

Efek Pemakaian Aditif Deterjen EF terhadap Kebersihan Nosel Injektor Motor Diesel Injeksi Langsung

Oleh:

Pallawagau La Puppung

I. PENDAHULUAN

Seperti telah diketahui bahwa bahan bakar dapat terbakar hanya dalam bentuk uap, pada motor diesel perubahan bahan bakar dari cair menjadi uap terjadi pada saat bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar motor diesel. Selama injeksi, bahan bakar harus diatomisasikan dengan baik dan tercampur dengan udara yang panas sehingga terjadi penyalaan sendiri secara merata dalam waktu yang singkat. Untuk mendapatkan kinerja optimum bahan bakar, maka atomisasi bahan bakar harus berlangsung sempurna dan membentuk pola injeksi yang normal seperti kerucut yang utuh.

Injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar motor diesel dapat ditempuh melalui dua cara, yaitu injeksi tidak langsung (*indirect injection*, IDI) dan injeksi langsung (*direct injection*, DI). Untuk mendapatkan turbulensi dan campuran udara bahan bakar yang baik, maka kedua sistem injeksi bahan bakar ini menggunakan ruang bakar dan nosel injektor yang berbeda. Pada injeksi tidak langsung, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang muka atau pusaran (*swirl chamber*) dengan nosel injektor berlubang satu atau nosel pasak (*pintle nozzle*), selanjutnya dari ruang pusaran tersebut gas pembakaran dialirkan ke ruang bakar utama. Sedangkan motor diesel injeksi langsung menggunakan ruang bakar terbuka dengan nosel injektor berlubang banyak (*multi holes nozzle*), bahan bakar diinjeksikan langsung ke dalam ruang bakar utama.

Setelah motor diesel dioperasikan dalam waktu yang lama akan terbentuk deposit karbon pada nosel injektor, ruang bakar dan katup-katup motor diesel. Deposit karbon pada nosel injektor akan mempengaruhi debit aliran bahan bakar, pola semprotan bahan bakar, efisiensi mesin dan emisi gas buang. Untuk membersihkan deposit yang sudah terbentuk (*clean up*) pada bagian-bagian tertentu

mesin kendaraan yang sudah lama beroperasi atau menjaga kebersihan (*keep clean*) bagian-bagian tersebut seperti pada nosel injektor kendaraan baru. Dalam studi ini dipergunakan aditif deterjen EF untuk *keep clean* pada kendaraan baru. Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan dua buah kendaraan baru bermotor diesel injeksi langsung yang dioperasikan secara berpasangan. Satu kendaraan menggunakan minyak solar tanpa aditif (STA) dan pasangannya menggunakan minyak solar ditambah aditif deterjen EF (SEF). Kedua kendaraan tersebut dioperasikan secara normal melalui trayek tertentu hingga mencapai akumulasi jarak tempuh 15.000 km.

Dari hasil-hasil pengukuran kebersihan nosel injektor yang dilakukan pada awal dan akhir uji jalan, ternyata nosel injektor SEF lebih bersih dari pada STA.

II. METODE PENELITIAN

Pembentukan deposit pada nosel injektor motor diesel merupakan suatu kejadian yang cukup menarik perhatian untuk dicermati, karena pembentukan deposit ini menyebabkan terjadinya penyumbatan pada lubang nosel injektor yang akan memberikan efek pada kualitas semprotan bahan bakar yang selanjutnya berpengaruh pada kinerja motor. Suatu metode yang cukup luas dipakai untuk menentukan kebersihan nosel injektor adalah teknik pengukuran aliran udara yang ditentukan dalam prosedur ISO 4010. Pengukuran aliran udara menurut prosedur ISO 4010 dilaksanakan dengan menggunakan rotameter (*floating body flowmeter*). Hasil yang ditunjukkan oleh rotameter adalah proporsional dengan penampang efektif nosel, jika kecepatan aliran udara yang sesuai tercapai pada penampang efektif nosel dan pada aliran keluar nosel (*nozzle outlet*). Agar supaya keadaan ini selalu terjadi dalam praktek pengukuran, maka selama pengukuran aliran udara pada nosel dilakukan, tekanan di dalam reservoir seharusnya paling rendah 0.6 bar di bawah tekanan udara luar.

Pengukuran aliran udara dilaksanakan pada beberapa posisi pengangkatan jarum nosel. Pembentukan deposit yang menyebabkan terjadinya penyumbatan pada nosel injektor akan sangat berpengaruh terhadap kualitas semprotan bahan bakar terutama pada pengangkatan jarum nosel yang rendah (*low needle lift*).

Pengamatan kualitas semprotan bahan bakar dilaksanakan dengan menggunakan alat uji nosel injektor (*nozzle tester*). Pada saat tuas penekan ditekan secara tiba-tiba, maka nosel injektor akan menyemprotkan bahan bakar sesuai dengan keadaan yang terjadi di dalam silinder motor.

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan pada kecepatan tertentu dan posisi gigi persneling tertentu. Sedangkan pengukuran gaya tarik dan daya penuh dilaksanakan di atas Chassis Dynamometer pada beberapa kecepatan tertentu pada posisi gigi persneling 4 dengan posisi pompa injeksi bahan bakar berada pada posisi maksimum.

Pengukuran aliran udara dan pengamatan kualitas penyemprotan nosel injektor, pengukuran konsumsi bahan bakar, gaya tarik dan daya penuh dilakukan pada awal dan akhir uji jalan dengan jarak tempuh 15.000 km. Evaluasi hasil-hasil pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan hasil-hasil uji sebelum dan sesudah kendaraan digunakan untuk uji jalan.

III. SISTEM INJEKSI BAHAN BAKAR PADA MOTOR DIESEL

Menurut sistem injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar motor, maka motor diesel dibagi atas dua jenis, yaitu motor diesel injeksi tidak langsung dan motor diesel injeksi langsung.

A. Injeksi Tidak Langsung

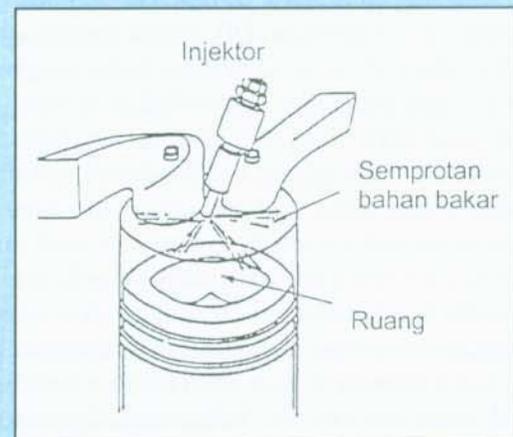
Pada motor diesel injeksi tidak langsung (*indirect injection, IDI*) ruang bakar terbagi menjadi dua bagian, sebagian di dalam kepala silinder dan sebagian lagi (ruang bakar utama) berada pada ruangan antara kepala silinder, dinding silinder dan puncak piston. Bagian pertama dapat memakai ruang bakar muka (*pre-combustion chamber*) atau ruang bakar pusaran (*swirl combustion chamber*).

