

Studi Eksperimental Kinerja Mesin Kompresi Udara Satu Langkah Dengan Variasi Sudut Pembukaan Selenoid

Darwin Rio Budi Syaka, Furqon Bastian dan Ahmad Kholil

Universitas Negeri Jakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin

Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur

E-mail: drbsyaka@unj.ac.id

Abstrak

Tingkat pencemaran udara khususnya di Jakarta menjadi permasalahan yang cukup serius pada saat ini. Pencemaran ini sebagian besar disebabkan oleh peningkatan jumlah penggunaan kendaraan bermotor sebagai alat transportasi berbahan bakar minyak selama ini berdampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu kendaraan yang menghasilkan polusi udara terbesar adalah mesin motor bakar 2 langkah. Hal ini terjadi karena pembakaran oli samping dan gas ikut terbuang langsung melalui saluran pembuangan (exhaust) pada saat langkah pembilasan. Sehingga tujuan penelitian ini adalah mengubah mesin motor bakar 2 langkah menjadi mesin dengan sumber penggerak udara bertekanan tanpa adanya proses pembakaran.

Penelitian ini akan memodifikasi mesin motor bakar 2 langkah dengan pembakaran internal 110 cm³ menjadi mesin yang menggunakan tenaga tekanan udara. Dengan udara bertekanan sebagai energi utama, maka pada mesin ini tidak terjadi proses pembakaran dalam pada mesin, sehingga mesin ini tidak menimbulkan emisi gas buang. Untuk menghasilkan performa mesin yang baik digunakan 2 buah solenoid sebagai katup masuk udara bertekanan ke dalam mesin, sebuah solenoid digunakan untuk menekan piston bergerak ke bawah sedangkan buah solenoid yang lain digunakan untuk menekan piston bergerak ke atas. Solenoid tersebut akan bekerja menggunakan sensor infrared yang dipasang pada bagian poros di magnet generator. Variasi yang dilakukan pada Pengujian mesin kompresi udara adalah pada sudut bukaan katup solenoid 3° dan 5° sebelum titik mati atas (TMA). Data-data yang diukur berupa tekanan udara masuk dari 3 bar – 8 bar, tachometer untuk putaran yang dihasilkan dan Prony breake untuk mendapatkan output torsi,

Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa sudut pembukaan katup selenoid mempengaruhi daya yang dihasilkan, adapun daya puncak adalah 2,10 Kw dengan putaran mesin 1321 Rpm pada tekanan 8 bar terjadi pada bukaan katup selenoid 5° TMA.

Keywords: Mesin kompresi udara, Katup selenoid, Sudut derajat, Daya, Torsi

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penggunaan kendaraan di Indonesia saat ini telah berkembang dengan pesat. Data yang dihimpun dari Direktorat lalu lintas Polda Metro Jaya pada tahun 2013 jumlah kendaraan di Jakarta mencapai 16 juta unit [1]. Peningkatan tersebut memberikan dampak pada pencemaran udara (polusi udara). Sekitar 70% udara di Jakarta sudah tercemar oleh gas buang kendaraan bermotor [2]. Penggunaan motor dua langkah menjadi salah satu faktor terbesar pencemaran udara karena gas buang yang dihasilkan jauh lebih banyak. Begitu rumitnya permasalahan polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor maka perlu mencari solusi untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut.

Kendaraan bertenaga listrik merupakan kendaraan alternatif yang telah

dikembangkan beberapa tahun ini, namun berdasarkan Menristek bobot baterai, ukuran serta kurangnya baterai dalam menampung daya adalah masalah terpenting untuk kendaraan listrik [3].

