

## PRESTASI MOTOR DIESEL DENGAN OPTIMALISASI SISTEM INTAKE MANIFOLD PAK SYS (PERFORMANCE AIR INTAKE SYSTEM) TURBO FAN AXIAL

Ahmad Robiul Awal Udin<sup>1</sup>, Adityo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip PO.BOX 164, Jember, 68121

Email: [ahmadrobiulawal@gmail.com](mailto:ahmadrobiulawal@gmail.com)

### ABSTRAK

Perkembangan teknologi kendaraan bermotor mendasari urgensi pada peningkatan efisiensi mesin terhadap kebutuhan bahan bakar yang akan digunakan pada proses pembakaran untuk menghasilkan parameter output. Salah satu unsur agar proses pembakaran efektif terhadap komposisi campuran bahan bakar yaitu kuantitas dan kapasitas udara yang akan dipasok kedalam tiap silinder. Kebutuhan udara pada saat langkah hisap juga dipengaruhi desain sistem intake manifold yang merupakan minor losses aliran. Penambahan Fan Axial didalam sistem intake manifold motor diesel diharapkan dapat memenuhi kapasitas pasokan udara serta meminimalisasi minor losses, sehingga prestasi mesin yaitu efisiensi volumetrik, torsi dan daya mesin mengalami peningkatan. Metode Performance Air Intake System ini memaksa udara masuk melalui sudu – sudu Fan Axial Double Blade. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental semu yaitu membandingkan intake manifold dengan maupun tanpa pemasangan fan axial (standar) terhadap torsi dan daya yang dihasilkan dari motor diesel empat (4) langkah. Dari pengujian didapatkan peningkatan torsi rata – rata sebesar 22 %, dengan nilai torsi tertinggi pada awal putaran mesin 1150 rpm sebesar 41,8 Nm, sedangkan peningkatan daya rata – rata sebesar 13 % dengan nilai daya mencapai 8 KW pada putaran mesin 2200 rpm. Sedangkan efisiensi volumetrik mengalami peningkatan rata – rata 6 % dengan prosentase signifikan pada putaran mesin 2200 rpm yang mencapai 98,8 %.

Kata Kunci : Torsi, Daya, Diesel, Intake Manifold, Fan Axial

### PENDAHULUAN

Pada langkah hisap motor diesel fluida kerjanya udara yang akan dikompresikan didalam ruang bakar. Sehingga properti, keadaan, kualitas dan kuantitas udara menjadi sangat penting yang harus diberikan untuk bereaksi dengan tiap satu satuan berat bahan bakar yang disempatkan (solar) untuk menghasilkan entalpi pembakaran. Permasalahan pemenuhan kebutuhan udara pada multi silinder motor diesel dapat ditempuh dengan berbagai metode, salah satunya memaksa sejumlah aliran udara yang akan masuk ke ruang bakar atau *Force Air Induction System*. Pemanfaatan metode sistem ini sangat dipengaruhi bentuk dan ukuran dari saluran masuk atau *intake manifold*. *Intake manifold* didesain agar udara mengalir ke tiap silinder dengan kuantitas yang sama. Namun karena di *intake header* terdapat bentuk dan kompartemen saluran yang disesuaikan arah aliran udara menuju tiap ruang bakar serta adanya perubahan bentuk dan halangan dari katup *intake* yang dapat menimbulkan kerugian ringan atau *minor losses*.

Dengan adanya *minor losses* ini efisiensi volumetrik akan tereduksi yang akan menghambat

pasokan udara bercampur dengan bahan bakar, dengan demikian perbandingan udara dan bahan bakar tidak tercapai sehingga akan mempengaruhi kualitas pembakaran menurun yang berdampak transformasi daya berkurang.

