw Compressor SH250 ditampilkan pada gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2 Flowchart Penelitian

Evaluasi Screw Compressor SH250 bertujuan untuk mendapatkan hasil perhitungan kondisi operasi screw compressor SH250 kemudian dibandingkan dengan data desain. Rumus yang diperlukan untuk mendapatkan data tersebut sebagai berikut :

Displacement screw compressor menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut [2]:

$$Q_r = (d^3 \times L/d) / (c \times 1728 \text{ ft}^3/\text{rev}).$$

Besar kapasitas kompresor menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut [2]:

$$Q_d = Q_r \times N$$

Daya adiabatic menggunakan persamaan 2.3 berikut [2]:

$$W_a = (P \times Q_i \times k / (k-1) \times r_p^{(k-1)/k}) / (n_a \times 229).$$

Nilai eksponen isentropic menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut [3]:

$$k = (Mc_p) / (Mc_p - 1,985).$$

Rasio tekanan (r_p) untuk screw compressor menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut [4]:

$$r_p = P_1 / P_2.$$

Efisiensi adiabatic menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut [2]:

$$r_v = r_p^{1/k}.$$

Daya Efisiensi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7 sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Daya} = \text{Daya aktual} / \text{Daya desain} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengevaluasi kinerja kompresor, perlu diketahui data spesifikasi yang menunjukkan karakteristik kompresor dan data kondisi yang menunjukkan kapasitas operasi kompresor yang sebenarnya.

A. Prinsip Kerja Screw Compressor SH250

Screw compressor SH250 adalah jenis screw compressor 2 tingkat terhubung seri dan nonoil free. Pada masing-masing tingkatan screw compressor memiliki 2 screw rotor yang saling berpasangan dalam ruang screw didalam casing yang dinamakan dengan Air End.

1. Tahap Pertama

Pada screw compressor tingkat pertama menggunakan 2 screw rotor yang berputar. Screw rotor penggerak berputar digerakkan oleh motor listrik kemudian diteruskan ke screw rotor yang digerakan. Perputaran 2 screw rotor akan menghasilkan hisapan pada Intake Valve karena tekanannya lebih rendah dari 1 atm dan menghasilkan udara bertekanan tinggi dikeluarkan melalui lubang keluaran atau discharge nozzle. Udara yang masuk ke intake valve bertekanan -0,62 psi (14,08 psia), suhunya 30 °C (86 °F = 546 °R) dan tekanan udara yang keluar dari discharge nozzle 80 psig (94,70 psia), suhu 177,22 °C (351 °F = 811 °R). Udara bertekanan yang keluar dari stage 1 screw compressor dialirkan ke disch air separator 1 kemudian dialirkan ke inter cooler dan selanjutnya masuk ke inlet nozzle stage 2 screw compressor.

2. Tahap Kedua

Tekanan udara yang masuk pada inlet nozzle stage 2 screw compressor 25,83 psi (40,51 psia), suhu 40 °C (104 °F = 564 °R), sedangkan tekanan udara yang keluar 139,99 psig (154,69 psia), dan suhu keluarnya 215,56 °C (420 °F = 880 °R). Udara bertekanan yang keluar dari stage 2 screw compressor kemudian dialirkan ke disch air separator 2 kemudian dialirkan ke inter cooler dan selanjutnya masuk ke tangki separator untuk didistribusikan ke peralatan instrumentasi yang di kilang CPP Gundih.

a. Data Spesifikasi Screw Compressor SH250

Data spesifikasi pada tabel 3.1 screw compressor SH250 di bawah ini menjelaskan tentang informasi teknis yang menjelaskan karakteristik, kapasitas, dan parameter kerja screw compressor SH250. Data ini sangat penting untuk memastikan bahwa kompresor sesuai dengan kebutuhan industri. Berikut ini adalah elemen utama dalam spesifikasi screw

compressor SH250 sebagai berikut :