Pada Gambar 1 dapat dilihat tata letak ruang bakar pusaran pada suatu motor diesel injeksi tidak langsung. Ruang kamar muka digunakan untuk menurunkan tingkat kenaikan tekanan yang tinggi di dalam silinder dengan demikian mengontrol kebisingan suara mesin sehingga jalannya lebih halus.

Bahan bakar tidak langsung diinjeksikan ke dalam ruang bakar utama, tetapi bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar muka atau ruang bakar pusaran dengan kecepatan tinggi dan berpusar, sehingga disebut injeksi tidak langsung. Dari ruang pusaran ini gas pembakaran mengalir ke dalam ruang bakar utama, membakar campuran bahan bakar udara dalam waktu yang singkat.



Gambar 1
Tata letak ruang pusaran pada motor diesel injeksi tidak langsung



Gambar 2
Tata letak ruang bakar pada motor diesel injeksi langsung

B. Injeksi Langsung

Pada Gambar 2 dapat dilihat tata letak ruang bakar pada suatu motor diesel injeksi langsung. Pada motor diesel injeksi langsung (*direct injection, DI*) ruang bakar tidak terbagi-bagi seperti pada motor die-

sel injeksi tidak langsung, ruang bakar ini berada pada ruangan antara kepala silinder, dinding silinder dan puncak piston.

Bahan bakar langsung diinjeksikan ke dalam ruang bakar utama, sehingga disebut injeksi langsung.

Ruang bakar pada motor diesel injeksi langsung juga disebut ruang bakar terbuka. Pada motor diesel jenis ini puncak piston dibuat berongga untuk mendapatkan pusaran udara yang baik. Deteriorasi kualitas semprotan nosel injektor dapat berpengaruh pada kebisingan suara mesin, daya, efisiensi dan emisi gas buang.

IV. BENTUK NOSEL INJEKTOR MOTOR DIESEL

Nosel injektor yang digunakan pada suatu motor diesel tergantung pada bentuk ruang bakarnya. Motor diesel injeksi langsung menggunakan nosel injektor yang berbeda dengan nosel injektor yang digunakan pada motor diesel injeksi tidak langsung.

A. Injeksi Tidak Langsung

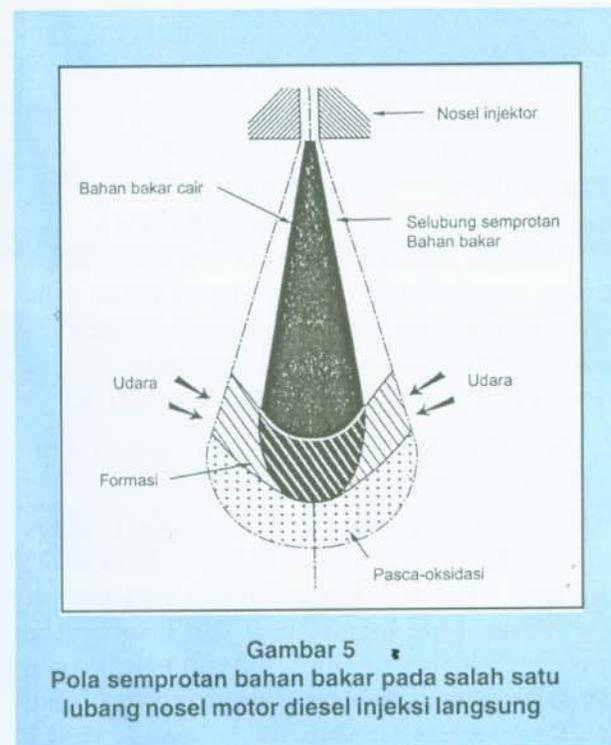
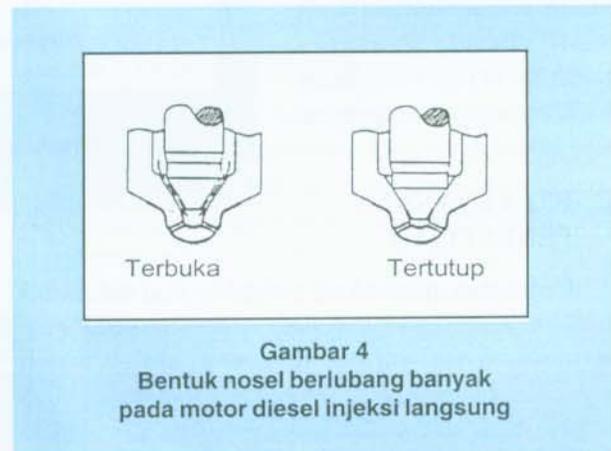
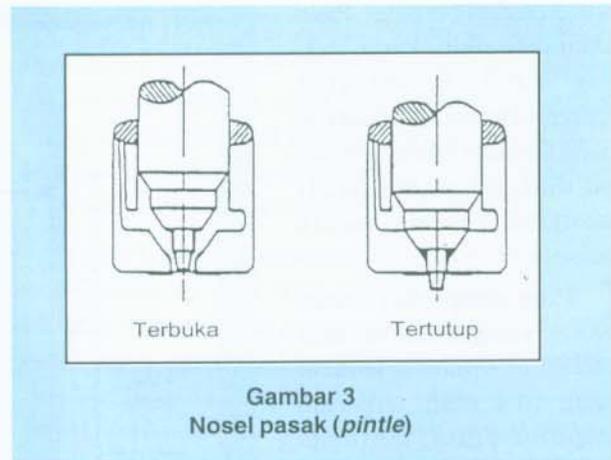
Motor diesel injeksi tidak langsung dengan ruang bakar turbulensi/pusaran menggunakan nosel injektor berlubang satu (*single hole nozzle injector*) atau nosel pasak (*pintle nozzle*). Pada Gambar 3, dapat dilihat bentuk nosel pasak yang digunakan pada suatu motor diesel injeksi tidak langsung.