Tekanan tinggi kompresi udara merupakan alternatif yang bisa digunakan sebagai pemecahan masalah polusi yang disebabkan emisi gas buang pada kendaraan tetapi pada penggunaannya sebagian besar udara yang digunakan hanya sebagai sistem tambahan pada mesin pembakaran dalam. Penggunaan udara yang berfungsi sebagai gas untuk *turbocharge* pada mesin saat pembakaran dapat meningkatkan daya motor sampai 50% tanpa menambah konsumsi bahan bakar [4], Chih-Yung Huang melakukan modifikasi mesin pembakaran dalam empat langkah menjadi mesin pembakaran dalam dua langkah dengan

menggunakan kompresi udara sebagai tenaga utama. Variasi tekanan kompresi udara yang digunakan berkisar 5 sampai 9 bar. Penelitian tersebut menghasilkan *output* daya tertinggi 0,95 kW diperoleh pada tekanan 9 bar pada 1.320 rpm dan torsi tertinggi 9,99 Nm pada tekanan yang sama tetapi pada 465 rpm. Namun penggunaan mekanisme *cam* konvensional untuk *intake* dan *exhaust* telah membatasi gerakan katup dalam melakukan kerjanya sehingga *output* daya terbatas [5].

Pada Penelitian Chih-Yung Huang ini terdapat beberapa kekurangan, diantaranya adalah harus mengubah mekanisme *cam* agar mesin dapat melakukan kerja [5]. Hal tersebut dilakukan karena penelitian tersebut menggunakan mesin pembakaran dalam empat langkah. Oleh karena itu untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian dengan melakukan studi eksperimen motor kompresi udara dengan menggunakan mesin dua langkah menarik untuk diteliti. Hal tersebut dikarenakan mesin dua langkah memiliki konstruksi yang lebih sederhana.

Pada penelitian ini untuk menghasilkan performa mesin yang lebih baik akan menggunakan 2 buah *solenoid* sebagai katup masuk udara bertekanan kedalam mesin, 1 *solenoid* digunakan untuk menekan piston bergerak ke bawah dan 1 buah *solenoid* lagi digunakan untuk menekan piston bergerak ke atas. Maka dengan demikian setiap langkah kerja mesin akan menghasilkan tenaga.

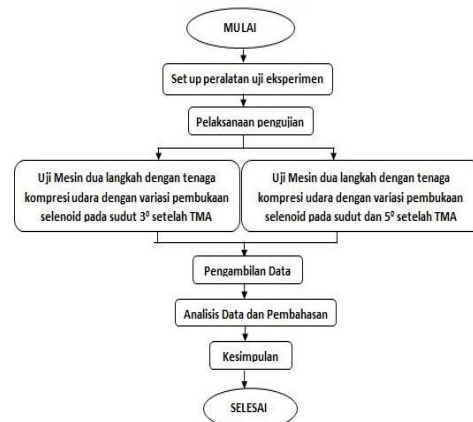
Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja motor pembakaran dalam dua langkah yang dimodifikasi menjadi mesin tenaga kompresi udara dengan variasi pembukaan katup *solenoid* sehingga dapat dijadikan penggerak utama pada kendaraan.

2. Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental (gambar 1), dilakukan di Laboratorium Otomotif Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta. Agar pengujian yang dilakukan tidak terlalu melebar dari tujuan yang akan dicapai maka ditentukan batasan permasalahan sebagai berikut :

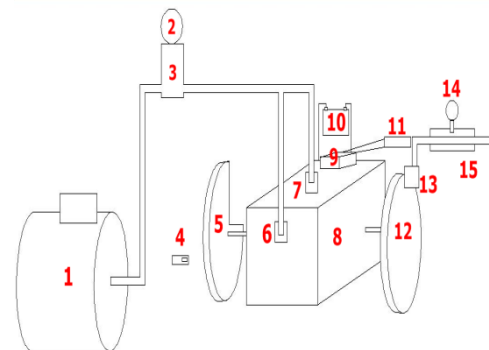
1. Kondisi temperatur dan kelembaban udara diasumsikan konstan.
2. Mesin yang digunakan mesin dua langkah
3. Hasil yang dicari hanya kinerja mesin (daya dan torsi).

4. Unjuk kerja yang diamati adalah tekanan udara.



Gambar 1. Metode penelitian

Skema alat uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. Mesin yang di uji adalah mesin pembakaran dalam dua langkah mesin dua langkah yang digunakan untuk pengujian dengan spesifikasi diameter silinder 52 mm, langkah torak 51 mm, dan volume silinder 110 cm³ yang dimodifikasi menjadi mesin tenaga kompresi udara. Sebelum percobaan.



- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. Kompresor | 9. Rangkaian Kelistrikan |
| 2. Filter Udara | 10. Accu |
| 3. Pressure Regulator | 11. Power Supply |
| 4. Tachometer | 12. Piringan Cakram |
| 5. Papan Cakram | 13. Caliper |
| 6. Solenoid 1 | 14. Pressure Gauge |
| 7. Solenoid 2 | 15. Master Rem |
| 8. Engine | |

Gambar 2. Skema alat uji

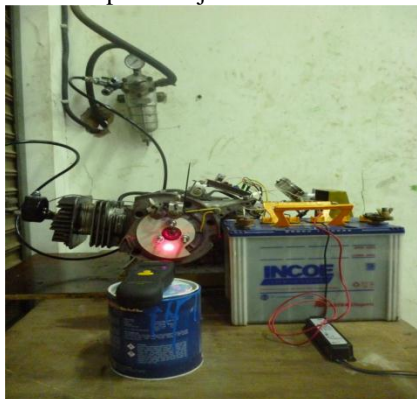
Mesin dua langkah ini kemudian mengalami beberapa modifikasi yaitu modifikasi dengan menggunakan 2 buah *solenoid* sebagai katup masuk udara bertekanan kedalam mesin, 1 *solenoid* digunakan untuk menekan piston bergerak ke bawah dan 1 buah *solenoid* lagi digunakan untuk menekan piston bergerak ke atas. Penggunaan *solenoid* untuk merubah sistem

empat langkah pada motor berubah menjadi satu langkah. Waktu pembukaan *solenoid* diatur dengan menggunakan papan cakram yang terhubung dengan rangkaian elektronik yang dihubungkan dengan sensor *infrared* seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Papan Cakram dan Sensor *Infrared*

Proses masuknya udara bertekanan diatur dengan papan cakram yang dibuat 3 derajat dan 5 derajat setelah titik mati atas (TMA) hal ini dilakukan untuk mengetahui kinerja mesin terbaik yang mampu dihasilkan oleh mesin kompresi udara satu langkah ini. Pada sudut ini sensor *infrared* terputus arusnya karena terhalang oleh papan cakram yang kemudian memerintahkan rangkaian kelistrikan mengaktifkan *solenoid* untuk membuka sehingga udara bertekanan masuk ke ruang silinder. Untuk memeriksa bahwa peralatan bekerja dengan benar dan tidak ada terjadinya kebocoran udara maka mesin uji dijalankan dengan memasukan udara dari kompresor. Jika tidak terdapat kebocoran penelitian dapat dilanjutkan.



Gambar 4. alat uji

Pengambilan data pada percobaan ini guna mengetahui tekanan udara masuk, tekanan rem atau beban pada *prony brake*, putaran mesin, torsi mesin dan daya mesin. Pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan udara bertekanan dari kompresor menuju mesin tenaga kompresi udara dengan variasi tekanan udara masuk

dan variasi tekan rem atau beban pada *prony brake* sehingga menghasilkan pengukuran putaran mesin.

Sebelum udara mengalir menuju mesin uji, udara harus melewati saringan air / *water filter* agar udara yang menuju mesin uji benar – benar udara murni. Tekanan udara yang dialirkan ke mesin kompresi udara antara tekanan 3 bar – 8 bar dengan perubahan tekanan udara 1 bar. Pengukur tekanan udara menggunakan *pressure gauge*.

Setelah mesin berkerja dengan kondisi stabil dan sesuai pada tekanan udara yang diinginkan maka pada *prony brake* diberikan tekanan sebagai beban pada putaran mesin, yang bebannya diatur dengan menggunakan tuas rem, agar dapat mengetahui beban yang diberikan kepada piringan cakram yang terhubung pada poros *crankshaft*, maka pada master rem diberikan instrument pengukur yaitu *pressure gauge*.

Beban yang diberikan pada *prony brake* yaitu berkisar antara 0,4 bar – 2 bar dengan perubahan tekanan 0,2 bar. Beban pada *prony brake* ini untuk mengetahui putaran mesin pada setiap masing – masing beban yang diberikan dan tekanan udara masuk, sedangkan pengukuran putaran mesin menggunakan *tachometer non contact* yang sensornya diletakkan pada poros *crankshaft* yang terhubung pada *prony brake*.

