

ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN BIODIESEL DAN SOLAR TERHADAP UJI PRESTASI MESIN DIESEL ISUZU 120 PS

Aryananta Lufti¹, Budi Harjanto², Frangky Silitonga³

Teknik Mesin Pertahanan. Akademi Militer^{1,2}, Politeknik Pariwisata Batam³

aryanantalufti@nikmesinhan.akmil.ac.id¹, budiharjanto@nikmesinhan.akmil.ac.id², frangky@btp.ac.id³

Abstract

To support teaching and learning activities at Akmil, many diesel-engined trucks are needed that use diesel. Considering that diesel is not a renewable resource, biodiesel is a more environmentally friendly alternative, because it is produced from vegetable or animal oil. Testing the performance of diesel engines with biodiesel and diesel at various speeds shows differences, although not significant. This can be used as a guideline in selecting fuel, especially for TNI AD vehicles, and it is hoped that biodiesel can be widely known as an alternative fuel.

Keywords: *biodiesel, TNI AD vehicles*

Abstrak

Untuk mendukung kegiatan belajar mengajar di Akmil, diperlukan banyak kendaraan truk bermesin diesel yang menggunakan solar. Mengingat solar bukan sumber daya yang dapat diperbaharui, biodiesel menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan, karena dihasilkan dari minyak nabati atau hewani. Pengujian prestasi mesin diesel dengan biodiesel dan solar pada berbagai putaran menunjukkan perbedaan, meski tidak signifikan. Hal ini dapat dijadikan pedoman dalam pemilihan bahan bakar, terutama untuk kendaraan TNI AD, dan diharapkan biodiesel dapat dikenal luas sebagai bahan bakar alternatif.

Kata kunci: Biodiesel, Kendaraan TNI AD

PENDAHULUAN

Kendaraan di TNI-AD mencakup berbagai tipe, seperti ranum, ransus, dan ranpur, yang memiliki fungsi sesuai kebutuhan satuan. Untuk mendukung kegiatan belajar mengajar di Akmil, diperlukan banyak truk bermesin diesel yang menggunakan solar sebagai bahan bakar. Namun, produksi dan cadangan minyak bumi di Indonesia semakin menipis, sementara kebutuhan bahan bakar terus meningkat. Penelitian untuk sumber energi alternatif, seperti minyak nabati, menemui kendala karena dapat merusak mesin dan mengganggu kinerja injektor. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi mesin untuk penggunaan minyak nabati langsung, yang tidak ekonomis. Solusinya adalah mengubah minyak nabati menjadi biodiesel melalui proses esterifikasi atau transesterifikasi. Biodiesel, yang berasal dari sumber terbarukan, lebih ramah lingkungan dan menghasilkan polusi lebih rendah dibandingkan solar. Berdasarkan hal ini, penyusun menyusun laporan Tugas Akhir berjudul "ANALISA PERBANDINGAN PENGGUNAAN BIODIESEL DAN SOLAR TERHADAP UJI PRESTASI MESIN KENDARAAN TRUCK ISUZU 120 PS."

LANDASAN TEORI

Motor bakar adalah jenis mesin kalor yang mengubah energi termal dari pembakaran menjadi tenaga mekanis. Proses pembakaran terjadi di dalam dan di luar mesin. Motor bakar torak dapat memiliki satu atau beberapa silinder, di mana torak berfungsi mendukung pembakaran dan mentransfer tenaga panas ke poros engkol untuk menghasilkan gerakan putar. Ada dua jenis utama motor bakar: motor diesel dan motor bensin. Perbedaannya terletak pada sistem penyalakan; motor bensin menggunakan busi untuk menghasilkan percikan api (spark ignition engine), sedangkan motor diesel mengandalkan kompresi tinggi untuk menyalakan bahan bakar yang disemprotkan (compression ignition engine).

Klasifikasi Motor Bakar.

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis:

a. **Berdasarkan sistem pembakaran:**

1. **Mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine - ICE):** Proses pembakaran terjadi di dalam mesin, di mana gas hasil pembakaran juga berfungsi sebagai fluida kerja.



2. **Mesin pembakaran luar (External Combustion Engine - ECE):** Proses pembakaran berlangsung di luar mesin, dan energi termal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja.

Berdasarkan sistem penyalaan:

1. **Motor bensin (motor Otto):** Dikenal sebagai spark ignition engine, dilengkapi busi dan karburator. Busi menghasilkan percikan api untuk membakar campuran bahan bakar dan udara, menghasilkan daya dalam siklus pembakaran volume konstan.
2. **Motor diesel:** Tidak menggunakan percikan api. Bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar saat torak hampir mencapai titik TMA, di mana udara dalam silinder sudah bertemperatur tinggi, dengan perbandingan kompresi sekitar 12-25.

Siklus termodinamika.

Konversi energi yang terjadi pada motor bakar torak berdasarkan pada siklus termodinamika. Proses sebenarnya amat kompleks, sehingga analisa dilakukan pada kondisi ideal dengan fluida kerja udara. Idealisasi proses tersebut sebagai berikut :

- a. Fluida kerja dari awal proses hingga akhir proses.
- b. Panas jenis dianggap konstan meskipun terjadi perubahan temperatur pada udara.
- c. Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara adiabatik, tidak terjadi perpindahan panas antara gas dan dinding silinder.
- d. Sifat-sifat kimia fluida kerja tidak berubah selama siklus berlangsung.
- e. Motor 2 langkah mempunyai siklus termodinamika yang sama dengan motor 4 langkah.

Diagram P-V dan T-S siklus termodinamika dapat dilihat pada gambar di bawah sebagai berikut :

Siklus otto (siklus udara volume konstan).

Pada siklus otto atau siklus volume konstan proses pembakaran terjadi pada volume konstan, sedangkan siklus otto tersebut ada yang berlangsung dengan 4 langkah atau 2 langkah. Untuk mesin 4 langkah siklus kerja terjadi dengan 4 langkah piston atau 2 poros engkol. Adapun langkah dalam siklus otto yaitu gerakan piston dari titik puncak (TMA = titik mati atas) ke posisi bawah (TMB = titik mati bawah) dalam silinder.

Diagram P-V dan T-S siklus otto

Proses siklus otto sebagai berikut :

Proses 1-2 : proses kompresi isentropic (adiabatic reversible) dimana piston bergerak menuju (TMA = titik mati atas) mengompresikan udara sampai volume clearance sehingga tekanan dan temperatur udara naik.

Proses 2-3 : pemasukan kalor konstan, piston sesaat pada (TMA = titik mati atas) bersamaan kalor suplai dari sekelilingnya serta tekanan dan temperatur meningkat hingga nilai maksimum dalam siklus.

Proses 3-4 : proses isentropic udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju (TMB = titik mati bawah), energi dilepaskan di sekeliling berupa internal energi.

