

Analisis Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar Solar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Kepekatan Asap Gas Buang pada Mesin Diesel Isuzu Panther

Tri Mumiati

Mechanical Engineering Department and Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal

E-mail : trimurniati7885@gmail.com

Abstract

Diesel engines are widely used due to their high thermal efficiency and fuel economy. However, incomplete combustion often results in increased fuel consumption and excessive exhaust smoke emissions. One method to improve combustion quality is by preheating diesel fuel before it enters the injection pump. This study aims to analyze the effect of diesel fuel preheating through the upper radiator tank on fuel consumption and exhaust smoke opacity in an Isuzu Panther diesel engine. The experimental method was employed by varying the fuel heating pipe lengths of 0.45 m, 0.90 m, and 1.35 m. Engine speed was varied at 1000, 1500, 2000, 2500, and 3000 rpm with nozzle injection pressures of 100, 110, and 120 kg/cm². Fuel consumption was determined from the time required to consume 20 cc of diesel fuel, while smoke opacity was measured using a smoke tester. The results indicate that fuel preheating significantly improves combustion quality by reducing fuel viscosity, producing finer fuel atomization, lowering fuel consumption, and decreasing exhaust smoke opacity. The best performance was achieved using a 1.35 m heating pipe and an injection pressure of 120 kg/cm², producing the lowest smoke opacity of 0.38 K-m and the most efficient fuel consumption. These findings demonstrate that fuel preheating can serve as a practical and economical method for improving diesel engine efficiency while reducing exhaust emissions.

Keywords: Diesel Engine, Fuel Preheating, Diesel Fuel, Fuel Consumption, Smoke Opacity.

Abstrak

Mesin diesel merupakan salah satu jenis mesin pembakaran dalam yang banyak digunakan karena memiliki efisiensi termal yang tinggi serta konsumsi bahan bakar yang relatif lebih hemat dibandingkan mesin bensin. Namun demikian, proses pembakaran yang tidak sempurna masih menjadi salah satu penyebab meningkatnya konsumsi bahan bakar dan tingginya emisi asap gas buang. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas pembakaran adalah melakukan pemanasan bahan bakar sebelum proses injeksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan bahan bakar solar melalui upper tank radiator terhadap konsumsi bahan bakar dan kepekatan asap gas buang pada mesin diesel Isuzu Panther. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan variasi panjang pipa pemanas sebesar 0,45 m, 0,90 m, dan 1,35 m. Pengujian dilakukan pada putaran mesin 1000, 1500, 2000, 2500, dan 3000 rpm serta tekanan injeksi nosel 100, 110, dan 120 kg/cm². Konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan 20 cc solar, sedangkan kepekatan asap diukur menggunakan smoke tester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanasan bahan bakar mampu menurunkan viskositas solar sehingga proses atomisasi menjadi lebih baik dan pembakaran berlangsung lebih sempurna. Kondisi optimum diperoleh pada panjang saluran pemanas 1,35 meter dengan tekanan injeksi 120 kg/cm² yang menghasilkan konsumsi bahan bakar paling hemat serta nilai kepekatan asap sebesar 0,38 K-m⁻¹. Dengan demikian, pemanasan bahan bakar dapat menjadi alternatif sederhana untuk meningkatkan efisiensi mesin diesel sekaligus menurunkan emisi gas buang.

Kata Kunci: Mesin Diesel, Pemanasan Bahan Bakar, Solar, Konsumsi Bahan Bakar, Kepekatan Asap Gas Buang.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi mesin diesel terus mengalami peningkatan seiring dengan kebutuhan akan mesin yang memiliki efisiensi tinggi, konsumsi bahan bakar rendah, serta emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan. Mesin diesel banyak digunakan pada kendaraan penumpang, kendaraan niaga, alat berat, maupun sektor industri karena memiliki efisiensi termal yang lebih baik dibandingkan mesin bensin. Meskipun demikian, proses pembakaran pada mesin diesel masih menghadapi berbagai kendala, terutama yang berkaitan dengan kualitas atomisasi bahan bakar, homogenitas campuran udara dan bahan bakar, serta terbentuknya emisi partikulat berupa asap hitam.

