



Analisis Kinerja Motor Terhadap Kerusakan Kompresor Tipe B - 304 pada LRT Jakarta Seri 1100

Analysis of Motor Performance on Compressor Failure Type B-304 at The Jakarta LRT 1100 Series

Wahyu Hari Bagus*, I Gede Eka Lesmana dan Rovida Camalia Hartantrie

Program Studi Teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Srengseng Sawah Jagakarsa, Jakarta Selatan, Indonesia

Informasi artikel

Diterima:
26/10/2021
Direvisi:
24/12/2021
Disetujui:
31/12/2021

Abstract

Compressor is one of the energy conversions machines that has a function to compress or compress the working fluid, in this case compressible fluid. To maintain the reliability of components carried out maintenance including periodic maintenance and maintenance when there is damage, in this research obtained data on the 71st weekly maintenance obtained compressor is not able to supply air optimally. Output power obtained output power of 61,475 kW, while in data processing obtained the largest output power obtained by 85.6 kW large output power based on high current input due to excess load on the motor. The amount of output power that exceeds the maximum output power results in a fracture in the piston rod. And get a filter that has been dirty on the compressor so that the air cannot be compressed to the maximum.

Keywords: compressor, periodic maintenance, compressor motor.

Abstrak

Kompresor adalah salah satu mesin konversi energi yang memiliki fungsi untuk memampatkan atau mengkompresikan fluida kerja, dalam hal ini fluida *compressible*. Untuk menjaga keandalan komponen dilakukan perawatan diantaranya perawatan berkala dan perawatan ketika terjadi kerusakan, pada penelitian ini didapatkan data pada perawatan mingguan ke-71 didapatkan kompresor tidak mampu mensuplai udara secara maksimal. daya output didapatkan daya output sebesar 61,475 kW, sedangkan pada pengolahan data didapatkan daya output terbesar didapatkan sebesar 85,6 kW daya *output* besar berdasarkan *input* arus yang tinggi karena beban berlebih pada motor. Besarnya daya *output* yang melebihi dari daya *output* maksimal mengakibatkan patah pada batang piston. Dan didapatkan filter yang sudah kotor pada kompresor sehingga menyebabkan udara tidak dapat terkompresi secara maksimal.

Kata Kunci: kompresor, perawatan berkala, motor kompresor.

*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: -
email : wahyuhari221@gmail.com



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan salah satu unsur penting dalam perkembangan suatu negara. Transportasi juga sebagai dasar pembangunan ekonomi dan perkembangan masyarakat serta pertumbuhan industrialisasi. Transportasi berkembang dari waktu ke waktu sesuai kebutuhan dan kepentingannya serta seiring pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang berjalan pada suatu wilayah (Sianipar, 2020).

LRT JAKARTA merupakan penyelenggara perkeretaapian perkotaan yang berdomisili di Jakarta dengan menggunakan kereta seri 1100 dari Hyundai Rotem sebagai perusahaan pembuatan kereta yang berada di Korea Selatan.

Didalam penyelenggaraan perkeretaapian perlu dilakukan adanya perawatan guna menjaga sarana layak operasi. Di dalam perawatan terbagi menjadi 2 yaitu *corrective maintenance* dan *preventif maintenance* (Hidayat dan Mahardiono, 2015). Pada *preventif maintenance* dilakukan perawatan berkala yaitu perawatan mingguan, 4 bulanan, 4 tahunan. Selain itu terdapat *corrective maintenance*, yaitu dilakukan ketika terjadi masalah pada komponen tertentu.

Menurut beberapa referensi kerusakan kompresor terdiri dari beberapa faktor - faktor yang berdiri sendiri dan juga bisa saling terkait. Kerusakan disebabkan karena filter yang melebihi masa pakai, dan sudah kotor menyebabkan udara yang masuk menjadi tinggi (Indrawan dan Dominite, 2020). Patahnya bagian piston juga mempengaruhi tekanan udara yang dihasilkan oleh kompresor (Antonov dan Oktarian, 2016). Kurangnya pelumasan pada bagian tertentu juga mempengaruhi kerusakan pada beberapa komponen seperti *journal bearing* dan *crankshaft* (Ridhwan, dkk., 2017). Selain pada beberapa komponen kompresor salah satu perhatian adalah terdapat pada motor kompresor yang digunakan kerusakan pada motor induksi yang sering ditemukan adalah pada bearing (Anggriawan dan Huda, 2018; Liang, dkk, 2014). Kerusakan pada rotor motor induksi salah satu faktor adalah pembebanan pada motor jika beban semakin berat, maka torsi yang dihasilkan akan semakin besar pula sehingga putaran motor akan menurun (Antonov dan Oktarian, 2016).