Proses 4-5 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston sesaat pada (TMB = titik mati bawah) dengan mentransfer kalor ke sekeliling dan kembali melangkah pada titik awal.

Motor diesel

Motor bensin dan motor diesel adalah jenis motor gerak bolak-balik (reciprocating engine) yang terdiri dari komponen utama seperti silinder, piston, batang piston, dan poros engkol. Motor ini berfungsi mengubah energi panas dari proses pembakaran menjadi energi gerak. Untuk bekerja, udara dan bahan bakar harus masuk ke ruang bakar dan bercampur secara homogen. Pembakaran campuran tersebut meningkatkan tekanan di ruang bakar, mendorong piston ke bawah dan memutar poros engkol, menghasilkan tenaga.

Titik tertinggi piston disebut titik mati atas (TMA), sedangkan titik terendahnya adalah titik mati bawah (TMB), dan jarak antara keduanya disebut langkah piston. Ada empat proses yang harus berlangsung secara berurutan untuk siklus kerja motor:



- a. Proses hisap: memasukkan udara dan bahan bakar ke dalam silinder.
- b. Proses kompresi: mencampur udara dan bahan bakar menjadi gas homogen.
- c. Proses usaha: membakar campuran untuk menghasilkan tenaga gerak.
- d. Proses buang: mengeluarkan gas hasil pembakaran dari silinder.

Siklus ini dapat dibagi menjadi motor 4 langkah, yang membutuhkan 4 gerakan piston (2 putaran poros engkol) untuk satu siklus, dan motor 2 langkah, yang hanya memerlukan 2 gerakan piston (1 putaran poros engkol).

Prinsip pembakaran motor diesel.

Motor diesel ditemukan pada akhir abad ke-19 dan awalnya menggunakan udara bertekanan tinggi untuk menyuplai bahan bakar. Metode ini kemudian diperbaiki dengan menginjeksikan bahan bakar langsung ke dalam ruang bakar. Pada motor diesel, pembakaran tidak dipicu oleh percikan busi, melainkan oleh suhu tinggi yang dihasilkan dari tekanan kompresi, di mana suhu minimal yang diperlukan adalah 350°C. Perbandingan kompresi motor diesel berkisar antara 15-22, dengan tekanan akhir mencapai 20-40 bar dan suhu 500-700°C.

Motor diesel, atau motor pembakaran kompresi, memiliki efisiensi tinggi dan bertenaga besar. Pada putaran rendah, efisiensi panasnya dapat mencapai 50%, sehingga penggunaan bahan bakar lebih hemat dan polutan gas buang relatif rendah. Motor diesel dibagi menjadi dua jenis: motor diesel 4 langkah dan 2 langkah, tetapi untuk aplikasi otomotif, motor diesel 4 langkah lebih umum digunakan. Oleh karena itu, pembahasan selanjutnya dalam buku ini akan fokus pada motor diesel 4 langkah.

Prinsip kerja motor diesel 4 langkah.

Pada motor diesel 4 langkah, katup masuk dan katup buang digunakan untuk mengontrol proses pemasukan dan pembuangan gas dengan membuka dan menutup saluran masuk dan saluran buang.

Langkah hisap. Piston bergerak dari TMA ke TMB, di mana katup masuk membuka dan katup buang tertutup. Udara murni terhisap ke dalam silinder karena dua faktor: pertama, kevakuman ruang silinder yang meningkat akibat gerakan piston dari TMA ke TMB, dan kedua, katup masuk yang terbuka. Katup hisap mulai membuka beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA dan menutup beberapa derajat setelah TMB.

Langkah kompresi. Ketika poros engkol berputar dan kedua katup tertutup rapat, piston bergerak dari TMB ke TMA. Udara murni yang terhisap saat langkah hisap dikompresi, sehingga tekanan dan suhunya meningkat mencapai 35 atm dengan temperatur 500–800°C (pada perbandingan kompresi 20:1). Katup hisap menutup beberapa derajat setelah TMB, sehingga langkah kompresi efektif baru dimulai setelah katup masuk benar-benar tertutup.

Langkah usaha. Saat poros engkol berputar, beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA, injector menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar dengan tekanan tinggi (150–300 atm). Bahan bakar ini membentuk partikel kecil yang menguap dan terbakar cepat akibat suhu tinggi (500–800°C). Pembakaran tidak terjadi langsung, melainkan mengalami keterlambatan (ignition delay). Proses pembakaran ini mendorong piston ke bawah dari TMA ke TMB. Gaya yang dihasilkan dari tekanan pembakaran diteruskan oleh batang piston untuk memutar poros engkol, yang berfungsi mengubah gerakan naik turun piston menjadi gerakan putar, menghasilkan tenaga pada motor diesel.

Langkah pembuangan. Saat katup buang terbuka, piston bergerak dari TMB ke TMA. Gaya kelembaman roda gaya (flywheel) yang terhubung dengan poros engkol membuat poros tetap berputar setelah langkah usaha berakhir, sehingga piston bergerak ke TMA. Gas sisa pembakaran terdorong keluar oleh gerakan piston. Setelah langkah ini berakhir, siklus kerja motor diesel 4 langkah kembali ke langkah hisap. Proses berulang ini disebut siklus diesel.

Knocking/ detonasi.



Bila waktu pembakaran tertunda sangat panjang atau jumlah penguapan selama ini terlalu banyak, jumlah campuran bahan bakar yang terbakar sekaligus pada periode perambatan api atau periode kedua terlalu banyak, mengakibatkan penambahan tekanan yang berlebihan dalam silinder dan ini ditandai dengan getaran dan suara. Hal ini disebut detonasi pada mesin diesel. Mencegah detonasi pada mesin diesel dengan cara mencegah kenaikan tekanan yang berlebihan dengan cara memilih campuran yang terbakar pada tekanan rendah, mempendek waktu pembakaran tertunda atau mengurangi jumlah bahan bakar yang diinjeksikan selama periode waktu pembakaran tertunda.

Cara – cara mengurangi detonasi

- a. Menggunakan bahan bakar dengan angka cetane yang tinggi.
- b. Menaikan tekanan dan temperatur udara pada saat bahan bakar diinjeksi.
- c. Mengurangi jumlah injeksi bahan bakar saat permulaan injeksi.
- d. Menaikan temperatur ruang bakar (khususnya pada daerah injeksi).