Parameter yang dihitung adalah :
gaya pengereman (Bar)

$$F = P \cdot A \dots\dots\dots(1)$$

Torsi (Nm)

$$T = \mu F \cdot K \cdot R_m \dots\dots\dots(2)$$

Daya (P)

$$P = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{1000} \dots\dots\dots (3)$$

3. Hasil dan pembahasan

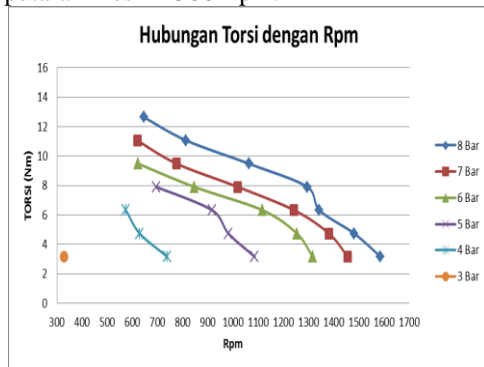
Berdasarkan pengujian yang di lakukan untuk mengetahui hasil performa pada mesin tenaga kompresi udara dengan. parameter yang dianalisis adalah :

- 1) Pengaruh putaran mesin terhadap torsi mesin
- 2) Pengaruh putaran mesin terhadap daya mesin
- 3) Pengaruh torsi terhadap daya mesin

Torsi maksimum dicapai pada saat mesin mulai dijalankan dan menentukan kemampuan akselerasi kendaraan. Dapat diingat, torsi berbanding terbalik terhadap

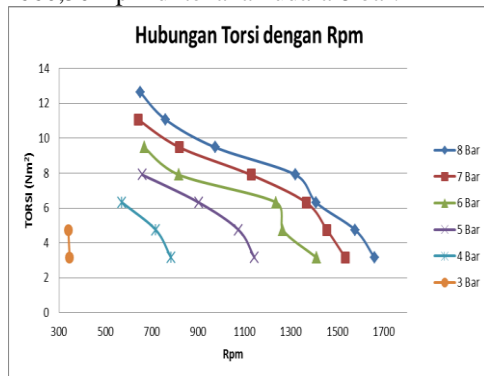
putaran mesin sehingga torsi maksimum dapat dicapai pada putaran mesin yang rendah, hal ini dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6

Pada pembukaan selenoid 30° setelah TMA (gambar 5) torsi tertinggi yang didapat oleh mesin kompresi udara ialah 12,64 Nm pada putaran mesin 646 rpm di tekanan udara 8 bar dan torsi terendah 3,16 Nm pada putaran mesin 1586 Rpm.



Gambar 5. Hubungan torsi dengan putaran mesin pada pembukaan selenoid 30° setelah TMA.

Pada pembukaan selenoid 50° setelah TMA (gambar 6) torsi tertinggi yang didapat oleh mesin kompresi udara adalah 12,64 Nm pada putaran mesin 650,50 rpm dan torsi terendah 3,16 Nm pada putaran mesin 1660,50 Rpm di tekanan udara 8 bar.

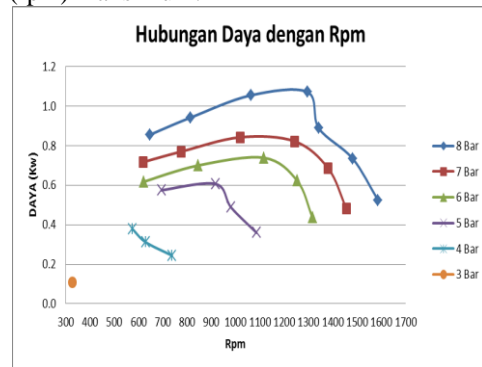


Gambar 6. Hubungan torsi dengan putaran mesin pada pembukaan selenoid 50° setelah TMA

Berdasarkan gambar 5 dan 6 dapat disimpulkan bahwa pengaruh putaran mesin terhadap torsi pada penggunaan pembukaan selenoid di 30° setelah TMA dan 50° setelah TMA menghasilkan torsi yang sama besar akan tetapi terdapat perbedaan ditingkat putaran mesin (Rpm).

