

Effect of Diesel Engine Speed on Performance of Reciprocating Compressor

Khairul Muhajir^{1*}, I Gusti Gde Badrawada² dan Agus Fajar W³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND – Yogyakarta

*Corresponding author: khairul@akprind.ac.id

Abstract. Pressurized air as its function is widely used in everyday life. Air compressors as compressed air producers use diesel motor resources as their driving force. The performance of this diesel motor as a power source for several components is the compressor, generator and radiator fan. The study aims to determine the performance of piston compressors on a variety of driving motors, namely Diesel motors in Locomotives. The performance of Diesel motors that use notch 1-8 steps requires more specific calculations. This research process by calculating the power of the Diesel motor, compressor, generator and radiator fan at a rotation speed of 452-1055 rpm. From the power of each component, it can be seen the efficiency of Diesel motor performance as the main power source. The results showed an increase in the power of the Diesel motor, compressor, generator and radiator fan when the rotation speed of the Diesel motor was higher. The results also showed that the efficiency of the Diesel motor reached the maximum value during the rotation of the Diesel motor with a maximum rotation speed.

Abstrak. Udara bertekanan sebagaimana fungsinya banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kompresor udara sebagai penghasil udara bertekanan dengan menggunakan sumber daya motor diesel sebagai penggerakannya. Performa motor diesel ini sebagai sumber daya beberapa komponen yaitu kompresor, generator dan kipas radiator. Penelitian bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja kompresor torak pada berbagai variasi motor penggerakannya yaitu motor Diesel pada Lokomotif. Kinerja motor Diesel yang menggunakan langkah notch 1-8 ini memerlukan adanya perhitungan yang lebih spesifik. Proses penelitian ini dengan melakukan perhitungan pada daya motor Diesel, kompresor, generator dan kipas radiator pada kecepatan putaran 452-1055 rpm. Dari daya masing-masing komponen tersebut maka dapat diketahui efisiensi dari performa motor Diesel sebagai sumber daya utama. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan daya motor Diesel, kompresor, generator dan kipas radiator saat kecepatan putaran motor Diesel lebih tinggi. Hasil penelitian juga menunjukkan efisiensi motor Diesel mencapai nilai maksimum saat putaran motor Diesel tersebut dengan kecepatan putaran maksimal.

Keywords: unjuk kerja, kompresor torak, putaran, motor Diesel.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Inti makalah dituliskan dalam kolom ganda dengan Udara merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting bagi kehidupan manusia. Peranannya yang paling menonjol adalah untuk bernafas, kebutuhan udara untuk hal lain tentunya untuk membantu kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh manusia itu sendiri.

Seiring dengan meningkatnya penggunaan udara bertekanan sebagai kebutuhan manusia baik pada sektor industri maupun digunakan secara umum, maka betapa pentingnya udara bertekanan tersebut. Khususnya pada dunia industri, udara bertekanan digunakan untuk berbagai peralatan pada industri seperti mesin gerinda batu, mesin gerinda kawat, mesin kunci pas yang dioperasikan

menggunakan udara bertekanan. Selain itu peranan udara bertekanan pada kehidupan sehari-hari seperti pada pompa pengisi ban, pengecatan dengan metode *spray* dan lain-lainnya.

Udara bertekanan ini dihasilkan oleh alat yang dinamakan kompresor, kompresor tersebut yang nantinya akan menekan udara menuju tabung udara (*main reservoir*), pada tabung udara tersebut udara ditekan sampai tekanan yang diinginkan. Tekanan udara tersebut juga harus dalam pertimbangan kemampuan tabung udara dalam menampung tekanan pada udara tersebut.

Dalam dunia perkeretaapian, alat yang berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan yakni kompresor tipe WBO. Kompresor WBO merupakan kompresor torak (*piston*), dengan

menggunakan 3 torak sebagai proses kerjanya. Kompresor WBO merupakan kompresor yang beroperasi pada lokomotif kereta api. Kompresor WBO bekerja melalui daya yang disalurkan oleh motor diesel melalui sebuah poros. Kompresor WBO memiliki 3 piston, piston pada kompresor ini juga memiliki peranan masing-masing, 2 piston tekanan rendah dan 1 piston tekanan tinggi.

