

## PERANCANGAN SISTEM KONTROL MOBIL MENGGUNAKAN *COMPRESSED AIR ENGINE* SEBAGAI PENGGERAK MULA

Sumadi<sup>1)</sup> dan Setya Permana Sutisna<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

E-mail : sumadi\_prabu@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Penelitian ini merupakan penelitian awal dalam pengembangan mobil dengan penggerak *compressed air engine*. Modifikasi dilakukan terhadap mesin kendaraan bermotor 2 tak berbahan bakar bensin. Aktuator pemberian udara bertekanan menggunakan katup solenoid yang diperintahkan berdasarkan posisi piston yang diperoleh dari sensor *proximity*. Ketika sensor *proximity* mendeteksi piston berada pada posisi TMA, katup solenoid diperintahkan untuk membuka sehingga udara bertekanan masuk ke ruang pembakaran dan mendorong piston bergerak ke TMB dan berbalik kembali ke TMA. Katup solenoid akan menutup kembali saat sensor *proximity* mendeteksi bahwa piston sedang bergerak dari TMA ke TMB. Udara bertekanan diberikan untuk menggerakkan piston sehingga menghasilkan putaran pada roda. Tekanan udara yang diberikan sebesar 0.92 bar hingga 2.36 bar menghasilkan kecepatan putar maksimal 1035 rpm, torsi 1.33 Nm, dan daya maksimal 0.71 kW berdasarkan hasil pengujian statis. Penelitian ini akan terus dikembangkan untuk mengoptimalkan torsi dan daya yang dihasilkan sehingga mobil berpenggerak *compressed air engines* dapat dihasilkan.

**Kata kunci :** *compressed air engine*, tekanan udara, katup solenoid, sistem kontrol

### ABSTRACT

*This research is an initial research in the development of cars with compressed air engine drivers. Modifications are made to the engine of 2-stroke motorized vehicles fueled by gasoline. Pressurized actuators using solenoid valves are ordered based on the piston position obtained from the proximity sensor. When the proximity sensor detects the piston is in the TMA position, the solenoid valve is ordered to open so that pressurized air enters the combustion chamber and pushes the piston to move to the TMB and turns back to TMA. The solenoid valve will close again when the proximity sensor detects that the piston is moving from TMA to TMB. Pressurized air is given to move the piston to produce a spin on the wheel. Air pressure is given at 0.92 bar to 2.36 bar resulting in a maximum rotating speed of 1035 rpm, torque of 1.33 Nm, and maximum power of 0.71 kW based on the results of static testing. This research will continue to be developed to optimize the torque and power produced so that cars driven by compressed air engines can be produced.*

**Keywords :** *compressed air engine*, air pressure, solenoid valve, control system

### 1. PENDAHULUAN

Beberapa dekade terakhir, penelitian dan pengembangan kendaraan tanpa bahan bakar fosil ramai dilakukan. Hal yang menjadi alasan utama adalah kendaraan dengan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dengan berbahan bakar fosil memberikan dampak pencemaran udara yang cukup besar. Sisa pembakaran tersebut merupakan salah satu penyebab utama *global warming* yang telah disepakati sebagai masalah yang mendesak dan perlu diatasi (Alshehry & Belloumi, 2015).

Kendaraan bermotor listrik dengan bertenaga baterai telah banyak dikembangkan dan beberapa produsen kendaraan telah memproduksi secara

massal. Namun, kendaraan ini belum banyak diminati karena waktu pengisian baterai yang lambat serta umur baterai yang tidak tahan lama. Penelitian mengenai *compressed air engines* telah dipelajari untuk penggunaan kendaraan bermotor sebagai sumber penggerak utama maupun tambahan. Kelayakan udara bertekanan sebagai sumber energi kendaraan telah dipelajari melalui modifikasi mesin konvensional berbahan bakar fosil menjadi mesin yang digerakkan oleh udara bertekanan. Mesin ini dinilai ramah lingkungan karena tidak mencemari udara (Huang, et al., 2013).

