

## ANALISIS KERUSAKAN PADA POROS PENGHUBUNG KOMPRESOR TORAK

Asyari Darius<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dosen Teknik Mesin Universitas Darma Persada

### Abstrak

*Kompresor adalah merupakan alat vital pada suatu sistem proses seperti pabrik pengilangan minyak. Kerusakan pada alat ini bisa menyebabkan terganggunya produksi. Salah satu komponen yang sering rusak pada kompresor adalah poros penghubung. Pada penelitian ini, dianalisis kerusakan dan penyebab kerusakan yang terjadi pada poros penghubung kompresor daya besar. Jenis kerusakan yang dominan ditemui adalah perpatahan pada poros. Dari analisa ternyata penyebab kerusakan dari poros ini adalah lebih besarnya beban yang diterima poros dari pada kekuatan materialnya. Dari perhitungan didapatkan bahwa beban yang ditanggung poros berupa tegangan geser sebesar 77,26 MPa, sedangkan tegangan geser ijin bahan hanya 41,7 MPa. Untuk mencegah kerusakan maka diameter poros harus diperbesar. Dari perhitungan diperoleh diameter poros yang aman adalah sebesar 210 mm atau lebih, lebih besar dari diameter awal yaitu 168 mm. Cara pencegahan lainnya adalah dengan menggunakan material yang mempunyai tegangan geser ijin di atas tegangan geser beban yang bekerja.*

**Kata Kunci :** kerusakan kompressor, kerusakan poros, perawatan kompresor.

### I. PENDAHULUAN

Kompresor adalah salah satu alat yang vital terutama pada pabrik pengilangan minyak. Kerusakan pada salah satu kompressornya memberikan pengaruh besar terhadap unjuk kerja pabrik secara keseluruhan.

Kompresor biasanya digerakkan oleh penggerak luar seperti motor listrik, motor bakar atau turbin. Untuk meneruskan daya dari penggerak ke kompresor bisa dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan menggunakan poros penghubung.

Poros penghubung ini tidak luput juga dari kerusakan selama pemakaiannya. Oleh sebab itu penulis mencoba untuk meneliti gangguan-gangguan kerusakan yang terjadi pada poros penghubung ini dan cara untuk mengatasi kerusakan tersebut.

Dengan diketahui penyebab-penyebab kerusakan yang timbul, maka di dalam operasi selanjutnya bisa dicegah timbulnya kerusakan sehingga kerugian-kerugian yang diakibatkan oleh tidak beroperasinya peralatan karena terjadinya kerusakan bisa dihindari.

Kompresor yang akan diteliti disini adalah jenis kompresor daya besar yang terdapat pada salah satu kilang produksi minyak milik salah satu perusahaan minyak di tanah air.

## II. TEORI

Pada penelitian ini akan dikaji lebih dalam penyebab kegagalan dari poros penghubung yang digunakan untuk menggerakkan kompresor. Kompresor yang digerakkan adalah jenis *reciprocating (resiprocal)*. Poros penghubung ini sendiri merupakan poros penggerak yang daya penggeraknya diberikan oleh turbin uap setelah melalui *gearbox* sebagai pereduksi putaran. Komponen ini termasuk komponen utama karena kegagalan poros ini akan menyebabkan unjuk kerja kompresor tidak optimal atau malah bisa tidak bekerja sama sekali.

Untuk mengetahui penyebab kerusakan poros, pertama kali perlu dihitung berapa besar momen puntir yang diterima oleh poros sehingga kemudian bisa dicari berapa besar tegangan geser yang terjadi.