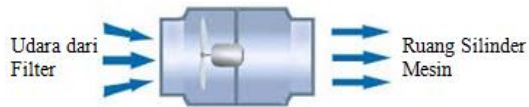
Shirao dkk [9], menganalisa *intake manifold* dengan bagian dalam yang berulir berjarak 2 mm, udara yang masuk di *intake manifold* akan dipaksa secara memutar (*inducing swirl*) kedalam ruang bakar. Dengan pemasangan tipe ulir Buttres memiliki efisiensi termal 14,5 % lebih tinggi dari *intake manifold* normal atau standar. Kemudian Raj Kumar dkk [7], menganalisa kemampuan *intake* ini dengan menerapkan pola aliran pasif melalui sudu – sudu tetap *vane nozzles* yang di uji *intake manifold* motor diesel satu silinder. Dari pengujian secara keseluruhan terdapat kenaikan daya poros sebesar 4,19% dengan penggunaan *vane nozzles* dari pada *intake* standar.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Fan Aksial

Fan aksial menggerakkan aliran udara sepanjang atau segaris dengan sumbu fan. Cara

kerja fan seperti impeler pesawat terbang: *blades* fan menghasilkan pengangkatan aerodinamis yang menekan udara.



Gambar 1. Aliran Udara Melintas Fan Aksial

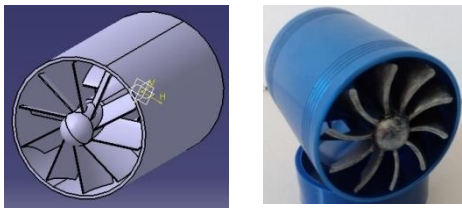
Sehingga kapasitas udara atau laju volume udara dapat ditentukan :

$$\dot{m} = \rho_u \times V_u \times A \text{ (kg / s)} \quad (1)$$

Dengan kecepatan rata – rata fluida yang mengalir sebesar :

$$V_u = \frac{d}{2} \times \omega = \frac{d \times \pi \times n}{60} \text{ (m/s)} \quad (2)$$

Gambar 2 merupakan objek dalam penelitian yang menggunakan Fan aksial dengan *cover* berdiameter dalam 64 mm dan panjang 75, serta jumlah sudu – sudunya 10 buah berdiameter 63 mm. Sudu – sudu terbuat dari besi cor dan *casing cover* terbuat dari pipa besi.



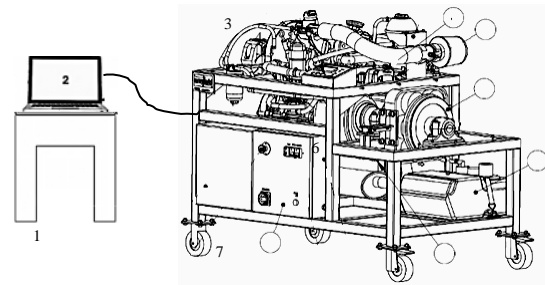
Gambar 2. Desain Fan Aksial

### Set-Up Peralatan Uji

Pelaksanaan penelitian menggunakan pengamatan eksperimental semu pada kondisi temperatur pengujian disesuaikan dengan temperatur ruangan / lingkungan. *Engine stand motor diesel* seperti pada gambar 3 Mesin uji tersebut memiliki pencatatan data secara terkomputerisasi yang dilengkapi alat ukur pembebanan yaitu dinamometer. Pastikan mengoperasikan mesin uji sesuai dengan prosedurnya.

Setelah dilakukan *warm up test* pada mesin uji yaitu armfield CM 12 diesel engine, tahapan selanjutnya menguji torsi dan daya mesin diesel dengan *intake manifold* tanpa turbo fan aksial atau standar dan setelahnya dilakukan pengujian torsi dan daya mesin diesel dengan pemasangan turbo pada *intake manifold* atau PAK SYS\*.

\*PAK SYS : Performance Air Intake Manifold System



Gambar 3. Mesin Diesel Uji CM 12

Keterangan :

1. Control unit
2. Komputer.
3. Intake Manifold.
4. Filter Udara.
5. Eddy Current dynamometer.
6. Tangki Bahan Bakar.
7. Rangka.