Oil free kompresor adalah kompresor yang tidak menggunakan oli di dalam sistemnya, kompresor ini menggunakan kipas udara sebagai pendingin (Dwiatmoho, dkk, 2021). Pada kereta LRT Jakarta sistem pneumatik menggunakan jenis *oil free kompresor* sebagai kompresor utama dengan tipe B - 304. Pada perawatan mingguan ke 71 dilakukan pengecekan ternyata kompresor mengalami kerusakan. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerusakan kompresor tersebut berdasarkan data - data dan analisis yang dilakukan di lapangan.

Pada penelitian kali ini dilakukan analisis terhadap motor kompresor dengan melakukan pengujian dilanjutkan pengolahan data dengan parameter - parameter beserta Analisa pada batang *connecting rod* menggunakan *solid works* dan pengujian menggunakan *liquid penetrant* dan juga *magnetic flaw detector*.

2. METODOLOGI

Motor induksi yang terdapat pada kompresor tipe B - 304 adalah motor induksi 3 fasa jenis sangkar tupai atau *squirrel cage* (Supriyadi, 2015). Metodologi yang digunakan berupa *stress analysis* pada batang piston menggunakan *software SOLIDWORKS 2013*, selain itu perhitungan parameter - parameter yang didapatkan dari data - data pada spesifikasi motor induksi 3 fasa tersebut.

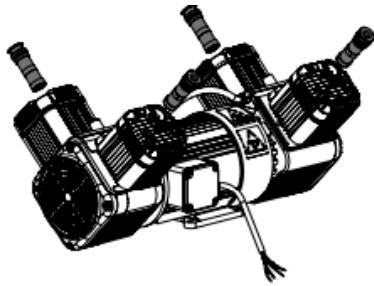
Data - data yang diambil terdiri dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari Arus, tegangan, putaran pada motor induksi dimana data primer tersebut digunakan untuk mencari beberapa parameter - parameter dalam rumus empiris. Selain data primer terdapat data sekunder. Data sekunder ini berupa pengetesan komponen seperti NDT yang menggunakan jenis *liquid penetrant* dan *magnetic flaw detector*.

Pada pengujian NDT ini dipilih menggunakan *liquid penetrant* dan *magnetic flaw detector* dengan tujuan untuk mengetahui retak pada permukaan benda uji. Selain itu dilakukan perumpamaan *stress analysis* menggunakan *software SOLIDWORKS 2013* untuk mengetahui letak kemungkinan patahan dari batang piston tersebut.

2.1. Oil Free Compressor

Oil free compressor merupakan salah satu jenis kompresor yang digunakan pada kereta perkotaan, salah satunya digunakan pada kereta LRT Jakarta (lihat Gambar 1). Tidak menggunakan oli sebagai pelumasnya, menggunakan kipas sebagai pendingin kompresor.

Kipas pendingin pada kompresor ini bertujuan untuk mengurangi suhu ketika motor bekerja, maka suhu pada motor akan meningkat. Dengan adanya kipas pendingin ini untuk menjaga kestabilan suhu ketika motor pada kompresor bekerja. Dalam perawatannya dilakukan pembersihan pada kipas pendingin setiap 4 bulan sekali, pembersihan sendiri menggunakan kompresor udara dan selain itu melihat kondisi visual dari kipas pendingin tersebut. Adapun spesifikasi dari *oil free compressor* dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. *Oil free compressor* (Rotem,2018)

Tabel 1. Spesifikasi dari *oil free compressor* (Rotem,2018)

No	Item	Specification
1	Type	Oil free piston
2	Cooling Type	Forced air cooling
3	Discharge air temperature	less than +15°C of ambient air temperature
4	Ambient air temperature	-25°C ~ +40°C
5	Vibration damping	Wire roop
6	Frekuensi	60Hz

2.2. Non Destructif Test

Non Destructif Test atau yang biasa disebut NDT adalah metode pengujian material tanpa merusak benda ujinya (Soebagyo dan Kusuma,

2019). Didalam pengujian ini hanya melakukan pengujian tanpa merusak benda uji atau hanya memberikan sedikit metode yang tidak mempengaruhi kondisi beban ujinya. Tujuan dari NDT sendiri adalah untuk mendeteksi kerusakan atau cacat pada prosedur tertentu pada suatu benda uji Berdasarkan tipe keberadaan keretakan pada material.