Untuk mencari momen puntir poros, digunakan rumus berikut:

$$T = \frac{60P}{2\pi N} \quad (1)$$

dimana:  $T$  = momen puntir, Nm  
 $P$  = daya (W)  
 $N$  = rpm

Kemudian, untuk mendapatkan gaya tangensial dipakai rumus berikut:

$$F_t = \frac{T}{r} \quad (2)$$

dimana:  $F_t$  = gaya tangensial (N)  
 $r$  = jari-jari poros (m)

Tegangan geser yang terjadi:

$$\tau = \frac{F_t}{A} \quad (3)$$

dimana  $A$  = luas penampang poros

Tegangan geser dapat juga dicari dengan rumus:

$$T = \frac{\pi}{16} \tau d^3 \quad (4)$$

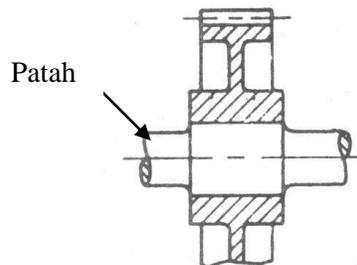
Kemungkinan lain yang menyebabkan kerusakan poros adalah kerusakan karena kelelahan (fatigue). Kelelahan adalah bentuk kegagalan yang terjadi pada struktur karena gaya dinamis dan berubah-ubah pada poros. Pada keadaan ini kegagalan bisa terjadi pada level tegangan dibawah tegangan tarik atau tegangan luluh beban statis. Pada tulisan ini tidak akan dibahas kerusakan karena kelelahan bahan.

### III. PEMBAHASAN

Kompresor yang diambil sebagai sampel penelitian adalah kompresor jenis reciprocal aksi ganda tiga tingkat yang masing-masing tingkat terdiri dari dua silinder. Ada tiga buah kompresor yang diambil sebagai sampel yang diproduksi oleh Ingersoll Rand. Kompresor-kompresor ini digunakan untuk mengkompresi gas hidrogen ( $H_2$ ). Data-data kompresor adalah sebagai berikut:

- Tekanan hisap (tk 1) :  $135,24 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
- Kapasitas inlet :  $3428,5 \text{ m}^3 / \text{hr}$
- Tekanan buang ( tkt 3) :  $1964,23 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

Dari data-data kerusakan, poros yang sering mengalami kerusakan adalah poros antara (*intermediate shaft*) dimana kerusakannya berupa perpatahan. Lokasi perpatahan yang terjadi ditemukan pada diameter poros yang terkecil (Gambar 1).



Gambar 1. Poros Intermediate.

Poros yang mengalami kerusakan adalah poros yang difabrikasi sendiri. Dimana dalam pabrikasi material yang digunakan adalah AISI 4340 dengan spesifikasi sebagaimana dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia AISI 4340 dalam Wt%<sup>[5]</sup>.

C	Cr	Fe	Mn	Mo	Ni	P	S	Si
---	----	----	----	----	----	---	---	----

0,37 – 0,43	0,7 – 0,9	96	0,7	0,2 – 0,3	1,83	0,035 max	0,04 max	0,23
-------------	-----------	----	-----	-----------	------	-----------	----------	------

Kekuatan Tarik : 931 MPa

Kekuatan Luluh : 834 MPa

Elongasi : 20,5 %

Modulus Elastisitas : 205 MPa

Data-data poros yang diperlukan untuk perhitungan adalah sebagai berikut:

- Daya yang ditansmisikan,  $P = 6725$  kW
- Rpm,  $N = 894$
- Diameter poros,  $d = 168$  mm
- Material : AISI 4340

- Momen Puntir:

$$T = \frac{60P}{2\pi N} = \frac{60 \times (6725 \times 10^3)}{2\pi \times 894}$$

$$= 71.896,79 \text{ Nm}$$

- Gaya Tangensial:

$$F_t = \frac{T}{r}$$

$$= \frac{71896,79}{(0,168 / 2)} = 855.914,17 \text{ N}$$

- Tegangan geser:

Luas penampang poros:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \times (0,168)^2$$

$$= 0,0222 \text{ m}^2$$

Tegangan geser:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F}{A} = \frac{855914,17}{0,0222} = 38.554.692,19 \text{ Pa} \\ &= 38,55 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tegangan geser karena Momen Puntir:

$$\begin{aligned}T &= \frac{\pi}{16} \tau d^3 \\ \tau &= \frac{16T}{\pi d^3} \\ &= \frac{16 \times 71896,79}{\pi \times (0,168)^3} = 77.263.075,26 \text{ Pa} \\ &= 77,26 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Untuk material AISI 4340, dari rujukan, diperoleh data-data:

- Tegangan luluh,  $\sigma_t = 834 \text{ Mpa}$

Tegangan geser material:

$$\begin{aligned}\tau &= 0,5 \times \sigma_t = 0,5 \times 834 \text{ MPa} \\ &= 417 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tegangan geser ijin bahan:

$$\begin{aligned}\bar{\tau} &= \frac{\tau}{SF} \quad : SF = \text{Safety Factor} = 10 \\ &= \frac{417}{10} = 41,7 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, tegangan geser yang terjadi ternyata berada di atas tegangan geser ijin bahan (77,26 vs 41,7 MPa), sehingga inilah yang menjadi penyebab terjadinya kegagalan pada poros, karena bahan poros tidak kuat menerima beban yang bekerja.

Disamping itu, beban poros sewaktu-waktu juga dapat lebih tinggi dari keadaan normal,

dimana beban tinggi tersebut dapat disebabkan oleh kondisi hal-hal berikut ini:

- start-up kompresor dilakukan pada saat kompresor bertekanan tinggi
- terjadi kemacetan pada bantalan-bantalan poros
- timbulnya vibrasi karena beban kompresor berfluktuasi.

Untuk menghindari kerusakan yang sama di masa yang akan datang, maka dalam poros yang digunakan harus mempunyai kekuatan melebihi beban yang telah dihitung di atas. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan poros adalah dengan menaikkan diameter poros tersebut.

- Penentuan diameter poros:

$$T = \frac{\pi}{16} \tau d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{16 \times 71896,79}{\pi \times (41,7 \times 10^6)}} = \sqrt[3]{8,785 \times 10^3}$$

$$= 0,2063 \text{ m}$$

$$= 206,3 \text{ mm}$$

Jadi gunakanlah diameter poros dengan ukuran di atas 210 mm.

#### IV. KESIMPULAN

Dari pengamatan terhadap kerusakan pada poros penghubung kompresor daya besar yang digunakan untuk mengkompresi gas hidrogen, dijumpai bahwa sering terjadi perpatahan pada poros penghubung tersebut. Perpatahan yang terjadi biasanya dijumpai pada poros yang dipabrikasi sendiri, sementara poros orisinil dari pabrik pembuatnya dapat bertahan lama. Bahan poros pabrikasi ini biasanya menggunakan material baja AISI 4043. Setelah dilakukan analisis, dapat disimpulkan:

1. Poros tidak kuat menahan beban operasi dimana tegangan geser yang terjadi pada poros mencapai 77,26 MPa, sedangkan tegangan geser ijin material hanya 41,7 MPa.
2. Untuk meningkatkan kekuatan poros supaya tidak terjadi perpatahan, maka dapat dilakukan dengan menambah diameter poros. Dari perhitungan, maka diameter poros yang aman harus melebihi 210 mm. Sementara diameter awal poros adalah 168 mm.
3. Kekuatan poros juga dapat ditingkatkan dengan menggunakan material dengan tegangan geser ijin yang lebih tinggi daripada tegangan geser yang terjadi.

4. Perlu diperhatikan kondisi kompresor dalam beroperasi untuk mencegah kerusakan yang mungkin terjadi. Perhatikan kemacetan-kemacetan yang terjadi pada bantalan poros dan vibrasi, karena kondisi ini dapat menaikkan tegangan geser pada poros.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Callister, William D. Jr. *Material Science and Engineering, an introduction, 3<sup>rd</sup> edition*. John Willey & Sons, Inc, 1994.
2. Jack A. Collins. *Failure Materials in Mechanical Design, 2<sup>nd</sup> edition*. John Willey & Sons, Inc, 1992.
3. Khurmi R.S., J.K. Gupta. *A Text Book of Machine Design*. Eurasia Publishing House (Pvt.) LTD., 1980.
4. *Plant Problem & Solving Rotating Equipment di HCC Unit Kilang Pertamina UP DAK*, Pertemuan tahunan Inspeksi Teknik VII, Direktorat Pengolahan Pertamina, 1994.
5. <http://asm.matweb.com/>