Pembakaran yang tidak sempurna menyebabkan sebagian bahan bakar tidak terbakar secara optimal sehingga meningkatkan konsumsi bahan bakar sekaligus menghasilkan emisi gas buang yang lebih tinggi. Asap hitam yang dihasilkan mesin diesel merupakan salah satu indikator terjadinya pembakaran yang kurang sempurna dan mengandung partikel karbon yang dapat mencemari lingkungan. Selain itu, meningkatnya harga bahan bakar minyak dan tuntutan terhadap pengurangan emisi mendorong perlunya upaya peningkatan efisiensi pembakaran melalui berbagai metode modifikasi sistem bahan bakar.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (experimental research) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan bahan bakar solar melalui *upper tank radiator* terhadap konsumsi bahan bakar dan kepekatan asap gas buang pada mesin diesel Isuzu Panther. Metode eksperimen dipilih karena memungkinkan peneliti melakukan perlakuan terhadap variabel bebas serta mengamati perubahan yang terjadi pada variabel terikat dengan mengendalikan faktor-faktor lain yang memengaruhi hasil penelitian.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Bina Tunggal. Seluruh rangkaian pengujian dilakukan setelah mesin berada pada kondisi kerja normal agar data yang diperoleh lebih konsisten dan representatif.

Objek Penelitian

Objek penelitian adalah mesin diesel Isuzu Panther tipe C223 dengan sistem pembakaran Swirl Chamber Type (Indirect Injection). Mesin yang digunakan memiliki empat silinder dengan kapasitas silinder 2.238 cc dan menggunakan sistem pompa injeksi tipe Bosch Distributor VE. Penelitian difokuskan pada sistem pemanasan bahan bakar sebelum memasuki pompa injeksi dengan memanfaatkan panas dari *upper tank radiator*.

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian terdiri atas tiga jenis, yaitu sebagai berikut.

a. Variabel Bebas (Independent Variable)

Variabel bebas merupakan variabel yang diberikan perlakuan selama penelitian, yaitu panjang saluran pemanas bahan bakar yang dipasang pada *upper tank radiator*, meliputi:

1. Panjang pipa 0,45 meter
2. Panjang pipa 0,90 meter
3. Panjang pipa 1,35 meter

Perbedaan panjang saluran pemanas digunakan untuk menghasilkan variasi temperatur bahan bakar sebelum memasuki pompa injeksi.

b. Variabel Terikat (Dependent Variable)

Variabel terikat merupakan variabel yang diamati sebagai akibat dari perlakuan yang diberikan, yaitu:

1. Konsumsi bahan bakar solar.
2. Kepekatan asap gas buang (Smoke Opacity).

c. Variabel Kontrol

Untuk menjaga konsistensi hasil penelitian, beberapa variabel dikendalikan selama proses pengujian, yaitu:

1. Tekanan injeksi nosel sebesar **100 kg/cm², 110 kg/cm², dan 120 kg/cm²**.
2. Putaran mesin **1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm**.
3. Suhu air radiator dipertahankan pada kisaran **80–90°C**.

Alat Dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

1. Mesin diesel Isuzu Panther tipe C223.
2. Stopwatch untuk mengukur waktu konsumsi bahan bakar.
3. Smoke Tester untuk mengukur tingkat kepekatan asap gas buang.
4. Tachometer untuk mengukur putaran mesin.
5. Nozzle Pressure Gauge untuk mengukur tekanan injeksi nosel.
6. Compression Tester.
7. Water/Oil Temperature Gauge.
8. Thermocouple untuk mengukur temperatur bahan bakar.
9. Gelas ukur.
10. Tool set dan lembar observasi.

Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas bahan bakar solar, radiator yang telah dimodifikasi dengan pipa tembaga sebagai saluran pemanas, serta mesin diesel Isuzu Panther sebagai objek pengujian.

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut.

1. Mempersiapkan seluruh alat dan bahan penelitian.
2. Melakukan *tune-up* mesin sesuai spesifikasi pabrik.
3. Menyalakan mesin hingga mencapai temperatur kerja normal.
4. Mengatur tekanan injeksi nosel sesuai variasi yang telah ditentukan.
5. Mengatur panjang saluran pemanas bahan bakar pada *upper tank radiator*.
6. Menjaga temperatur air radiator pada kisaran **80–90°C** selama pengujian.
7. Mengatur putaran mesin pada 1000, 1500, 2000, 2500, dan 3000 rpm.
8. Mengukur temperatur bahan bakar sebelum memasuki pompa injeksi menggunakan thermocouple.
9. Mengukur waktu yang diperlukan untuk menghabiskan **20 cc** bahan bakar sebagai dasar perhitungan konsumsi bahan bakar.
10. Mengukur kepekatan asap gas buang menggunakan *Smoke Tester* pada setiap variasi perlakuan.
11. Mencatat seluruh hasil pengujian pada lembar observasi untuk dianalisis lebih lanjut.

Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui pengujian langsung terhadap mesin diesel dengan metode eksperimen. Data yang dikumpulkan meliputi waktu konsumsi bahan bakar untuk volume 20 cc pada setiap variasi perlakuan serta nilai kepekatan asap gas buang yang diukur menggunakan *Smoke Tester*. Seluruh pengujian dilakukan pada kondisi operasi yang sama sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara objektif.

Teknik Analisis Data

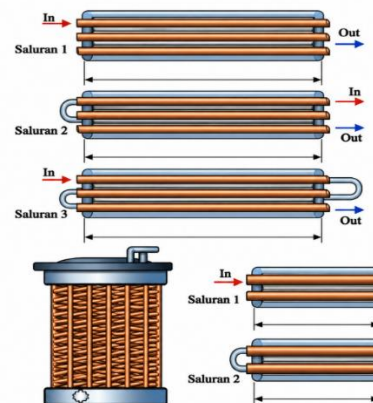
Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif. Nilai konsumsi bahan bakar dihitung berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan volume bahan bakar tertentu, kemudian dibandingkan pada setiap variasi panjang saluran pemanas, tekanan injeksi, dan putaran mesin. Selanjutnya, nilai kepekatan asap gas buang dianalisis untuk mengetahui pengaruh pemanasan bahan bakar terhadap kualitas pembakaran mesin diesel. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sehingga memudahkan interpretasi terhadap pengaruh setiap perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik Analisis Data

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan bahan bakar solar melalui *upper tank radiator* terhadap konsumsi bahan bakar dan kepekatan asap gas buang pada mesin diesel Isuzu Panther. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan panjang saluran pemanas bahan bakar yaitu 0,45 meter, 0,90 meter, dan 1,35 meter, serta tekanan injeksi nosel sebesar 100 kg/cm², 110 kg/cm², dan 120 kg/cm². Setiap pengujian dilakukan pada putaran mesin 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm, dan 3000 rpm. Data yang diperoleh berupa waktu konsumsi bahan bakar untuk volume 20 cc solar dan nilai kepekatan asap gas buang yang diukur menggunakan *Smoke Tester*.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kecenderungan bahwa peningkatan panjang saluran pemanas menyebabkan temperatur bahan bakar meningkat sebelum memasuki pompa injeksi. Kenaikan temperatur tersebut menurunkan viskositas solar sehingga proses pengkabutan (*atomization*) menjadi lebih baik. Akibatnya, pembakaran berlangsung lebih sempurna yang ditunjukkan oleh menurunnya konsumsi bahan bakar dan rendahnya nilai kepekatan asap gas buang. Rancangan sistem pemanasan bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Rancangan saluran pemanasan bahan bakar

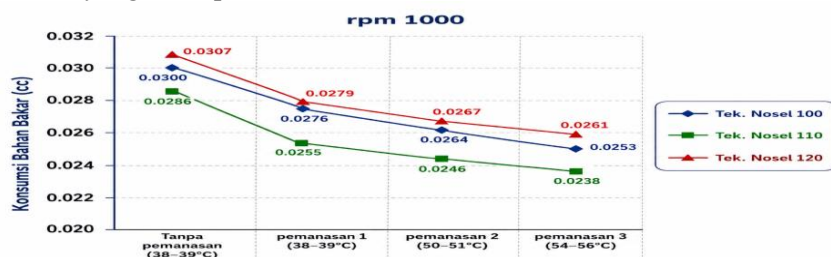
Gambar 1 menunjukkan rancangan saluran pemanasan bahan bakar yang memanfaatkan panas dari *upper tank radiator*. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan temperatur bahan bakar sebelum memasuki pompa injeksi sehingga viskositas solar menurun dan proses atomisasi menjadi lebih baik.

Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar pada putaran 1000 rpm

Tekanan Injeksi Nose 1 (kg/cm ²)	Konsumsi Bahan Bakar (cc)											
	Tanpa Pemanasan (38-39°C)			Saluran pemanasan 1 (46-47°C)			Saluran pemanasan 2 (50-51 °C)			Saluran pemanasan 3 (54-56°C)		
	Waktu menit	rerata	V (cc)	Waktu menit	rerata	V (cc)	Waktu menit	rerata	V (cc)	Waktu menit	rerata	V (cc)
IOO	1.20.47	1.20.58	0.0300	1.30.32	1.27.57	0.0276	1.34.48	1.31.4	0.0264	1.31.44	1.35.79	0.0253
	1.20.69			1.27.65			1.29.14			1.40.14		
	1.20.58			1.25.83			1.31.48			1.35.60		
110	1.24.55	1.24.60	0.0286	1.34.98	1.34.70	0.0255	1.40.00	1.38.9	0.0245	1.45.59	1.41.30	0.0238
	1.25.43			1.33.90			1.36.37			1.37.00		
	1.23.67			1.36.05			1.38.68			1.41.29		
120	1.19.07	1.18.25	0.0307	1.26.22	1.28.55	0.0273	1.26.22	1.30.07	0.0267	1.33.03	1.32.22	0.0261
	1.17.02			1.28.40			1.33.95			1.30.84		
	1.18.05			1.30.57			1.30.08			1.32.44		

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanasan bahan bakar memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel. Pada seluruh variasi putaran mesin, penggunaan saluran pemanas yang lebih panjang menghasilkan waktu konsumsi bahan bakar yang lebih lama untuk menghabiskan volume solar yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar menjadi lebih hemat dibandingkan kondisi tanpa pemanasan atau dengan saluran pemanas yang lebih pendek.

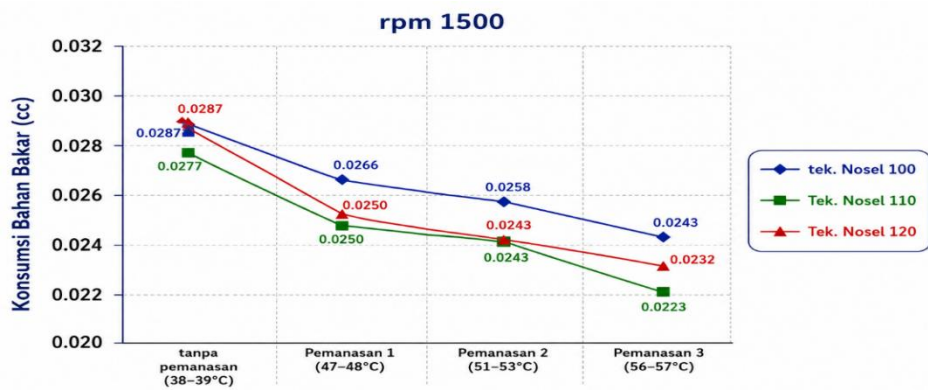


Grafik 1. Hubungan konsumsi Bahan Bakar terhadap Variasi Pemanasan Bahan Bakar pada Putaran 1000 rpm

Ini Adalah table Hasil pengujian pada putaran 1500 rpm disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar pada putaran 1500 rpm

Tekanan Injeksi Nozel (kg/cm ²)	Konsumsi Bahan Bakar (cc)											
	Tanpa Pemanasan (38-39°C)			Saluran pemanasan 1 (47-48°C)			Saluran pemanasan 2 (51-53°C)			Saluran pemanasan 3 (56-57°C)		
	Waktu (menit)	rerata	V (cc)	Waktu (menit)	rerata	V (cc)	Waktu (menit)	rerata	V (cc)	Waktu (menit)	rerata	V (cc)
100	0.56.85	0.56.60	0.0287	1.02.02	1.01.57	0.0267	1.02.29	1.02.99	0.0258	1.05.89	1.06.10	0.0243
	0.56.44			0.59.71			1.02.20			1.06.96		
	0.56.65			1.00.87			1.03.78			1.06.46		
110	1.00.87	0.58.80	0.0277	1.01.65	1.00.45	0.0266	1.06.46	1.06.91	0.0243	1.15.96	1.12.99	0.0223
	0.56.77			0.58.60			1.19.96			1.08.73		
	0.58.82			1.00.03			1.07.91			1.12.80		
120	0.59.11	0.58.92	0.0277	1.03.65	1.04.41	0.0250	1.06.04	1.06.10	0.0243	1.13.12	1.08.99	0.0232
	0.57.46			1.05.16			1.05.41			1.05.46		
	0.58.78			1.04.40			1.06.66			1.09.29		