Tujuan dari metode NDT dibedakan menjadi dua yaitu *inside crack* dan *surface crack*. Untuk *inside crack* terdapat terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu: *radiography* dan *ultrasonic*, sedangkan untuk *surface crack* terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu: *liquid penetrant* dan *magnetic*.

2.3. Connecting Rod

Batang piston merupakan komponen yang menghubungkan piston ke crank atau poros engkol. Dengan dihubungkannya antara batang piston dan *crank*, maka mekanisme ini dapat mengubah gerak lurus menjadi gerak *linear*. *Connecting rod* sendiri memiliki standar dalam komposisi bahannya pada *connecting rod* kompresor B - 304 sendiri memiliki standar sesuai JIS G 4106 SMn 433 dengan standar penyusun komposisi kimia Fe sebesar 97.73 - 98.35 %, Mn sebesar 1,2 - 1,5 %, Si sebesar 0,15 - 0,35 %, C sebesar 0,3 - 0,36 %. Dan P sebesar 0,03%. Untuk mengetahui gaya pada piston digunakan rumus sebagai berikut:

$$F = P \times A \quad (1)$$

Dimana: F = gaya yang diterima (N)

P = Tekanan (N/mm²)

A = Luas penampang (mm²)

2.4. Motor AC kompresor B - 304

Motor yang digunakan adalah motor AC 380 VAC yang berfungsi untuk merubah Energi listrik dari arus listrik AC menjadi energi mekanis. Energi mekanis yang dihasilkan adalah energi putaran poros rotor motor listrik yang dihubungkan dengan piston. Berikut spesifikasi motor yang digunakan yang disajikan pada Tabel 2.

2.4.1. Putaran Motor (rpm)

Rpm adalah singkatan dari *Revolutions Per Minute* atau Revolusi Per Menit atau dengan pengertian jumlah putaran / rotasi suatu poros

Tabel 2. Spesifikasi motor (Rotem,2018)

No	Item	Specification
1	Motor Type	3 squirrel cage induction motor
2	Normal Current Consumption	8,3 A
3	Motor voltage	AC 380V
4	Pole	4 P
5	Seal type	Fully enclosed type
6	Protection type	IP54
7	Insulation	F type
8	Frekuensi	60 z

dalam 1 menit, untuk mencari putaran dapat melalui rumus berikut:

$$N = (f \times 120) : P \quad (2)$$

Dimana: N = Putaran Per Menit (rpm)
 f = frekuensi (Hz)
 P = Jumlah Kutub / Pole

2.4.2. Daya (kW)

Pada motor AC cara menghitung daya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \times V \times i \times \text{Cos } \emptyset \quad (3)$$

Dimana: I = Arus (A)
 P = Daya (kW)
 V = Tegangan (V)
 Cos \emptyset = 0,7

2.4.3. Slip

Slip merupakan perbedaan antara kecepatan pada rotor dan stator pada motor induksi menghasilkan torsi. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung slip yang terjadi pada motor induksi:

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (4)$$

Sedangkan untuk menghitung presentase Slip digunakan rumus berikut:

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \% \quad (5)$$

2.4.4. Rugi - Rugi Pada Rotor

Untuk menghitung rugi-rugi pada rotor menggunakan rumus berikut:

$$P_{rot} = I_2^2 \times R_2 \quad (6)$$

Dimana: I_2 = arus pada rotor (A)
 R_2 = tahanan pada rotor (Ohm)

2.4.5. Daya Mekanik

Untuk menghitung daya mekanik menggunakan rumus sebagai berikut

$$P_m = 3 I_2^2 \times R_2 \times \frac{1-s}{s} \quad (7)$$

Dimana : P_m = daya mekanik
 I_2 = arus pada rotor (A)
 R_2 = tahanan pada rotor (Ohm)
 s = Slip