Keuntungan dan kelemahan motor diesel.¹

Keuntungan motor diesel

Setelah melihat berbagai pemakaian dan variasi konstruksi motor diesel, maka dapat diidentifikasi beberapa keunggulan motor diesel dalam memenuhi kebutuhan masyarakat, yaitu :

1. Motor diesel memiliki kehandalan kerja yang tinggi, mampu beroperasi selama satu bulan tanpa berhenti, asalkan memenuhi persyaratan seperti kemampuan minyak pelumas, sistem pendingin, dan persediaan bahan bakar. Contohnya, motor diesel digunakan sebagai penggerak kapal barang antar negara yang memerlukan perjalanan berbulan-bulan, serta mesin diesel untuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang beroperasi sehari-hari. Beban tugas seperti ini tidak mungkin dilakukan oleh motor bensin.
2. Harga solar yang mendekati harga bensin adalah kondisi yang tidak rasional, karena ongkos produksi solar lebih rendah dibandingkan bensin. Saat ini, harga solar yang hampir sama dengan bensin bukan disebabkan oleh faktor biaya produksi, melainkan karena kondisi pasar yang tidak sesuai dengan rasional produksi minyak. Seharusnya, jika harga normal, solar akan jauh lebih murah daripada bensin, sehingga biaya bahan bakar solar seharusnya lebih rendah berdasarkan rasional produksi minyak.
3. Motor diesel memiliki daya yang lebih besar per satuan berat dibandingkan motor bensin, meskipun lebih berat. Hal ini disebabkan oleh kuantitas dan kualitas bahan yang digunakan dalam motor diesel, yang dirancang untuk mengatasi tekanan tinggi dari proses pembakaran. Tekanan yang lebih besar ini menghasilkan tenaga yang lebih besar pula.
4. Motor diesel lebih hemat dalam konsumsi bahan bakar dibandingkan motor bensin karena beberapa faktor, termasuk proses pembakaran yang lebih sempurna, tekanan kompresi yang lebih tinggi, nilai pembakaran bahan bakar yang lebih tinggi, distribusi bahan bakar antar silinder yang lebih merata, dan proses pembilasan yang lebih baik. Nilai pembakaran solar adalah 139.500 cal per galon, sedangkan bensin 124.500 cal per galon.
5. Motor diesel lebih aman dari bahaya kebakaran dibandingkan motor bensin. Kebakaran disebabkan oleh bahan bakar yang mudah terbakar dan percikan bunga api. Bensin lebih mudah menguap dan memiliki titik nyala yang lebih rendah daripada solar. Selain itu, motor bensin memiliki lebih banyak kontak yang menghasilkan percikan bunga api. Dengan demikian, kedua faktor ini menunjukkan bahwa motor diesel memiliki risiko kebakaran yang lebih rendah.
6. Motor diesel memiliki momen yang lebih tinggi dibandingkan motor bensin. Momen dihitung dari panjang lengan dikalikan dengan gaya yang tegak lurus. Motor diesel cenderung menggunakan sistem long stroke, sedangkan motor bensin menggunakan sistem oversquare, yang berarti motor diesel memiliki lengan lebih panjang. Hal ini menghasilkan momen yang lebih besar pada motor diesel, menjadikannya lebih cocok untuk aplikasi beban, sementara motor bensin lebih tepat untuk akselerasi.

¹ [www.solusimobil.com/kelebihan dan kelemahan mesin diesel dan mesin bensin.com](http://www.solusimobil.com/kelebihan%20dan%20kelemahan%20mesin%20diesel%20dan%20mesin%20bensin.com)

Kelemahan motor diesel

Keunggulan motor diesel telah sedikit diuraikan, selanjutnya akan diuraikan juga beberapa kelemahan pada motor diesel yang dirasakan oleh pemakai jasa motor diesel.

1. Getaran mesin adalah kendala yang tidak disukai oleh pengguna motor bensin, yang lebih mengutamakan kenyamanan daripada efisiensi. Motor diesel cenderung memiliki getaran dan suara yang lebih keras akibat perbandingan kompresi dan tekanan pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan motor bensin.
2. Gas buang motor diesel umumnya lebih bersih dari gas beracun seperti CO, SO₂, dan Pb yang terdapat pada gas buang motor bensin. Namun, jika penyetulan motor diesel tidak tepat, dapat muncul asap berlebihan yang mengganggu pandangan. Dengan penyetulan yang benar, masalah ini dapat diminimalkan.
3. Pemeliharaan motor diesel lebih sulit dan memerlukan peralatan khusus serta ketelitian tinggi, sehingga biayanya lebih tinggi. Meskipun demikian, frekuensi pemeliharaan motor diesel cenderung lebih rendah dibandingkan motor bensin. Namun, hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara jelas menentukan mana yang lebih mahal.

Biodiesel.

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang terdiri dari campuran mono-alkyl ester asam lemak, yang terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur dan lemak hewan. Ia dapat digunakan 100% pada mesin diesel tanpa modifikasi, atau dicampur dengan solar, dengan campuran umum seperti B20 (20% biodiesel dan 80% solar). Biodiesel ramah lingkungan, tidak beracun, dan dapat memperbaiki pelumasan mesin. Berbagai sumber untuk biodiesel meliputi minyak nabati murni, minyak jelantah, lemak hewan, dan alga. Keuntungan penggunaan biodiesel antara lain: sumber energi terbarukan, cetane number tinggi, viskositas tinggi, dapat diproduksi lokal, rendah sulfur, menurunkan emisi gas buang, dan meningkatkan biodegradability diesel hingga 500%.

Biodiesel dari minyak nabati.

Minyak nabati adalah sumber utama pembuatan biodiesel, yang terdiri dari trigliserida (triester asam lemak) sedangkan biodiesel adalah monoester asam lemak. Perbedaan ini berpengaruh pada beberapa aspek:

1. **Berat Molekul:** Trigliserida memiliki berat molekul lebih besar, sehingga lebih mudah terurai ketika dipanaskan tanpa oksigen.
2. **Viskositas:** Minyak nabati memiliki viskositas yang lebih tinggi, membuat pompa injeksi sulit menghasilkan pengkabutan yang baik dalam mesin diesel.
3. **Angka Setana:** Minyak nabati memiliki angka setana lebih rendah, yang berarti lebih sulit terbakar dibandingkan ester metil.

Proses transesterifikasi bertujuan untuk mengubah minyak nabati menjadi biodiesel dengan viskositas mirip solar, angka setana lebih tinggi, dan stabil terhadap perengkahan.

Tabel 2.1 tanaman penghasil minyak nabati serta produktifitasnya.

Nama indo	Nama inggris	Nama latin	Kg- /ha/thn
Sawit	Oil palm	Elaeis gineensis	5000
Kelapa	Coconut	Cocos nucifera	2260
Alpokot	Avocado	Persea americana	2217
K. Brazil	Brazil nut	Bertholletia excelsa	2010
K. Makadam	Macadamia nut	Macadamia ternif	1887
Jarak pagar	Physic nut	Jathropa curcas	1590
Jojoba	Jojoba	Simmondsia califor	1528
K. Pekan	Pecan nut	Carya pecan	1505
Jarak kalili	Castor	Ricinus communis	1188
Zaitun	Olive	Olea europhea	1019
Kanola	Rapeseed	Brassica napus	1000



Opium	Poppy	Papafer somniferum	978
-------	-------	--------------------	-----

Minyak nabati terdiri dari komponen utama seperti trigliserida (sekitar 95%), asam lemak bebas (FFA), mono dan digliserida, serta berbagai komponen lainnya seperti phosphoglycerides, vitamin, dan mineral.

