

## BAB 4 HASIL & ANALISIS

### 4.1 Analisis Stabilitas Oksidasi

Minyak nabati dan *fatty-acid methyl esters* (FAME) atau biasa disebut biodiesel memiliki waktu penyimpanan yang relatif singkat hal ini dikarenakan minyak tersebut dapat teroksidasi secara perlahan oleh oksigen di atmosfer.

Produk-produk oksidasi dari bahan bakar biodiesel atau campuran biodiesel dengan solar yang dihasilkan atau dapat dikatakan bahan bakar yang telah *rancid* atau tengik dapat mengakibatkan kerusakan pada mesin diesel. Oleh karena hal tersebut stabilitas oksidasi merupakan salah satu standar kualitas yang penting untuk diawasi baik dalam proses produksi biodiesel maupun saat penyimpanannya (EN 14112).

Analisis stabilitas oksidasi biodiesel minyak jelantah murni, campuran biodiesel minyak jelantah dan solar serta stabilitas oksidasi solar murni dilakukan dengan metode 743 Rancimat yang dimodifikasi, dilengkapi dengan 743 Rancimat 1.0 *Personal Computer Program* di Laboratorium Analisis Pangan Institut Pertanian Bogor. Parameter yang digunakan adalah parameter khusus untuk pengujian stabilitas oksidasi biodiesel, campuran biodiesel dan solar (diesel konvensional) yakni dengan ketentuan *round robin test*, dengan parameter sebagai berikut :

Tabel 4.1 Parameter Round Robin Test

Parameter	unit
Temperature	110°C
$\Delta T$	0.88°C / 0.85°C
Sample amount	7.5 g
Air flow	10 L/h
Absorption volume	60 mL
Evaluation	Induction time

Analisis untuk masing-masing *sample* yakni solar murni/S100, B5-UFO, B10-UFO, B15-UFO, B20-UFO, B25-UFO, B30-UFO diawali dengan menempatkan masing-masing *sample* seberat 7.5 g di tabung reaksi (*reaction vessel*) panjang dengan panjang 250 mm. 60 mL air distilasi diisikan ke dalam tabung pengukur (*measuring vessel*) dengan sel konduktivitas (*conductivity cells*) diletakkan di atas tabung pengukur. Setelah temperatur pengukuran telah mencapai suhu 110 °C, *reaction vessel* yang telah ditutup diletakkan ke dalam blok pemanas (*heating block*), setelah selang-selang (*tubings*) disambungkan determinasi dimulai.

#### 4.1.1 Waktu Induksi

Waktu induksi yang dihasilkan menunjukkan karakter resistansi bahan bakar terhadap oksidasi. Istilah waktu induksi/*induction time* lebih umum biasa diistilahkan dengan *Oil Stability Index* (OSI). Metode Rancimat juga biasa disebut *automated Swift test* atau *accelerated oxidation test*/uji oksidasi yang dipercepat dimana metode Rancimat ini digunakan sebagai pengganti metode sebelumnya yang sangat merepotkan yakni metode oksigen aktif atau *Active Oxygen Method* (AOM).

Selama pengukuran aliran udara mengalir melalui *sample* biodiesel atau campuran biodiesel-solar yang terdapat di dalam tabung reaksi yang tertutup dan dipanaskan. Perlakuan ini menyebabkan reaksi oksidasi pada molekul-molekul biodiesel/campuran biodiesel-solar pada *sample*, yang pada awalnya akan terbentuk peroksida (*peroxides*) yang merupakan produk oksidasi primer. Setelah beberapa saat berlalu *fatty acid* / asam lemak dari *sample* akan hancur seluruhnya, dengan produknya yang disebut produk oksidasi sekunder, produk oksidasi sekunder yang terbentuk juga termasuk *low-molecular organic acids* yang merupakan produk oksidasi yang dihasilkan disamping produk lain seperti senyawa organik yang mudah menguap. Produk-produk oksidasi tersebut dialirkan dengan aliran udara ke tabung kedua yang disebut *measuring vessel* yang berisi air distilasi. Konduktivitas di dalam tabung ini direkam secara terus menerus. Asam organik dapat dideteksi oleh naiknya konduktivitas. Waktu yang diperlukan sampai produk oksidasi sekunder terwujud disebut waktu

induksi/*induction time* disebut pula *induction period* atau *Oil Stability Index* (OSI).

Evaluasi waktu induksi (*induction time*) dilakukan secara otomatis dengan kurva yang terukur. Dengan standar Eropa EN 14112 (*modified*) determinasi stabilitas oksidasi dapat dilakukan yang mana hasil determinasi stabilitas oksidasi berupa waktu induksi dapat dilihat pada tabel di bawah ini;

Tabel 4.2 Waktu induksi

Sample ID	Frekwensi uji	Waktu induksi (secara otomatis) [jam]
S100	1	>124,85
B100	1	1,6
B5	1	>124,85
B10	1	>124,85
B15	1	>124,85
B20	1	>124,85
B25	1	>124,85
B30	1	98,24

Dari table hasil determinasi stabilitas oksidasi berupa waktu induksi di atas dapat kita ketahui bahwa biodiesel minyak jelantah murni (100%) memiliki sifat kimia stabilitas oksidasi 1,6 jam dimana standar Eropa minimal stabilitas oksidasi untuk biodiesel adalah 6 jam pada 110°C sesuai dengan metode uji yang digunakan, sehingga sangat tidak disarankan untuk menggunakan biodiesel minyak jelantah murni ini untuk mesin diesel, kecuali sudah dimodifikasi dengan *additive* atau dicampur dengan solar/petrodiesel.