2.4.6. Daya Output

Daya outut adalah hasil pengurangan dari perhitungan daya mekanik dikurangi dengan rugi - rugi pada rotor atau dapat dilihat dari rumus berikut:

$$P_{out} = P_m - P_{rot} \quad (8)$$

2.4.7. Torsi

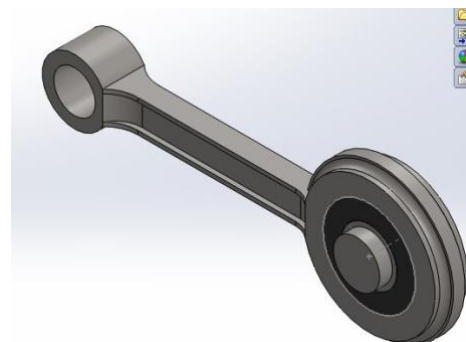
Torsi (T) dalam motor induksi dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$T = (975 \times P) : N \quad (9)$$

Dimana P = Daya (kW), N = putaran (rpm)

2.5. SOLIDWORKS

Pada *software* ini digambarkan permodelaan gambar piston seperti Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Connecting rod

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Putaran Motor Listrik Kompresor B-304

Untuk dapat menghitung putaran motor listrik (rumus 2) kompresor B-304 membutuhkan parameter F (frekuensi) = 60 Hz dan P (Jumlah kutub/*Pole*) = 4 P, sehingga:

$$\begin{aligned} N &= (f \times 120) : P \\ N &= (60 \text{ Hz} \times 120) : 4 \\ N &= 1800 \text{ rpm} \end{aligned}$$

3.2. Perhitungan Daya Motor Listrik Kompresor B-304

Untuk perhitungan daya (rumus 3) motor listrik kompresor B-304 membutuhkan parameter Tegangan V = 380 VAC serta nilai *Maximal Ampere Consumption* = 8,3 A, sehingga:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \times V \times i \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 380 \text{ V} \times 8,3 \text{ A} \times 0,7 \\ &= 3,824 \text{ kW} \end{aligned}$$

3.3. Perhitungan Slip Motor Listrik Kompresor B-304

Untuk mengitung slip motor (rumus 4) dibutuhkan parameter Nr = 1500 dan Ns = 1800, sehingga:

$$\begin{aligned} S &= \frac{N_s - N_r}{N_s} \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

Selain perhitungan slip perhitungan efisiensi slip (rumus 5) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S &= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \% \\ &= 0,16 \times 100 \% \\ &= 16 \% \end{aligned}$$

3.4. Perhitungan Rugi - Rugi Rotor kompresor B-304

Untuk perhitungan rugi-rugi rotor (rumus 6) diperlukan parameter arus dan tahanan dengan masing-masing nilai I₂ = 8,3 A serta R₂ = 60,5 Ohm, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Prot} &= I_2^2 \times R_2 \\ &= 8,3^2 \text{ A} \times 60,5 \text{ Ohm} \\ &= 4167,8 \text{ W} \\ &= 4,1678 \text{ kW} \end{aligned}$$

3.5. Perhitungan Daya Mekanik

Untuk dapat menghitung daya mekanik (rumus 7) kompresor B-304 membutuhkan parameter I₂ = 8,3 A, R₂ = 60,5 Ohm, serta S = 0,16, sehingga:

$$\begin{aligned} P_m &= 3I_2^2 \times R_2 \times \frac{1-s}{s} \\ &= 3 (8,3 \text{ A})^2 \times 60,5 \text{ Ohm} \times \frac{1-0,16}{0,16} \\ &= 12503,5 \times 5,25 \\ &= 65,643 \text{ kW} \end{aligned}$$

3.6. Perhitungan Daya Output

Daya output diperoleh dari pengurangan antara daya mekanik dengan rugi - rugi rotor yang dihasilkan dengan menggunakan rumus 8, maka didapatkan:

$$\begin{aligned} P_{out} &= P_m - \text{Prot} \\ &= 65,643 - 4,1678 \\ &= 61,475 \text{ Kw} \end{aligned}$$

3.7. Hasil Pengamatan Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian kerja motor kompresor selama selama 5 menit 36 detik (pengujian pada saat kompresor *cut in* di 6 kg/cm² - *cut out* 9,8 kg/cm²) didapatkan data seperti pada Tabel 3. Berdasarkan data Tabel 3 didapatkan perhitungan menurut rumus - rumus empiris yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Data pengujian kompresor