Metode Penelitian

Pada Penelitian ini menggunakan metode observasi, wawancara dan studi literatur. Observasi dilakukan dengan melakukan penulisan secara sistematis terhadap data-data yang dibutuhkan penulis yang berhubungan dengan tujuan penelitian. Metode wawancara dilakukan dengan melakukan tanya jawab dengan pekerja yang ahli di bidangnya terhadap objek yang penulis maksud. Sedangkan studi literatur dilakukan dengan melihat buku-buku yang ada di perpustakaan perusahaan serta mempelajari mengenai objek yang penulis maksud.

1. Kompresor WBO 2 tingkat

Objek utama pada penelitian ini yakni kompresor torak tipe WBO 2 tingkat.



Gambar 1. Kompresor WBO

Jenis kompresor : Kompresor *Reciprocating*
 Jumlah piston : 3 piston (2 piston silinder tekanan rendah dan 1 piston silinder tekanan tinggi)
 Jumlah tingkat : 2 tingkat
 Alat pendingin : *Intercooler*
 Media pendingin : Air
 Diameter ruang kompresi: 200,025 mm
 = 0,200025 m
 Panjang langkah torak : 127 mm = 0,127 m
 Tekanan *suction* tingkat pertama : 1,03323 kgf/cm²
 Tekanan *discharge* tingkat pertama: 2,10921 kgf/cm²
 Tekanan *suction* tingkat kedua : 2,10921 kgf/cm²
 Tekanan *discharge* tingkat kedua : 4,21842 kgf/cm²
 Kompresor torak tipe WBO pada lokomotif kereta api ini berfungsi untuk mengkompresi udara

dari luar menuju tabung udara (*main reservoir*). Kompresor ini memiliki 3 piston sebagai alat kerjanya, yakni 2 piston silinder tekanan rendah dan 1 piston silinder tekanan tinggi. Putaran pada kompresor yang bekerja didapat dari putaran motor diesel yang terhubung melalui poros yang disambungkan satu sama lain menggunakan kopling rigid. Dengan demikian putaran kompresor dapat dikatakan selaras dengan putaran motor diesel.

2. Motor Diesel

Motor Diesel yang dipakai yakni tipe GE 7FDL8



Gambar 2. Motor Diesel GE 7FDL8

Jumlah piston : 8
 Susunan piston : 45°
 Stroke : 4
 Diameter ruang bakar : 9 in (228,6 mm)
 Panjang langkah torak : 10,5 in (266,7 mm)

Tabel 1. *Notch* Motor Diesel

<i>Notch</i>	Putaran Motor Diesel (Rpm)
1	452
2	522
3	603
4	702
5	787
6	878
7	965
8	1055

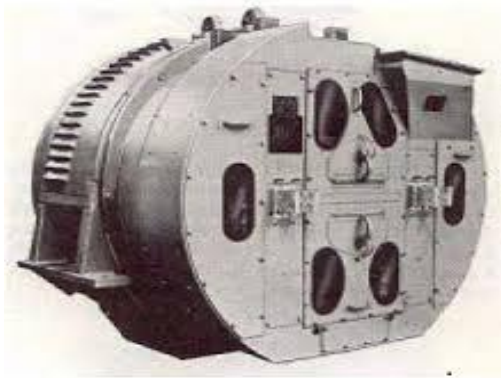
Tabel 2. Tekanan efektif rata-rata

Notch	Putaran Motor Diesel (Rpm)	Tekanan Efektif rata-rata (psi)
1	452	262,446
2	522	257,78
3	603	252,38
4	702	245,78
5	787	240,116
6	878	239,05
7	965	230,258
8	1055	226,925

Motor diesel GE 7FDL8 ini bekerja sebagai sumber daya utama pemutar komponen kompresor, generator dan kipas radiator. Dengan menggerakkan ketiga komponen tersebut maka diperlukan daya yang cukup besar.