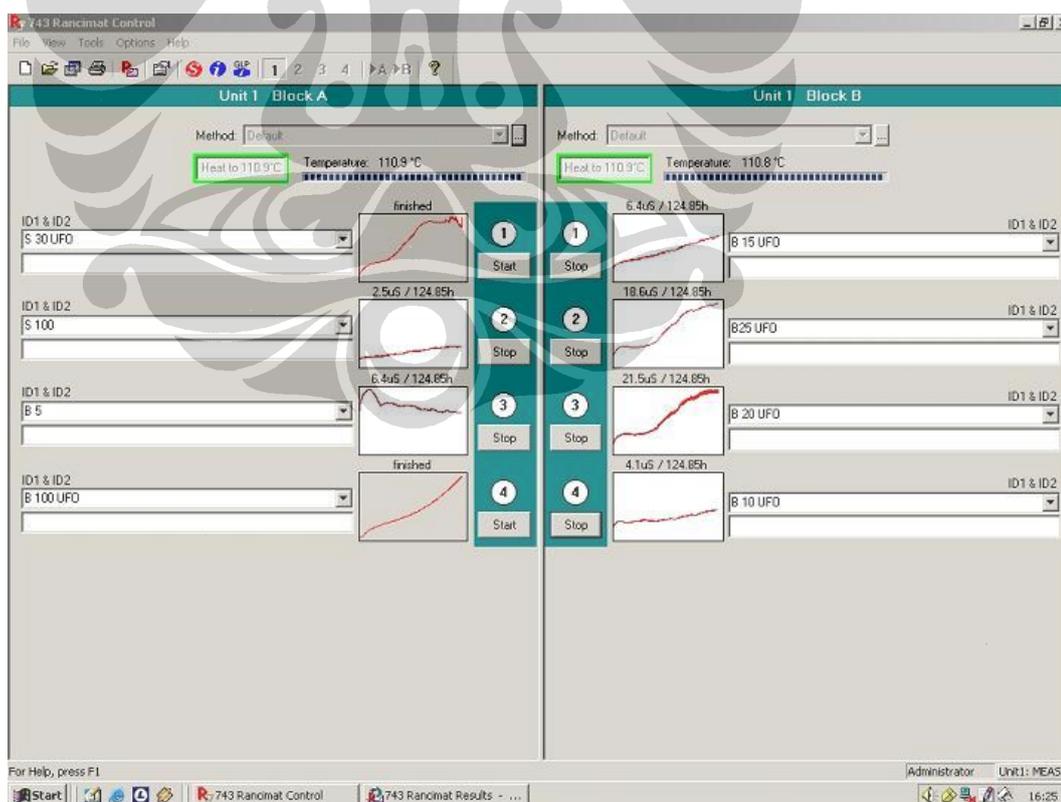
Campuran 30% biodiesel minyak jelantah dan 70% solar (petronas) yang kami namakan B30-UFO didapat waktu induksi 98,24 jam, dengan standar minimal stabilitas oksidasi campuran biodiesel dan solar 20 jam maka jelas

bahwa B30-UFO sangat stabil dan sangat aman untuk digunakan pada mesin diesel karena memiliki lebih dari empat kali standar minimal stabilitas oksidasi.

Adapun B25, B20, B15, B10, B5 dan S100, dikarenakan terbatasnya waktu pada Laboratorium Analis Pangan IPB (LAP-IPB) yang baru pertama kali alat 743 Rancimat di Lab. tersebut digunakan untuk menguji stabilitas oksidasi campuran biodiesel dan solar sehingga dilakukan penghentian proses determinasi yang menyebabkan belum didapat waktu induksinya (*induction time*) dimana telah dilakukan proses pengukuran lebih dari 5 hari (124,85 jam) namun belum mencapai *end point*. Kekhawatiran petugas LAP-IPB terhadap kekuatan alat juga menjadi dasar penghentian proses determinasi ke-6 contoh.

#### 4.1.2 Analisis Stabilitas Oksidasi dengan Grafik

Stabilitas oksidasi selanjutnya dapat dengan jelas dianalisis dari grafik yang dihasilkan dari masing-masing *sample* pada *rancimat control* seperti dapat dilihat di bawah ini:



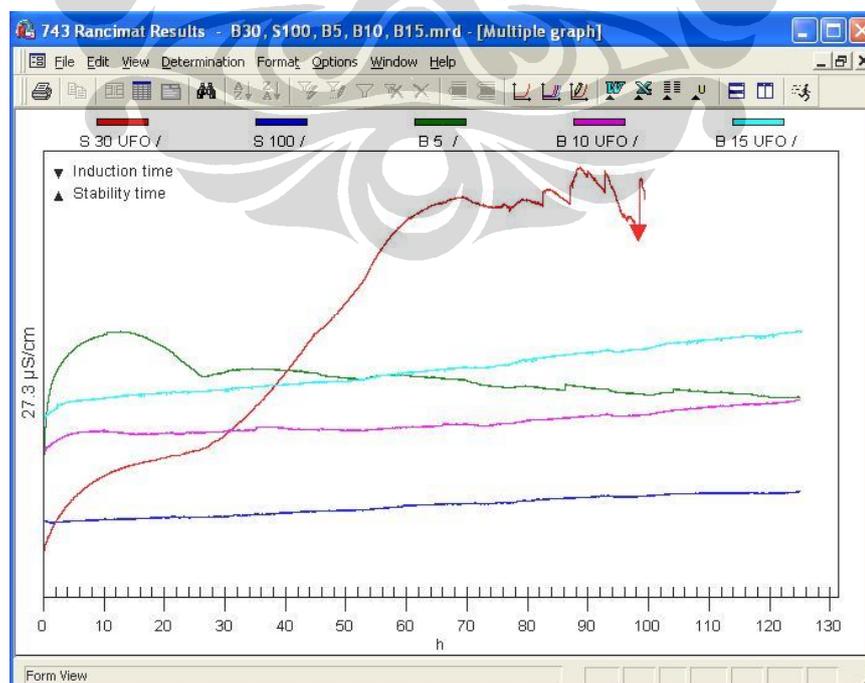
Gambar 4.1 Rancimat Control

Terdapat Unit 1 Block A dan Unit 1 Block B, Unit 1 menunjukkan bahwa dari satu *rancimat control* dapat dipasang 4 unit mesin Rancimat sedangkan yang terpasang di Lab. IPB hanya satu unit, sedangkan Block A dan Block B menunjukkan terdapat dua block aluminium pemanas dalam satu mesin. Dalam satu block terdapat 4 channel.

#### 4.1.2.1 Analisis Grafik dengan Pembanding B30-UFO

Tampak pada pada Unit 1 Block A bahwa dua *sample* telah mencapai *end point* yakni B30-UFO pada channel 1 dan B100-UFO pada channel 4 dimana B30-UFO waktu induksi dalam 98,24 jam dan B100 waktu induksi dalam 1,6 jam.