B. Injeksi Langsung

Motor diesel injeksi langsung dengan ruang bakar terbuka biasanya menggunakan nosel injektor berlubang banyak (*multi holes nozzle injector*). Pada Gambar 4, dapat dilihat bentuk nosel berlubang banyak yang digunakan pada suatu motor diesel injeksi langsung.

Pada Gambar 5 ditunjukkan pola semprotan bahan bakar dari salah satu lubang nosel motor diesel injeksi langsung. Pada beberapa derajat sebelum titik mati atas (TMA) hingga beberapa derajat sesudah TMA suatu tekanan tertentu menyebabkan jarum nosel terangkat, nosel injektor mengeluarkan pancaran kabut bahan bakar cair ke dalam ruang bakar utama yang secara normal merupakan bentuk kerucut yang utuh, pancaran bahan bakar ini tercampur dengan udara panas lalu membentuk formasi campuran bahan bakar udara sehingga terjadi pembakaran.

Panas yang dihasilkan oleh pembakaran ini menaikkan tekanan gas di dalam silinder dan pada langkah kerja mendorong piston ke bawah sehingga



poros engkol berputar. Pada akhir satu siklus kerja, gas-gas hasil pembakaran (pasca-oksidasi) dikeluarkan pada langkah buang. Proses ini diulangi secara terus-menerus selama mesin bekerja.

Pola semprotan bahan bakar yang tidak normal berbentuk selubung kerucut yang tidak utuh, terpecah, terputus-putus sehingga bahan bakar keluar dalam bentuk tetesan-tetesan yang relatif besar. Pancaran bahan bakar juga harus lurus tidak terpuntir atau miring ke satu arah.

V. PELAKSANAAN PENELITIAN

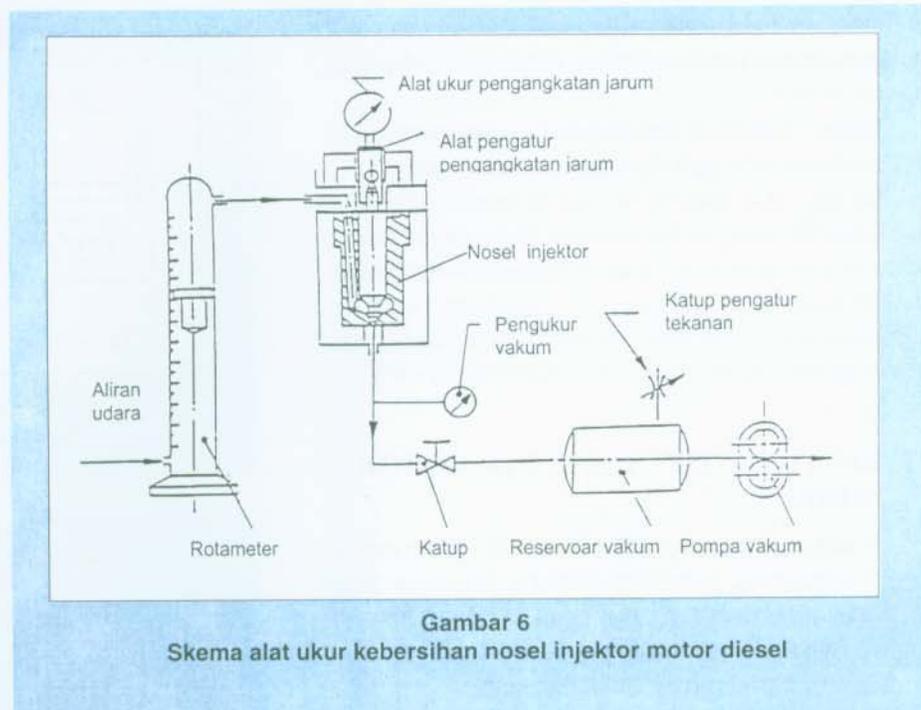
Penelitian dilakukan terhadap dua set nosel injektor yang digunakan pada sepasang kendaraan bermotor diesel injeksi langsung, setiap mesin kendaraan tersebut di atas menggunakan empat buah nosel injektor, data-data teknik mesin diesel kendaraan adalah sebagai berikut:

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| Jumlah silinder | : 4 buah |
| Jenis ruang bakar | : Ruang bakar terbuka |
| Volume langkah | : 2499 cc |
| Perbandingan kompresi | : 17,9:1 |
| Jenis nosel injektor | : Berlubang banyak |
| Tekanan injeksi | : 185 kg/cm ² |
| Waktu injeksi | : 10° Sebelum TMA |

Pasangan kendaraan tersebut di atas dijalankan dengan menggunakan dua jenis bahan bakar, yaitu salah satu kendaraan menggunakan minyak solar tanpa aditif STA dan pasangannya menggunakan minyak solar SEF yang mengandung aditif deterjen EF.

A. Pengukuran Kebersihan Nosel Injektor dan Pola Semprotannya

Pengukuran kebersihan nosel injektor dilakukan dengan menggunakan prosedur ISO 4010. Pada Gambar 6 dapat dilihat skema alat ukur kebersihan nosel injektor motor diesel, pengukuran kebersihan nosel injektor motor diesel dilakukan dengan mengukur debit aliran udara yang dialirkan melalui injektor motor diesel. Pompa vakum digunakan untuk



Gambar 6
Skema alat ukur kebersihan nosel injektor motor diesel

menurunkan tekanan udara di dalam reservoir vakum, aliran udara masuk ke dalam rotameter melalui nosel injektor kemudian ke reservoir vakum pada saat jarum nosel injektor terangkat karena adanya perbedaan tekanan antara udara luar dengan reservoir vakum. Pengukuran debit aliran udara dilakukan pada beberapa posisi pengangkatan jarum nosel dan debit aliran udara permenit dapat dibaca pada rotameter.

Pengamatan pola semprotan bahan bakar dilakukan pada alat uji nosel injektor, kualitas semprotan dapat dilihat secara visual. Semprotan bahan bakar yang terjadi adalah serupa dengan keadaan di dalam silinder motor. Pengukuran debit aliran udara dan pengamatan kualitas semprotan nosel injektor dilakukan pada saat pada awal (bersih) dan akhir uji jalan (kotor) dengan akumulasi jarak tempuh 15.000 km.

B. Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar, Gaya Tarik dan Daya Penuh

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan pada beberapa kecepatan tertentu pada posisi gigi persneling tertentu. Sedangkan pengukuran gaya tarik dan daya penuh dilaksanakan di atas Chassis Dynamometer pada beberapa kecepatan tertentu pada posisi gigi persneling 4 dengan posisi pompa injeksi bahan bakar berada pada posisi *throttle* maksimum.