3. Generator

Generator yang dipakai pada lokomotif kereta api ini yakni generator tipe GT 581.



Gambar 3. Generator GT 581

Tabel 3. Tegangan dan arus generator

Putaran generator (Rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)
452	79	172
522	146	312
603	250	531
702	349	733
787	505	1049
878	623	1281
965	721	1473
1055	776	1509

Generator bekerja melalui suatu daya yang disalurkan melalui poros oleh motor diesel.

4. Kipas Radiator

Kipas radiator pada lokomotif kereta api ini berfungsi untuk mendinginkan radiator.



Gambar 4. Kipas Radiator

Berdasar data yang diperoleh saat penelitian, sebagai berikut :

Tahanan coil dish : 5,6 Ω (ohm)

Tegangan : 72 Volt

Kipas radiator bekerja dengan mendapatkan kecepatan putaran yang didapat dari motor Diesel. Kipas radiator berfungsi untuk mempercepat pendinginan air pada radiator. Saat suhu air sebesar 74°C hingga 78°C maka WT (Water Temperature) satu akan bekerja. Kemudian saat suhu air mencapai 82°C hingga 85°C maka secara otomatis WT (Water Temperature) 2 akan bekerja. WT (Water Temperature) bekerja karena adanya medan magnet yang dihasilkan oleh coil yang dialiri arus listrik. Saat WT 1 terhubung maka listrik mengalir dari batrai menuju brush holder dan diteruskan ke dalam coil dish. Coil merubah energi listrik menjadi energi magnet. Energi magnet tersebut akan menggerakkan kipas radiator.

Hasil dan Pembahasan.

Pada penelitian ini motor diesel menjadi sumber daya utama untuk menggerakkan komponen kompresor, generator dan kipas radiator. Dengan demikian akan dilakukan perhitungan terhadap masing-masing daya pada setiap komponen.

1. Motor Diesel

Dengan rumus untuk mengetahui daya dari suatu mesin diesel, maka :

$$bhp = \frac{Pe \times L \times A \times i \times n}{33000 \times 12 \times Z}$$

Keterangan :

Pe = Tekanan efektif rata-rata (psi)

L = Panjang langkah torak (in)

A = Luas penampang silinder (in)

i = Jumlah silinder

n = Kecepatan putaran motor diesel (rpm)

Z = untuk motor diesel 4 langkah = 2

Berdasarkan data-data yang ada pada mesin diesel maka daya mesin diesel yakni sebagai berikut :

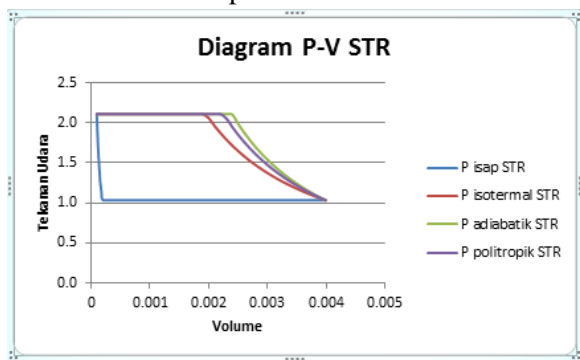
Tabel 4.1 Daya Motor Diesel pada tiap putaran

Putaran Mesin Diesel (Rpm)	Daya Mesin Diesel (kW)
452	596,553
552	676,693
603	765,319
702	867,667
787	950,313
878	1033,41
965	1117,41
1055	1203,95

2. Kompresor WBO

Pada kompresor ini nantinya akan dilakukan perhitungan juga mengenai daya kompresor. Namun ada juga perhitungan mengenai proses kompresi yang terjadi pada kompresor, yakni kompresi isothermal, kompresi adiabatik dan kompresi politropik. Proses kompresi ini terjadi dalam dua silinder, yakni silinder tekanan rendah dan silinder tekanan tinggi.