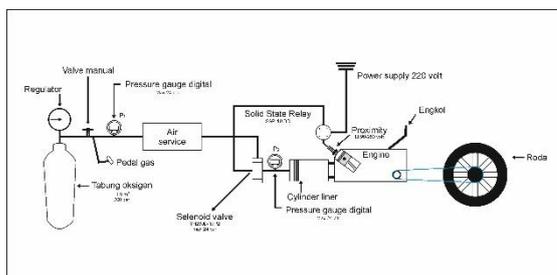
Mesin bertenaga udara bertekanan (*compressed air engines*) adalah mesin yang

digerakkan oleh udara bertekanan yang disimpan di dalam sebuah tabung. Mesin ini menggunakan ekspansi tekanan udara untuk menggerakkan piston sebagai pengganti pembakaran campuran udara dengan bahan bakar pada mesin konvensional (Marvania & Subudhi, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan mesin bertenaga udara bertekanan sebagai penggerak kendaraan empat roda. Pada perancangan sistem kontrol mobil *compressed air engine* sebagai penggerak adalah mengatur kecepatan putar mesin berdasarkan tekanan udara yang diberikan. Pengujian yang dilakukan merupakan uji performansi pada kondisi statis.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, memodifikasi mesin motor 2 tak satu silinder dengan volume 110 cc. Modifikasi pada mesin dilakukan dengan memasang saluran masuk udara bertekanan pada bekas lubang busi dan memasang proximity sensor pada lubang pemasukan oli. Sumber tekanan udara menggunakan tabung udara bertekanan 300 bar. Tekanan udara keluar dari tabung diatur menggunakan regulator tekanan dan saringan udara. Pemberian aliran udara pada mesin dilakukan pada saat yang tepat melalui pembukaan katup selenoid berdasarkan posisi piston yang diperoleh dari proximity sensor. Bentuk setup peralatan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Setup peralatan penelitian

Tekanan udara yang dialirkan dari tabung ke mesin diperoleh dari penunjukan angka *pressure gauge* yang dipasang pada *output regulator*. Pengukuran kecepatan putar menggunakan tachometer dan pengukuran torsi menggunakan torsimeter. Selain itu, dilakukan juga pengukuran suhu silinder head menggunakan infrared termometer.

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan tekanan udara input dan melihat kecepatan putar, torsi, dan daya yang dihasilkan oleh mesin. Variasi tekanan yang diberikan dimulai dengan tekanan minimal mesin dapat berputar secara lambat hingga tekanan maksimal mesin tidak dapat berputar lagi. Tekanan minimal merupakan tekanan terkecil sehingga piston dapat terdorong turun dan bergerak naik kembali sehingga mesin berputar pada kecepatan putar minimum. Sedangkan kecepatan putar maksimum terbatas oleh kecepatan sistem pengendalian pemberian tekanan udara.

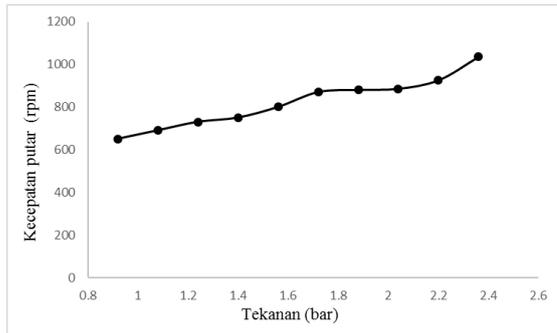
Untuk mengoperasikan mesin *compressed air engine* ini dimulai dari memutar keran pengatur tekanan udara yang akan disuplai ke dalam mesin. Selanjutnya, mesin di starter menggunakan engkol yang telah tersedia seperti pada mesin motor konvensional. *Proximity* sensor kemudian akan membaca posisi piston untuk menentukan saat yang tepat pemberian udara bertekanan melalui pembukaan katup selenoid. Katup selenoid akan diperintahkan terbuka ketika sensor proximity mendeteksi bahwa piston sedang berada pada titik mati atas (TMA). Udara bertekanan dihembuskan sehingga mendorong piston untuk bergerak menuju ke posisi titik mati bawah (TMB) dan berbalik kembali ke TMA. Saat piston telah terdeteksi bergerak ke bawah menuju TMB katup selenoid diperintahkan untuk menutup kembali.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan secara statis yaitu dengan mengoperasikan mesin berjalan di tempat. Hal ini dilakukan karena kendaraan untuk mengangkut dan menguji coba di jalan menggunakan mesin ini masih dalam proses perancangan. Pengujian dilakukan menggunakan tekanan 0.92 bar sampai dengan 2.36 bar. Batas maksimum tekanan 2.36 bar digunakan karena keterbatasan peralatan kontrol yang digunakan saat ini sehingga peningkatan peralatan kontrol ke depannya akan dikembangkan kembali.

