

# Penggunaan Minyak Nabati Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Motor Diesel Sistim Injeksi Langsung

**Philip Kristanto**

Dosen Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

**Ricky Winaya**

Alumnus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

## Abstrak

Minyak nabati sebagai suatu contoh produk dalam bidang rekayasa pertanian, berpotensi untuk dikembangkan menjadi suatu bentuk energi bahan bakar yang diperbaharui yang disebut dengan bio-diesel. Tulisan ini membahas tentang studi perbandingan performansi motor disel sistim injeksi langsung berbahan bakar dengan komposisi 20%, 30% dan 40% bio-diesel, dengan yang berbahan bakar minyak diesel (solar).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor disel yang menggunakan bahan bakar dengan komposisi 20%, 30% dan 40% biodiesel menghasilkan torsi dan daya yang lebih rendah daripada motor yang sama berbahan bakar solar.

Hasil penelitian sebelumnya, hasil uji emisi menunjukkan adanya partikel, hidrokarbon dan karbon monoksida yang lebih rendah pada saluran buang.

Kata kunci: Minyak nabati, Biodiesel, Torsi, daya.

## Abstract

*Vegetable oil as an example product of agricultural engineering, has potential to be developed to renewable energy called bio-diesel. This paper describes comparison study performance from a direct injection system diesel-engine fueled with composition 20%, 30% and 40% bio-diesel, with diesel engine fueled diesel oil (solar).*

*The test results have shown that the engine fueled with 20%, 30%, and 40% bio-diesel produce slightly lower torque and power than the same engine fueled with solar.*

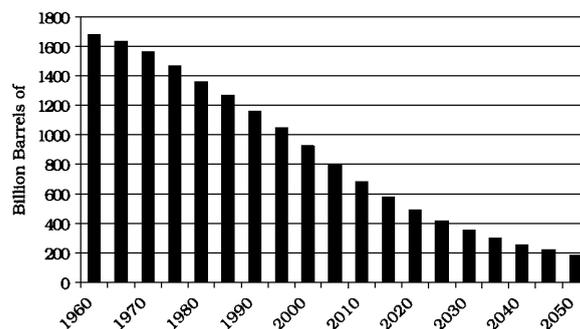
*The other research before, the emission test results have shown a lower particulate matter, hydrocarbon and carbon monoxide from exhaust.*

Keywords: Vegetable oil, Bio-diesel, Torque, Power.

## 1. Pendahuluan

Permasalahan yang dihadapi dunia dewasa ini adalah masalah pencemaran udara karena penggunaan bahan bakar serta krisis bahan bakar mineral (minyak bumi). Sebagaimana diketahui bahwa kemampuan negara-negara di dunia untuk menyediakan bahan bakar semakin lama semakin berkurang dan pada suatu saat akan mencapai puncaknya, karena hampir semua daerah yang mengandung minyak telah ditemukan dan dieksploarasi. Sedangkan permintaan akan bahan bakar terus meningkat dengan tajam, sehingga cadangan minyak dunia semakin menipis (Gambar 1).

World Oil Supply



Gambar 1. Suplai Minyak Dunia<sup>4</sup>.

Agar dapat keluar dari permasalahan tersebut dibutuhkan suatu inovasi tertentu, diantaranya mencari bahan bakar alternatif sebagai substitusi bahan bakar mineral tersebut. Salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi untuk mengatasi permasalahan

**Catatan** : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Februari 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 5 Nomor 1 April 2003.

tersebut adalah bio-disel. Bio-disel dihasilkan dari proses transesterifikasi (*transesterification*) minyak nabati dengan methanol melalui komposisi 80-90% minyak nabati, 10-20% metanol, dan 0.35-1.5% katalis. Salah satu diantara jenis tanaman penghasil minyak nabati adalah kelapa sawit, dan jenis tanamam ini sangat melimpah di bumi persada Indonesia yang beriklim tropis. Indonesia sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia setelah negara tetangga Malaysia, sehingga sangat terbuka peluang bagi Indonesia untuk menjadi produsen bio-disel terbesar di dunia.