Tabel 1 Data Spesifikasi Screw Compressor SH250

Produsen	Ingersoll Rand
Tipe Kompresor	Screw Air Compressor
Model	SIERRA SH250
Serial Number	2694083
Design Capacity	1776 nm ³ /h(29,583m ³ /min)
Design Pressure	185 psig
Design Temperature	125°F
Rated Power	250 kw
Compressor Rated Speed 1 Stage	7486 rpm
Compressor Rated Speed 2 Stage	13018 rpm
Male Rototr Speed	1475 rpm
Gross Mass	5262kg
Male Rotor Diameter 1 Stage	7,662 inchi
Male Rotor Diameter 2 Stage	4,517 inchi
Production Date	2012

b. Data Spesifikasi Penggerak Screw Compressor SH250

Tabel 2 Data Spesifikasi Penggerak Screw Compressor SH250

Produsen	Ingersoll Rand
Speed	1492 rpm
Drive Motor Frame	FLSES355LB
Voltage	380 volt
Sefice Factor	1,15
Motor Power	250 Kw

c. Data Kondisi Operasi Screw Compressor SH250

Adapun kondisi operasi screw compressor SH250 di Utilities Unit PT. CPP Gundih. Pengamatan status pengoprasian screw compressor SH250 dilakukan pada tanggal 17 Maret 2023. Data parameter operasional ini dirata-ratakan dan diambil sampelnya pada hari itu, hasil pengambilan data operasi sebagai berikut :

Tabel 3 Data Operasi Screw Compressor SH250

Data Operasi <i>Screw Compressor</i> SH250					
1 Stage					
Inlet		Satuan	Discharge		Satuan
P1	-0,62	psig	P2	35,58	psig
	14,08	psia		50,28	psia
T1	30	°C	T2	177,22	°C
	86	°F		351	°F
	546	°R		811	°R
2 Stage					
Inlet		Satuan	Discharge		Satuan
P3	25,83	psig	P4	139,99	psig
	40,51	psia		154,69	psia
T3	40	°C	T4	215,56	°C
	104	°F		420	°F
	564	°R		880	°R

d. Gas Properties

Gas Properties meliputi perhitungan nilai eksponen isentropic (k), gas properties yang ada pada screw compressor SH250 sebagai berikut :

- Data Komposisi Gas

Tabel 4 Data Komposisi Air Ambien

Data Komposisi Air Ambien		
Name	Air Ambient	
<i>Chemical formula</i>	$N_2 + O_2$	
<i>Molecular Weight (Mw)</i>	28,97 kg/kmol	0,067 lbm/mol
<i>Critical Temperature (Tc)</i>	592,47	°R
<i>Critical Pressure (Pc)</i>	560,89	Psia
<i>Specific Heat Capacity (Mcp 1), 86°F</i>	6,9565	Btu/lb.mol.°R
<i>Specific Heat Capacity (Mcp2), 351°F</i>	7,0504	Btu/lb.mol.°R
<i>Specific Heat Capacity (Mcp3), 104°F</i>	6,9608	Btu/lb.mol.°R
<i>Specific Heat Capacity (Mcp 4), 420°F</i>	7,078	Btu/lb.mol.°R

- Rasio Panas Jenis

Mcp (Molal Heat Capacity) adalah panas jenis molal pada tekanan konstan, kondisi campuran. Perhitungan nilai k dapat menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$k = \frac{Mc_p}{Mc_p - 1,985}$$