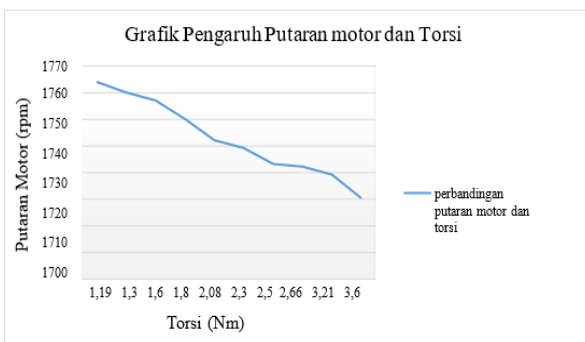
P (kW)	T (Nm)	Slip	I ₂ (A)	P _m (kW)
2,17	1,19	0,1	4,8	37,63
2,5	1,3	0,12	5,6	41,5
2,9	1,6	0,14	6,4	45,64
3,3	1,8	0,16	7,5	49,01
3,73	2,08	0,18	8,3	60,01
4,19	2,3	0,2	9,2	61,44
4,47	2,5	0,22	9,8	61,59
4,72	2,66	0,24	10,4	62,03
5,69	3,21	0,28	12,5	70,86

3.7.1. Pengaruh Putaran Motor Terhadap Torsi

Berdasarkan Gambar 3, pengaruh putaran motor terhadap torsi, semakin tinggi torsi maka putaran motor akan semakin rendah. Putaran motor tertinggi sebesar 1764 rpm dengan torsi sebesar 1,19 Nm dan putaran terendah sebesar 1720 rpm dengan torsi sebesar 3,6 Nm.

Tabel 4. Pengolahan data pengujian

Vin (V)	Iin (A)	W	Nr (rpm)	Vin (V)
373	4,8	200	1764	373
371	5,6	207	1760	371
374	6,4	212	1757	374
373	7,5	217	1750	373
375	8,3	219	1742	375
376	9,2	222	1739	376
377	9,8	225	1733	377
375	10,4	227	1730	375
376	12,5	229	1724	376

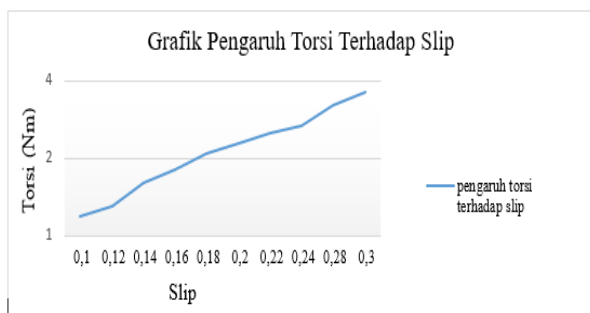


Gambar 3. Grafik pengaruh putaran motor dan torsi

Hal ini disebabkan karena beban yang semakin bertambah menyebabkan input arus yang besar sehingga putaran motor menurun sedangkan torsi semakin besar.

3.7.2. Pengaruh Torsi terhadap Slip

Berdasarkan Gambar 4, grafik pengaruh torsi terhadap slip, semakin tinggi torsi maka slip yang terjadi pada motor semakin tinggi juga. Torsi tertinggi sebesar 3,6 Nm dengan slip sebesar 0,3 dan torsi terendah sebesar 1,19 Nm dengan slip sebesar 0,1.



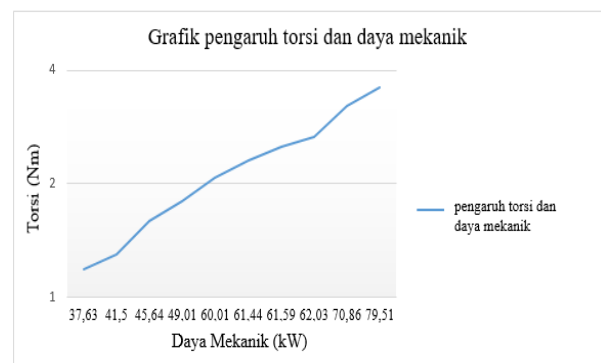
Gambar 4. Grafik pengaruh torsi dan slip

Hal ini disebabkan karena torsi yang semakin tinggi sehingga Input arus yang semakin besar dan

terjadi perbedaan putaran antara putaran pada rotor dan stator.

