

PERUBAHAN PERFORMANSI KOMPRESOR SUPERIOR W74 KARENA PENURUNAN TEKANAN GAS ALAM KE *SUCTION* KOMPRESOR DI CONOCO PHILLIPS (RAMBA) LTD

Ferry Irawan

Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara Politeknik Sekayu
Jl. Kol. Wahid Udin Lk. 1 Kel. Kayuara, Sekayu Kab. Musi Banyuasin 30711
E-mail: ferry.irawan_mail@yahoo.com

RINGKASAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi dewasa ini, khususnya di bidang industri. Maka penggunaan kompresor hampir meliputi di setiap bidang kehidupan, mulai dari industri rumah tangga sampai industri-industri berat. Pada suatu lokasi penambangan minyak dan gas, banyak digunakan alat modern. Salah satunya adalah kompresor. Dalam hal ini adalah *Reciprocating Compressors* yang jenisnya adalah Superior W74. Kompresor ini digunakan untuk membantu mengangkat migas dan menstabilkan tekanan di dalam formasi/reservoir (perut bumi yang mengandung minyak dan gas). Pada eksperimen ini dibahas mengenai perubahan performansi kompresor Superior W74. Perubahan ini disebabkan perubahan tekanan gas alam ke *suction* kompresor. Dalam hal ini dibahas mengenai penurunan tekanan gas ke *suction* kompresor, dengan memasukkan data-data yang ada ke perhitungan sehingga dari hasilnya terlihat perubahan performansinya dan dibandingkan dengan performansi aktual. Diharapkan adanya kajian yang lebih dalam terhadap alat ini untuk pengembangan bahasan lainnya.

Kata kunci: *Reciprocating compressors, dan reservoir*

PENDAHULUAN

Dewasa ini ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang dengan pesat di seluruh belahan dunia. Berbagai bentuk dan macam penelitian banyak dilakukan oleh para ahli di bidangnya untuk lebih mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada agar lebih menjadi modern dan lebih canggih lagi. Ini semua dilakukan dengan tujuan untuk dapat membantu manusia dalam semua aspek kehidupannya. Kegiatan pengembangan penelitian ini sendiri sangat digalakkan dan dibudayakan di bidang pendidikan, seperti di kalangan universitas sebagai salah satu wadah dari berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi tersebut. Salah satu bentuk penelitian dalam ilmu dan teknologi yang ada diantaranya adalah

dibidang pemanfaatan kompresor. Sejalan dengan program lumbung energi pemerintah Indonesia yang salah satu wilayahnya adalah Sumatera Selatan, maka ladang-ladang minyak dan gas yang kaya di Musi Banyuasin mendapat perhatian. Dan pengelolaannya dilakukan oleh Pemerintah yang dalam hal ini PT. Pertamina ataupun oleh pihak swasta. Salah satu perusahaan minyak dan gas swasta yang mengelola migas di Musi Banyuasin adalah ConocoPhillips (Ramba) Ltd., yang sebelumnya dikelola perusahaan migas swasta lainnya. Penambangan migas di wilayah ini sudah \pm 25 tahun. Dengan dipilihnya sistem penambangan secara kontinyu, maka diperlukan peralatan utama tambang yang modern. Salah satu alat utama tambang yang dipakai

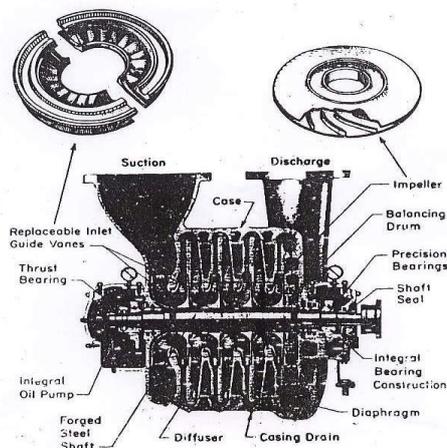
Centrifugal Compressor

Seperti halnya pada pompa sentrifugal, maka kompresi pada sentrifugal dan aksial kompresor atau *blower* terjadi karena adanya aksi rotasi dari *vane* (baling-baling) atau *impeller* (pendorong). Kecepatan yang diberikan kepada gas oleh *impeller* tersebut akan diubah menjadi tekanan pada bagian *volute* atau *diffusemya*. *Impeller* dari kompresor didesain mengecil dari bagian bertekanan rendah hingga ke bagian tekanan tinggi, hal ini dilakukan karena volume gas akan mengecil karena penekanan.