Analisis pengaruh putaran mesin terhadap daya mesin dapat dilihat pada

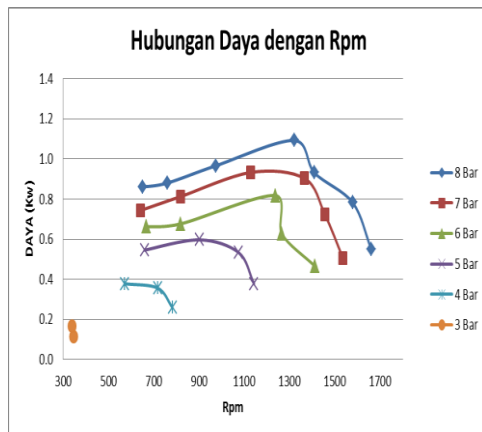
gambar 7 dan 8. Untuk mengetahui daya mesin kompresi udara maka diperlukan putaran mesin yang optimal. Pada putaran awal, mesin membutuhkan daya yang besar dan akan terus akan naik hingga mencapai daya maksimum (Kw) dan putaran mesin (rpm) maksimum.



Gambar 7. Hubungan daya dengan putaran mesin pada pembukaan selenoid 30° setelah TMA

Pada gambar 7 dapat dijelaskan pada pembukaan selenoid 30° setelah TMA daya tertinggi berada pada tekanan udara 8 bar yang bermula pada putaran mesin 646 rpm yang menghasilkan daya sebesar 0,85 Kw dan daya puncak pada putaran mesin 1295,50 rpm yang menghasilkan daya sebesar 1,07 Kw. Pada saat inilah mesin menerima beban yang besar untuk menuju putaran mesin yang lebih tinggi.

Setelah mendapatkan putaran mesin yang tinggi dan stabil maka daya yang dihasilkan mesin pun menurun, pada pembukaan selenoid 30° berakhir pada putaran 1586 rpm dan daya yang dihasilkan 0,52 Kw. Namun pada tekanan udara 3 bar, 4 bar dan 5 bar, mesin tenaga udara tidak dapat menghasilkan daya maksimum karena tekanan udara yang berada di dalam tabung kompresor sudah menurun sehingga tekanan udara yang menuju ke mesin kompresi udara juga menurun.

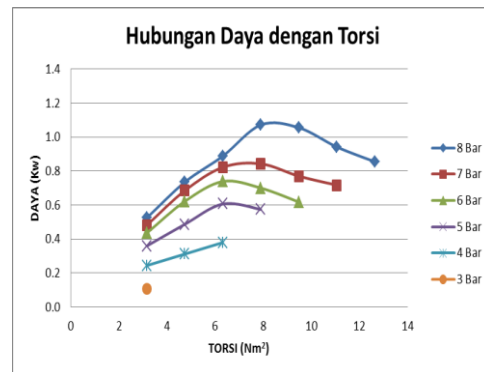


Gambar 8. Hubungan daya dengan putaran mesin pada pembukaan *selenoid* 5⁰ setelah TMA

Pada gambar 8 dapat dijelaskan pada pembukaan *selenoid* 5⁰ setelah TMA daya tertinggi berada pada tekanan 8 bar yang bermula pada putaran mesin 650,50 rpm yang menghasilkan daya sebesar 0,86 Kw dan puncak daya pada putaran mesin 1321,00 yang menghasilkan daya 1,09 Kw, pada saat inilah mesin menerima beban yang besar untuk menuju putaran mesin yang lebih tinggi.

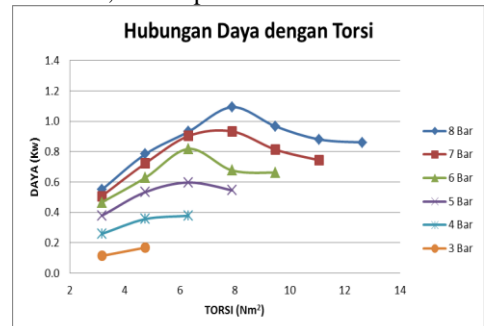
Setelah mendapatkan putaran mesin yang tinggi dan stabil maka daya yang dihasilkan mesin pun menurun, pada pembukaan *selenoid* 5⁰ setelah TMA berakhir pada putaran 1660,50 rpm dan daya yang dihasilkan 0,55 Kw. Namun pada tekanan udara 4 bar, 5 bar dan 6 bar, udara yang berada di dalam tabung kompresor sudah menurun sehingga tekanan udara yang menuju ke mesin kompresi udara menurun.