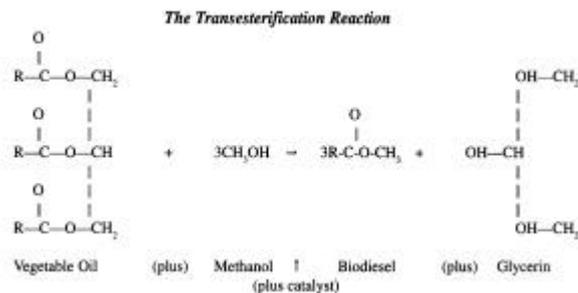
Sebenarnya konsep penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar, sudah diawali oleh DR. Rudolf Diesel pada tahun 1985 dengan tujuan untuk digunakan dengan beragam bahan bakar termasuk diantaranya minyak nabati<sup>5)</sup>. Pada *World Exhibition* di Paris pada tahun 1900 Dr. Rudolf Diesel memperagakan motornya dengan menggunakan minyak kacang (*peanut oil*) sebagai bahan bakarnya<sup>5)</sup>. Pada dekade terakhir, Departemen Energi Amerika Serikat mendapat rekomendasi dari *Environmental Protection Agency* (EPA) untuk menjual bebas bio-disel sebagai bahan bakar mesin disel tanpa melakukan modifikasi pada motor. Bio-disel yang populer dijual di Amerika Serikat menggunakan kode B-20 (campuran 20% bio-disel dan 80% minyak disel), B-35 (campuran 35% bio-disel dan 65% minyak disel).

## 2. Teori Dasar

Bio-disel dihasilkan dari minyak nabati melalui proses reaksi transesterifikasi antara minyak nabati, methanol dan katalis. Reaksi transesterifikasi tersebut diperlihatkan pada gambar 2. Transesterifikasi adalah suatu proses transformasi dari satu tipe ester ke tipe ester yang lain. Ester merupakan rantai hidrokarbon yang membentuk ikatan dengan molekul yang lain. Dari gambar 2 ditunjukkan bahwa terdapat kelebihan atom oksigen pada bio-disel, sehingga bio-disel dapat dikatakan sebagai bahan bakar yang memiliki sifat oksigenat, dan karena sifat tersebut maka bio-disel memiliki kemampuan untuk mengikat molekul karbon monoksida (CO) menjadi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Metanol yang digunakan sebagai bahan pencampur minyak nabati menghasilkan reaksi bio-disel yang lebih stabil dibandingkan jenil alkohol yang lain.

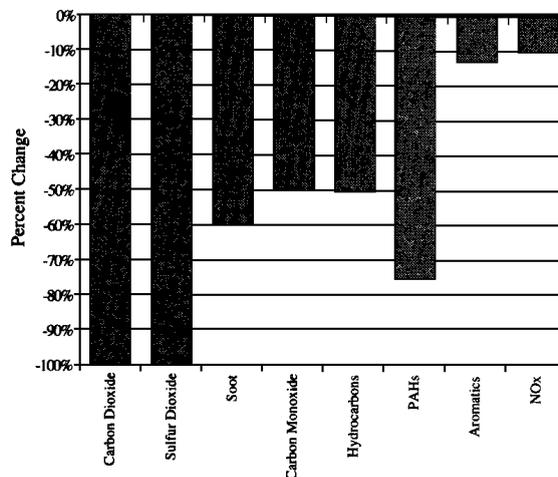
Sekitar 0.4 – 5% bio-disel yang dicampurkan dengan minyak disel (solar) meningkatkan sifat pelumasan (*lubricity*) bahan bakar (*"Bio-diesel: Cost Effective Lubricity Enhancer."* NOPEC

Corporation,1977). Dengan berbagai karakteristik dasar yang dimiliki bio-disel, maka bio-disel layak digunakan sebagai bahan campuran dalam solar tanpa mengalami gangguan yang berarti pada motor disel sistim injeksi langsung (Schumacher L. G.<sup>5)</sup> Minyak bumi hasil eksploarasi di belahan bumi tidak pernah dijumpai dalam keadaan bebas sulfur, sehingga jika digunakan sebagai bahan bakar akan dihasilkan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) yang berdampak terhadap adanya hujan asam (*acid rain*). Hal ini berbeda dengan minyak nabati, karena dihasilkan dari produk pertanian dapat dijamin bebas dari kandungan sulfur.