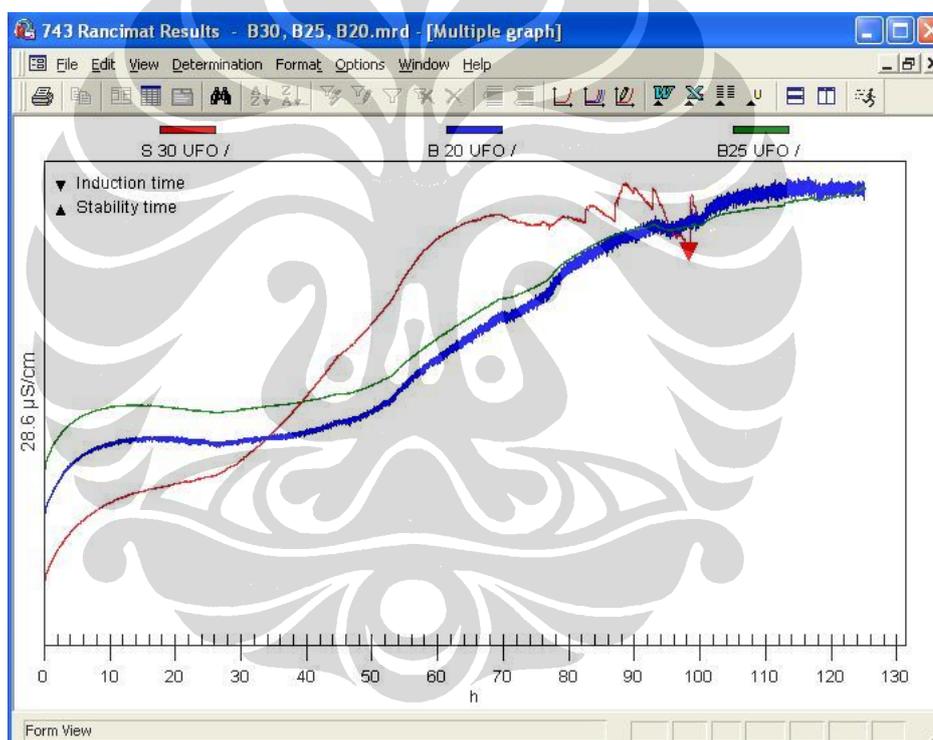
Untuk enam *sample* lainnya dapat dianalisis dari grafik yang tampak, pada Rancimat control maupun multiple graph, pertama pada Rancimat control Block A channel 2 dimana S100 yakni sample yang mengandung 100% solar (diesel petronas) terlihat grafik yang masih sangat landai dibandingkan B30-UFO, demikian pula pada Block A channel 3 dimana B5-UFO ditempatkan dan pada channel 1 Block B yakni B15-UFO dan B10-UFO pada channel 4 Block B juga masih cukup landai dibandingkan dengan B30-UFO yang telah mencapai *end point*, hal ini menunjukkan bahwa S100, B5, B10 dan B15 diprediksi masih memerlukan waktu yang cukup lama untuk mencapai waktu induksinya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada *Multiple graph* di bawah ini :



Gambar 4.2 Grafik *Multiple* B30,S100,B5,B10,B15

Tampak jelas pada grafik di atas bahwa perbedaan antara B30 dengan keempat bahan bakar yang lain (S100, B5-UFO, B10-UFO dan B15-UFO) sangat ekstrim, hal ini sangat jelas membuktikan bahwa waktu induksi untuk keempat bahan bakar yang lain sangat jauh berbeda dengan B30 dimana telah mencapai waktu induksi 98,24 jam.

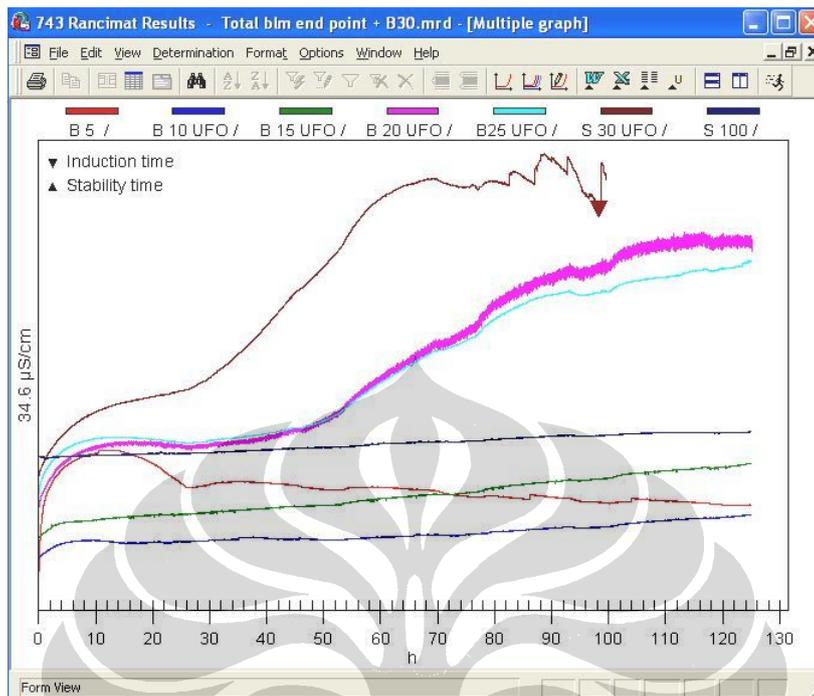
Sebaliknya pada B25-UFO pada Block B channel 2 dan B20-UFO pada Block B channel 3 terlihat grafik konduktifitas-waktu sudah cukup curam hal ini menunjukkan bahwa B20, dan B25 dapat diprediksi memerlukan waktu yang relatif tidak lama untuk mencapai waktu induksinya. Agar lebih jelas dapat dilihat pada Multiple graph di bawah ini :



Gambar 4.3 Grafik *Multiple* B30,B20,B25

Perbandingan antara grafik konduktifitas B30-UFO yang telah mencapai *end point* dengan B20-UFO dan B25-UFO terlihat cukup memiliki kedekatan bentuk walaupun B30 masih lebih curam, namun dari perbandingan bentuk grafik tersebut dapat diprediksi bahwa B20-UFO dan B25-UFO memiliki waktu induksi dengan beda yang relatif tidak lama dengan B30-UFO.

