

**M8-025 Kajian Komparasi Efek Turbulensi di Intake dan Flame Speed di Ruang Bakar pada Studi Kasus Motor Satu Slinder Empat Langkah**

**Abrar Riza**

Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara  
Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1 Jakarta 11440  
Telp. (021) 5672548) Fax. (021) 5663277  
e-mail: [abrarriza@tarumanagara.ac.id](mailto:abrarriza@tarumanagara.ac.id)

**Abstrak**

*Banyak usaha untuk meningkatkan unjuk kerja motor bakar diantaranya meningkatkan turbulensi di intake dan meningkatkan flame speed di ruang bakar. Peningkatan turbulensi di intake dilakukan dengan menambah permukaan berulir di intake. Permukaan berulir akan mendorong aliran campuran bahan bakar dan udara menjadi lebih turbulen. Peningkatan turbulensi akan meningkatkan pencampuran bahan bakar dan udara. Peningkatan pencampuran bahan bakar dan udara mendorong terjadinya pembakaran lebih baik di ruang bakar. Penambahan flame speed dengan metoda menyuntikan air ke intake. Usaha ini diharapkan meningkatkan kadar hidrogen pada temperatur dalam ruang bakar sehingga hal ini dapat meningkatkan flame speed.*

*Hasil eksperimen memperlihatkan turbulensi pada intake dapat meningkatkan unjuk kerja mesin ketika putaran mesin tinggi. Peningkatan unjuk kerja dapat lebih dari 50% dibanding pengujian kondisi standar. Peningkatan unjuk kerja juga mendorong penurunan kadar hidrokarbon sisa. Hal ini dapat membantu permasalahan emisi.*

*Injeksi air dapat meningkatkan unjuk kerja mesin ketika putaran mesin relative rendah. Peningkatan disebabkan injeksi air dapat mendorong peningkatan flame speed di ruang bakar. Peningkatan flame speed dapat memaksimalkan proses pembakaran. Peningkatan unjuk kerja mesin dengan memberikan injeksi air sekitar 10% dibanding pengujian kondisi standar. Komparasi untuk usaha meningkatkan unjuk kerja mesin dengan peningkatan turbulensi lebih baik dibandingkan dengan memberikan injeksi air. Tetapi kedua kondisi ini terjadi pada daerah putaran mesin yang berbeda. Turbulensi meningkatkan unjuk kerja pada putaran mesin tinggi sedangkan injeksi air pada putaran mesin rendah. Sinergi kedua usaha ini diharapkan dapat membantu unjuk kerja pada semua daerah putaran mesin.*

*Kata kunci: motor bakar, turbulensi dan flame speed*

## Pendahuluan

Pencampuran bahan bakar dan udara dengan baik merupakan kondisi yang penting dalam proses pembakaran di ruang bakar. Pencampuran akan mempertemukan setiap partikel bahan bakar berkontak dengan partikel udara. Bahan bakar sebelum terbakar dirubah terlebih dahulu dengan pengkabutan kemudian diruang bakar berubah fasa gas oleh panas sisa pembakaran yang tinggal di silinder. Turbulensi yang tinggi membantu pencampuran bahan bakar yang telah fasa gas dan udara. Bahan bakar minyak terlebih dahulu dievaporasi dan menghasilkan vapor yang mampu bakar. Kondisi aliran saat sebelum terbakar diharapkan pada kondisi aliran turbulensi.

Pada pengujian standar mesin Otto satu silinder memperlihatkan tingginya kandungan HC (hidrokarbon) pada gas buang. Kandungan HC yang tinggi menandakan bahwa tidak terjadinya pembakaran yang baik diruang bakar. Faktor-faktor kestabilan dan intensitas pembakaran dalam ruang bakar merupakan fungsi dari ukuran partikel hasil pengkabutan bahan bakar, kekuatan *vortex* dan kondisi aliran masuk [Bear dan Chinger, 1972]. Pada kajian ini diperhatikan perbaikan proses pembakaran dari kekuatan *vortex*.