Ini dilakukan pada awal dan akhir uji jalan. Evaluasi hasil-hasil pengukuran dilakukan dengan cara membandingkan hasil-hasil uji pada awal dan akhir uji jalan dengan akumulasi jarak tempuh 15.000 km.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

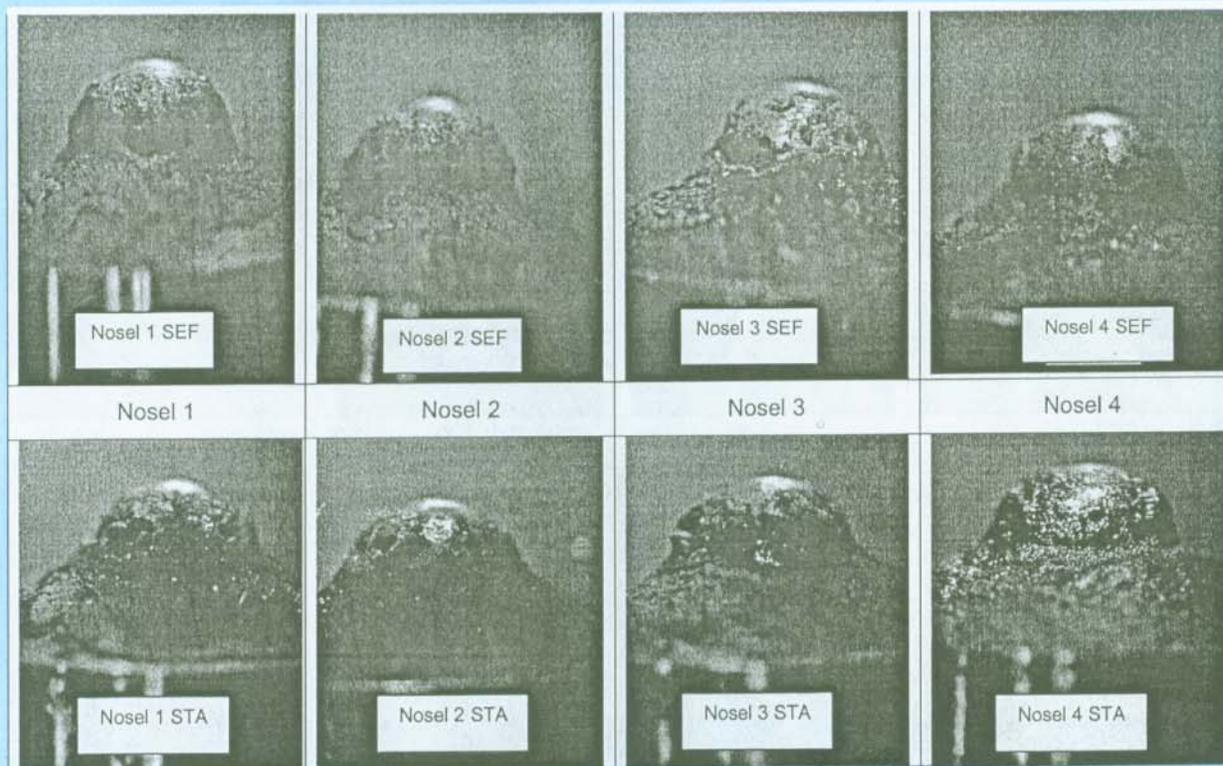
A. Kebersihan Nosel Injektor dan Pola Semprotannya

Hasil-hasil pengamatan visual kebersihan nosel injektor untuk minyak solar STA dan SEF disajikan pada Gambar 7. Dari hasil-hasil pengamatan visual tersebut terlihat bahwa pada nosel injektor untuk minyak solar STA terdapat deposit karbon berat pada nosel 1 dan 2 yang menutupi sebagian lubang-lubang nosel, pada nosel 3 terdapat banyak deposit karbon dan pada nosel 4 terdapat deposit ter yang menutup sebagian lubang-lubang nosel. Sedangkan pada nosel injektor untuk minyak solar SEF pada nosel 1 terdapat deposit karbon ringan dan lubang-lubang nosel bersih, pada nosel 2 terdapat lebih banyak deposit karbon dan lubang-lubang nosel bersih, pada nosel 3 dan 4 terdapat area bersih yang lebih luas.

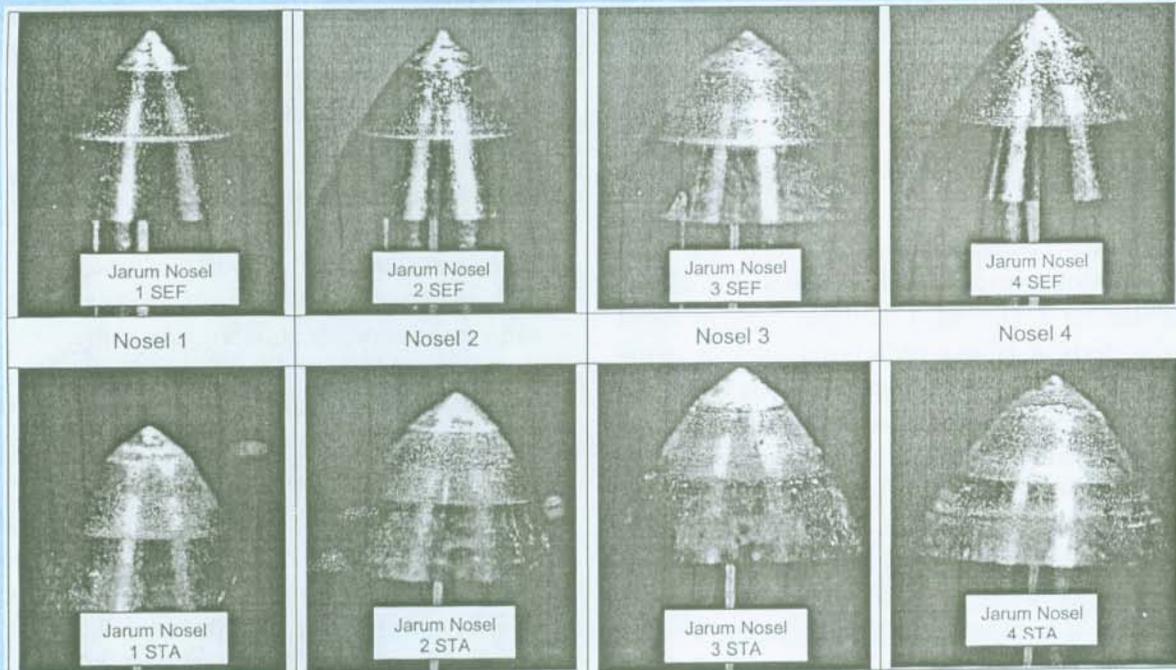
Semua nosel tidak menunjukkan adanya tanda-tanda kebocoran, nosel dalam keadaan yang baik dan mempunyai perapat yang baik selama pengujian. Pada permukaan nosel yang berada pada ruang bakar terdapat banyak deposit karbon untuk minyak solar STA dan lebih sedikit untuk minyak solar SEF.