Trigliserida: Merupakan triester gliserol dengan asam lemak berkarbon 6 hingga 30, menjadi komponen terbesar minyak nabati.

Asam lemak bebas: Terpisah dari trigliserida akibat pemanasan atau adanya air, dan dapat meningkat karena oksidasi. Dalam proses transesterifikasi, FFA harus dipisahkan atau dikonversi terlebih dahulu untuk mencegah konsumsi katalis dan potensi korosi pada peralatan injeksi.

Minyak nabati dari kelapa sawit: Kelapa sawit memiliki potensi tinggi dengan hasil mencapai 5000 kg per hektar per tahun. Minyak kelapa sawit (CPO) dan minyak inti kelapa sawit (CPKO) dapat dihasilkan. CPO memiliki kadar asam lemak bebas tinggi, sehingga memerlukan tahap esterifikasi sebelum transesterifikasi. Sebaliknya, minyak kelapa sawit yang sudah dimurnikan (RBDPO) memiliki kadar FFA rendah dan tidak memerlukan tahap preesterifikasi.

Tabel 2.2 kandungan asam lemak bebas dari berbagai minyak kelapa sawit

Minyak	FFA
RBD Palm Oil	< 0.1 %
Crude Palm Oil	1 – 10 %
Palm Fatty Acid Distillate	70 – 90 %
Crude Palm Kernel oil	1 – 10%
Crude Palm Stearin	1 – 10 %
Palm Sludge Oil	10 – 80 %



(a) Pohon kelapa sawit



(b) Tanda buah segar sawit (TBS)



(c) Bentuk buah



(d) irisan melintang kelapa sawit

Gambar 2.10 Beberapa gambar kelapa sawit.

Proses Pembuatan Biodiesel.

a. Esterifikasi

Esterifikasi adalah proses konversi asam lemak bebas menjadi ester melalui reaksi minyak lemak dengan alkohol, menggunakan katalis asam kuat. Agar reaksi berjalan optimal pada temperatur rendah, metanol harus ditambahkan dalam jumlah berlebih, dan air sebagai produk sampingan harus dihilangkan dari fasa reaksi. Reaksi ini ditulis sebagai:

$$\text{RCOOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{RCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

Esterifikasi dilakukan untuk mengolah minyak dengan kadar asam lemak bebas tinggi (≥ 5 mg-KOH/g), dan biasanya diikuti dengan tahap transesterifikasi setelah menghilangkan air dan sebagian besar katalis.



b. Transesterifikasi

Transesterifikasi, atau alkoholisis, mengkonversi trigliserida atau minyak nabati menjadi alkyl ester dengan alkohol, menghasilkan gliserol sebagai produk sampingan. Metanol adalah alkohol yang paling umum digunakan karena harganya yang murah dan reaktivitas tinggi. Reaksi ini ditulis sebagai: $\text{Trigliserida} + 3\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 3\text{RCOOCH}_3 + \text{glycerol}$. Untuk meningkatkan konversi, dapat dilakukan dengan menambah metanol berlebih, memisahkan gliserol, atau menurunkan temperatur.

c. Hal-hal yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi

Beberapa kondisi yang mempengaruhi konversi biodiesel melalui transesterifikasi adalah:

Pengaruh air dan asam lemak bebas: Minyak nabati sebaiknya memiliki angka asam < 0.5% dan bebas dari air, karena air mengurangi efektivitas katalis.

Pengaruh perbandingan molar alkohol: Perbandingan alkohol-minyak 6:1 dapat menghasilkan konversi maksimum (98%). Semakin banyak alkohol digunakan, semakin tinggi konversinya.

Pengaruh jenis alkohol: Metanol memberikan perolehan ester tertinggi dibandingkan etanol atau butanol pada rasio 6:1.

Pengaruh jenis katalis: Katalis basa seperti NaOH dan KOH lebih efektif dibandingkan katalis asam. Katalis yang tepat adalah 0.5-1.5% dari minyak nabati.

Metanolisis crude dan refined: Minyak nabati yang telah dimurnikan memberikan hasil metil ester lebih tinggi.

Pengaruh temperatur: Transesterifikasi optimal dilakukan pada 30-65°C. Temperatur lebih tinggi meningkatkan konversi dan mempercepat reaksi.

METODE PENELITIAN

Rencana penelitian dan alat pendukung.

Dalam penelitian ini penulis membuat kerangka hubungan antara prestasi mesin dengan penggunaan bahan bakar yang berbeda. Untuk melakukan penelitian ini penulis mengambil langkah sebagai berikut :

1. Menentukan mesin mobil yang digunakan dalam penelitian, dalam hal ini penulis menentukan mesin diesel 4 tak pada mobil truck isuzu 120 PS.
2. Menghitung prestasi mesin yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar yang berbeda yaitu : biodiesel dan solar.

Dalam pengujian prestasi mesin diesel ini, penulis menggunakan putaran (n) yang berbeda, yaitu :

- 1) Percobaan 1 : 2500 rpm
- 2) Percobaan 2 : 2300 rpm
- 3) Percobaan 3 : 2000 rpm
- 4) Percobaan 4 : 1800 rpm
- 5) Percobaan 5 : 1600 rpm

Alat percobaan

Mesin diesel yang diuji :

Spesifikasi :

Merk	: Truck Isuzu 120 Ps
Perbandingan kompresi	: 18 : 1
Pendingin	: air
Jari-jari silinder	: 115 mm
Panjang langkah piston	: 110 mm
Jumlah silinder	: 4 silinder
Kode mesin	: 4 HG1 – TP
Bahan yang digunakan	: Biodiesel dan Solar.
Alat ukur yang digunakan	:



1. Termometer untuk pendinginan suhu air : masuk dan keluar.
2. Termometer udara masuk
3. Termometer minyak pelumas
4. Termometer gas buang
5. Manometer tekanan minyak pelumas
6. Manometer tekanan gas buang
7. Kunci penyalaan (kunci kontak)
8. Thortlle control
9. Gelas ukur bahan bakar (buret)
10. Rotameter air pendinginan
11. Stop watch
12. Higrometer, barometer, dll

Tempat atau lokasi penelitian.

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Universitas Gadjah Mada Fakultas teknik mesin Laboratorium motor bakar, hal ini dikarenakan alat yang diperlukan dalam penyelesaian pengujian tidak terdapat di Akademi Militer.

Urutan penelitian.