Berikut spesifikasi mesin uji armfield CM 12 diesel:

Kapasitas	1896 cm <sup>3</sup>
Silinder	4 buah, 4 langkah
Rasio kompresi	19,5 : 1
Diameter x langkah	79,5 mm x 95,5 mm
Sistem kontrol bahan bakar	Bosch EDC pump distributor
Dinamometer	Eddy Current Brake

Pemasangan fan aksial diletakkan pada *intake manifold* mesin uji seperti pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Pemasangan Turbo Fan Aksial

### Langkah Pengujian Uji Prestasi Mesin

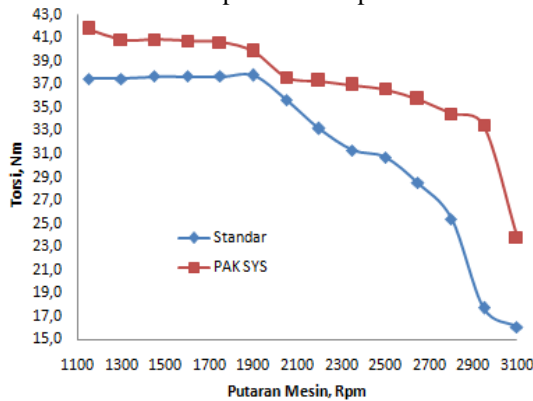
Pengoperasian mesin harus sesuai SOP, yaitu memastikan pendingin air mengalir dari reservoir ke mesin dengan debit 15 lt/menit, selanjutnya dipoeraskan dengan program software CM 12 pada mode *Automatic* dengan bukaan *throttle* 14 % dan putaran mesin stabil 3100 rpm dan kemudian dilakukan pengambilan data baik kondisi *intake manifold* standar maupun dengan menggunakan *fan aksial*. Pengambilan data ini dilakukan dengan cara *Auto Brake* oleh komputer dengan bukaan *throttle* konstan 14 % mulai putaran mesin 3100 rpm sampai putaran mesin

turun 1150 rpm dengan interval perubahan putaran mesin 150 rpm.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Torsi**

Torsi adalah gaya putar. Ketika torak bergerak ke bawah pada langkah usaha, akan menerapkan torsi pada poros engkol mesin (melalui batang torak). Gambar 5 menunjukkan bahwa karakteristik variasi torsi terhadap putaran mesin pada *intake manifold* keadaan standar maupun menggunakan *PAK SYS* memiliki kecenderungan grafik hiperbolik terbuka kebawah. Pada putaran mesin 1150 sampai 2200 rpm torsi akan mengalami kenaikan dan selanjutnya akan terdegradasi seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Kecenderungan ini dipengaruhi berbagai faktor yang paling dominan adalah faktor gesekan mekanis dan kemampuan atau kapasitas mesin.



Gambar 5. Hubungan torsi terhadap variasi putaran mesin

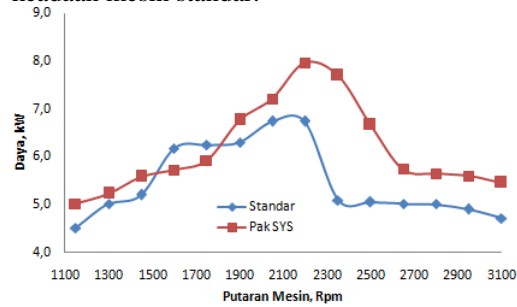
Torsi yang dihasilkan dengan menggunakan *PAK SYS* akan mengalami peningkatan rata – rata sebesar 22 % dibandingkan dengan torsi keadaan mesin standar. Prosentase peningkatan tertinggi torsi pada putaran mesin 2950 rpm sebesar 89 %. Pada kondisi standar nilai torsi tertinggi putaran mesin 1900 rpm sebesar 37,8 Nm dan untuk *PAK SYS* nilai torsi tertinggi pada awal putaran mesin 1150 rpm sebesar 41,8 Nm.