Kompresor Sentrifugal

Klasifikasi dari sentrifugal kompresor :

- Ditinjau dari bentuk *impeller*
 - *Forward*
 - *Backward*
 - *Radial* (tersusun secara radial pada aksis)
- Ditinjau jumlah stage
 - *Single stage*, untuk kapasitas diatas 8.000 cfm dengan tekanan 2-9 psi
 - *Multi stage*, untuk kapasitas dan tekanan yang tinggi . Kapasitas 2.000 cfm-120.000 cfm dan tekanan 14,7-350 psi (lihat contoh gambar 3). Antara setiap *stage* dilengkapi dengan *intercooler*



Gambar 3. Kompresor Sentrifugal *Multistage*

Kompresor Aksial

Kompresor jenis ini merupakan bentuk lain dari sentrifugal kompresor, di mana gas mengalir dalam arah aksial. Baling-balingnya (*vanes*) melekat pada drum yang berputar. Bentuk dari baling-baling dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat menggerakkan gas secara aksial.

METODE PENELITIAN

Dalam mempresentasikan bagaimana menghitung perubahan performansi kompresor Superior W74, karena penurunan tekanan gas alam ke suction kompresor, dengan memasukkan data-data yang ada dan membandingkannya dengan performansi aktual alat.

• Data spesifik kompresor :

- Compressor mfr : superior
- Model : w74
- Rod diameter : 2,50 inch
- Cylinder diameter
 - o first stage : 17,5 inch
 - o second stage : 12 inch
 - o third stage : 7 inch
- Number of cylinders : 4
- Cylinder clearance : 24,87 %
dari pd
- Cwts : yes
- Pin diameter : 8.00 inch
- Driver : engine
- Coupling mfr : thomas
- Model : 750cm
- Min. Idle speed : 600 rpm
- Operating speed range : 600 rpm to 900 rpm

• Performansi aktual :

- Efisiensi volumetrik
 $\eta_v = 90\%$
- Kapasitas inlet silinder
 - o Kapasitas per menit
 $q_a = 946 \text{ ft}^3/\text{min}$
 - o Kapasitas per hari (MMSCFD)
 $Q_g = 44 \text{ MMSCFD}$
- Brake Horsepower (BHP)
BHP Total = 10600 HP

- Data penurunan tekanan ke suction kompresor

No.	P _s (Psig)
1	46
2	45
3	44

- Data temperatur pada *third stage* dan faktor kompresibilitasnya

- Temperatur (°F)

- o Temperatur masuk (T_s)

No.	P _s (Psig)	T _s (°F)
1	46	100
2	45	98
3	44	96

- o Temperatur keluar (T_d)

No.	P _s (Psig)	T _d (°F)
1	46	110
2	45	108
3	44	106

- Faktor kompresibilitas (Z)

- o Faktor kompresibilitas untuk suction (Z_s)

No.	P _s (Psig)	Z _s
1	46	Z _s , pada 414,7 psia dan 100 °F = 0,91
2	45	Z _s , pada 413,7 psia dan 98 °F = 0,89
3	44	Z _s , pada 412,7 psia dan 96 °F = 0,87

- o Faktor Kompresibilitas untuk discharge (Z_d)

No.	P _s (Psig)	Z _d
1	46	Z _d , pada 1014,7 psia dan 110 °F = 0,93
2	45	Z _d , pada 1013,7 psia dan 108 °F = 0,90
3	44	Z _d , pada 1012,7 psia dan 106 °F = 0,875

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Perhitungan *Piston Displacement*

- Untuk *first stage*

$$\begin{aligned}
 PD &= \left(\frac{(2d_c^2 - d_r^2)SN}{2200} \right) \left(\frac{Number\ Of}{Cylinder} \right) \\
 &= \left(\frac{(2.(17,5)^2 - (2,5)^2).7.900}{2200} \right) (4) \\
 &= 6944,318182 \text{ ft}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

- Untuk *second stage*

$$\begin{aligned}
 PD &= \left(\frac{(2d_c^2 - d_r^2)SN}{2200} \right) \left(\frac{Number\ Of}{Cylinder} \right) \\
 &= \left(\frac{(2.(12)^2 - (2,5)^2).7.900}{2200} \right) (4) \\
 &= 3227,318182 \text{ ft}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

- Untuk *third stage*

$$\begin{aligned}
 PD &= \left(\frac{(2d_c^2 - d_r^2)SN}{2200} \right) \left(\frac{Number\ Of}{Cylinder} \right) \\
 &= \left(\frac{(2.(7)^2 - (2,5)^2).7.900}{2200} \right) (4) \\
 &= 1050,954545 \text{ ft}^3/\text{min}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Performansi