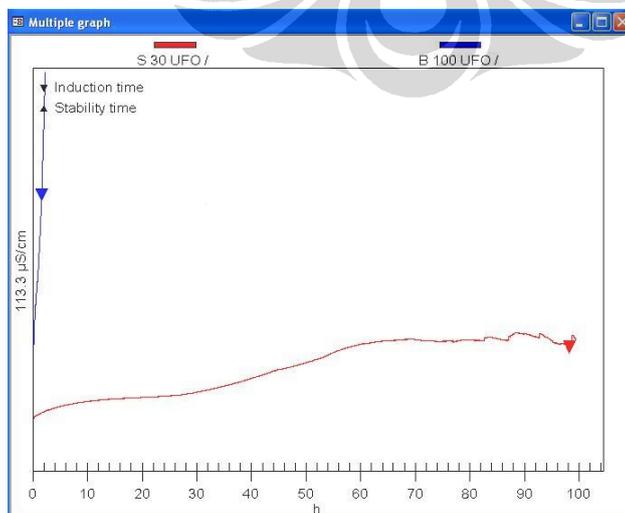
Adapun perbandingan grafik konduktifitas campuran biodiesel-solar dan solar murni dapat dilihat pada grafik *multiple* di bawah ini :



Gambar 4.4 Grafik *Multiple* B5,B10,B15,B20,B25,B30,S100

#### 4.1.2.2 Analisis Grafik dengan Perbandingan B100-UFO

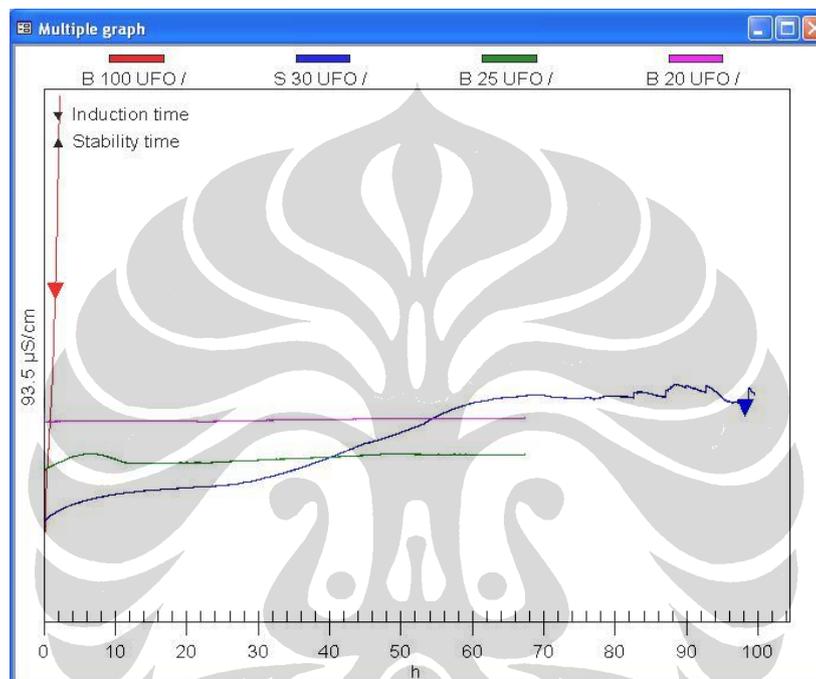
Analisis B100-UFO sebagai perbandingan adalah untuk melihat seberapa jauh perbedaan antara bahan bakar biodiesel murni (B100) dengan campuran biodiesel-solar dilihat dari grafik *multiple*, yang pertama dapat dilihat antara B100 dan B30 dari grafik di bawah ini :



Gambar 4.5 Grafik *Multiple* B30 & B100

Dapat dilihat antara B30-UFO yang memiliki waktu induksi 98,24 jam dengan B100-UFO yang memiliki waktu induksi 1,6 jam karakter grafiknya sangat ekstrim berbeda, hal ini yang menjadi dasar bahwa analisis dengan grafik tidak mengikutsertakan B30 di dalamnya, melainkan dianalisis terpisah.

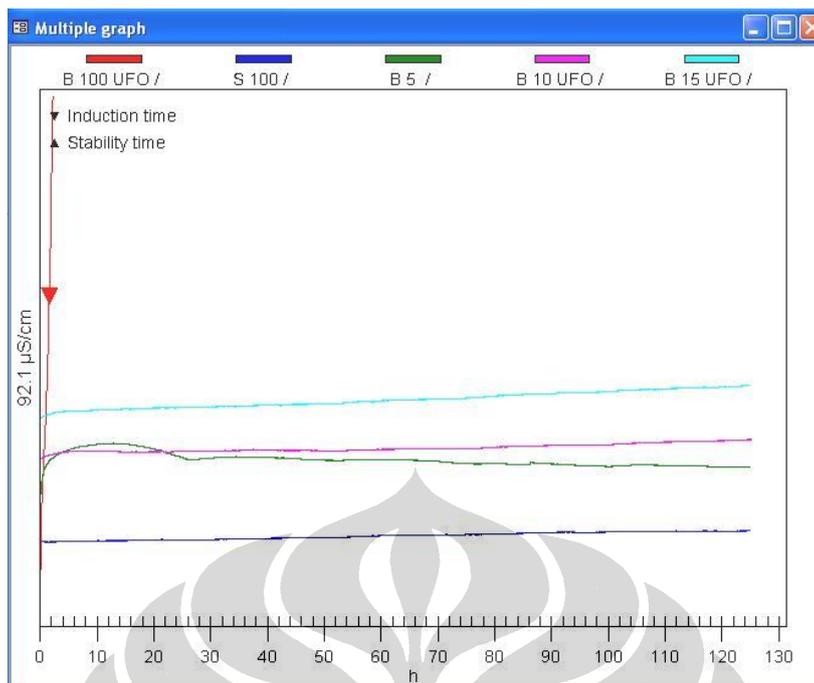
Adapun perbandingan antara B100-UFO dengan bahan bakar yang memiliki grafik curam (saat dibandingkan dengan B30-UFO) dapat dilihat pada grafik :



Gambar 4.6 Grafik *Multiple* B100 dengan B20, B25 dan B30

Karakter B20 dan B25 yang pada grafik 4.3 dimana diperbandingkan dengan B30 terlihat cukup curam, setelah diperbandingkan dengan B100 tidak tampak curam melainkan sebaliknya, sangat landai, hal ini juga melahirkan analisis perbedaan yang sangat ekstrim antara campuran biodiesel-solar terutama B20 dan B25 terhadap biodiesel murni B100 dilihat dari stabilitas oksidasinya dan memberikan gambaran yang sangat aman terhadap B20, B25 dan B30 untuk digunakan di mesin diesel.