Menghitung Mc_p1 untuk suhu 86 °F sebagai berikut :

$$Mc_{p1} = \frac{6.96 - 6.95}{100^\circ F - 60^\circ F} \times (86 - 60)^\circ F + 6.95$$

$$Mc_{p1} = 6,9565 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R$$

Diketahui : panas jenis campuran pada tekanan tetap (Mc_p1), sebagai berikut:

$$k_1 = \frac{6.9565 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R}{6.9565 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R - 1,985}$$

$$k_1 = 1,3993$$

Menghitung Mc_p2 untuk suhu 351 °F sebagai berikut :

$$Mc_{p2} = \frac{7.03 - 7.01}{300^\circ F - 250^\circ F} \times (351 - 250)^\circ F + 7.01$$

$$Mc_{p2} = 7,0504 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R$$

Diketahui : panas jenis campuran pada tekanan tetap (Mc_p2), sebagai berikut :

$$k_2 = \frac{7,0504 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R}{7,0504 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R - 1,985}$$

$$k_2 = 1,392$$

Rasio panas jenis rata-rata (k_{1ave}) sebagai berikut :

$$k_{1ave} = \frac{1.3993 + 1.392}{2}$$

$$k_{1ave} = 1,396$$

Menghitung Mc_p3 untuk suhu 104 °F sebagai berikut :

$$Mc_{p3} = \frac{6.97 - 6.96}{150\% - 100\%} \times (104 - 100)^\circ F + 6.96$$

$$Mc_{p3} = 6,9608 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R$$

Diketahui : panas jenis campuran pada tekanan tetap (Mc_p3), sebagai berikut :

$$k_3 = \frac{6.9608 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R}{6.9608 \text{ Btu/lb. mol.}^\circ R - 1,985}$$

$$k_3 = 1,399$$

Menghitung Mc_p4 untuk suhu 420 °F sebagai berikut :

$$Mc_{p4} = \frac{7.03 - 7.01}{300F - 250^{\circ}F} \times (420 - 250)^{\circ}F + 7,01$$

$$Mc_{p4} = 7,078Btu/1b.mol.^{\circ}R$$

Diketahui:panas jenis campuran pada tekanan tetap (Mc_p4), sebagai berikut :

$$k_4 = \frac{7,078Btu/16.mol.^{\circ}R}{7.078Btu/16.mol.^{\circ}R - 1,985}$$

$$k_4 = 1,390$$

Rasio panas jenis rata-rata (k_2ave) sebagai berikut :

$$k_{2ave} = \frac{1,399 + 1,390}{2}$$

$$k_{2ave} = 1,395$$

- Rasio Tekanan

Rasio tekanan (r_p) untuk stage 1 screw compressor didapatkan menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$r_{p1} = \frac{P_2}{P_1}$$

Menghitung Stage pertama :

Diketahui : Tekanan Outlet (P_2) = 50,28psina

Tekanan Inlet (P_1) = 14,08psina

Menghitung tekanan outlet P_(2) sebagai berikut :

$$P_2 = P_1 \times \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{k_1}{k_1 - 1}} - 1$$

$$P_2 = 14,08 \text{ psia} \times \left(\frac{811^{\circ}R}{546^{\circ}R}\right)^{\frac{1.3993}{1.3993}} - 1$$

$$P_2 = 50,28 \text{ psia}$$

Dengan demikian rasio tekanan r_p1 diperoleh :

$$r_{p1} = \frac{50,28 \text{ psia}}{14,08 \text{ psia}}$$

$$r_{p1} = 3,571$$

Berikut ini adalah menghitung r_(p2) :

$$r_{p2} = \frac{P_4}{P_3}$$

Diketahui : Tekanan Outlet (P_4)= 154,69 psia

Tekanan Inlet (P_3) = 40,51 psia

$$r_{p2} = \frac{154,69 \text{ psia}}{40,51 \text{ psia}}$$

$$r_{p2} = 3,819$$

- Rasio Volume

Rasio volume (rv) didapatkan menggunakan persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$rv_1 = r_{p1}^{\frac{1}{k_1ave}}$$

Diketahui: Rasio Tekanan (r_p1) = 3,571

Eksponen Isentropic (k_1ave)=1,396

$$rv_1 = 3,571^{1,396}$$

$$rv_1 = 5,912$$

Berikut ini adalah menghitung rv_2 :

$$rv_2 = r_{p2}^{\frac{1}{k_{2ave}}}$$

Diketahui : Rasio Tekanan (r_{p2}) = 3,819

Eksponen Isentropic (k_{2ave})=1,395

$$rv_2 = 3,819^{1,395}$$

$$rv_2 = 6,484$$

e. Perhitungan Unjuk Kerja Screw Compressor SH250

Perhitungan unjuk kerja screw compressor terdiri dari perhitungan displacement per revolution, kapasitas dan daya adiabatik. Dengan rincian sebagai berikut :