Grafik 2. Hubungan konsumsi Bahan Bakar terhadap Variasi Pemanasan Bahan Bakar pada Putaran 1500 rpm

Fenomena tersebut terjadi karena pemanasan bahan bakar menyebabkan viskositas solar menurun. Solar yang memiliki viskositas lebih rendah akan lebih mudah diatomisasikan oleh nosel injeksi sehingga menghasilkan butiran bahan bakar yang lebih halus. Butiran bahan bakar yang lebih kecil memiliki luas permukaan lebih besar sehingga proses pencampuran dengan udara menjadi lebih homogen. Kondisi ini meningkatkan efisiensi pembakaran dan menghasilkan energi yang lebih optimal dari jumlah bahan bakar yang sama.

Selain itu, peningkatan temperatur bahan bakar juga mempercepat proses penguapan (*evaporation*) ketika bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Penguapan yang lebih cepat memperpendek waktu pembakaran (*ignition delay*) sehingga proses pembakaran berlangsung lebih stabil dan menghasilkan daya yang lebih baik dengan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah.

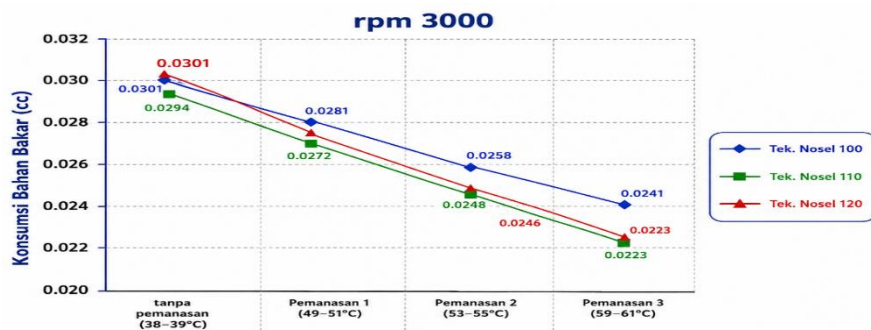
Dari seluruh variasi pengujian, kondisi paling optimal diperoleh pada penggunaan saluran pemanas sepanjang **1,35 meter** dengan tekanan injeksi **120 kg/cm²**. Kombinasi tersebut menghasilkan konsumsi bahan bakar paling rendah dibandingkan variasi lainnya karena proses atomisasi berlangsung lebih sempurna.

Pengaruh Pemanasan Bahan Bakar terhadap Kepekatan Asap Gas Buang

Kepekatan asap gas buang merupakan salah satu indikator kualitas proses pembakaran pada mesin diesel. Semakin rendah nilai kepekatan asap, semakin sempurna proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur bahan bakar melalui pemanasan menyebabkan nilai kepekatan asap mengalami penurunan pada seluruh variasi putaran mesin. Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik proses pembakaran maka jumlah partikel karbon yang tidak terbakar (*unburned carbon*) semakin sedikit sehingga asap hitam yang dihasilkan juga semakin rendah.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kepekatan Asap Gas Buang

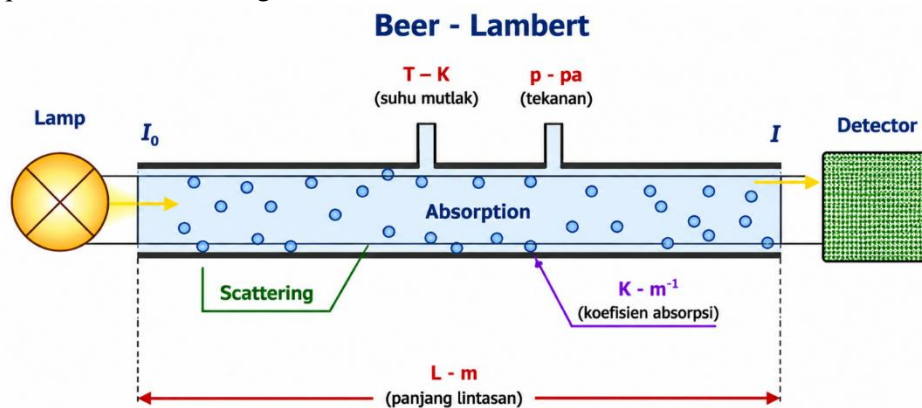
Tekanan Injeksi Nosel (kg/cm ²)	Konsumsi Bahan Bakar (cc)							
	Tanpa Pemanasan (38-39°C)		Saluran 1 (49-51 °C)		Saluran 2 (53-55°C)		Saluran 3 (59-61 °C)	
	data	rerata	data	rerata	data	rerata	data	rerata
100	0.43	0.426	0.39	0.410	0.39	0.396	0.39	0.386
	0.44		0.40		0.40		0.38	
	0.41		0.44		0.40		0.39	
110*	0.45	0.420	0.44	0.403	0.35	0.393	0.38	0.383
	0.43		0.38		0.43		0.38	
	0.38		0.39		0.40		0.39	
120	0.40	0.413	0.40	0.400	0.39	0.390	0.37	0.380
	0.42		0.39		0.43		0.38	
	0.42		0.41		0.35		0.39	