Pemeriksaan awal

- 1) supply bahan bakar
 - periksa bahan bakar dalam tangki
- 2) supply air pendingin
 - pendingin mesin
 - pendingin dinamometer

1. Cara start
2. sebelum start tangki bahan bakar harus terisi cukup (min. $\frac{1}{4}$ tangki).
3. putar kunci kontak ke kanan selama 20 sampai 30 detik (pemanasan).
4. putar kunci kontak searah jarum jam (kekanaan) sampai maksimal.
5. atur thortlle diman pada mesin pada kondisi "idle" 600 rpm, selama 2 – 3 menit, supaya pelumas mesin rata
6. thortlle selanjutnya ditambah (diputar kekanaan), sampai mencapai 200 rpm.
7. putar control dinamometer kekanaan, kondisikan beban awal 15 N, secara bersamaan senterkan water pas dan usahakan dengan mengatur thortlle putaran mesin tetap pada 2000 rpm.
8. Diamkan kondisi diatas sampai suhu t.out (air keluar) mencapai 60°C.
9. Naikan putaran mesin dengan memutar throttle secara perlahan, kondisikan putaran tetap pada 2000 rpm dengan menambah beban (putar dinamometer control kekanaan), sampai throttle mencapai maksimum.
10. Setiap percobaan kondisikan suhu air keluar berada 70°C - 75°C. Dengan mengatur stop kran flow meter (kecepatan air dingin yang masuk).

Percobaan

Setelah mesin dijalankan pada langkah langkah yang sudah disebutkan (pada langkah – start, langkah i), kemudian lakukan langkah – langkah berikut :

Kurangi bebean dengan memutar dinamometer control kekiri secara perlahan sampai putaran mencapai rpm yang akan diinginkan pada percobaan pertama (3000 – 3500 rpm). Water pas disenterkan.

Percobaan kedua dan seterusnya, beban dinamometer ditambah untuk menurunkan rpm sampai 1500 rpm(thortlle tetap), sedangkan water pass usahakan selalu senter. Catat semua meter yang ada yaitu :

- a) Laju bahan bakar
- b) Air pendingin (suhu air masuk, air keluar dan kecepatanya)
- c) Suhu gas buang





- d) Manometer
 - e) Beban (kg) dll.
- 1) Pada setiap tahap / kedudukan hitung :
 - a) Momen / torsi
 - b) Daya
 - c) Konsumsi bahan bakar
 - d) Konsumsi bahan bakar spesifik
 - e) Break mean effective pressure (BMEP)
 - f) Kehilangan energi akibat air pendingin
 - g) Persentase kehilangan energi
 - 2) Masukan data dalam bentuk tabel dan buat grafik.
 - 3) Buat kesimpulan.

Pemilihan sampel.

Dalam percobaan ini penulis menggunakan sampel mesin kendaraan diesel yaitu mesin kendaraan nissan dan sebagai bahan penelitiannya adalah biodiesel dan solar.

Penggunaan metode penelitian.

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini adalah studi laboratorium untuk menguji prestasi mesin diesel dan studi pustaka untuk menambah teori pendukung dalam penelitian.

Studi pustaka.

Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan referensi serta teori-teori yang menunjang penelitian ini.

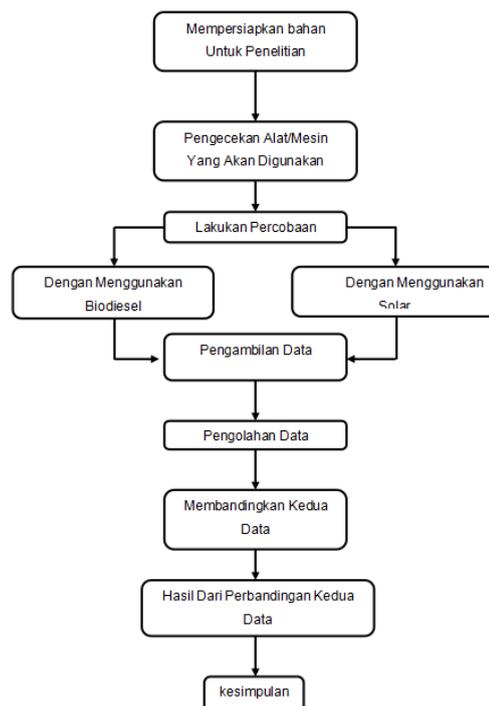
Studi laboratorium.

Studi laboratorium dilakukan untuk melaksanakan eksperimen atau pengujian prestasi mesin agar didapatkan data yang valid.

Studi analisa berfikir.

Studi analisa berfikir dilakukan untuk menganalisa hasil penelitian atau menganalisa data yang telah didapatkan dari hasil penelitian

Diagram alir penelitian.





HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data hasil percobaan

Perhitungan :

a. Biodiesel

$$\begin{aligned} 1) \quad & \text{Torsi (T)} \\ & (T = m \times g \times l) \text{ (Nm)} \\ & T1 = 33 \times 10 \times 0,358 \\ & = 118,14 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad & \text{Daya mesin (P)} \\ & (P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000}) \text{ (kW)} \\ & = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2500 \cdot 118,14}{60000} \\ & = 30,91 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad & \text{(BMEP)} \\ & (\text{BMEP} = \frac{60 \cdot P \cdot Z}{V \cdot n}) \text{ (kPa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi D^2 L}{4} \times 4 \\ &= \frac{3,14 \times 0,076^2 \times 0,082}{4} \times 4 \\ &= 0,00148 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n1 &= 2500, z = 2, p = 30,91 \\ &= \frac{60 \cdot 30,91 \cdot 2}{0,00148 \cdot 2500} \\ &= 1002,486 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad & \text{Konsumsi bahan bakar} \\ m_f &= \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \text{ (kg/jam)} \\ &= \frac{50}{15,72} \cdot 3,6 \cdot 0,86 \\ &= 9,84 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) \quad & \text{Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc)} \\ \text{SFC} &= \frac{m_f}{P} \text{ (Kg/kW-jam)} \\ &= \frac{9,48}{30,91} \\ &= 0,3183 \text{ Kg/kW-jam} \end{aligned}$$

6) Kehilangan Energi Melalui Air Pendingin

$$\begin{aligned} Q_w &= \frac{Gw \times Cp(w) (\theta w - out - \theta w - in) \times 4,184}{3600} \text{ (kW)} \\ &= \frac{400 \times 1(70 - 27) \times 4,184}{3600} \end{aligned}$$

$$= 19,99 \text{ kW}$$

7) Kalor ekivalen

$$Q_f = \frac{H \times m_f \times 4,184}{3600} \text{ (kW)}$$

$$= \frac{11000 \times 9,48 \times 4,184}{3600}$$

$$= 125,79 \text{ (kW)}$$

8) Persentase Kehilangan Energi

$$\begin{aligned} \eta_w &= \frac{Q_w}{Q_f} \times 100 \text{ (%) } \\ &= \frac{19,99}{125,79} \times 100 \text{ (%) } \\ &= 15,89 \text{ \%} \end{aligned}$$

b. Solar

1) Torsi (T)





$$(T = m \times g \times l) \text{ (Nm)}$$

$$T1 = 34 \times 10 \times 0,358$$

$$= 121,72 \text{ Nm}$$

2) Daya mesin (P)