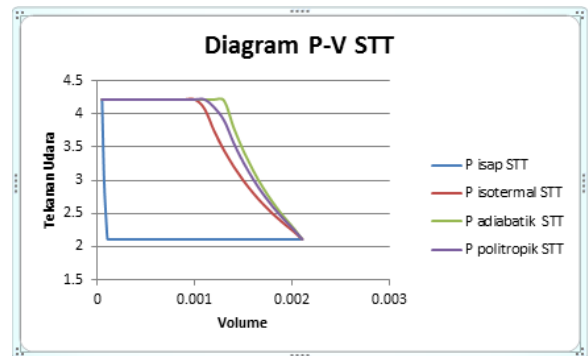
a. Proses Kompresi



Gambar 5. Diagram P-V Silinder Tekanan Rendah

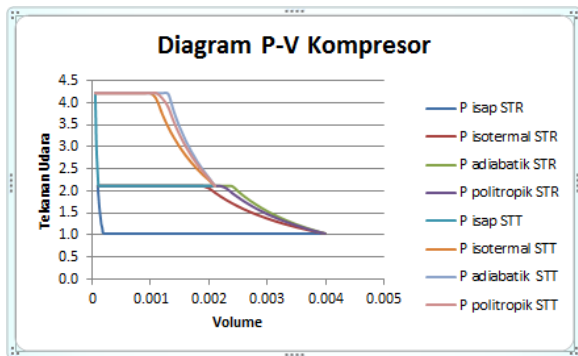
Pada diagram diatas yakni perbandingan tekanan isothermal, adiabatik dan politropik pada silinder tekanan rendah. Pada saat posisi isap, kompresor menghisap udara dengan tekanan 1,03323 kgf/cm². Udara yang dihisap ini memenuhi ruang silinder pada saat piston berada pada titik mati bawah dan volume ruang kompresi yakni 0,003988 m³. Pada proses kompresi isothermal, piston akan mengkompresi udara dan tekanan udara akan naik menjadi 2,10921 kgf/cm² pada saat piston mengkompresi volume udara menjadi 0,00190 m³. Lalu udara akan keluar melalui katup tekan. Selanjutnya pada proses kompresi adiabatik, piston akan mengkompresi udara dan tekanan udara akan naik menjadi 2,10921 kgf/cm² pada saat piston

mengkompresi volume udara menjadi 0,00230 m³. Demikian juga dengan proses kompresi politropik, piston akan mengkompresi udara dan tekanan udara akan naik menjadi 2,10921 kgf/cm² pada saat piston mengkompresi volume udara menjadi 0,00220 m³. Hal ini berarti pada proses kompresi adiabatik, usaha yang dilakukan oleh piston lebih sedikit dibanding dengan kompresi politropik atau kompresi isothermal



Gambar 6. Diagram P-V Silinder Tekanan Tinggi

Pada diagram diatas yakni perbandingan tekanan isothermal, adiabatik dan politropik pada silinder tekanan tinggi. Pada saat posisi isap silinder tekanan tinggi menghisap tekanan udara 2,10921 kgf/cm². Udara yang dihisap ini memenuhi ruang silinder pada saat piston berada pada titik mati bawah dan volume ruang kompresi yakni 0,002126 m³. Pada proses kompresi isothermal, piston akan mengkompresi udara dan tekanan udara akan naik menjadi 4,21842 kgf/cm² pada saat piston mengkompresi volume udara menjadi 0,00100 m³. Lalu udara akan keluar melalui katup tekan. Selanjutnya pada proses kompresi adiabatik, piston akan mengkompresi udara dan tekanan udara akan naik menjadi 4,21842 kgf/cm² pada saat piston mengkompresi volume udara menjadi 0,00120 m³. Demikian juga dengan proses kompresi politropik, piston akan mengkompresi udara dan tekanan udara akan naik menjadi 4,21842 kgf/cm² pada saat piston mengkompresi volume udara menjadi 0,00110 m³. Hal ini berarti pada proses kompresi adiabatik, usaha yang dilakukan oleh piston lebih sedikit dibanding dengan kompresi politropik atau kompresi isothermal.