Grafik 2. Hubungan Kepekatan Asap Gas Buang Terhadap Variasi Pemanasan Bahan Bakar

Penurunan kepekatan asap terjadi karena bahan bakar yang telah dipanaskan lebih mudah bercampur dengan udara selama proses kompresi. Campuran udara dan bahan bakar yang homogen menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna sehingga pembentukan jelaga (*soot*) dapat diminimalkan. Selain itu, tekanan injeksi yang lebih tinggi menghasilkan ukuran butiran bahan bakar yang semakin kecil sehingga proses pembakaran berlangsung lebih efektif.

Nilai kepekatan asap terendah diperoleh pada penggunaan saluran pemanas sepanjang **1,35 meter** dengan tekanan injeksi **120 kg/cm²**, yaitu sebesar **0,38 K-m⁻¹**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kombinasi pemanasan bahan bakar dan peningkatan tekanan injeksi mampu meningkatkan kualitas pembakaran secara signifikan.



Gambar 2. prinsip pengukuran opasitas (Emission of Diesel Vehicles, Sales Meeting 2000, 0500-12)

Hasil penelitian membuktikan bahwa pemanasan bahan bakar sebelum proses injeksi memberikan pengaruh positif terhadap performa mesin diesel. Pemanasan bahan bakar mampu menurunkan viskositas solar sehingga proses atomisasi menjadi lebih baik. Atomisasi yang baik menghasilkan distribusi bahan bakar yang lebih merata di dalam ruang bakar sehingga pembakaran berlangsung lebih sempurna.

Secara teoritis, viskositas bahan bakar merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi kualitas pengkabutan pada mesin diesel. Semakin rendah viskositas bahan bakar, semakin kecil ukuran droplet yang dihasilkan oleh nosel injeksi. Droplet yang lebih kecil akan lebih mudah menguap dan bercampur dengan udara sehingga mempercepat proses pembakaran. Kondisi tersebut meningkatkan efisiensi termal mesin sekaligus mengurangi kehilangan energi akibat pembakaran yang tidak sempurna.

Selain meningkatkan efisiensi pembakaran, pemanasan bahan bakar juga memberikan dampak positif terhadap aspek lingkungan. Penurunan nilai kepekatan asap menunjukkan bahwa emisi partikulat yang dihasilkan mesin diesel menjadi lebih rendah. Dengan demikian, metode pemanasan bahan bakar menggunakan *upper tank radiator* dapat dijadikan salah satu alternatif modifikasi sederhana yang