Hasil-hasil pengamatan visual kebersihan jarum nosel untuk minyak STA dan SEF disajikan pada Gambar 8. Hasil-hasil pengamatan kebersihan jarum nosel untuk minyak STA terlihat pada jarum nosel 1 dan 4 terdapat pembentukan sedikit lak (*minor*), pada jarum nosel 2 pembentukan lak lebih banyak dan ada tanda-tanda korosi dan pada jarum nosel 3 terdapat banyak deposit karbon. Sedangkan pada jarum nosel untuk minyak solar SEF terlihat pada jarum nosel 1 sampai 4 terdapat pembentukan sedikit lak (*minor*).

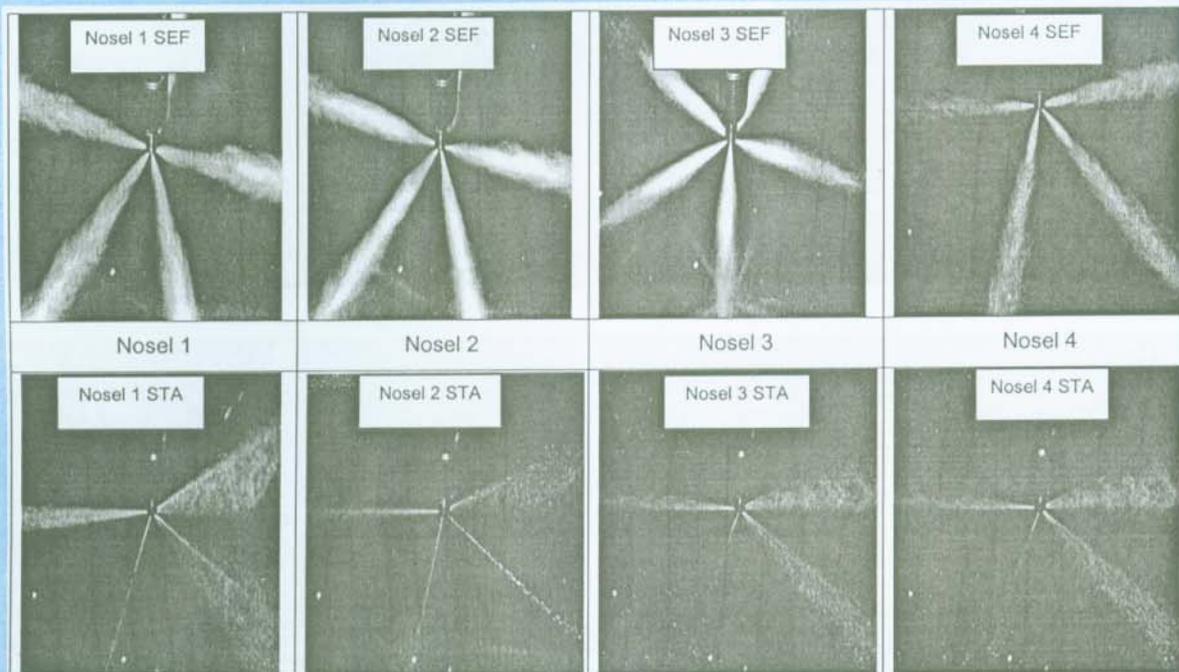
Pada jarum nosel tidak terdapat keausan, korosi, atau goresan yang berbahaya. Deposit untuk minyak solar STA lebih banyak dari pada untuk minyak solar SEF. Pada permukaan silinder pada sisi dudukan jarum nosel terdapat banyak pennis untuk minyak solar STA jauh lebih banyak daripada untuk minyak solar SEF.



Gambar 7
Hasil pengamatan kebersihan nosel injektor STA dan SEF setelah uji jalan 15.000 km



Gambar 8
Hasil pengamatan kebersihan jarum nosel injektor STA dan SEF setelah uji jalan 15.000 km



Gambar 9
Hasil pengujian pola injeksi nosel injektor STA dan SEF setelah uji jalan 15.000 km

Hasil-hasil pengukuran debit aliran udara nosel injektor pada awal dan akhir uji jalan untuk akumulasi jarak tempuh 15.000 km disajikan dalam Tabel 1 untuk minyak solar STA dan dalam Tabel 2 untuk minyak solar SEF. Dari hasil-hasil pengukuran debit aliran udara yang dilakukan pada beberapa posisi pengangkatan jarum nosel antara 0.05-0.50 mm, terlihat bahwa pada pengangkatan jarum nosel yang paling rendah 0.05 mm terjadi penurunan debit aliran udara yang paling tinggi dan pada pengangkatan jarum nosel yang paling tinggi 0.50 mm terjadi penurunan debit aliran udara yang paling rendah. Penurunan debit aliran udara ini menunjukkan penyumbatan yang terjadi pada nosel injektor yang disebabkan oleh terbentuknya deposit pada alur gerak jarum nosel. Penyumbatan rata-rata untuk masing-masing nosel injektor adalah bervariasi, untuk nosel injektor yang menggunakan minyak solar STA tertinggi pada nosel No.2, dan terendah pada nosel No.3 dan untuk yang menggunakan minyak solar SEF penyumbatan tertinggi pada nosel injektor No.4 dan terendah pada nosel injektor No. 1 dan 2.

Kalau diamati penyumbatan yang terjadi pada nosel injektor yang menggunakan minyak solar STA dan SEF, terlihat bahwa penyumbatan rata-rata untuk keempat nosel injektor untuk minyak solar STA adalah 14.3% dan penyumbatan rata-rata keempat nosel injektor untuk minyak solar SEF adalah 4.7%. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa penyumbatan nosel injektor untuk minyak solar STA lebih tinggi dari pada untuk minyak solar SEF atau nosel injektor untuk minyak solar SEF lebih bersih dari pada untuk minyak solar STA.

Grafik hubungan debit aliran udara pada nosel injektor dan penyumbatannya terhadap pengangkatan jarum nosel dapat dilihat pada grafik Tabel 1 untuk minyak solar STA dan pada grafik Tabel 2 untuk minyak solar SEF.