Gambar 7. Diagram P-V Silinder Tekanan Rendah dan Silinder Tekanan Tinggi

Pada diagram diatas yakni perbandingan tekanan isothermal, adiabatik dan politropik pada silinder tekanan tinggi dan tekanan rendah. Pada diagram ini terlihat bahwa kompresor mengkompresi udara dari tekanan awal 1,03323 kgf/cm² menjadi tekanan 4,21842 kgf/cm².

b. Daya Kompresor

Perhitungan daya kompresor menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L = \frac{mk}{k-1} \frac{P_s Q_s}{6120} \left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{(k-1)/mk} - 1 \right]$$

P_s = Tekanan isap tingkat pertama (kgf/m²)

P_d = Tekanan keluar dari tingkat terakhir (kgf/m²)

Q_s = Jumlah volume gas yang keluar dari tingkat terakhir (m³/menit)

$k = C_p/C_v$

m = Jumlah tingkat kompresi

Berdasarkan data-data dari kompresor maka daya kompresor yakni sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Daya Kompresor terhadap kecepatan putaran

Putaran Kompresor (Rpm)	Daya Kompresor (kW)
452	5,6889
522	6,5696
603	7,589
702	8,835
787	9,9029
878	11,0503
965	12,144
1055	13,274

Pada tabel diatas dapat dilihat semakin tinggi putaran kompresor maka daya yang dibutuhkan juga semakin meningkat. Terlihat pada kecepatan putaran 452 rpm daya kompresor yakni 5,6889 kW, putaran 522 rpm daya kompresor yakni 6,5696

kW, dan seterusnya sampai putaran maksimal 1055 rpm daya kompresor yakni 13,274 kW.

3. Generator

Generator sebagai komponen untuk mengubah gaya mekanik putaran motor diesel menjadi suatu daya listrik, tentu membutuhkan daya, dengan rumus sebagai berikut :

$$P_g = V \times I$$

P_g : Daya generator (Watt/kilo Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

Berdasarkan rumus diatas serta data-data generator maka dilakukan perhitungan daya generator dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.3 Daya Generator

Putaran Generator (Rpm)	Daya Generator (kW)
452	13,588
522	45,552
603	132,75
702	255,817
787	529,745
878	798,063
965	1070,913
1055	1170,98

4. Kipas Radiator

Untuk menghitung suatu nilai daya dari kipas radiator perlu mengetahui nilai arus yang ada pada kelistrikan pada kipas radiator, maka dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{kr} = V \times I$$

P_{kr} = Daya kipas radiator (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Untuk menghitung nilai arus

$$I = \frac{V}{R}$$

R = Tahanan (Ω)

Maka dengan demikian nilai daya kipas radiator

$$I = 12,857 \text{ A}$$

Maka

$$P_{kr} = 925,71 \text{ Watt} = 0,925 \text{ kW}$$

5. Efisiensi Motor Diesel

Pada proses perhitungan ini, penulis akan melakukan perhitungan mengenai efisiensi motor diesel. Efisiensi ini didapat melalui perbandingan daya motor diesel dengan daya yang terpakai pada setiap komponen, yakni generator, kompresor dan kipas radiator.

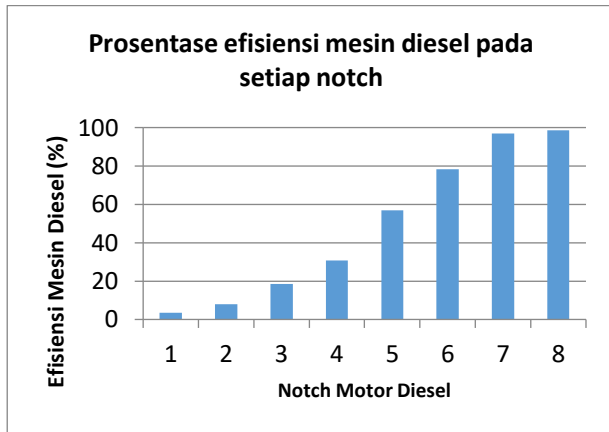
Dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta_{MD} = \frac{\text{daya terpakai}}{\text{daya motor diesel}} \times 100\%$$

Maka,

$$\eta_{MD} = \frac{L_t + P_g + P_{kr}}{bhp} \times 100\%$$

Didapat hasil efisiensi motor diesel sebagai berikut :



Gambar 8. Efisiensi Motor Diesel

Pada gambar diagram diatas terlihat efisiensi mesin diesel pada putaran notch 1 putaran 452 rpm didapat sangat rendah dengan angka hanya 3,38 % saja. Seiring dengan kecepatan motor diesel yang bertambah, maka efisiensi mesin diesel juga meningkat. Terlihat pada notch 8 putaran 1055 rpm efisiensi mesin diesel mencapai 98,44 %.