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori motor diesel yang menyatakan bahwa kualitas atomisasi bahan bakar sangat dipengaruhi oleh temperatur dan viskositas bahan bakar. Semakin tinggi temperatur bahan bakar dalam batas yang diizinkan, semakin baik proses pengkabutan sehingga efisiensi pembakaran meningkat dan emisi gas buang menurun. Oleh karena itu, pemanfaatan panas dari *upper tank radiator* dapat menjadi solusi yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan untuk meningkatkan efisiensi operasional mesin diesel, khususnya pada kendaraan yang menggunakan sistem injeksi mekanis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh pemanasan bahan bakar solar melalui *upper tank radiator* terhadap konsumsi bahan bakar dan kepekatan asap gas buang pada mesin diesel Isuzu Panther, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Pemanasan bahan bakar solar sebelum memasuki pompa injeksi terbukti memberikan pengaruh positif terhadap efisiensi pembakaran pada mesin diesel Isuzu Panther. Peningkatan temperatur bahan bakar menyebabkan viskositas solar menurun sehingga proses atomisasi menjadi lebih baik dan campuran udara–bahan bakar lebih homogen. Kondisi tersebut menghasilkan proses pembakaran yang lebih sempurna.
- b. Penggunaan saluran pemanas bahan bakar dengan panjang **0,45 meter**, **0,90 meter**, dan **1,35 meter** menunjukkan adanya pengaruh terhadap konsumsi bahan bakar. Semakin panjang saluran pemanas yang digunakan, semakin tinggi temperatur bahan bakar yang diperoleh sehingga konsumsi bahan bakar cenderung semakin hemat pada seluruh variasi putaran mesin yang diuji.
- c. Pemanasan bahan bakar juga berpengaruh terhadap penurunan kepekatan asap gas buang. Penurunan viskositas bahan bakar menghasilkan proses pembakaran yang lebih sempurna sehingga jumlah partikel karbon yang tidak terbakar menjadi lebih sedikit. Hal ini ditunjukkan dengan semakin rendahnya nilai kepekatan asap pada setiap variasi pemanasan bahan bakar.
- d. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi terbaik diperoleh pada penggunaan saluran pemanas sepanjang **1,35 meter** dengan tekanan injeksi nosel **120 kg/cm²**. Pada kondisi tersebut diperoleh konsumsi bahan bakar yang paling efisien serta nilai kepekatan asap gas buang terendah sebesar **0,38 K-m⁻¹**, sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi tersebut menghasilkan kualitas pembakaran yang paling optimal.
- e. Pemanfaatan panas dari *upper tank radiator* sebagai media pemanas bahan bakar merupakan metode yang sederhana, ekonomis, dan mudah diterapkan pada mesin diesel konvensional. Metode ini berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar sekaligus mengurangi emisi gas buang tanpa memerlukan modifikasi besar pada sistem mesin.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi temperatur pemanasan bahan bakar yang lebih beragam sehingga dapat diketahui temperatur optimum untuk memperoleh efisiensi pembakaran terbaik.
2. Pengujian dapat dikembangkan dengan menggunakan jenis mesin diesel lain, baik sistem injeksi mekanis maupun **common rail**, sehingga hasil penelitian dapat dibandingkan pada teknologi mesin yang berbeda.
3. Selain mengukur konsumsi bahan bakar dan kepekatan asap gas buang, penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter performa mesin seperti daya, torsi, efisiensi termal, serta emisi gas buang lainnya seperti CO, HC, NOx, dan CO₂ agar diperoleh analisis yang lebih komprehensif.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai ketahanan dan keamanan sistem pemanas bahan bakar dalam penggunaan jangka panjang untuk mengetahui pengaruhnya terhadap umur komponen sistem bahan bakar serta keandalan mesin diesel.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. 1998. *Pedoman Untuk Mencari Sumber Kerusakan, Me raw at, dan Menjalankan Kendaraan Bermotor*. Jakarta : Pradnya Param ita.
- Arismunandar, Wiranto & Koichi Tsuda.2002. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Haryono, G. 1984. *Mengenal Motor Bakar*. Semarang: CV Aneka Ilmu.
- Soenarta, Nakula. 1985. *Motor Serba Guna*. Jakarta: Paradnya Paramita.
- Soenarta, Nakula & Shoici Purunama.1995. *Motor Serba Guna*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Stephenson, George E, 1984, *Small Gasoline Engine*, New York: Delman Publisher Inc.
- Suharsimi, Arikunto. 1998. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suyanto, Wardan. 1989, *Teori Motor Bensin*, Jakarta: DEPDIKBUD.
- VW, Maleev. 1991, *Internal Combustion Engine*, California: Me Graw-Hill Book Company.
- www.beritaiptek.com
- www.energi LI PI .go. id www.lemigas.esdm.go.id
- [www.library/bahanbakar/2002/php.\(ASTM. 1991\)](http://www.library/bahanbakar/2002/php.(ASTM. 1991))
- www.Pertamina.con/produk/bahanbakarminyak/elpijidanBBG/htm.2003
- www.Pertamina.com/produk/bahanbakarminyak/htm.2005 www.plasmaotomotif.com
- www.unsrat.ac.id/menlh-5-2006