Pengaruh penyumbatan nosel injektor terhadap pola minyak solar STA dan SEF setelah kendaraan dioperasikan 15.000 km dapat dilihat pada Gambar 9. Dari gambar ini terlihat adanya perbedaan kualitas semprotan bahan bakar antara nosel injektor untuk minyak solar STA dan SEF pada akhir uji jalan. Pola semprotan bahan bakar untuk SEF pada akhir uji jalan kelihatan tetap berbentuk kerucut, lurus, tidak terpuntir dan tidak terputus-putus. Butir-butir bahan bakar halus dan tidak terdapat tetesan-tetes. Sedangkan untuk nosel injektor minyak solar STA

pada akhir uji jalan terlihat pada semprotan terdapat tetesan-tetes bahan bakar, arahnya ada yang tidak lurus. Perbedaan kualitas semprotan tersebut disebabkan oleh terjadinya penyumbatan nosel injektor seperti yang ditunjukkan oleh menurunnya debit aliran udara pada nosel injektor dan ini menunjukkan bahwa nosel injektor minyak solar SEF lebih bersih dari pada STA.

Mutu pembakaran di dalam ruang bakar motor diesel sangat tergantung pada kualitas semprotan bahan bakar, kuatnya pusaran dan tingginya temperatur pusaran. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas semprotan bahan bakar adalah terbentuknya deposit pada nosel injektor. Deposit yang terakumulasi dapat menyumbat nosel, sehingga semprotan bahan bakar ke dalam ruang bakar tidak berlangsung dengan baik.

Energi kinetis semprotan bahan bakar adalah fungsi dari penurunan tekanan pada orifis nosel, dan bersamaan dengan kerucut semprotan bahan bakar yang ditentukan oleh geometri nosel akan menghasilkan kecepatan bahan bakar yang menentukan area interaksi bahan bakar udara dan ukuran tetesan-tetes bahan bakar di dalam ruang bakar. Energi semprotan dipengaruhi oleh kecepatan pemasukan (*delivery rate*) bahan bakar dari pompa injeksi dan penampang aliran nosel injektor.

Apabila kualitas semprotan bahan bakar tidak baik, maka nosel injektor tersebut harus dibuka, kemudian katup jarum yang ada di dalam nosel dilepas dan bersihkan nosel dan jarum tersebut dengan solven yang bersih. Setelah itu pasang kembali setelah keduanya dibasahi dengan minyak solar. Kalau dalam pengujian nosel injektor yang telah dibersihkan tidak juga menghasilkan semprotan bahan bakar yang baik, maka nosel injektor tersebut harus diganti dengan yang baru.

B. Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar

Hasil-hasil pengukuran konsumsi bahan bakar disajikan dalam Tabel 3 untuk minyak solar STA dan dalam Tabel 4 untuk minyak solar SEF. Dari hasil-hasil pengukuran pada awal dan akhir uji jalan untuk akumulasi jarak tempuh 15.000 km seperti terlihat dalam tabel-tabel tersebut di atas terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar. Untuk minyak solar STA terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar rata-rata 11.1% dan untuk minyak solar SEF terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar rata-rata 4.6%. Hal ini

Tabel 1
Hasil pengukuran kebersihan nosel injektor bahan bakar STA

| Nosel | Needle lift (mm) | Debit udara (cm ³ /min) | | NB-NK (%) | Grafik debit aliran udara terhadap needle lift |
|---------------------|------------------|------------------------------------|-------|-----------|--|
| | | NB | NK | | |
| Nosel 1 | 0.05 | 665 | 523 | 21 | |
| | 0.10 | 1,052 | 846 | 20 | |
| | 0.15 | 1,219 | 987 | 19 | |
| | 0.20 | 1,307 | 1,096 | 16 | |
| | 0.25 | 1,330 | 1,133 | 15 | |
| | 0.30 | 1,374 | 1,184 | 14 | |
| | 0.35 | 1,379 | 1,212 | 12 | |
| | 0.40 | 1,396 | 1,244 | 11 | |
| | 0.46 | 1,402 | 1,272 | 9 | |
| | 0.50 | 1,407 | 1,295 | 8 | |
| Rata-rata nosel 1 | | | | 14.5 | |
| Nosel 2 | 0.05 | 643 | 493 | 23 | |
| | 0.10 | 1,075 | 842 | 22 | |
| | 0.15 | 1,241 | 987 | 20 | |
| | 0.20 | 1,318 | 1,070 | 19 | |
| | 0.25 | 1,363 | 1,117 | 18 | |
| | 0.30 | 1,396 | 1,160 | 17 | |
| | 0.35 | 1,418 | 1,225 | 14 | |
| | 0.40 | 1,429 | 1,305 | 9 | |
| | 0.46 | 1,435 | 1,326 | 8 | |
| | 0.50 | 1,436 | 1,376 | 4 | |
| Rata-rata nosel 2 | | | | 15.3 | |
| Nosel 3 | 0.05 | 656 | 520 | 21 | |
| | 0.10 | 1,086 | 884 | 19 | |
| | 0.15 | 1,267 | 1,045 | 18 | |
| | 0.20 | 1,385 | 1,155 | 17 | |
| | 0.25 | 1,440 | 1,210 | 16 | |
| | 0.30 | 1,485 | 1,283 | 14 | |
| | 0.35 | 1,496 | 1,315 | 12 | |
| | 0.40 | 1,507 | 1,384 | 8 | |
| | 0.46 | 1,512 | 1,407 | 7 | |
| | 0.50 | 1,518 | 1,435 | 5 | |
| Rata-rata nosel 3 | | | | 13.6 | |
| Nosel 4 | 0.05 | 664 | 531 | 20 | |
| | 0.10 | 1,052 | 855 | 19 | |
| | 0.15 | 1,241 | 1,020 | 18 | |
| | 0.20 | 1,352 | 1,130 | 16 | |
| | 0.25 | 1,407 | 1,195 | 15 | |
| | 0.30 | 1,429 | 1,225 | 14 | |
| | 0.35 | 1,440 | 1,252 | 13 | |
| | 0.40 | 1,451 | 1,290 | 11 | |
| | 0.46 | 1,468 | 1,365 | 7 | |
| | 0.50 | 1,473 | 1,386 | 6 | |
| Rata-rata nosel 4 | | | | 13.9 | |
| Rata-rata nosel 1-4 | | | | 14.3 | |