Penambahan air diharapkan akan menguraikan dalam ruang bakar. Penguraian terjadi karena proses pirolisis diruang bakar akibat adanya temperatur tinggi oleh temperatur dari silinder ruang bakar yang cukup tinggi. Tidak terbakarnya HC bergantung pada difusi, konveksi dan proses oksidasi. Pirolisis bahan bakar dan pembakaran parsial menghasilkan produk  $H_2$ , *aldehyde* dan *particularly* [Turns, 1996].

Temperatur silinder cukup tinggi setelah beberapa waktu mesin hidup atau proses pembakaran terjadi di ruang bakar. Oksidasi temperatur tinggi dalam metode pembakaran bercampur diluar ruang bakar atau (*premixed combustion*) pada pencampuran bahan bakar udara secara homogen. Proses pirolisis terjadi pada elemen bahan bakar dan komponen lainnya yang terdapat pada ruang bakar sesaat sebelum terjadi proses oksidasi [Keating, 1993]. Kandungan air dalam ruang bakar dapat memproduksi atom hidrogen radikal, kejadian ini mengambil energi dari panas silinder sisa pembakaran sebelumnya. Ilustrasi penguraian air menjadi atom hidrogen radikal secara mekanisme kinetik sangat kompleks. Mekanisme penguraian air ini dipostulat oleh Hinshelwood.

Penelitian ini memperhatikan pengaruh turbulensi terhadap unjuk kerja mesin. Efek turbulensi ini dapat menekan kandungan HC dalam gas buang dan dapat menambah unjuk kerja mesin. Hal ini terjadi karena turbulensi dapat memaksimalkan campuran udara dan bahan bakar di *intake manifold*. Pencampuran yang baik memaksimalkan jumlah bahan bakar yang dapat terbakar sehingga dapat meningkatkan daya yang dihasilkan mesin. Penelitian membandingkan efek turbulensi dengan injeksi air dan mensisnergi kedua efek ini. Injeksi air dapat mendorong proses pembakaran dengan meningkatkan efek *flame speed*.

## Metodologi

Metodologi penelitian dilakukan dengan membandingkan unjuk kerja mesin Otto satu silinder empat langkah dengan memberikan efek turbulensi dan efek injeksi air. Efek turbulensi dilakukan dengan memberikan spacer berbentuk ulir di intake manifold. Injeksi air dimasukkan di intake dengan jarum suntik dengan mengharapkan grafitasi. Kedua metoda ini dilakukan pengujian beban tetap dan memvariabelkan putaran mesin. Hasil dari percobaan ini dapat melihat pengaruh *swirl* terhadap performa mesin dan efek injeksi air terhadap unjuk kerja mesin.

Pengujian pertama *intake manifold* dipasang spacer. Spacer memiliki ulir dipermukaannya agar memberikan efek *swirl*, kemudian data pengujian diolah untuk mendapatkan karakteristik mesin dihasilkan menggunakan spacer. Kedua melihat karakteristik mesin efek dari injeksi air. Air disuntikan di intake dengan mengharapkan gaya grafitasi. Laju air ditentukan dengan ukuran lubang jarum suntik, tetapi untuk makalah ini hanya melihat satu laju air.

Pengujian dilakukan dengan alat uji mesin statis. Mesin uji statis dilengkapi oleh *prony brake* sebagai alat ukur torsi, alat ukur laju aliran bahan bakar dan tachometer untuk mengukur tingkatan putaran mesin. Gas analyzer digunakan juga sebagai melihat komposisi sisa pembakaran atau mengukur sebagian komposisi gas buang.