**Daya**

Daya poros dibangkitkan oleh daya indikator, yang merupakan daya gas pembakaran yang menggerakkan torak selanjutnya menggerakkan semua mekanisme, sebagian daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik.

Gambar 6 menunjukkan daya yang dihasilkan keadaan tanpa (standar) maupun dengan *fan axial* pada *intake manifold* mesin diesel CM12 mengalami kenaikan sampai putaran mesin mencapai 2200 rpm, selanjutnya mengalami penurunan daya seiring dengan bertambahnya kenaikan putaran mesin. Secara keseluruhan penggunaan sistem *intake manifold* dengan

pemasangan *fan axial* mampu meningkatkan daya rata – rata sebesar 13 % dibandingkan dengan daya keadaan mesin standar.



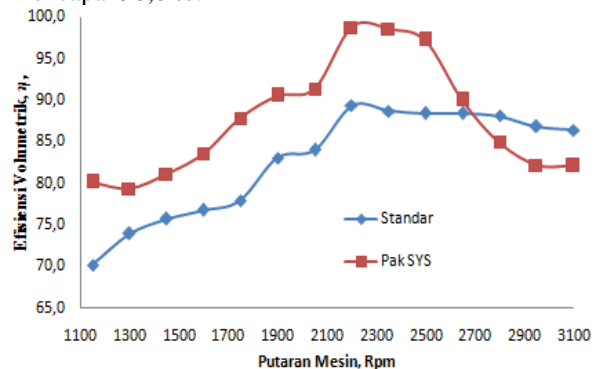
Gambar 6. Hubungan daya terhadap variasi putaran mesin

Prosentase peningkatan tertinggi daya pada putaran mesin 2350 rpm sebesar 51 %, pada kondisi standar nilai daya tertinggi pada putaran mesin 2050 rpm sebesar 6,7 kW serta dengan *PAK SYS* nilai daya tertinggi pada putaran mesin 2200 rpm sebesar 8 kW.

**Efisiensi Volumetrik**

Jumlah volume campuran bahan bakar yang masuk ke dalam silinder pada saat langkah hisap secara teoritis sama dengan volume langkah piston dan TMA ke TMB. Volume ini selanjutnya akan menghasilkan tenaga apabila campuran gas tersebut dibakar, tetapi kenyataannya terdapat beberapa penyimpangan yang menyebabkan volume campuran gas yang masuk ke dalam silinder lebih kecil dari volume langkah piston.

Gambar 7 merupakan grafik efisiensi volumetrik dengan putaran mesin. Penggunaan *fan aksial* pada *intake manifold* memberikan dampak peningkatan efisiensi volumetrik rata – rata sebesar 6 % secara keseluruhan. Peningkatan efisiensi volumetrik paling signifikan pada putaran mesin 2200 rpm dengan efisiensi volumetrik mencapai 98,8 %.



Gambar 7. Hubungan efisiensi volumetrik terhadap variasi putaran mesin

Pada kondisi standar efisiensi volumetrik 89,4 % pada rpm 2050 rpm sedangkan pengujian dengan *PAK SYS* menghasilkan efisiensi

volumetriknya mencapai 98,8 % pada putaran mesin 2200 rpm.

Hubungan torsi dan daya terhadap efisiensi volumetrik berbanding lurus sehingga jika efisiensi meningkat maka torsi dan daya juga mengalami kenaikan (persamaan 3 dan 4).