$$(P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000}) \text{ (kW)}$$

$$P1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2500 \cdot 121,72}{60000}$$

$$= 31,85 \text{ kW}$$

3) (BMEP)

$$(BMEP = \frac{60 \cdot P \cdot Z}{V \cdot n}) \text{ (kPa)}$$

$$V = \frac{\pi D^2 L}{4} \times 4$$

$$= \frac{3,14 \times 0,076^2 \times 0,082}{4} \times 4$$

$$= 0,00148$$

$$n1 = 2500, z = 2, p = 31,85$$

$$= \frac{60 \cdot 31,85 \cdot 2}{0,00148 \cdot 2500}$$

$$= 1032,97 \text{ kpa}$$

4) Konsumsi bahan bakar

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \text{ (kg/jam)}$$

$$= \frac{50}{15,41} \cdot 3,6 \cdot 0,86$$

$$= 10,04 \text{ kg/jam}$$

5) Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc)

$$SFC = \frac{m_f}{P} \text{ (Kg/kW-jam)}$$

$$= \frac{10,04}{31,85}$$

$$= 0,3152 \text{ Kg/kW-jam}$$

6) Kehilangan Energi Melalui Air Pendingin

$$Q_w = \frac{Gw \times Cp(w) (\theta_w - \theta_{in}) \times 4,184}{3600} \text{ (kW)}$$

$$= \frac{500 \times 1(71-26) \times 4,184}{3600}$$

$$= 26,15 \text{ kW}$$

7) Kalor ekivalen

$$Q_f = \frac{H \times m_f \times 4,184}{3600} \text{ (kW)}$$

$$= \frac{11000 \times 10,04 \times 4,184}{3600}$$

$$= 128,35 \text{ (kW)}$$

8) Persentase Kehilangan Energi

$$\eta_w = \frac{Q_w}{Q_f} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= \frac{26,15}{128,35} \times 100 \text{ (%)}$$

$$= 20,37 \text{ %}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan penulis didapatkan bahwa :

Data percobaan 1

Pengujian menggunakan biodiesel murni dan solar pada putaran (n) 2500 rpm dengan beban dinamometer 33 kg untuk biodiesel dan 34 kg untuk solar.

Tabel 4.1. Percobaan pada (n) 2500 rpm.

Prestasi mesin	Bahan bakar yang digunakan
----------------	----------------------------





	Biodiesel	Solar
Torsi (Nm)	118,14	121,72
Daya mesin (kW)	30,91	31,85
BMEP (kPa)	1002,486	1032,97
Konsumsi bahan bakar (Kg/jam)	9,48	10,04
Konsumsi bahan bakar spesifik(Kg/kW-jam)	0,3183	0,3152
Kehilanganenergi melalui air pendingin (kW)	19,99	26,15
Kalor ekivalen (kW)	125,79	128,35

a. Data percobaan 2

Pengujian menggunakan biodiesel murni dan solar pada putaran (n) 2300 rpm dengan beban dinamometer 33 kg untuk biodiesel dan 34 kg untuk solar.

Tabel 4.2. Percobaan pada (n) 2300 rpm.

Prestasi mesin	Bahan bakar yang digunakan	
	Biodiesel	Solar
Torsi (Nm)	118,14	125,3
Daya mesin (kW)	28,44	30,16
BMEP (kPa)	1002,585	1063,21
Konsumsi bahan bakar (kg/jam)	9,05	8,98
Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/kW-jam)	0,3182	0,2977
Kehilangan energi melalui air pendingin(kW)	24,98	26,35
Kalor ekivalen(kW)	115,69	114,80

b. Data percobaan 3

Pengujian menggunakan biodiesel murni dan solar pada putaran (n) 2000 rpm dengan beban dinamometer 33 kg untuk biodiesel dan 34 kg untuk solar.

Tabel 4.3. Percobaan pada (n) 2000 rpm.

Prestasi mesin	Bahan bakar yang digunakan	
	Biodiesel	Solar
Torsi (Nm)	119,93	121,72
Daya mesin (kW)	25,10	25,48
BMEP (kPa)	1017,567	1032,97
Konsumsi bahan bakar (Kg/jam)	7,74	7,72
Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/kW-jam)	0,3083	0,3029
Kehilangan energi melalui air pendingin (kW)	23,82	25,73
Kalor ekivalen(kW)	98,95	98,69

c. Data percobaan 4

Pengujian menggunakan biodiesel murni dan solar pada putaran (n) 1800 rpm dengan beban dinamometer 33 kg untuk biodiesel dan 34 kg untuk solar.

Tabel 4.4. Percobaan pada (n) 1800 rpm.

Prestasi mesin	Bahan bakar yang digunakan	
	Biodiesel	Solar
Torsi (Nm)	121,72	125,3
Daya mesin (kW)	22,93	23,60
BMEP (kPa)	1032,882	1063,06



Konsumsi bahan bakar(Kg/jam)	6,97	6,88
Konsumsi bahan bakar spesifik(Kg/kW-jam)	0,3039	0,2915
Kehilangan energi melalui air pendingin (kW)	17,66	23,84
Kalor ekivalen (kW)	89,1	87,95

d. Data percobaan 5

Pengujian menggunakan biodiesel murni dan solar pada putaran (n) 1600 rpm dengan beban dinamometer 33 kg untuk biodiesel dan 34 kg untuk solar.

Tabel 4.5. Percobaan pada (n) 1600 rpm.

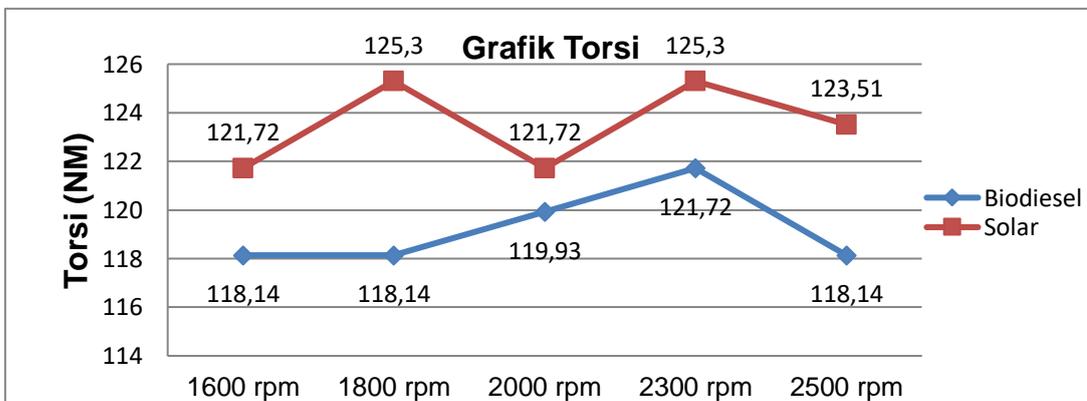
Prestasi mesin	Bahan bakar yang digunakan	
	Biodiesel	Solar
Torsi (Nm)	118,14	123,51
Daya mesin (kW)	19,78	20,55
BMEP (kPa)	1002,364	1041,38
Konsumsi bahan bakar (Kg/jam)	5,98	5,87
Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/kW-jam)	0,3023	0,2856
Kehilangan energi melalui air pendingin (kW)	18,59	22,59
Kalor ekivalen (kW)	76,45	75,04

Pembahasan.