## Hasil dan Analisis

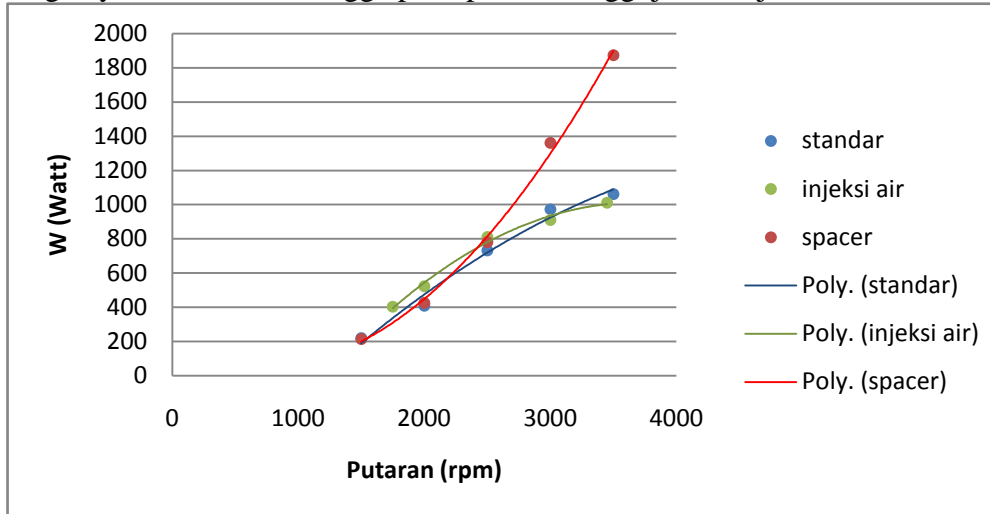
Hasil pengujian standar, efek turbulensi dan efek injeksi air dibandingkan untuk melihat karakteristik masing-masing. Data pengujian didapat torsi, laju bahan bakar, putaran mesin dan sebagian komponen sisa pembakaran. Data tersebut diolah untuk mendapatkan daya dihasilkan dalam hal ini BHP, rasio laju bahan bakar dan daya dihasilkan disebut BSFC dan efisiensi termal. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.

Gambar 1 Daya dihasilkan (BHP atau W) terhadap putaran mesin. Tiga kurva memperlihatkan untuk putaran rendah efek injeksi air lebih baik dari standar dan efek turbulensi. Hal ini terlihat, efek injeksi air baik pada putaran mesin rendah atau dibawah putaran mesin tercapainya kondisi torsi maksimum. Pada putaran mesin rendah efek flame speed lebih dominan, hal ini terlihat daya dihasilkan lebih baik pada kondisi kerja yang sama. Memang kelemahan injeksi air adalah adanya energi yang terserap oleh vaporisasi air atau disebut juga kalor laten.

Kalor laten cukup tinggi menyerap panas di ruang bakar hal ini terlihat dari turunnya putaran mesin ketika injeksi air pertama dilakukan. Kemudian dikompensasi dengan penambahan laju bahan bakar putaran mesin kembali normal. Secara keseluruhan pada putaran rendah, injeksi air palinguntungkan. Putaran mesin rendah injeksi air membantu proses pembakaran dengan molekul hidrogen yang dihasilkan proses pirolisis, dimana  $H_2$  bersifat meningkatkan flame speed pada proses pembakaran. Keberadaan molekul  $H_2$  ini meningkatkan kemampuan pembakaran diruang bakar.

Pada putaran tinggi efek injeksi air berefek negatif, hal ini diduga makin tinggi putaran mesin kondisi intake makin vakum sehingga jumlah air terserap makin banyak. Makin banyak

jumlah air makin tinggi energi laten sehingga makin banyak energi diruang bakar yang diserap air sehingga temperatur ruang bakar makin turun. Trunnya temperatur ruang bakar dapat mengurang daya dihasilkan sehingga pada putaran tinggi justru injeksi air berefek negatif.