3.7.3. Pengaruh Torsi terhadap Daya Mekanik

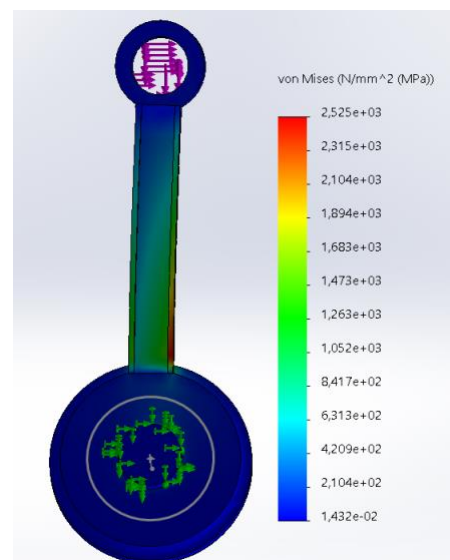
Berdasarkan Gambar 5, grafik pengaruh torsi terhadap daya mekanik, semakin tinggi torsi maka daya mekanik yang terjadi pada motor semakin tinggi. Torsi tertinggi sebesar 3,6 Nm dengan daya mekanik sebesar 79,51 kW dan torsi terendah sebesar 1,19 Nm dengan daya mekanik sebesar 37,63 kW. Hal ini disebabkan karena Daya yang semakin besar yang disebabkan input arus yang semakin tinggi sehingga daya mekanik yang terjadi pada motor semakin tinggi.



Gambar 5. Grafik pengaruh torsi dan daya mekanik

3.8. Hasil Analisa pada Batang Connecting Rod

Pada permodelan menggunakan software SOLIDWORKS 2014 didapatkan beberapa hasil seperti terdapat pada Gambar 6, yaitu: stress analisis.



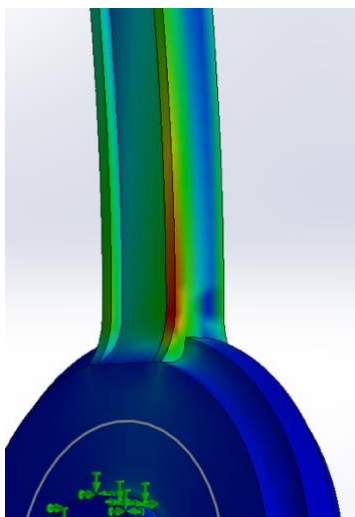
Gambar 6. Stress analisis

Untuk menentukan analisa pada *connecting rod* dilakukan perhitungan gaya yang menekan piston yang didapatkan dari rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } r &= 23 \text{ mm} \\ P &= 0,9 \text{ N/mm}^2 \\ F &= P \times A \\ &= 0,9 \text{ N/mm}^2 \times (3,14 \times 23\text{mm} \times \\ &\quad 23\text{mm}) \\ &= 1494,95 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasarkan pada Gambar 6 didapatkan bahwa batang penghubung tersebut mengalami tegangan maksimum sebesar $2,525\text{e}+03 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan minimumnya adalah sebesar $1,432\text{e}-02 \text{ N/mm}^2$. Titik tegangan maksimum berada pada batang piston yang ditunjukkan dengan warna merah pada gambar. Beban akibat tekanan *pressure* pada saat *connecting rod* beroperasi yaitu beban kompresi. Hal ini bisa menimbulkan Kerusakan yang terjadi pada *connecting rod* yang disebabkan oleh *stress*, Pada saat dilakukan analisis dengan menggunakan *Software Solidworks 2013* besar tegangan akibat tekanan *pressure* sebesar 10 bar dan menerima gaya yang sudah diketahui pada perhitungan analitik yaitu sebesar 1494,95 N maka tegangan maksimum yang terjadi pada *connecting rod* sebesar $2,525\text{e}+03 \text{ N/mm}^2$, sedangkan tegangan minimum yang terjadi pada *connecting rod* sebesar $1,432\text{e}-02 \text{ N/mm}^2$.

Berdasarkan data pada *software* analisis, kemungkinan perpatahan pada *connecting rod* pada posisi ujung ataupun tengah yang dapat dilihat pada Gambar 7.