Dari kelima tabel di atas maka dapat diambil grafik antara masing masing variabel dengan menggunakan rpm yang berbeda :

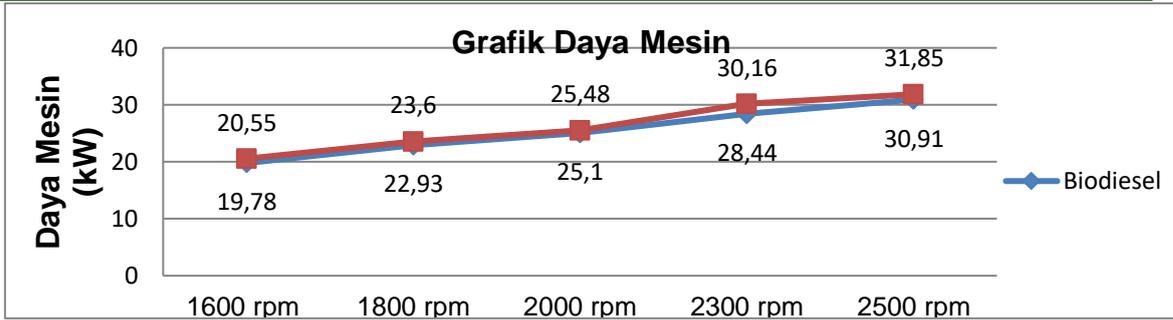
Torsi

Dari kelima percobaan yang dilakukan diatas, torsi yang dihasilkan mesin lebih besar apabila menggunakan bahan bakar solar dibanding menggunakan Biodiesel, hal ini dikarenakan pembakaran yang dihasilkan oleh solar lebih sempurna dibandingkan biodiesel, namun pada saat putaran 2000 rpm solar mengalami putaran kritis sehingga torsi mengalami penurunan. hasil ini dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



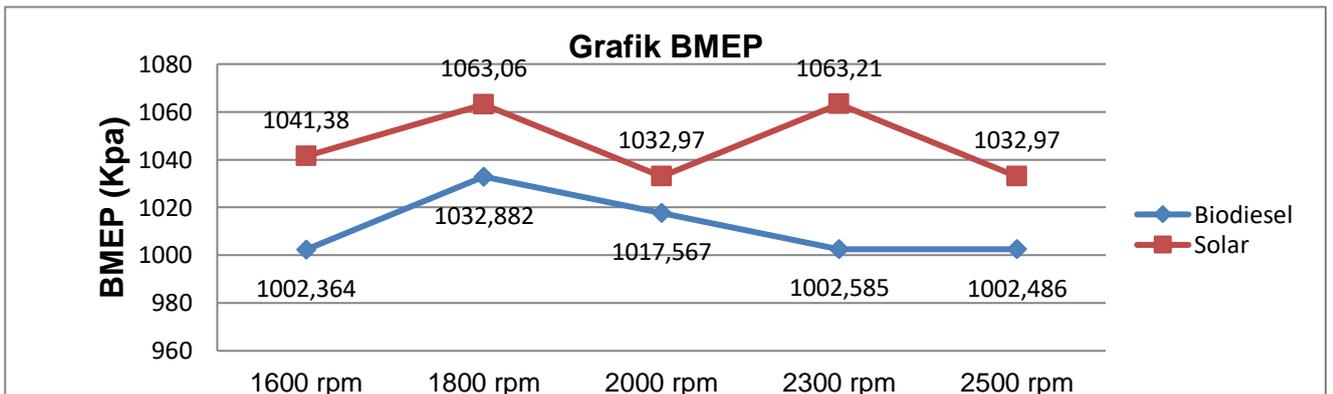
a. Daya mesin

Dari kelima percobaan yang dilakukan diatas, daya mesin yang dihasilkan lebih besar apabila menggunakan bahan bakar solar dibanding menggunakan Biodiesel, hal ini dikarenakan pembakaran yang dihasilkan oleh solar lebih sempurna dibandingkan biodiesel, sehingga torsi yang dihasilkan lebih besar menyebabkan daya yang dihasilkan juga semakin besar. namun pada saat putaran 2000 rpm solar mengalami putaran kritis sehingga torsi mengalami penurunan meskipun tidak terlalu banyak. perbandingan daya mesin yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

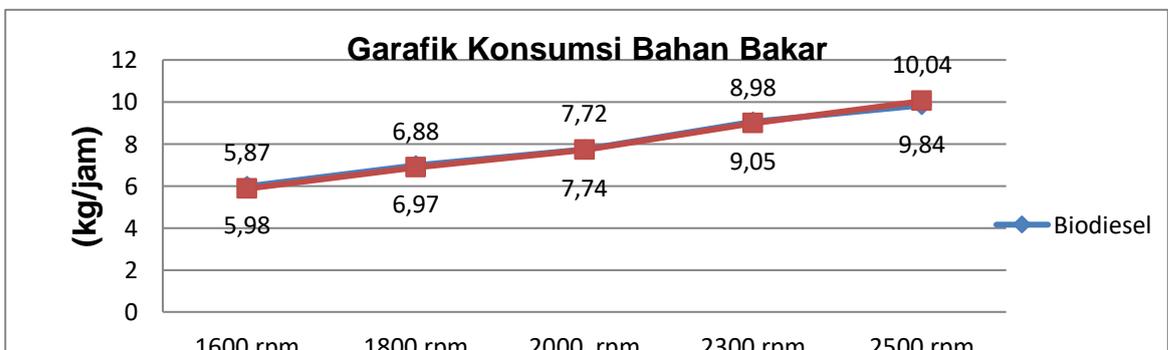


C. Break Mean Effective Pressure (BMEP)

Pada kelima percobaan yang telah dilakukan diatas, Tekanan mesin rata-rata (BMEP) yang dihasilkan mesin akan lebih besar apabila menggunakan bahan bakar solar dibanding menggunakan Biodiesel, hal ini dikarenakan pembakaran yang dihasilkan oleh solar lebih sempurna dibandingkan biodiesel, sehingga BMEP yang dihasilkan lebih besar. namun pada saat putaran 2000 rpm solar mengalami putaran kritis sehingga torsi mengalami penurunan. Perbandingan tekanan mesin rata-rata (BMEP) dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