- Perhitungan Kapasitas Kompresor Lanjutan

Displacement screw compressor (Q_d) tergantung pada kapasitas inlet dan efisiensi volumetrik. Volume interlobe dapat dinyatakan dengan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$Q_{r1} = \frac{d_1^3 X \left(\frac{L}{d}\right)}{C X 1728} ft^3$$

Diketahui : Diameter Rotor (d_1) = 7,622 inchi

Length = 11,50 inchi

Length/Diameter Rotor = 1,50

Profil Rotor (C) = 2,231

1728 = angka konver $[(in)^3 / ft^3]$

$$Q_{r1} = \left(\frac{7,622^3 \times 1,50}{2,231 \times 1728} \right)$$

$$Q_{r1} = 0,1723 f^3/rev$$

Berikut ini adalah menghitung Q_{r2} :

$$Q_{r2} = \frac{d_2^3 X \left(\frac{L}{d}\right)}{C X 1728} ft^3/rev$$

$$Q_{r2} = 0,036 f^3/rev$$

Dari persamaan diatas, maka besarnya kapasitas screw compressor dapat dinyatakan menggunakan persamaan 2.2 sebagai berikut :

$$Q_{d1} = Q_{r1} \times N_1$$

Diketahui : Kapasitas inlet (Q_{r1}) = 0,1723 ft^3/kW

Compressor Rated Speed (N_1) = 7486 rpm

$$Q_{d1} = 0,1723 ft^3/kW \times 7486 rpm$$

$$Q_{d1} = 1289,84 f^3/menit$$

Berikut ini adalah menghitung Q_{d2} :

$$Q_{d1} = Q_{r1} \times N_1$$

Diketahui : Kapasitas inlet (Q_{r2}) = 0,036 ft^3/kW

Compressor Rated Speed (N_1) = 7486 rpm

$$Q_{d1} = 0,1723 ft^3/kW \times 7486 rpm$$

$$Q_{d1} = 1289,84 f^3/menit$$

Berikut ini adalah mencari nilai dari Q_{i1} :

$$Q_{d2} = Q_{r2} \times N_2$$

Diketahui: $Q_{d1} = 1289 f^3/menit$

$$E_{v1} = 86,43\%$$

$$Q_{i1} = 1289,84 \times 0,8643$$

$$Q_{i1} = 1114,81 \text{ f}^3/\text{menit}$$

Berikut ini adalah mencari nilai dari Q_{i2} :

$$Q_{i2} = Q_{d2} \times E_{v2}$$

Diketahui : $Q_{d2} = 468,648 \text{ ft}^3/\text{menit}$

$$Q_{d2} = 468,648 \text{ f}^3/\text{menit}$$

$$E_{v2} = 85 \%$$

$$Q_{i2} = 468,648 \times 0,85$$

$$Q_{i2} = 398,351 \text{ f}^3/\text{menit}$$

- Perhitungan Daya Adiabatic

Screw compressor SH250 dapat di evaluasi dengan menggunakan persamaan daya Adiabatic (W_a) sebagai berikut :

Perhitungan daya adiabatic (W_{a1}) menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$W_{a1} = \frac{P_1 \times Q_{i1} \times \frac{k_{1ave} - 1}{k_{1ave}} \times r_{p1}^{\frac{k_{1ave} - 1}{k_{1ave}}}}{\eta_{a1} \times 229}$$