- Untuk *Suction Pressure* (P_s) = 46 psig = 60,7 psia

Rasio kompresi

- Untuk *first stage*

$$R = \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{150+14,7}{46+14,7} \right)^{\frac{1}{i}}$$

$$R = 2,71$$

- Untuk *second stage*

$$R = \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{400+14,7}{150+14,7} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$R = 1,59$$

$$R = \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{1000+14,7}{400+14,7} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$R = 1,35$$

- o **Gas third stage suction and discharge temperatur (Temperatur masuk dan keluar third stage)**

$$T_{s3} = 100 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= (100+460) \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$= 560 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$T_d = 110 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= (110+460) \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$= 570 \text{ } ^\circ\text{R}$$

- o **Efisiensi volumetrik**

- (1). *Suction pressure* untuk *first stage*

$$P_s = (46+14,7) = 60,7 \text{ psia}$$

- (2). *Discharge pressure* untuk *first stage*

$$P_d = (150+14,7) = 164,7 \text{ psia}$$

- (1). *Suction pressure* untuk *second stage*

$$P_{s2} = (150+14,7) = 164,7 \text{ psia}$$

- (2). *Discharge pressure* untuk *second stage*

$$P_{d2} = (400+14,7) = 414,7 \text{ psia}$$

- (1). *Suction pressure* untuk *third stage*

$$P_{s3} = (400+14,7) = 414,7 \text{ psia}$$

- (2). *Discharge pressure* untuk *third stage*

$$P_{d3} = (1000+14,7) = 1014,7 \text{ psia}$$

- *Compressibility factors* pada *suction* dan *discharge pressure*

$$Z_s \text{ pada } 414,7 \text{ psia dan } 100 \text{ } ^\circ\text{F} = 0,91$$

$$Z_d \text{ pada } 1014,7 \text{ psia dan } 110 \text{ } ^\circ\text{F} = 0,93$$

$$\eta_v = 96 - R - C \left[\frac{Z_s}{Z_d} (R)^{\frac{1}{k}} - 1 \right] - L$$

$$\eta_v = 96 - (1,35) - (24,87)$$

$$\left[\left(\frac{0,91}{0,93} \right) (1,35)^{\frac{1}{1,25}} - 1 \right] - 1$$

$$= 87,58 \%$$

- o **Kapasitas**

- **Kapasitas per menit**

$$q_a = (PD) \eta_v$$

$$= (1050,954545)(0,8758)$$

$$= 920,4259905 \text{ ft}^3/\text{min}$$

- **Kapasitas per hari (MMSCFD)**

$$Q_g = (0,051) \left(\frac{q_a (P_s)}{(T_s) (Z_s)} \right)$$

$$= (0,051) \left(\frac{(920,4259905)(414,7)}{(560)(0,91)} \right)$$

$$= 38,20 \text{ MMSCFD}$$

- o **Brake Horsepower (BHP)**

- Untuk *first stage*

$$\text{BHP}_1 = 22 \cdot R \cdot n \cdot F \cdot Q_g$$

$$= 22(2,71)(1)(1,10)(38,20002663)$$

$$= 2505,234147 \text{ HP}$$

- Untuk *second stage*

$$\text{BHP}_2 = 22 \cdot R \cdot n \cdot F \cdot Q_g$$

$$= 22(1,59)(2)(1,10)(38,20002663)$$

$$= 2939,721249 \text{ HP}$$

- Untuk *third stage*

$$\text{BHP}_3 = 22 \cdot R \cdot n \cdot F \cdot Q_g$$

$$= 22(1,35)(3)(1,10)(38,20002663)$$

$$= 3743,98461 \text{ HP}$$

- **BHP Total = BHP₁ + BHP₂ + BHP₃**

$$= 2505,234147 + 2939,721249 + 3743,98461$$

$$= 9188,940006 \text{ HP}$$

- **Untuk Suction Pressure (P_s) = 45 psig = 59,7 psia**

- o **Rasio kompresi**

- Untuk *first stage*

$$R = \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{149+14,7}{45+14,7} \right)^{\frac{1}{1}}$$

$$R = \left(\frac{163,7}{59,7} \right)^1$$

$$R = 2,74$$

- Untuk *second stage*

$$R = \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{399+14,7}{149+14,7} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \left(\frac{413,7}{163,7} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$R = (2,52718387)^{\frac{1}{2}}$$

$$R = 1,59$$

$$- R = \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{999+14,7}{399+14,7} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$R = \left(\frac{1013,7}{413,7} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$R = (2,45032632)^{\frac{1}{3}}$$

$$R = 1,35$$

o **Gas third stage suction and discharge temperatur (Temperatur masuk dan keluar third stage)**