Selanjutnya perbandingan antara B100-UFO dengan bahan bakar yang memiliki grafik landai (saat dibandingkan dengan B30-UFO) dapat dilihat pada grafik :



Gambar 4.7 Grafik *Multiple* B100 dengan B5, B10, B15 dan S100

Pada grafik di atas terlihat karakter B5, B10 dan S100 sejajar satu sama lain yang hampir membentuk sudut  $90^\circ$  dengan B100, bahkan karakter B5 benar-benar membentuk siku  $90^\circ$  dengan B100, hal ini menggambarkan perbedaan stabilitas oksidasi yang sangat ekstrim antara B100 dengan S100, B5, B10, dan B15 dan hal ini juga menggambarkan bahwa B5 dan B10 sangat aman digunakan di mesin diesel dilihat dari stabilitas oksidasinya.

#### 4.1.3 Analisis Stabilitas Oksidasi dengan Konduktifitas

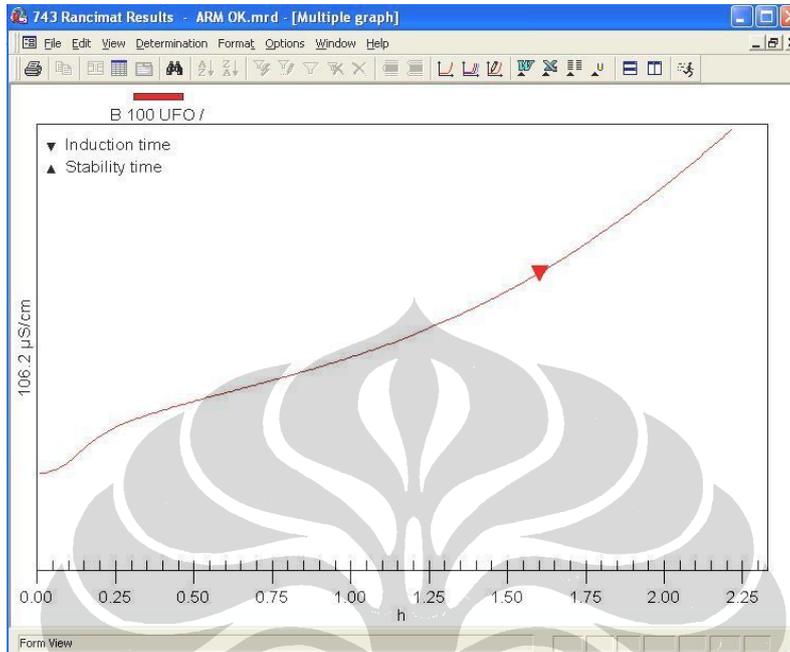
Konduktifitas adalah resistansi atau ketahanan suatu minyak atau bahan bakar terhadap oksidasi. Asam organik dapat dideteksi oleh naiknya konduktifitas. Semakin tinggi konduktifitas semakin cepat suatu *sample* mencapai *induction time*, dengan kata lain bahwa semakin rendah konduktifitas yang terdeteksi semakin tahan suatu minyak atau bahan bakar terhadap oksidasi. Waktu yang diperlukan sampai produk oksidasi sekunder terwujud disebut waktu induksi/*induction time* yang disebut pula *induction period* atau *Oil Stability Index* (OSI).

Konduktifitas dari masing-masing *sample* yang telah di-*running* selama 124,85 jam memiliki trend yang terekam pada grafik *multiple* masing-masing

Universitas Indonesia

*sample* walaupun *sample* tersebut belum mencapai *end point*, dapat dilihat pada grafik *multiple* masing-masing *sample* di bawah ini :

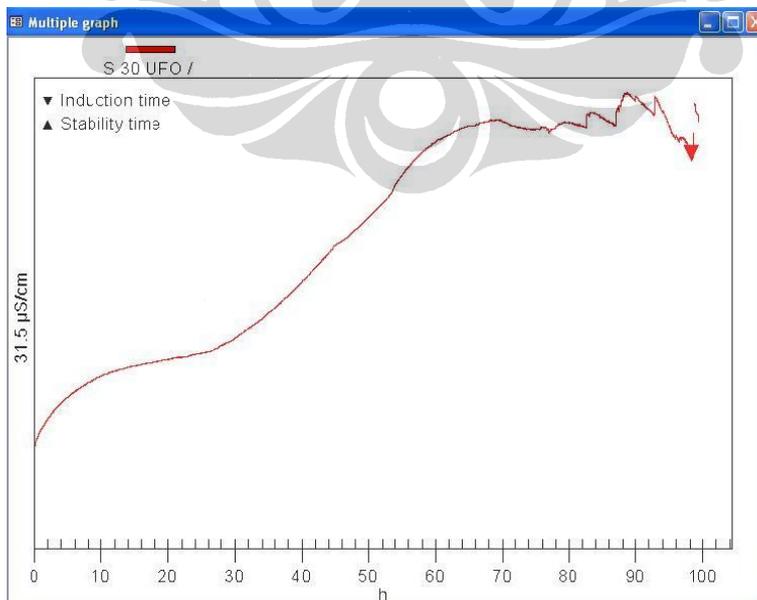
Untuk *sample* B100-UFO dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.8 Grafik Konduktifitas *Multiple* B100-UFO

Terekam pada grafik *multiple* B100-UFO diperoleh konduktifitas 106,2  $\mu\text{S/cm}$  dimana *sample* tersebut telah mencapai *end point* nya dengan hasil waktu induksi 1,6 jam.