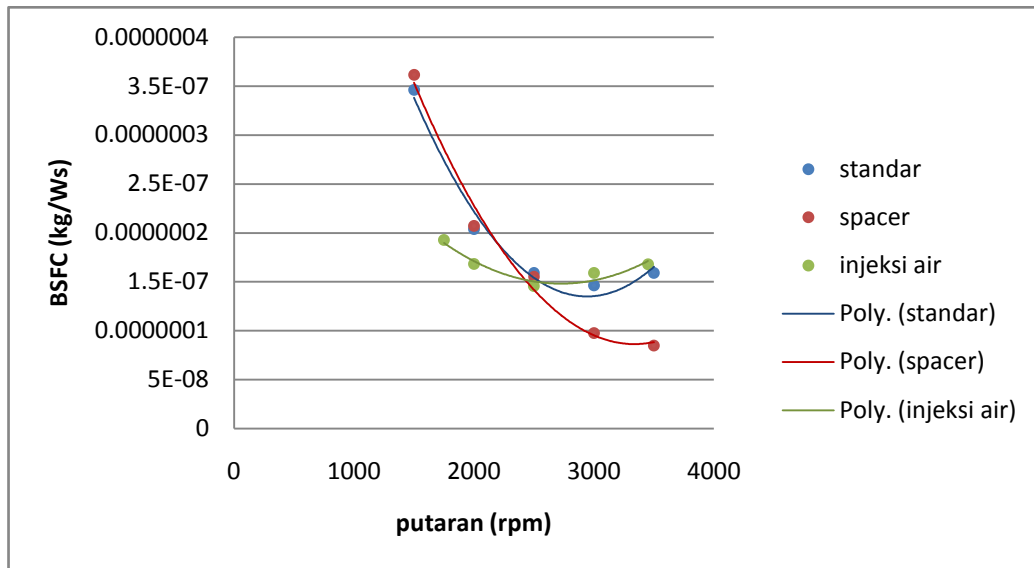


**Gambar 1.** BHP vs putaran mesin

Putaran mesin tinggi atau diatas tercapainya torsi maksimum efek turbulensi memperlihatkan hasil yang lebih baik secara signifikan. Tren kurva melewati titik torsi maksimum ini naik dengan kecuraman yang tajam. Pada putaran mesin 3450 rpm kurva efek turbulensi 50% lebih baik dari kondisi standar. Efek *swirl* memberikan pengaruh turbulensi yang diharapkan dapat meningkatkan unjuk kerja mesin.

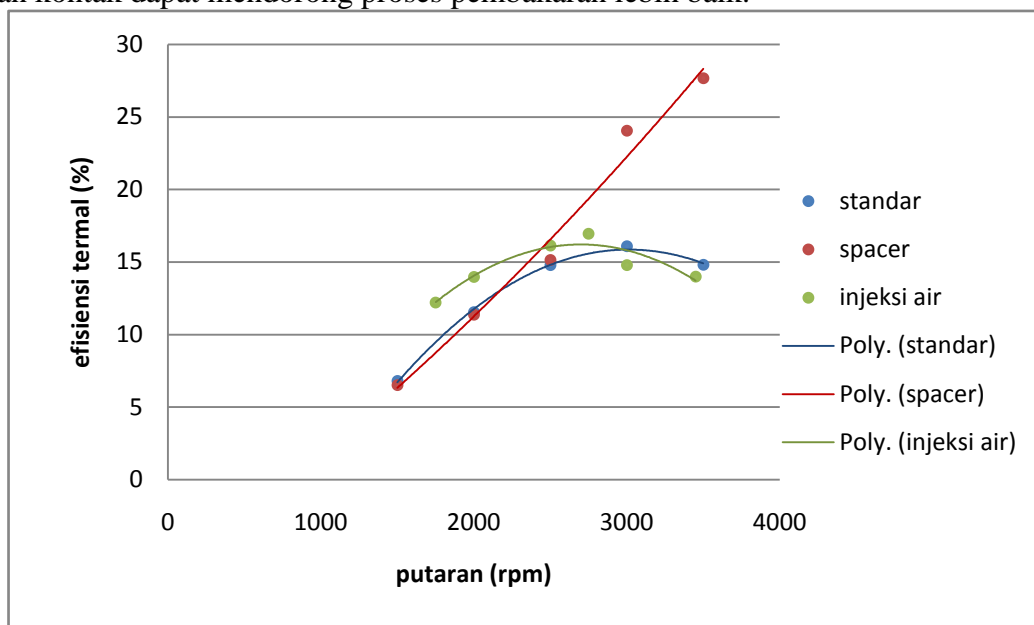
Efek turbulensi ini dapat menekan kandungan HC dalam gas buang dan dapat menambah unjuk kerja mesin. Hal ini terjadi karena turbulensi dapat memaksimalkan campuran udara dan bahan bakar di *intake manifold*. Pencampuran yang baik memaksimalkan jumlah bahan bakar yang dapat terbakar sehingga dapat meningkatkan daya yang dihasilkan mesin [Abrar, 2008]. Peningkatan turbulensi dapat dilakukan dengan menambah spacer di *intake manifold*. Spacer merupakan wadah yang memiliki permukaan berulir. Permukaan berulir inilah yang akan mendorong terjadinya peningkatan turbulensi pada aliran bahan bakar dan udara melewati *intake manifold*.