NB = Nosel bersih NK = Nosel kotor

Table 2
Hasil pengukuran kebersihan nosel injektor bahan bakar SEF

| Nosel | Needle lift (mm) | Debit udara (cm ³ /min) | | NB-NK (%) | Grafik debit aliran udara terhadap needle lift |
|---------------------|------------------|------------------------------------|-------|-----------|--|
| | | NB | NK | | |
| Nosel 1 | 0.05 | 665 | 602 | 9 | |
| | 0.10 | 1,163 | 1,075 | 8 | |
| | 0.15 | 1,429 | 1,330 | 7 | |
| | 0.20 | 1,540 | 1,468 | 5 | |
| | 0.25 | 1,596 | 1,543 | 3 | |
| | 0.30 | 1,607 | 1,567 | 2 | |
| | 0.35 | 1,651 | 1,618 | 2 | |
| | 0.40 | 1,662 | 1,640 | 1 | |
| | 0.45 | 1,673 | 1,651 | 1 | |
| | 0.50 | 1,684 | 1,662 | 1 | |
| Rata-rata nosel 1 | | | | 4.0 | |
| Nosel 2 | 0.05 | 754 | 660 | 12 | |
| | 0.10 | 1,119 | 1,041 | 7 | |
| | 0.15 | 1,307 | 1,243 | 5 | |
| | 0.20 | 1,374 | 1,330 | 3 | |
| | 0.25 | 1,418 | 1,385 | 2 | |
| | 0.30 | 1,440 | 1,418 | 2 | |
| | 0.35 | 1,465 | 1,429 | 2 | |
| | 0.40 | 1,474 | 1,440 | 2 | |
| | 0.45 | 1,485 | 1,452 | 2 | |
| | 0.50 | 1,496 | 1,467 | 2 | |
| Rata-rata nosel 2 | | | | 4.0 | |
| Nosel 3 | 0.05 | 615 | 551 | 10 | |
| | 0.10 | 1,154 | 1,075 | 7 | |
| | 0.15 | 1,352 | 1,270 | 6 | |
| | 0.20 | 1,453 | 1,374 | 5 | |
| | 0.25 | 1,507 | 1,425 | 5 | |
| | 0.30 | 1,529 | 1,468 | 4 | |
| | 0.35 | 1,551 | 1,489 | 4 | |
| | 0.40 | 1,562 | 1,515 | 3 | |
| | 0.45 | 1,568 | 1,540 | 2 | |
| | 0.50 | 1,573 | 1,546 | 2 | |
| Rata-rata nosel 3 | | | | 4.9 | |
| Nosel 4 | 0.05 | 711 | 625 | 12 | |
| | 0.10 | 1,108 | 1,004 | 9 | |
| | 0.15 | 1,307 | 1,207 | 8 | |
| | 0.20 | 1,418 | 1,325 | 7 | |
| | 0.25 | 1,474 | 1,389 | 6 | |
| | 0.30 | 1,485 | 1,402 | 6 | |
| | 0.35 | 1,518 | 1,463 | 4 | |
| | 0.40 | 1,529 | 1,485 | 3 | |
| | 0.45 | 1,540 | 1,496 | 3 | |
| | 0.50 | 1,554 | 1,505 | 3 | |
| Rata-rata nosel 4 | | | | 6.0 | |
| Rata-rata nosel 1-4 | | | | 4.7 | |

NB = Nosel bersih NK = Nosel kotor

Tabel 3
Hasil pengukuran konsumsi bahan bakar STA pada awal dan akhir uji jalan untuk jarak tempuh 15.000 km

| Kecepatan (km/jam) | Posisi gigi Persneling | Konsumsi bahan bakar STA | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------|
| | | N. bersih (ltr/100 km) | N. kotor (ltr/100 km) | Kenaikan (%) |
| 40 | 3 | 7.01 | 7.93 | 13.1 |
| 60 | 4 | 5.71 | 6.32 | 10.8 |
| 90 | 5 | 6.58 | 7.20 | 9.5 |
| Kenaikan rata-rata (%) | | | | 11.1 |

Catatan: - N. bersih adalah keadaan nosel sebelum digunakan
- N. kotor adalah keadaan nosel setelah digunakan untuk jarak tempuh 15.000 km

Tabel 4
Hasil pengukuran konsumsi bahan bakar SEF pada awal dan akhir uji jalan untuk jarak tempuh 15.000 km

| Kecepatan (km/jam) | Posisi gigi Persneling | Konsumsi bahan bakar SEF | | |
|--|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------|
| | | N. bersih (ltr/100 km) | N. kotor (ltr/100 km) | Kenaikan (%) |
| 40 | 3 | 7.45 | 7.86 | 5.5 |
| 60 | 4 | 6.86 | 7.12 | 3.8 |
| 90 | 5 | 6.94 | 7.26 | 4.6 |
| Kenaikan konsumsi bahan bakar rata-rata (%) | | | | 4.6 |

Catatan: - N. bersih adalah keadaan nosel sebelum digunakan
- N. kotor adalah keadaan nosel setelah digunakan untuk jarak tempuh 15.000 km

Tabel 5
Hasil pengukuran gaya tarik dan daya penuh bahan bakar STA
awal dan akhir uji jalan untuk jarak tempuh 15.000 km

| Kecepatan (km/jam) | Gaya tarik | | | Daya Penuh | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | N. bersih (N) | N. kotor (N) | Penurunan (%) | N. bersih (kW) | N. kotor (kW) | Penurunan (%) |
| 60 | 1,462 | 1,403 | 4.0 | 25.07 | 24.02 | 4.2 |
| 70 | 1,432 | 1,364 | 4.8 | 29.02 | 27.30 | 5.9 |
| 80 | 1,373 | 1,305 | 5.0 | 31.46 | 29.91 | 4.9 |
| 90 | 1,334 | 1,246 | 6.6 | 46.27 | 43.30 | 6.4 |
| 95 | 1,315 | 1,207 | 8.2 | 35.90 | 33.12 | 7.7 |
| 100 | 1,305 | 1,167 | 10.5 | 37.59 | 33.79 | 10.1 |
| 105 | 1,275 | 1,138 | 10.8 | 38.62 | 34.61 | 10.4 |
| 110 | 1,246 | 1,099 | 11.8 | 39.68 | 35.21 | 11.3 |
| 115 | 1,226 | 1,069 | 12.8 | 40.90 | 35.81 | 12.4 |
| 120 | 1,207 | 1,030 | 14.6 | 42.10 | 36.18 | 14.1 |
| 125 | 1,167 | 971 | 16.8 | 42.56 | 35.81 | 15.9 |
| 130 | 1,138 | 912 | 19.8 | 43.27 | 35.06 | 19.0 |
| 135 | 1,079 | 853 | 20.9 | 42.83 | 34.39 | 19.7 |
| 140 | 1,010 | 795 | 21.4 | 41.81 | 33.42 | 20.1 |
| Penurunan daya rata-rata (%) | | | 12.0 | | | 11.6 |