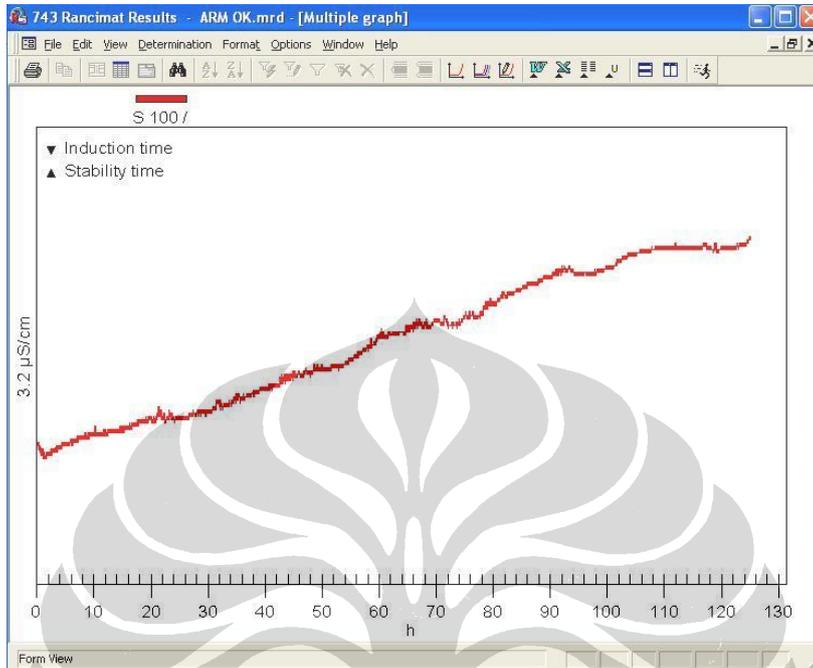
Untuk *sample* B30-UFO konduktifitas diperoleh dari grafik di bawah ini :



Gambar 4.9 Grafik Konduktifitas *Multiple* B30-UFO

Dari grafik di atas didapat konduktifitas 31,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  untuk B30-UFO.

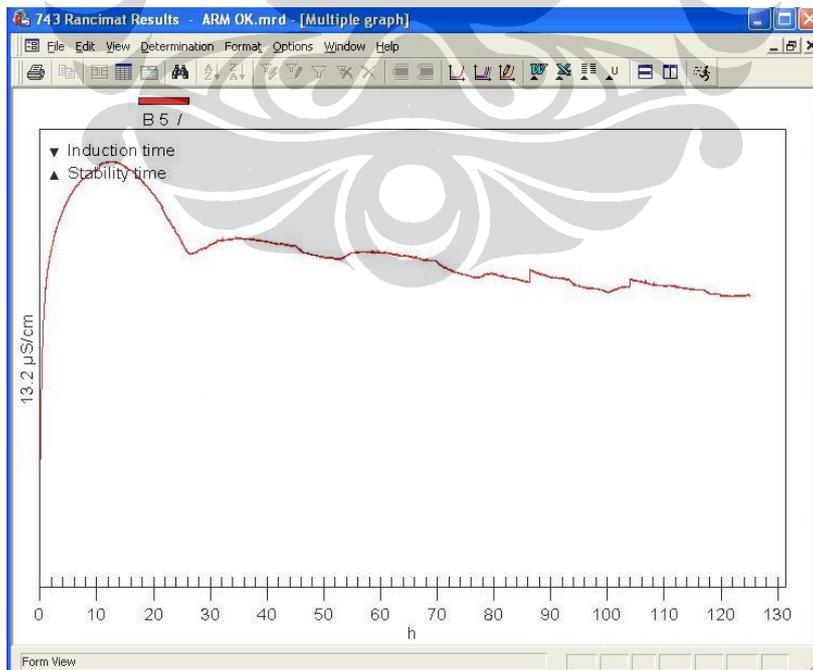
Selanjutnya untuk sample S100 dapat dilihat pada grafik di bawah:



Gambar 4.10 Grafik Konduktifitas *Multiple* S100

Diperoleh konduktifitas 3,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  untuk sample S100.

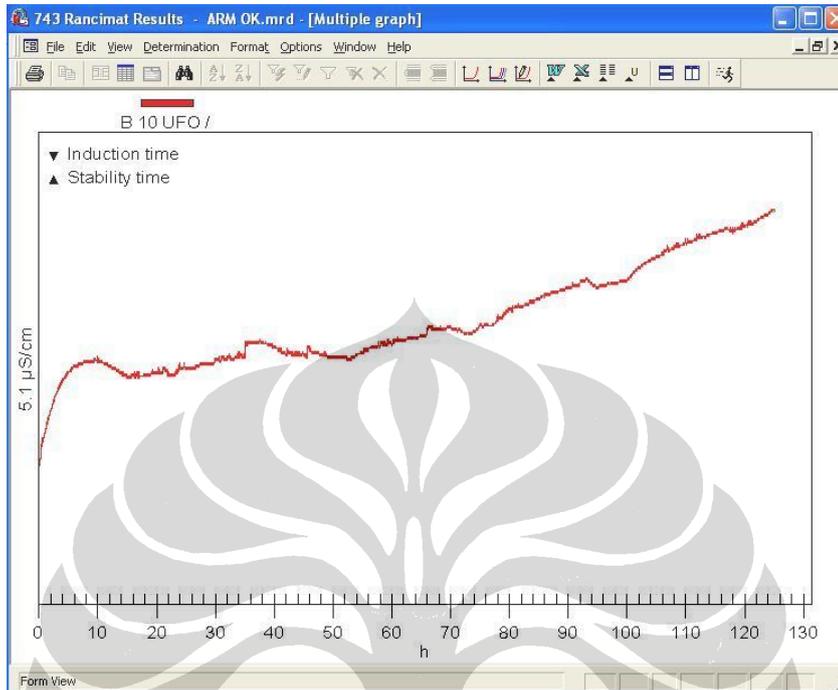
Untuk sample B5-UFO dapat dilihat pada grafik multiple di bawah :



Gambar 4.11 Grafik Konduktifitas *Multiple* B5-UFO

Diperoleh konduktifitas sebesar  $13,2 \mu\text{S}/\text{cm}$  atas sample B5-UFO.