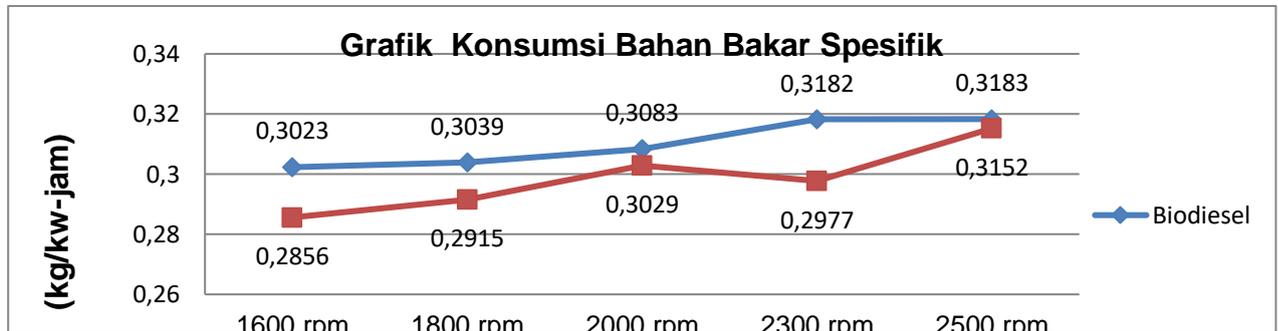


Konsumsi Bahan Bakar. Pada kelima percobaan yang telah dilakukan diatas, Konsumsi bahan bakar mesin diesel antara bahan bakar solar dan biodiesel hanya mengalami perbedaan yang sangat kecil dan bisa dikatakan tidak ada perbedaan. Perbandingan konsumsi bahan bakar antara solar dan biodiesel dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

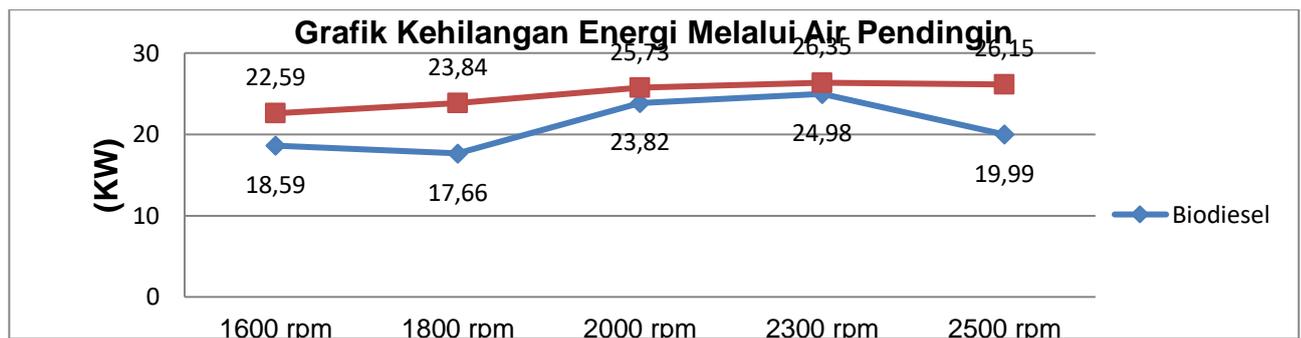


Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC). Konsumsi bahan bakar spesifik mesin diesel lebih besar apabila menggunakan bahan bakar Biodiesel dibanding menggunakan solar, hal ini dikarenakan pembakaran yang dihasilkan oleh solar lebih sempurna dibandingkan biodiesel, sehingga bahan

bakar yang digunakan untuk pembakaran lebih efektif untuk menghasilkan energi. Perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik antara solar dan biodiesel dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Kehilangan Energi Melalui air pendingin (Q_w). Pada kelima percobaan yang sudah dilakukan, karena pembakaran yang dihasilkan bahan bakar solar lebih sempurna dibandingkan biodiesel, mengakibatkan mesin lebih cepat panas, sehingga kehilangan energi akibat air pendingin lebih besar apabila menggunakan solar dibandingkan menggunakan biodiesel. Perbandingan kehilangan energi melalui air pendingin antara solar dengan biodiesel dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan.

Berdasarkan data hasil penelitian percobaan dengan menggunakan dua variabel yaitu biodiesel dan solar maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

- Konsumsi bahan bakar antara bahan bakar solar dan biodiesel menunjukkan perbedaan yang sangat kecil dan bisa dikatakan konsumsi antara bahan bakar solar dan biodiesel hampir sama. yakni pada saat rpm 1600 konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan untuk biodiesel sebesar 5,87 kg/jam, sedangkan untuk solar yaitu 5,98 kg/jam. hal ini berlaku serupa untuk rpm yang lainnya, sampai dengan rpm 2500 bahan bakar menunjukkan perbedaan yang sangat kecil.
- Karena pembakaran yang lebih sempurna maka tingkat kehilangan energi melalui air pendingin pada mesin lebih besar apabila menggunakan bahan bakar solar dibandingkan dengan menggunakan Biodiesel sehingga temperatur mesin lebih cepat meningkat apabila menggunakan bahan bakar solar.
- Dengan menaikkan putaran rpm secara bertahap untuk pengujian daya mesin, torsi, BMEP dan pengujian prestasi mesin yang dihasilkan oleh bahan bakar solar lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan biodiesel. Namun apabila kedua variabel tersebut dinaikan putaran dan berat beban, maka daya mesin dan torsi juga ikut naik.



Saran

Berdasarkan uraian diatas maka adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah :

- a. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dari pada percobaan yang telah dilakukan oleh penulis, karena penulis dibatasi hanya untuk mengetahui pengaruh bahan bakar biodiesel terhadap prestasi mesin diesel..
- b. Dari percobaan yang telah dilakukan oleh penulis diperoleh data yang valid, sehingga untuk kedepanya diharapkan dapat menjadi acuan dalam memilih bahan bakar yang paling tepat dan efisien khususnya untuk kendaraan diesel yang ada di akademi militer.
- c. Dalam penulisan tugas akhir selanjutnya agar dilakukan penelitian menggunakan jenis bahan bakar yang variabelnya lebih banyak, sehingga dapat menambah lagi informasi kepada para pengguna kendaraan mesin diesel.

Daftar Pustaka

- Soerawidjaja, Tatang H, 2005. *Minyak-lemak dan produk-produk kimia lain dari kelapa*. Handout kuliah Proses Industri Kimia, Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung.
- Rabiman dan Zainal Arifin, 2011. *Sistem bahan bakar Motor Diesel*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Naskah Departemen tentang Motor Bakar untuk Taruna Akademi Militer Tingkat IV (Sermatutar). (<http://thodhesamawa.wordpress.com>) diakses pada 14 Maret 2012.
- (www.anakunhas.com/2011/10/cara-kerja-mesin-diesel-4-tak.html) diakses pada 20 Maret 2012.
- (www.agussuwasono.com/artikel/.../426-teori-dasar-mesin-diesel.html) diakses pada 25 Maret 2012.