$$\begin{aligned} T_{s3} &= 98 \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= (98+460) \text{ } ^\circ\text{R} \\ &= 558 \text{ } ^\circ\text{R} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= 108 \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= (108+460) \text{ } ^\circ\text{R} \\ &= 568 \text{ } ^\circ\text{R} \end{aligned}$$

o **Efisiensi volumetrik**

- (1). *Suction pressure* untuk *first stage*

$$P_s = (45+14,7) = 59,7 \text{ psia}$$

(2). *Discharge pressure* untuk *first stage*

$$P_d = (149+14,7) = 163,7 \text{ psia}$$

- (1). *Suction pressure* untuk *second stage*

$$P_{s2} = (149+14,7) = 163,7 \text{ psia}$$

(2). *Discharge pressure* untuk *second stage*

$$P_{d2} = (399+14,7) = 413,7 \text{ psia}$$

- (1). *Suction pressure* untuk *third stage*

$$P_{s3} = (399+14,7) = 413,7 \text{ psia}$$

(2). *Discharge pressure* untuk *third stage*

$$P_{d3} = (999+14,7) = 1013,7 \text{ psia}$$

- *Compressibility factors* pada *suction* dan *discharge pressure*

$$Z_{s, \text{ pada } 413,7 \text{ psia dan } 98 \text{ } ^\circ\text{F}} = 0,89$$

$$Z_{d, \text{ pada } 1013,7 \text{ psia dan } 108 \text{ } ^\circ\text{F}} = 0,90$$

$$- \eta_v = 96 - R - C \left[\frac{Z_s}{Z_d} (R)^{\frac{1}{k}} - 1 \right] - L$$

$$\eta_v = 96 - (1,35) - (24,87)$$

$$\left[\left(\frac{0,89}{0,90} \right) (1,35)^{\frac{1}{1,25}} - 1 \right] - 1$$

$$= 87,25 \%$$

o **Kapasitas**

- **Kapasitas per menit**

$$\begin{aligned} q_a &= (PD) \eta_v \\ &= (1050,954545)(0,8725) \\ &= 916,9578405 \text{ ft}^3/\text{min} \end{aligned}$$

- **Kapasitas per hari (MMSCFD)**

$$\begin{aligned} Q_g &= (0,051) \left(\frac{q_a (P_s)}{(T_s) (Z_s)} \right) \\ &= (0,051) \left(\frac{(916,9578405)(413,7)}{(558)(0,89)} \right) \\ &= 38,96 \text{ MMSCFD} \end{aligned}$$

o **Brake Horsepower (BHP)**

- Untuk *first stage*

$$\begin{aligned} \text{BHP}_1 &= 22.R.n.F.Q_g \\ &= 22(2,74)(1)(1,10)(38,95658328) \\ &= 2583,133124 \text{ HP} \end{aligned}$$

- Untuk *second stage*

$$\text{BHP}_2 = 22.R.n.F.Q_g$$

- = 22(1,59)(2)(1,10)(38,95658328)
- = 2997,942823 HP
- Untuk *third stage*
 $BHP_3 = 22.R.n.F.Q_g$
 = 22(1,35)(3)(1,10)(38,95658328)
 = 3818,134727 HP
- BHP Total = $BHP_1 + BHP_2 + BHP_3$
 = 2583,133124 + 2997,942823 + 3818,134727
 = 9399,210674 HP

- Untuk **Suction Pressure (P_s) = 44 psig = 58,7 psia**

o **Rasio kompresi**

- Untuk *first stage*

$$R = \left(\frac{P_d}{P_s}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{148+14,7}{44+14,7}\right)^{\frac{1}{1}}$$

$$R = 2,77$$

- Untuk *second stage*

$$R = \left(\frac{P_d}{P_s}\right)^{\frac{1}{n}}$$

$$R = \left(\frac{398+14,7}{148+14,7}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$R = 1,59$$

- $R = \left(\frac{P_d}{P_s}\right)^{\frac{1}{n}}$

$$R = \left(\frac{998+14,7}{398+14,7}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$R = 1,35$$

o **Gas third stage suction and discharge temperatur (Temperatur masuk dan keluar *third stage*)**

$$T_{s3} = 96 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= (96+460) \text{ } ^\circ\text{R} = 556 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$T_d = 106 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= (106+460) \text{ } ^\circ\text{R} = 566 \text{ } ^\circ\text{R}$$