Diketahui $P_1 = 14,08 \text{ psia}$

$$Q_{i1} = 1114,81 \text{ f}^3/\text{menit}$$

$$k_{1ave} = 1,396$$

$$n_{a1} = 0,8643$$

$$r_{p1} = 3,571$$

$$W_{a1} = \frac{14,08 \text{ psia} \times 1114,81 \text{ f}^3/\text{menit} \times \frac{1,396 - 1}{1,396} \times 3,571^{\frac{1,396 - 1}{1,396}}}{0,8643 \times 229}$$

$$W_{a1} = 121 \text{ hp} = 90,69 \text{ kW}$$

Perhitungan daya adiabatic (W_{a2})

Diketahui : $P_3 = 40,51 \text{ psia}$

$$Q_{i2} = 398,351 \text{ f}^3/\text{menit}$$

$$k_{2ave} = 6,484$$

$$n_{a2} = 0,85$$

$$r_{p2} = 3,819$$

$$W_{a2} = \frac{40,51 \text{ psia} \times 398,351 \text{ f}^3/\text{menit} \times \frac{6,484 - 1}{6,484} \times 3,819^{\frac{6,484 - 1}{6,484}}}{0,85 \times 229}$$

$$W_{a2} = 206,43 \text{ hp} = 154 \text{ kW}$$

Perhitungan Daya adiabatic total :

$$W_{total} = W_{a1} + W_{a2}$$

$$W_{total} = 90,69 \text{ kW} + 154 \text{ kW}$$

$$W_{total} = 244,69 \text{ kW}$$

- Efisiensi Daya

Efisiensi daya dapat di hitung menggunakan persamaan 2.7 sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi Daya} = \frac{\text{Daya aktual}}{\text{Daya desain}} \times 100 \%$$

$$\text{Efisiensi Daya} = \frac{244,69}{250} \times 100 \%$$

$$\text{Efisiensi Daya} = 97,88 \%$$

f. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Screw Compressor SH250

Dari hasil perhitungan kondisi operasi screw compressor SH250 kemudian di bandingkan dengan data desain diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 5 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja Screw Compressor SH250

No	Parameter	Kondisi Desain	Kondisi Aktual	Keterangan
1	Daya Kompresor (kW)	250 kW	132,691 kW	Aman

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan screw compressor SH250, diperoleh data operasi log sheet selama PKL dan berdasarkan hasil evaluasi, maka disimpulkan :

1. Kapasitas desain diperoleh 1104 CFM;
2. Daya aktual yang didapat berdasarkan hasil perhitungan=244,69 kW, dan daya desain = 250 kW;
3. Berdasarkan perhitungan maka diperoleh perbandingan daya aktual yang digunakan masih dibawah daya desain;
4. Berdasarkan hasil evaluasi efisiensi screw compressor SH250 diperoleh 97,88 % maka, screw compnpressor SH250 masih sangat aman untuk beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- B. Sutrisno, Rotating Equipment Compressor. STEM Akamigas. Cepu., 2003.
- P. . Ronald P. Lapina, “Estimating Centrifugal Compressor Performance.”
- M. T. Gresh, Compressor Performance: Aerodynamics for the User, no. March. 2018. doi: 10.1016/C2017-0-01161-8.
- Forsthoffer, Wiliam E. 2050. “ Forsthoffer’s Rotating Equipment & Technology Books.
- Tony, Giampaolo. 1939.” Compressor handbook : principles and practice”. Published by The Fairmont Press, INC.
- Sapiro, Leon. 1995. Centrifugal Compressor. Solar turbin. San Diego : (US).
- Dover Company, Blacmer.2012. “Compressor Selection and Sizing”
- Brown, Royal N. 1990. Compressor: Selection and Sizing. [Journal]. Gulf Pusblishing Company. Houston : (US).
- Forsthopper, Wiliam E., Compressor, 2005, Elsevier Science & Technology Books.
- Surya, Adistara. Tanpa Tahun. KKW. Teknik Mesin kilang 2015. Cepu : (ID). 1982 Centifugal Compressor Data Sheet. Dresser.
- Royce N. Brown, Compressors: Selection and Sizing, 3, no. June. 2005.