Dari gambar 7 dan gambar 8 dapat diketahui bahwa pembukaan *selenoid* 5⁰ setelah TMA menghasilkan daya puncak yang lebih besar dibandingkan dengan pembukaan *selenoid* 3⁰ setelah TMA disetiap tekanan udara. Hal ini disebabkan karna pembukaan 3⁰ lebih banyak mensuplai udara dibandingkan 5⁰. Akibatnya, udara semakin sulit terbuang dari ruang silinder. Karna, lubang buang pada mesin ini terletak dibawah (TMB) dan sangat singkat terbuka.



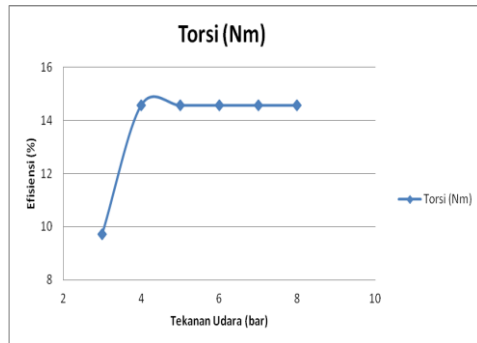
Gambar 9. Hubungan torsi dengan daya pada pembukaan *selenoid* 3⁰ setelah TMA

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa daya berbanding lurus dengan torsi, semakin meningkat torsi maka semakin meningkat juga daya yang dihasilkan. Penurunan daya pada saat torsi maksimum diimbangi peningkatan putaran mesin. Akibatnya perkalian antara torsi dan putaran tetap menghasilkan daya yang tinggi. Dapat dilihat bahwa daya tertinggi yang dihasilkan mesin kompresi udara pada pembukaan *selenoid* 3⁰ setelah TMA adalah 1,07 Kw dengan torsi sebesar 7,90 Nm pada tekanan udara 8 bar.



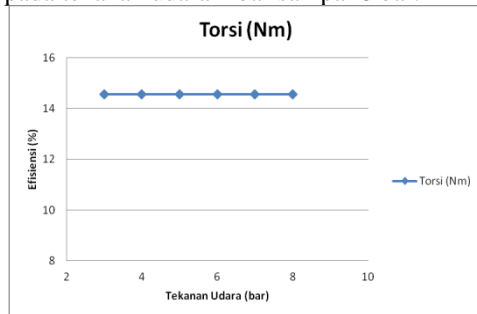
Gambar 10. Hubungan torsi dengan daya pada pembukaan *Selenoid* 5⁰ Setelah TMA

Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa daya berbanding lurus dengan torsi, semakin meningkat torsi maka semakin meningkat juga daya yang dihasilkan. Penurunan daya pada saat torsi maksimum diimbangi peningkatan putaran mesin. Akibatnya perkalian antara torsi dan putaran tetap menghasilkan daya yang tinggi. Daya tertinggi yang dihasilkan mesin kompresi udara pada pembukaan *selenoid* 5⁰ setelah TMA adalah 1,09 Kw dengan torsi sebesar 7,90 Nm pada tekanan udara 8 bar.



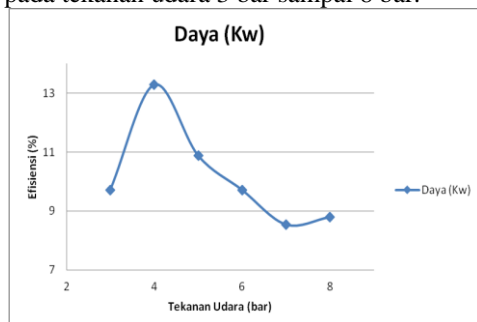
Gambar 11. Efisiensi torsi mesin kompresi udara pada pembukaan solenoid 3⁰ setelah TMA

Pada gambar 11 efisiensi tekanan udara pada pembukaan solenoid 3⁰ setelah TMA terhadap torsi mesin kompresi udara terdapat pada tekanan udara 4 bar sampai 8 bar.