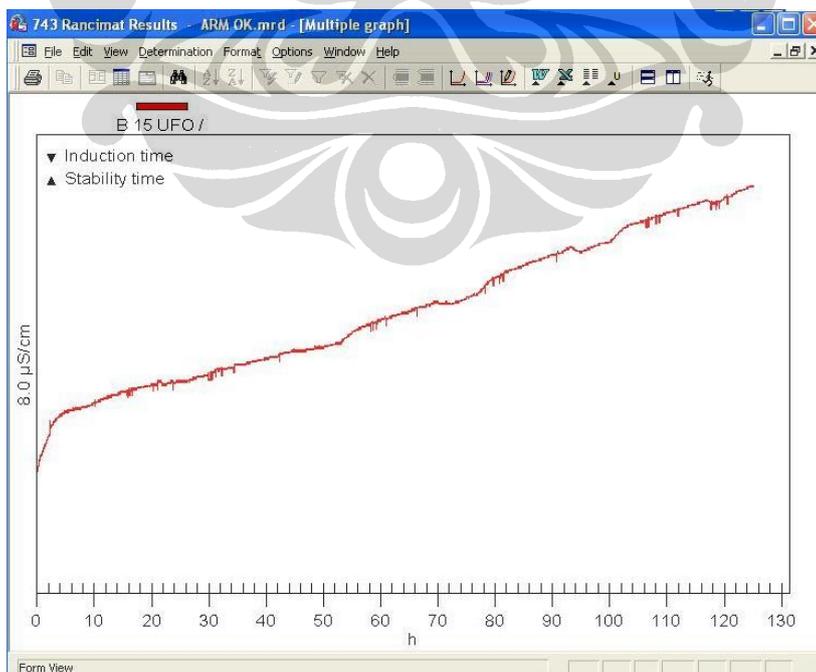
Selanjutnya untuk sample B10-UFO dapat dilihat pada grafik di bawah:



Gambar 4.12 Grafik Konduktifitas *Multiple* B10-UFO

Diperoleh konduktifitas sebesar  $5,1 \mu\text{S}/\text{cm}$  untuk *sample* B10-UFO.

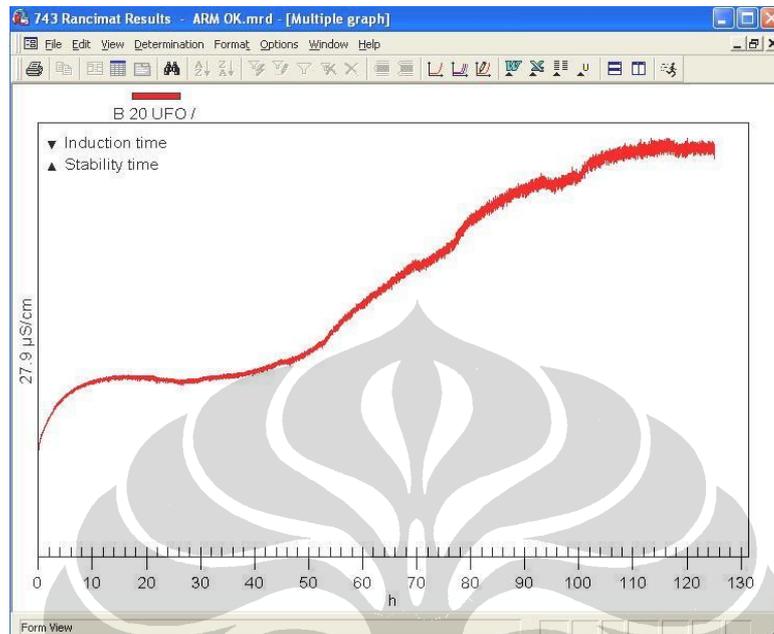
Untuk sample B15-UFO dapat dilihat dari grafik di bawah :



Gambar 4.13 Grafik Konduktifitas *Multiple* B15-UFO

Dari grafik di atas diperoleh konduktifitas dari sample B15-UFO sebesar  $8,0 \mu\text{S/cm}$ .

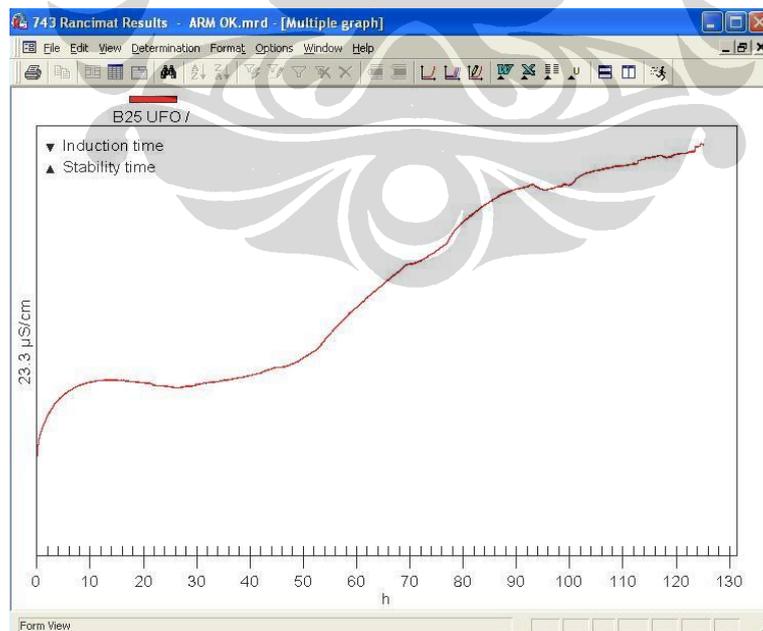
Selanjutnya untuk *sample* B20-UFO dapat dilihat dari grafik di bawah :



Gambar 4.14 Grafik Konduktifitas *Multiple* B20-UFO

Dengan melihat grafik di atas dapat kita peroleh konduktifitas dari *sample* B20-UFO sebesar  $27,9 \mu\text{S/cm}$ .

Untuk *sample* B25-UFO dapat dilihat pada grafik :



Gambar 4.15 Grafik Konduktifitas *Multiple* B25-UFO

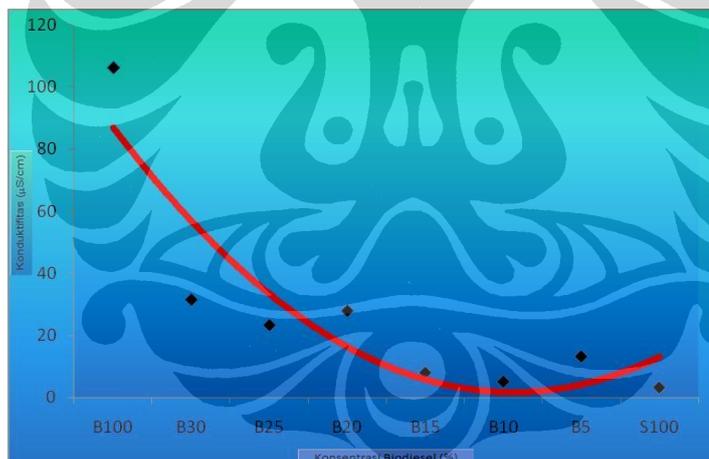
Diperoleh trend konduktifitas sebesar  $23,3 \mu\text{S/cm}$ .