Catatan:

- N. bersih adalah keadaan nosel sebelum digunakan
- N. kotor adalah keadaan nosel setelah digunakan untuk jaran tempuh 15.000 km

Tabel 6
Hasil pengukuran gaya tarik dan daya penuh bahan bakar SEF
awal dan akhir uji jalan untuk jarak tempuh 15.000 km

| Kecepatan (km/jam) | Gaya tarik | | | Daya penuh | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | N. bersih (N) | N. kotor (N) | Penurunan (%) | N. bersih (kW) | N. kotor (kW) | Penurunan (%) |
| 60 | 1,560 | 1,453 | 6.8 | 26.71 | 24.60 | 7.9 |
| 70 | 1,521 | 1,414 | 7.0 | 30.35 | 28.10 | 7.4 |
| 80 | 1,452 | 1,354 | 6.7 | 33.20 | 30.80 | 7.2 |
| 90 | 1,393 | 1,295 | 7.0 | 35.99 | 33.50 | 6.9 |
| 95 | 1,373 | 1,276 | 7.1 | 37.45 | 35.04 | 6.4 |
| 100 | 1,364 | 1,265 | 7.2 | 39.23 | 36.60 | 6.7 |
| 105 | 1,344 | 1,247 | 7.2 | 40.63 | 37.80 | 7.0 |
| 110 | 1,305 | 1,217 | 6.7 | 41.48 | 38.50 | 7.2 |
| 115 | 1,265 | 1,178 | 6.9 | 42.15 | 39.50 | 6.3 |
| 120 | 1,246 | 1,159 | 7.0 | 43.40 | 40.50 | 6.7 |
| 125 | 1,226 | 1,140 | 7.0 | 44.60 | 41.60 | 6.7 |
| 130 | 1,207 | 1,130 | 6.4 | 45.74 | 43.00 | 6.0 |
| 135 | 1,177 | 1,100 | 6.6 | 46.51 | 43.50 | 6.5 |
| 140 | 1,109 | 1,024 | 7.6 | 45.62 | 42.80 | 6.2 |
| Penurunan daya rata-rata (%) | | | 7.0 | | | 6.8 |

Catatan:

- N. bersih adalah keadaan nosel sebelum digunakan
- N. kotor adalah keadaan nosel setelah digunakan untuk jaran tempuh 15.000 km

disebabkan oleh terjadinya sumbatan deposit pada nosel injektor, sehingga atomisasi bahan bakar tidak berlangsung dengan baik, terdapat tetesan-tetesan bahan bakar pada saat penyemprotan. Tetesan-tetesan ini tidak tercampur dengan baik dengan udara sehingga pembakarannya tidak berlangsung dengan sempurna. Hasil-hasil ini menunjukkan efek pemakaian aditif terhadap konsumsi bahan bakar adalah 6.5%.

C. Pengukuran Gaya Tarik dan Daya Penuh

Hasil-hasil pengukuran gaya tarik dan daya penuh pada awal dan akhir uji jalan disajikan dalam Tabel 5 untuk minyak solar STA dan dalam Tabel 6 untuk minyak solar SEF. Dari hasil-hasil pengukuran gaya tarik dan daya motor tersebut di atas terlihat adanya penurunan gaya tarik dan daya motor. Untuk minyak solar STA terjadi penurunan gaya tarik sebesar 12.0% dan daya penuh sebesar 11.6%, sedangkan untuk minyak solar SEF terjadi penurunan gaya tarik sebesar 7.0% dan daya penuh sebesar 6.8%. Hal ini disebabkan oleh terjadinya sumbatan deposit pada nosel injektor, sehingga atomisasi bahan bakar tidak berlangsung dengan baik, terdapat tetesan-tetesan bahan bakar pada saat penyemprotan. Tetesan-tetesan ini tidak tercampur dengan baik dengan udara sehingga pembakarannya tidak berlangsung dengan sempurna.

VII. KESIMPULAN

Dari hasil-hasil pengujian kebersihan nosel injektor dengan menggunakan dua jenis minyak solar yang mempunyai sifat-sifat deterjensi yang berbeda, yaitu minyak solar STA yang tidak mengandung aditif dan minyak solar SEF yang mengandung aditif EF dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut bahwa nosel injektor untuk minyak solar SEF lebih bersih dari pada nosel injektor untuk minyak solar STA. Terjadinya pengotoran nosel injektor ini memberikan efek terhadap:

- Pola dan kualitas semprotan bahan bakar menjadi tidak normal, terjadi tetesan-tetesan bahan bakar sehingga pencampuran bahan bakar udara tidak

terlaksana dengan baik dan sebagian bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna.

- Penurunan gaya tarik sebesar 12.0% dan daya penuh 11.6% untuk minyak solar STA dan penurunan gaya tarik sebesar 7.0% dan daya penuh 6.8% untuk minyak solar SEF.
- Kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar 11.1% untuk minyak solar STA dan 4.6% untuk minyak solar SEF, ini menunjukkan efek pemakaian aditif terhadap konsumsi bahan bakar adalah 6.5%.

KEPUSTAKAAN

1. Octel, 1995, Diesel Injector Nozzle Air Flow Measuring Rig Construction details ISO 4010, The Associated Octel Company Ltd., Milton Keynes, Inggris.
2. Bosch, 1993, Automotive Handbook, 3rd Edition, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Jerman.
3. D.L.E. Dale, Dr.P. Richards, M.W. Rush, D. Williams, 1993, Understanding the Benefits of Detergents and Ignition Improvers in Diesel Fuel, The Associated Octel Company Ltd., Milton Keynes, Inggris.
4. M.W. Vincent, M.J. Papachristos, D. Williams, J. Burton, 1994, Diesel Fuel Detergent Additive, Performance and Assessment, The Associated Octel Company Ltd., Milton Keynes, Inggris.
5. Keith Owen dan Trevor Coley, 1995, Automotive Fuels Reference Book, Edisi Kedua, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Amerika Serikat.
6. Wiranto Arismunandar, Koichi Tsuda, 1975, Motor Diesel Putaran Tinggi, Pradnya Paramita, Jakarta.
7. SAE Handbook, Jilid 3, 1986, Engines, Fuels, Lubricants, Emission & Noise, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Amerika Serikat. •