Persamaan daya ( $P$ ) :

$$P = \frac{\eta_f \eta_v n V_d Q_{HV} \rho_{u,i} (F/A)}{2} \quad (3)$$

Persamaan torsi ( $T$ ) :

$$T = \frac{\eta_f \eta_v V_d Q_{HV} \rho_{u,i} (F/A)}{4\pi} \quad (4)$$

dimana :

$\eta_f$ : efisiensi bahan bakar

$\eta_v$ : efisiensi volumetrik

$n$  : putaran mesin

$V_d$ : Volume silinder

$\rho_{u,i}$ : massa jenis udara

$Q_{HV}$ : nilai kalor bahan bakar

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian *Intake Manifold* yang menggunakan turbo fan aksial pada *intake manifold motor diesel*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Peningkatan torsi rata – rata sebesar 22 %, dengan nilai torsi tertinggi pada awal putaran mesin 1150 rpm sebesar 41,8 Nm, sedangkan peningkatan daya rata – rata sebesar 13 % dibandingkan dengan daya keadaan mesin standar dengan nilai daya mencapai 8 KW pada putaran mesin 2200 rpm;
2. Secara keseluruhan efisiensi volumetrik motor diesel mengalami peningkatan rata – rata 6 %, peningkatan efisiensi volumetrik paling signifikan pada putaran mesin 2200 rpm dengan efisiensi volumetrik mencapai 98,8 %;
3. Dari hasil pengolahan data didapatkan bahwa grafik torsi, daya dan efisiensi memiliki pola atau *trend* yang sama yaitu hiperbolik terbuka kebawah artinya, pada awal putaran mesin akan mengalami kenaikan hingga mencapai nilai tertinggi kemudian mengalami penurunan seiring meningkatnya putaran mesin. Hal ini dikarenakan faktor gesekan mekanis, kemampuan atau kapasitas mesin uji CM 12, desain konstruksi *intake manifold* yang sudah tidak mampu memenuhi perubahan secara relatif untuk menghasilkan energi atau kerja dari motor diesel.

## SARAN

Untuk penyempurnaan dan pengembangan penelitian selanjutnya , perlu dilakukan beberapa hal antara lain :

1. Penelitian pengaruh turbo fan aksial terhadap konsumsi bahan bakar, emisi berupa

kepekatan asap gas buang serta efisiensi pembakaran motor diesel.

2. Diperlukan pengukuran pada kecepatan putar sudu turbo fan aksial dengan menggunakan datalogger ataupun dengan sensor *photodiode* yang dihubungkan ke PC untuk pengambilan data secara *real time*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini, kami sampaikan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian, Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi dengan Program Penelitian Dosen Pemula tahun anggaran 2017.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismundandar, Wiranto. 2005. Penggerak Mula Motor Bakar Torak edisi kelima. Penerbit ITB. Bandung
- [2] Astu, Pudjanarsa & Nursuhud, Djati. 2008. Mesin Konversi Energi. Penerbit Andi Yogyakarta.
- [3] Atkins, Richard D. 2009. *An Introduction to Engine Testing and Development*. SAE International. Warrendale USA
- [4] Bennett, Sean. 2012. *Modern Diesel Technology : Light Duty Diesels*. Delmar : Cengage Learning. Clifton Park – New York USA.
- [5] Grundmann, Reinhard. *Elementary Fan Technology*. [www.tlt-turbo.com/dateien/346-Elementary\\_Fan\\_Technology.pdf](http://www.tlt-turbo.com/dateien/346-Elementary_Fan_Technology.pdf). diunggah 25 April 2016
- [6] Heywood, J. 2010. *Internal Combustion Engine Fundamentals*, MCGraw Hill.
- [7] Kumar, A Raj. 2015. *Performance Evaluation of a Diesel Engine In The Presence Of a Convergent Nozzle with Internal Blades in the Air Intake Manifold*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 4, Issue 7, July 2015
- [8] Nguyen-Schäfer, Hung. 2012. *Rotordynamics of Automotive Turbochargers Second Edition*. Springer International Publishing Switzerland
- [9] Shirao, Pankaj N. 2014. *Performance Analysis Of Single Cylinder (Di) Diesel Engine by Air Swirl Induction With Internally Threaded Inlet Manifolds*. International Journal Of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). ISSN 0976 – 6359 (Online). Volume 5, Issue 7, July (2014),pp. 144-150