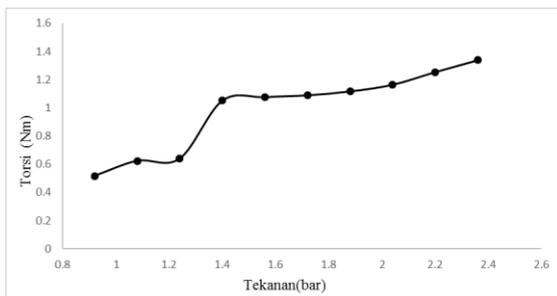
Berdasarkan hasil pengujian kecepatan putar dapat diketahui bahwa kecepatan putar minimum ketika diberi tekanan 0.92 bar sebesar 650 rpm dan kecepatan putar maksimum sebesar 1035 rpm pada saat diberi

tekanan 2.36 bar. hasil pengujian kecepatan putar dapat dilihat pada Gambar 2.



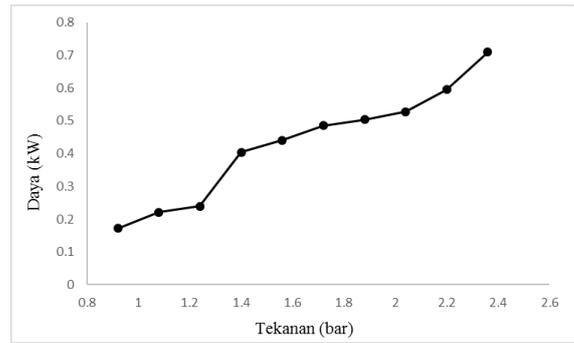
Gambar 2. Grafik kecepatan putar terhadap tekanan udara

Dapat dilihat bahwa penambahan tekanan udara menaikkan kecepatan putar yang dihasilkan. Hal ini berhubungan bahwa dengan tekanan yang lebih besar maka energi untuk mendorong piston akan semakin besar. Sehingga dalam pengendalian kecepatan mesin *compressed air engine* dilakukan melalui pengaturan tekanan udara yang diberikan. Sedangkan, pada mesin konvensional pengendalian kecepatan putar mesin berdasarkan pada besar volume udara yang diberikan ke ruang bakar melalui *throttle*/tuas gas.



Gambar 3. Hubungan tekanan udara terhadap torsi

Perubahan kenaikan kecepatan putar mesin berbanding lurus terhadap torsi dan tenaga yang dihasilkan. Terlihat pada Gambar 3, hubungan torsi mesin udara bertekanan ini mengalami kenaikan saat tekanan yang diberikan naik yang juga berbanding lurus terhadap kecepatan putar. Hal ini juga terjadi terhadap daya yang dihasilkan. Dapat dilihat pada Gambar 4, hubungan tekanan udara terhadap daya mesin yang dihasilkan.



Gambar 4. Hubungan tekanan udara terhadap daya mesin

Penelitian lain pengembangan mesin *compressed air engine* dengan menggunakan tekanan 5 bar diperoleh torsi mesin sebesar 3.7 Nm dan daya 0.45 kW pada kecepatan putar 2000 rpm (Liu, et al., 2015). Jika dibanding terhadap hasil penelitian tersebut hasil yang didapatkan dalam penelitian ini belum optimal. Hal ini disebabkan tekanan udara yang diberikan masih terbatas dan perlu ditingkatkan lagi.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini berhasil dilakukan modifikasi terhadap mesin konvensional dengan sistem pembakaran dalam menjadi mesin yang digerakkan oleh tenaga tekanan udara. Dari hasil penelitian ini, tekanan maksimum yang digunakan sebesar 2 bar menghasilkan kecepatan putar mesin sebesar 1035 rpm, torsi sebesar 1.4 Nm, dan daya 0.7 kW. Hal ini membuktikan bahwa pada mesin konvensional dapat dilakukan modifikasi sehingga mesin tersebut dapat bekerja menggunakan tenaga tekanan udara. Penelitian ini merupakan tahap awal yang dilakukan oleh tim peneliti sehingga perlu dilakukan pengembangan dan perbaikan pada beberapa sistem serta mekanisme. Pengembangan tersebut dapat dilakukan sehingga diperoleh contoh kendaraan roda empat yang dapat digerakkan menggunakan mesin bertenaga tekanan udara.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Alshehry, A.S., dan Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 41, pp. 237–247. 10.1016/j.rser.2014.08.004.
- Huang, C.Y., Hu, C.K., Yu, C.J., dan Sung, C.K. (2013). Experimental investigation on the performance of compressed air driven piston engine. *Energies*. Vol. 6, pp. 1731-1745. 10.3390/en6031731.
- Liu, C. M., You, J. J., Sung, C. K., & Huang, C. Y. (2015). Modified intake and exhaust system for piston-type compressed air engines. *Energy*, 90, 516-524.
- Marvania, D., & Subudhi, S. (2017). A comprehensive review on compressed air powered engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1119-1130.