Gambar 2. Reaksi Transesterifikasi

Dibandingkan dengan minyak disel, menurut *Körbitz, Werner* <sup>3)</sup>, karakteristik reduksi emisi dari bio-disel ditunjukkan dalam gambar 3.



(sumber: *Körbitz Consulting*)

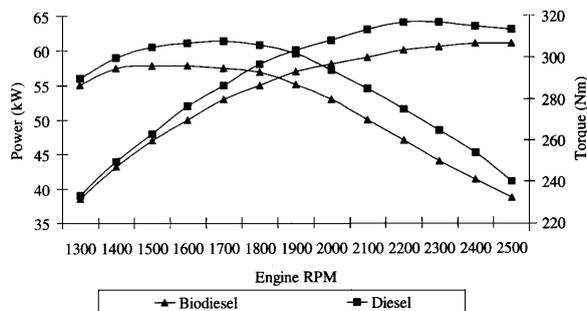
Gambar 3. Reduksi Emisi Bio-disel

Schumacher<sup>5)</sup> yang meneliti emisi dari campuran methyl ester kedelai dan canola dengan minyak disel konvensional pada motor disel Detroit 6V92TA (banyak digunakan pada bus dan truk) yang diuji pada *engine test bed*, menyimpulkan bahwa kenaikan prosentase methyl ester kedelai dan canola mengakibatkan penurunan emisi partikulat, hidrokarbon dan karbon monoksida, tetapi meningkatkan emisi

NO<sub>x</sub>. Rasio optimum campuran methyl ester dengan minyak disel, berdasarkan penurunan emisi partikulat dan peningkatan NO<sub>x</sub> yaitu pada kisaran 20-80%. Hasil penelitian Schumacher serupa dengan yang dicapai oleh Reece et al.<sup>4)</sup> yaitu penurunan emisi yang sama jika menggunakan campuran sebesar 20% methyl ester.

Penggunaan 100% methyl ester menurut Howell<sup>2)</sup> sama sekali tidak direkomendasikan karena selain non-ekonomis, sangat beresiko menyumbat saluran bahan bakar serta merusak pelapis (*seal*) yang terbuat dari bahan karet alam.

Bio-diesel memiliki kandungan energi lebih-kurang sebesar 37 MJ/kg, sedangkan minyak disel memiliki kandungan energi sebesar 42 MJ/kg<sup>5)</sup>, sehingga performansi bio-diesel sebagai bahan bakar sedikit lebih rendah dibandingkan minyak disel konvensional (gambar 4).



(sumber: University of Idaho<sup>4)</sup>).

Gambar 4. Perbandingan Performansi Bio-diesel dengan minyak disel

Titik nyala (*flash point*) bio-diesel 33°C, lebih rendah dibandingkan dengan minyak disel (solar) yang mempunyai titik nyala 65.5°C, hal ini mengakibatkan periode penyalaan yang lebih pendek, pembakaran berlangsung lebih awal yang pada akhirnya akan berdampak dengan meningkatnya temperatur dan tekanan pada ruang bakar. Kondisi terakhir ini akan berdampak terhadap peningkatan konsentrasi NO<sub>x</sub> pada gas buang.

Bio-diesel memiliki *cetane index* 52.12, lebih tinggi dibandingkan minyak disel (solar) yang memiliki *cetane index* 48, sehingga memiliki kemampuan untuk mengurangi terjadinya detonasi pada motor disel.

### 3. Percobaan

#### 3.1 Pembuatan Bio-diesel

Bio-diesel yang digunakan dalam percobaan ini dibuat minyak nabati (minyak goreng) dari kelapa sawit yang dijual bebas di beberapa

pasar swalayan. Prosedur pembuatan sebagai berikut:

- Mencampurkan 0.9 gram KOH (sebagai katalis) ke dalam 20 mililiter metanol.
- Campuran diaduk selama kurang lebih 1 menit.
- Menuangkan 100 mililiter minyak nabati ke dalam campuran di atas.
- Ketiga komponen tersebut diaduk selama kurang lebih 15 menit.
- Ditunggu hasilnya selama kurang lebih 2 jam, untuk melihat apakah terjadi pemisahan. Jika terjadi pemisahan, maka dapat digunakan 9 gram KOH pada 1 liter minyak nabati, jika tidak terjadi pemisahan dilakukan penambahan KOH sampai dihasilkan pemisahan.
- Komposisi campuran yang ideal adalah 1 liter minyak nabati + 200 mililiter metanol + 9 gram KOH.
- Setelah kurang lebih 8 jam terjadi proses pengendapan gliserin, dimana secara kasat mata nampak dengan jelas batas pemisah antara kedua unsur tersebut. Bagian bawah menyatakan komponen gliserin dan bagian atasnya merupakan komponen bio-diesel.

#### 3.2 Uji Performansi

##### 3.2.1 Perangkat uji:

- *Water Brake* dinamometer, untuk uji performansi motor.
- Motor disel Merk: Isuzu, tipe:4JA1, *direct injection*.
- Gelas ukur bahan bakar
- *Stopwatch*
- Bahan bakar dengan komposisi sebagai berikut:
  - 20% Bio-diesel + 80% solar
  - 30% Bio-diesel + 70% solar
  - 40% Bio-diesel + 60% solar
  - 0% Bio-diesel + 100% solar

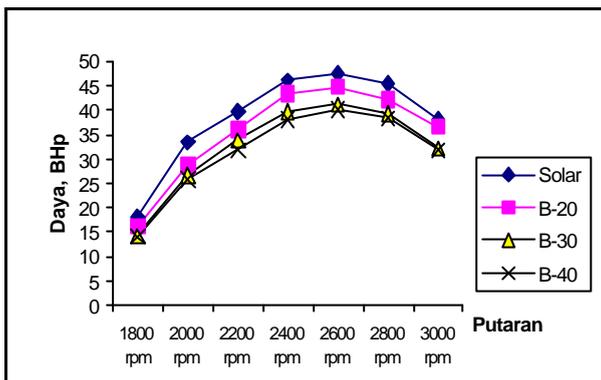
##### 3.2.2 Metode Pengujian

1. Parameter yang diuji: torsi, daya dan konsumsi bahan bakar spesifik.
2. Pengujian dilakukan pada putaran 1800 rpm sampai dengan 3000 rpm dengan interval 200 rpm.
3. Sebelum dilakukan pengambilan data dilakukan *setting* waktu injeksi untuk mendapatkan kondisi operasi optimum untuk bahan bakar solar (12° sebelum TMA).
4. Setiap usai pengujian dengan komposisi bahan bakar tertentu dilakukan *flushing* agar kondisi motor dapat dipertahankan

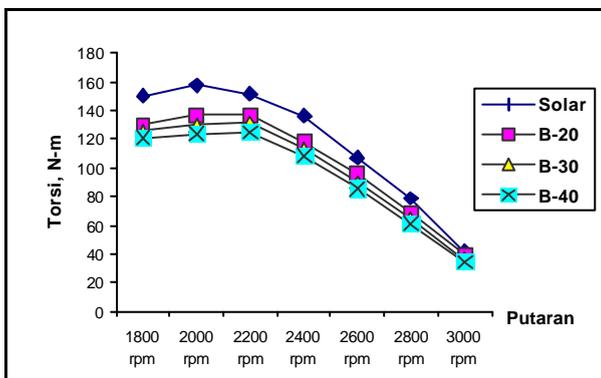
sesuai kondisi awal pengujian, demikian pula kondisi lingkungan sekitar lokasi pengujian (temperatur udara *ambient*, temperatur air radiator, tekanan udara *ambient*)

5. Data yang didapatkan diolah berdasarkan teori yang terdapat pada pustaka tentang motor disel, dan selanjutnya ditampilkan dalam bentuk kurva agar mudah dilakukan analisa.