Pengaruh laju bahan bakar dapat diwakili oleh BSFC. BSFC merupakan rasio efek laju bahan bakar terhadap daya dihasilkan. Pada putaran mesin rendah injeksi air terlihat menunjukkan kondisi terbaik bahkan cukup signifikan. Hal ini diduga injeksi air dapat juga berkontribusi pada proses pembakaran. Injeksi air sangat bermanfaat pada kondisi putaran mesin rendah ini. Makin rendah nilai BSFC makin baik unjuk kerja mesin.



Gambar 2. BSFC vs putaran mesin

Memasuki putaran mesin tinggi dengan menggunakan spacer atau efek turbulensi memperlihatkan hasil jauh lebih baik. Nilai BSFC trennya sangat tajam miringnya, tentu ini memperlihatkan performa mesin makin baik. Turbulensi pada aliran masuk membuat campuran bahan bakar dan udara makin baik. Kondisi ini makin membantu karena putaran mesin tinggi proses pembakaran cenderung terjadi pembakaran kaya. Pembakaran kaya viskositas rata-rata lebih tinggi. Viskositas campuran bahan bakar dan udara lebih tinggi akan mempersulit proses kontak bahan bakar udara. Turbulensi dapat meningkatkan kontak bahan bakar dan udara. Peningkatan kontak dapat mendorong proses pembakaran lebih baik.



Gambar 3 Efisiensi termal vs putaran mesin

Turbulensi dapat memaksimalkan campuran udara dan bahan bakar di *intake manifold*. Pencampuran yang baik memaksimalkan jumlah bahan bakar yang dapat terbakar sehingga dapat meningkatkan daya yang dihasilkan mesin [Abrar, 2008]. Makin meningkatnya daya yang dihasilkan akan meningkatkan efisiensi termal. Efisiensi termal meningkat dengan tajam pada putaran tinggi. Kondisi proses pembakar kaya Sangat baik ditambah efek turbulensi. Efek turbulensi ini memaksimalkan proses pembakaran kaya. Proses pembakaran kaya perla gaya luar untuk memaksimalkan kontak bahan bakar dan udara. Menigkatkatnya intensitas kontak sebanding dengan kemampuan pembakar diruang bakar.

## Kesimpulan

1. Efek turbulensi dapat meningkatkan proses pembakaran di ruang bakar pada putaran mesin tinggi. Efek injeksi air membantu pembakar pada putaran mesin rendah.
2. Efek turbulensi dapat meningkatkan kontak bahan bakar dan udara pada putaran mesin tinggi atau kondisi pembakaran kaya.
3. Efek injeksi air dapat meningkatkan flame speed di ruang bakar. *Flame speed* dapat mendorong pembakaran lebih baik dengan memaksimalkan proses pembakaran.
4. sinergi efek injeksi air untuk putaran mesin rendah dan efek turbulensi untuk putaran mesin tinggi. Pengambungan efek ini dapat meningkatkan unjuk kerja mesin untuk setiap putaran mesin.

## Saran

Adanya koordinasi antara sinergi efek injeksi air dan efek turbulensi agar kedua mekanisme dapat bekerja dengan baik dan tidak tumpang tindih.

## Pustaka

1. Beer J.M. and Chigier N.A., (1972), *Combustion Aerodynamics*, Florida, USA.
2. Ferguson, Colin R., (2001), *Internal Combustion Engines*, John Wiley & Son, second edition, Colorado, USA.
3. Keating L., Eugen, (1993), *Applied Combustion*, Marcel Dekker, Inc. Maryland, USA.
4. Turn R., Stephen, (1996), *An Introduction to Combustion concepts and Applications*”, McGraw-Hill, Singapore