Kesimpulan

1. Silinder tekanan rendah mengkompresi udara dari tekanan 1,03323 kg/cm² menjadi 2,10921 kg/cm². Sedangkan pada silinder tekanan tinggi terjadi pengkompresian udara dari tekanan 2,10921 kg/cm² menjadi 4,21842 kg/cm².
2. Daya yang terjadi pada Kompresor ini akan naik seiring dengan kecepatan putaran yang naik. Daya 452 Rpm yakni 5,6889 kW, pada 522 Rpm yakni 6,5696 kW dan seterusnya sampai 1055 Rpm yakni 13,274 kW.
3. Motor diesel pada lokomotif berfungsi sebagai tenaga penggerak kompresor, generator dan kipas radiator. Dengan demikian daya motor diesel terbagi untuk 3 komponen tersebut. Pada putaran motor diesel 452 rpm didapat efisiensi sebesar 3,38 %, putaran 522 rpm efisiensi sebesar 7,83 %, putaran 603 rpm efisiensi sebesar 18,45 %, putaran 702 rpm efisiensi sebesar 30,60 %, putaran 787 rpm efisiensi sebesar 56,88 %, putaran 878 rpm efisiensi

sebesar 78,38 %, putaran 965 rpm efisiensi sebesar 97 %, putaran 1055 rpm efisiensi sebesar 98,44 %.

Daftar Pustaka

- [1] Abbott. M.M dan Ness. H.C.V. 1994. Termodinamika Edisi Kedua. (Alih Bahasa: Darmadi K., Imam F. dan Agung B.W). Erlangga. Jakarta
- [2] Armaghani T., Sahebi S.A.R. dan Goodarzian H. 2012. "Jurnal The first law simulation and second law analysis of a typical reciprocating air compressor". Vol. 5. [Indjst.org](http://www.indjst.org)
- [3] Cengel. Y.A dan Boles M.A. 1989. Thermodynamics An Engineering Approach. McGraw-Hill Book Company. Singapore
- [4] Cengel. Y.A dan Boles M.A. 1989. Thermodynamics An Engineering Approach. McGraw-Hill Book Company. Singapore
- [5] Kacani V. 2012. "Jurnal Simulation of Reciprocating Compressor Start-Up and Shut down under Loaded and Unloaded Conditions". <http://docs.lib.purdue.edu>
- [6] Kates. E.J. dan William E.L. 1954. Diesel And High Compression Gas Engines 3rd Edition By American Technical Society, Chicago
- [7] Lubis Y.A. dan Wonoyudo B.D. 2014. "Jurnal Karakteristik Getaran dan Efisiensi Kompresor Torak Akibat Perubahan Profil pada Valve Seat Sisi Discharge. Vol. 3. [Download.portalgaruda.org](http://download.portalgaruda.org)
- [8] Moran. M.J. dan Shapiro. H.N. 1999. Fundamentals Of Engineering Thermodynamics. Von Hoffmann Press. United States of America.
- [9] Muhajir. K. dan Susastriawan. A.A.P. 2013. Termodinamika. Akprind Press. Yogyakarta
- [10] Raharjo. Parno. 2015. "Jurnal Karakteristik Vibrasi Pada Kompresor Piston Dua Tingkat Dua Silinder". jurnal.polines.ac.id/jurnal/index.php/rekayasa/article/view/21
- [11] Ravur S.R dan Reddy S. 2015. "Jurnal Experimental Investigation to Increase the Efficiency of the Air Compressor by Changing the Coolants in Inter Cooler. Vol 3". www.ijraset.com