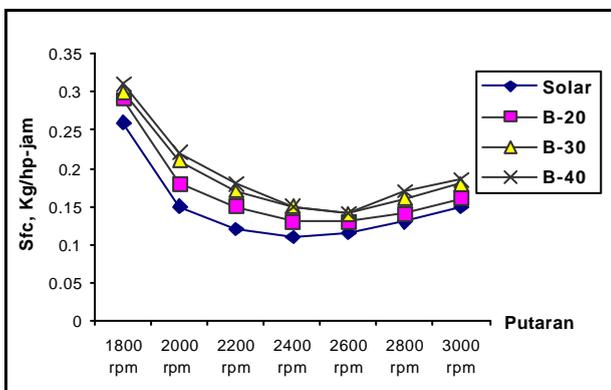
#### 4. Hasil Uji



Gambar 5. Kurva Daya Vs Putaran



Gambar 6. Kurva Torsi Vs Putaran



Gambar 7. Sfc Vs Putaran

#### 5. Analisa

Pada gambar 5, nampak bahwa dengan menggunakan bahan bakar campuran (bio-diesel + solar) berbagai komposisi terjadi penurunan daya keluaran pada berbagai tingkat kecepatan putar motor dibandingkan solar murni (tanpa campuran). Hal ini diakibatkan terutama karena nilai *heating value* bio-diesel lebih kecil dibandingkan solar tanpa campuran, sehingga secara keseluruhan dapat dikatakan dengan mencampurkan bio-diesel pada solar, akan menurunkan nilai *heating value* solar itu sendiri. Faktor lain yang memungkinkan terjadinya penurunan daya ini adalah karena kurang tepatnya setting *timing injection*, sebagaimana diuraikan pada bagian sebelumnya bilangan setana bio-diesel lebih tinggi dibandingkan solar, sehingga diperlukan *ignition delay* yang lebih pendek. Jadi, dibutuhkan upaya untuk memajukan *timing injection* guna mendapatkan daya yang optimum. Semakin tinggi konsentrasi bio-diesel dalam campuran, semakin rendah daya yang dihasilkan.

Pada gambar 6 juga ditunjukkan terjadi sedikit penurunan torsi pada motor, hal ini merupakan konsekuensi logis karena daya berbanding lurus terhadap torsi. Peningkatan konsentrasi bio-diesel dalam campuran juga akan memperbesar penurunan torsi pada berbagai tingkat kecepatan.

Pada kurva konsumsi bahan bakar spesifik versus putaran juga dihasilkan kondisi yang serupa, yaitu semakin besar konsentrasi bio-diesel dalam campuran akan meningkatkan konsumsi bahan bakar spesifik, hal ini tentunya dapat dikaitkan pula dengan nilai *heating value* campuran lebih rendah dibandingkan solar murni, sehingga untuk menghasilkan daya keluaran persatuan waktu tentunya dibutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak.

#### 6. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari pengujian ini adalah:

1. Penggunaan campuran bio-diesel + solar pada berbagai konsentrasi dengan *setting injection time* optimal untuk solar menurunkan performansi motor secara keseluruhan pada kisaran 5 – 10% pada berbagai tingkat kecepatan.
2. Campuran dengan konsentrasi bio-diesel 20% (B-20) menghasilkan performansi motor yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi 30% (B-30) dan 40% (B-40), tetapi dibandingkan

dengan konsentrasi 0% (Solar tanpa bio-diesel) dihasilkan performansi motor yang lebih rendah.

3. Semakin besar konsentrasi bio-diesel yang digunakan dalam campuran semakin menurunkan performansi motor secara keseluruhan.

### Daftar Pustaka

1. Alfuso S. et al., *The Effect of Methyl ester of Rapeseed Oil on Combustion and Emissions of DI Diesel Engine*, SAE paper 932801, 1993.
2. Howell S. et al., *Biodiesel use in Underground Metal and Non metal Mines*, <<http://www.dieselnet.com/papers/9750howell.html>>.
3. Körbitz , Werner, *Methyl Ester on emissions of DI Diesel Engine*, Körbitz consulting.
4. Reece et al., *A report on the Idaho on Road Vehicle test With RME and Neat Rapeseed Oil as an Alternative to Diesel Fuel*. SAE paper 935018, 1993.
5. Schumacher L. G. et al., *Fueling a Diesel Engine With Methyl Ester in a Direct Injection Diesel Engine*. SAE paper 930934, 1993.
6. Tickell J., *From the Fryer to the Fuel Tank*, 3<sup>rd</sup> edition. Tickell Energy Consulting, 2000.