Gambar 12. Efisiensi torsi mesin kompresi udara pada pembukaan solenoid 5⁰ setelah TMA.

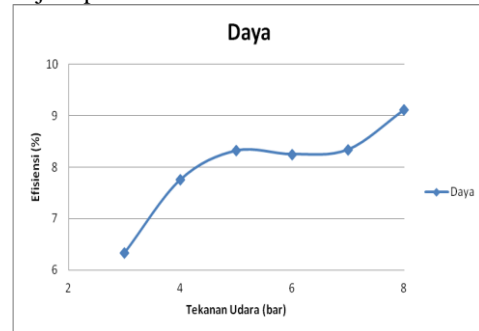
Pada gambar 12 efisiensi tekanan udara pada pembukaan solenoid 5⁰ setelah TMA terhadap torsi mesin kompresi udara terdapat pada tekanan udara 3 bar sampai 8 bar.



Gambar 13. Efisiensi daya mesin kompresi udara pada pembukaan solenoid 3⁰ setelah TMA

Pada mesin kompresi udara efisiensi tekanan udara terhadap daya mesin kompresi udara bukan pada tekanan udara tertinggi yaitu 8 bar, tetapi efisiensi daya mesin kompresi udara terjadi pada tekanan udara 4

bar. Namun dapat dilihat sebelumnya pada gambar 13 bahwa pada tekanan udara 4 bar mesin belum mendapatkan daya puncaknya hanya mendapatkan daya tertinggi. Jadi efisiensi tekanan udara terhadap daya mesin terjadi pada tekanan udara 5 bar.



Gambar 14. Efisiensi daya mesin kompresi udara pada pembukaan solenoid 5⁰ setelah TMA

Efisiensi pada mesin kompresi udara tekanan udara terhadap daya mesin kompresi udara terdapat pada tekanan udara tertinggi yaitu 8 bar.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan pengolahan data pada kinerja mesin kompresi udara dengan pembukaan katup 3⁰ setelah TMA dan pembukaan katup 5⁰ setelah TMA, maka didapatkan:

- 1) Kinerja mesin dengan pembukaan solenoid 3⁰ sebelum TMA didapatkan daya maksimal yang dihasilkan adalah 1,07 Kw dengan putaran mesin 1295,50 Rpm pada tekanan 8 bar sedangkan torsi maksimal adalah 12,64 Nm dengan putaran mesin 646 Rpm pada tekanan 8 bar
- 2) Kinerja mesin dengan pembukaan solenoid 5⁰ sebelum TMA diperoleh daya maksimal adalah 1,09 Kw dengan putaran mesin 1321 Rpm pada tekanan 8 bar, adapun torsi maksimal adalah 12,64 Nm dengan putaran mesin 650,50 Rpm pada tekanan 8 bar.
- 3) Berdasarkan daya yang didapat setelah percobaan, maka untuk selanjutnya mesin kompresi udara ini dapat digunakan untuk jenis kendaraan sepeda motor dengan kapasitas 1 penumpang.

Daftar pustaka

- [1]. Siti Ruqoyah, jumlah kendaraan di Jakarta capai 16 juta unit, di akses dari <http://metro.news.viva.co.id>, pada tanggal 9 Februari 2014, pukul 14.00
- [2]. Nyoto Santoso, udara Jakarta dengan racunnya, di akses dari <http://autos.okezone.com>, pada tanggal 9 Februari 2014, pukul 15.00
- [3]. Prabowo, Mobil listrik lemah dibaterai, diakses dari <http://news.okezone.com>, pada tanggal 20 february 2014, pukul 15.00.
- [4]. Ireng Sigit, Dampak pemakaian turbocharger pada komponen penghasil tenaga, TRAKSI, Vol. 1, 2003.
- [5]. Chih-Yuang Huang dkk, Eksperimental Investigation on the Performance of a Compressed-air Driven Piston Engine, *Energies*, 2013, h. 1731