o **Efisiensi volumetrik**

- (1). *Suction pressure* untuk *first stage*

$$P_s = (44+14,7) = 58,7 \text{ psia}$$

(2). *Discharge pressure* untuk *first stage*

$$P_d = (148+14,7) = 162,7 \text{ psia}$$

- (1). *Suction pressure* untuk *second stage*

$$P_{s2} = (148+14,7) = 162,7 \text{ psia}$$

(2). *Discharge pressure* untuk *second stage*

$$P_{d2} = (398+14,7) = 412,7 \text{ psia}$$

- (1). *Suction pressure* untuk *third stage*

$$P_{s3} = (398+14,7) = 412,7 \text{ psia}$$

(2). *Discharge pressure* untuk *third stage*

$$P_{d3} = (998+14,7) = 1012,7 \text{ psia}$$

- *Compressibility factors* pada *suction* dan *discharge pressure*

Z_s , pada 412,7 psia dan 96 °F = 0,87

Z_d , pada 1012,7 psia dan 106 °F = 0,875

$$\eta_v = 96 - R - C \left[\frac{Z_s}{Z_d} (R)^{\frac{1}{k}} - 1 \right] - L$$

$$\eta_v = 96 - (1,35) - (24,87) \left[\left(\frac{0,87}{0,875} \right) (1,35)^{\frac{1}{1,25}} - 1 \right] - 1$$

$$= 87,08 \%$$

o **Kapasitas**

- **Kapasitas per menit**

$$q_a = (PD) \eta_v$$

$$= (1050,954545)(0,8708)$$

$$= 915,1712178 \text{ ft}^3/\text{min}$$

- **Kapasitas per hari (MMSCFD)**

$$Q_g = (0,051) \left(\frac{q_a (P_s)}{(T_s)(Z_s)} \right)$$

$$= (0,051) \left(\frac{(915,1712178)(412,7)}{(556)(0,87)} \right)$$

$$= 39,82 \text{ MMSCFD}$$

o **Brake Horsepower (BHP)**

- Untuk *first stage*

$$BHP_1 = 22.R.n.F.Q_g$$

$$= 22(2,77)(1)(1,10)(39,82107261)$$

$$= 2669,365781 \text{ HP}$$

- Untuk *second stage*
 $BHP_2 = 22.R.n.F.Q_g$
 $= 22(1,59)(2)(1,10)(39,82107261)$
 $= 3064,470464 \text{ HP}$
- Untuk *third stage*
 $BHP_3 = 22.R.n.F.Q_g$
 $= 22(1,35)(3)(1,10)(39,82107261)$
 $= 3902,863327 \text{ HP}$
- BHP Total = $BHP_1 + BHP_2 + BHP_3$
 $= 2669,365781 + 3064,470464 +$
 $3902,863327$
 $= 9636,699572 \text{ HP}$

Setelah melakukan eksperimen dengan memasukkan data yang ada kedalam perhitungan dan membandingkannya dengan performansi aktual alat, didapat bahwa:

- Pada perhitungan *piston displacement*, didapat bahwa *first stage > second stage > third stage*, ini disebabkan perbedaan diameter silinder.
- Untuk setiap tekanan gas ke *suction*
 - Didapat bahwa rasio kompresi *first stage > second stage > third stage*, ini dipengaruhi *discharge pressure*, *suction pressure*, dan jumlah *stage*.
 - Didapat bahwa *Brake Horsepower first stage < second stage < third stage*, ini dipengaruhi perbedaan rasio kompresi, *number of stage*, dan kapasitas.
- Efisiensi Volumetrik
 Didapat bahwa efisiensi volumetrik teoritis berdasarkan perhitungan

lebih kecil dibandingkan secara aktual, ini dipengaruhi faktor umur alat. Semakin lama operasinya, maka efisiensi volumetriknya akan semakin turun.

- Kapasitas
 Didapat bahwa kapasitas teoritis berdasarkan perhitungan lebih kecil dibandingkan secara aktual. Kapasitas ini dipengaruhi oleh besar-kecilnya efisiensi volumetrik.
- *Brake Horsepower* total
 Didapat bahwa BHP teoritis berdasarkan perhitungan lebih kecil dibandingkan BHP aktual. BHP ini dipengaruhi besar-kecilnya kapasitas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cooper, "Operation Maintenance Parts Instruction Manual", Engine-Compressor, Ajax-Superior.
2. Ismail, Syarifuddin, Prof. DR. Ir., 1999. "Alat Industri Kimia", Universitas Sriwijaya, Palembang, Vol. II.
3. Stewart I., Maurice, P.E., CSP, DR., "Pumps, Compressors And Prime Movers", Worldwide Petroleum Training, Vol. II.
4. Sularso, Ir. MSME., Haruo Tahara, Prof. DR., 2004. "Pompa Dan Kompresor", Pradnya Paramita, Jakarta, Vol. VIII.