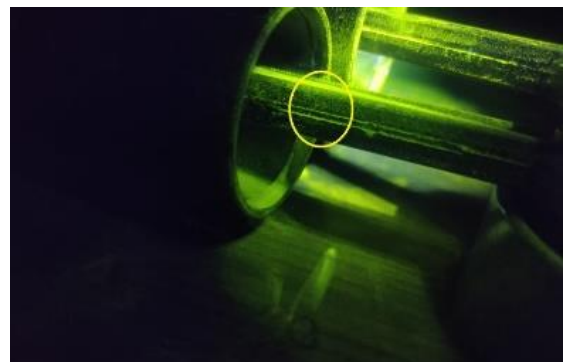
Gambar 7. Letak terjadi perpatahan

3.9. Hasil NDT pada Batang Piston

Pada pengetesan NDT pada 2 batang piston didapatkan hasil berupa retak rambut pada permukaan benda uji yang dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Letak retak halus piston 1



Gambar 9. Letak retak halus piston 2

Berdasarkan hasil NDT letak retak halus, yaitu pada posisi ujung *connecting rod* dan sesuai dengan analisis menggunakan *software solidworks*.

4. SIMPULAN

Pada kerusakan kompresor B - 304 terdapat beberapa faktor diantaranya beban yang tinggi menyebabkan putaran motor berkurang dan menyebabkan slip, torsi, daya mekanik yang besar hal ini berpengaruh pada motor induksi 3 fasa pada kompresor. Didapatkan daya mekanik terbesar saat pengujian 79,51 kW sedangkan maksimal daya mekanik adalah 65,643 kW.

Berdasarkan analisis *stress* dengan menggunakan *software SOLIDWORKS 2014* didapat hasil tegangan akibat tekanan atau *pressure* terdapat pada bagian tengah *connecting rod* dengan tegangan maksimal sebesar $2,525\text{e}+03 \text{ N/mm}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriawan, A. dan Huda, F., 2018. *Deteksi Kerusakan Motor Induksi dengan Menggunakan Sinyal Suara*. Skripsi, Riau University.
- Antonov, A. dan Oktarian, Y., 2016. Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase. *Jurnal Teknik Elektro*, 5(1). hal. 1-7.
- Dwiatmoko, I.H., Waluyo, I.S., I., Widodo, I., dan Perangin Angin, H.S. 2021. *Pengujian Prasarana LRT Jabodebek*. Scopindo Media Pustaka. [Cetak].
- Hidayat, T. dan Mahardiono, N.A., 2015. Evaluasi Perawatan Sarana Perkeretaapian Di PT. Kereta Api Indonesia (PERSERO). *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 17(2), hal. 99-110.
- Indrawan, D. dan Dominite, A., 2020. Analisa Overheating Pada Kompresor Sullair LS16-60/75/100. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 1(1), hal. 25-31.
- Liang, K., Stone, R., Hancock, W., Dadd, M. dan Bailey, P., 2014. Comparison Between a Crank-Drive Reciprocating Compressor and a Novel Oil-Free Linear Compressor. *International Journal Of Refrigeration*, 45, hal. 25-34.
- Ridhwan, F., Mahmudi, A., dan Bintoro, W.M., 2017. Perbaikan Kompresor Udara Merek *Broom Wade* Tipe H41. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Bandung.
- Rotem, H., 2018. Technical Description of Oil Free Air Compressor [Online]. <https://hyundaipowerequipment.co.uk/hyundai-50-litre-air-compressor-1cfm-100psi-oil-free-low-noise-electric-2hp-hy27550>, [Diakses pada 17 Mei 2021].
- Sianipar, A, 2020. Kajian Preferensi Masyarakat Dalam Menggunakan LRT Jabodebek. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 21(1), hal. 13-20.
- Supriyadi, A., 2015. Metode Starting Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar Tupai (Squirrel-Cage Rotor 3 Phase Induction Motor). *Swara Patra*, 5(2). hal 57-64.
- Soebagyo, H., Kusuma, G.C., dan Heradi, 2019. Pemeriksaan Sambungan Las Aluminium pada Struktur Kereta Api Ringan dengan Metode Non-Destructive Test. *Jurnal ASIMETRIK: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 1(1), hal. 58-64.