Dari masing-masing grafik multiple sample di atas dapat diperoleh konduktifitas dari masing-masing bahan bakar, dapat dilihat pada table di bawah :

Tabel 4.3 Konduktifitas

Sample ID	Frekwensi uji	Konduktivitas [ $\mu\text{S/cm}$ ]
B100	1	106,2
B5	1	13,2
B10	1	5,1
B15	1	8,0
B20	1	27,9
B25	1	23,3
B30	1	31,5
S100	1	3,2

Untuk memudahkan analisis dapat kita perhatikan dengan grafik di bawah ini:



Gambar 4.16 Grafik Konduktifitas

Dari grafik konduktifitas dapat dilihat fenomena konsentrasi biodiesel terhadap konduktifitas tidak linier, B25 yang lebih banyak kandungan biodieselnnya daripada B20 memiliki konduktifitas lebih rendah daripada B20, demikian pula dengan B10 yang mengandung biodiesel lebih banyak daripada B5 juga memiliki konduktifitas yang lebih rendah daripada B5. Hal yang masih harus

dibuktikan adalah apakah kedua fenomena tersebut tetap sama sampai mencapai *end point*-nya atau sebaliknya.

Campuran biodiesel 30% dan solar 70% (B30-UFO) dapat mencapai *end point*-nya dengan waktu induksi 98,24 jam dimana memiliki konduktifitas yang tidak terlalu tinggi yakni 31,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sehingga untuk campuran yang memiliki konduktifitas mendekati 31,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  seperti B20-UFO dengan konduktivitas 27,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  yang mana terpaut 3,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dapat diprediksi akan memperoleh waktu induksinya dalam waktu yang relatif tidak lama lagi, demikian pula dengan B25-UFO dengan konduktifitas 23,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  yang terpaut 8,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dapat diprediksi akan memperoleh waktu induksinya dalam waktu yang relatif tidak lama dibandingkan dengan waktu induksi B30-UFO.

Pengukuran campuran tahap kedua telah member hasil sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil Induction Time

	Biodiesel Jelantah (%)	Solar (%)	Induction Time (h)
B100-UFO	100	0	1,6
B95-UFO	95	5	2,95
B90-UFO	90	10	3,56
B80-UFO	80	20	17,13
B30-UFO	30	70	98,24

Untuk memudahkan analisis dapat kita perhatikan dengan grafik di bawah ini :



Gambar 4.17 Grafik Induction Time

Diperoleh hasil pengukuran lima nilai induction time/waktu induksi dimana sesuai standar Eropa EN 14112 dengan minimal stabilitas oksidasi yang aman bagi mesin diesel adalah 6 jam pada 110°C, maka; B100, B95 dan B90 tidak aman bagi mesin diesel karena memiliki stabilitas oksidasi di bawah 6 jam, B80 aman bagi mesin diesel dengan stabilitas oksidasi 17,13 jam dan B30 sangat aman dengan stabilitas oksidasi 98,24 jam. Dari grafik trendline B85 aman karena masih terlihat memiliki stabilitas di atas 6 jam, di kisaran 7 jam. Dari hasil tersebut sangat tidak disarankan untuk menggunakan biodiesel minyak jelantah murni ini untuk mesin diesel, kecuali sudah dicampur dengan solar/petrodiesel minimal 15% dari campuran.

## 4.2 Analisis Kinerja Mesin Diesel

Parameter kinerja mesin diesel adalah indikator yang menunjukkan baik atau tidaknya kerja suatu mesin. Pada pengujian kinerja mesin diesel ini, parameter kinerja yang dihitung adalah Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption/FC*), Konsumsi Spesifik Bahan Bakar (*Specific Fuel Consumption/SFC*), Daya Rem (*Brake Horse Power/BHP*), dan Efisiensi Thermal.

Perhitungan dan pengolahan data dilakukan berdasarkan teori yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka. Data yang digunakan dalam perhitungan ini sebagai contoh perhitungan dalam memperoleh hasilnya, adapun hasil perhitungan data lainnya ditampilkan pada tabel hasil perhitungan.

### 4.2.1 Perhitungan Data

#### 4.2.1.1 Perhitungan Torsi dan Daya Rem (*Brake Horse Power – BHP*)

Rumus Torsi :

$$T = W.L \text{ (kgf.m)} \quad (4.1)$$

Dimana :  $T$  = Torsi mesin (kgf.m)

$L$  = Panjang lengan dynamometer (m)

$W$  = Beban pada dynamometer (kgf)

Contoh perhitungan :

Diketahui :  $L = 0,358 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 W &= 4,5 \text{ kgf} \\
 \text{Diperoleh: } T &= 4,5 \times 0,358 \text{ .kgf.m} \\
 T &= 1,611 \text{ .kgf.m}
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

Rumus Daya Rem (*Brake Horse Power – BHP*) adalah:

$$BHP = \frac{2\pi \cdot N}{60} \cdot \frac{T}{75} \text{ (HP)}
 \tag{4.3}$$

Dimana : BHP = Daya rem / *Brake horse power* (HP)

N = Kecepatan putar poros (rpm)

T = Torsi (kgf.m)

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } T &= 1,611 \text{ kgf} \\
 N &= 1500 \text{ rpm} \\
 \text{Diperoleh : } BHP &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (1500)}{60} \cdot \frac{(1,611)}{75} \text{ (HP)} \\
 BHP &= 3,321 \text{ HP}
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

#### 4.2.1.2 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption – FC*) dan Konsumsi Spesifik Bahan Bakar (*Specific Fuel Consumption – SFC*)

Rumus *Fuel Consumption – FC* adalah sebagai berikut :

$$FC = \frac{V_f}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (L/hr)}
 \tag{4.5}$$

Dimana : FC = Konsumsi bahan bakar per satuan waktu (L/hr)

V<sub>f</sub> = Volume bahan bakar yang dikonsumsi dalam t detik (cm<sup>3</sup>)

t = Lama waktu konsumsi bahan bakar (sec)

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } V_f &= 30 \text{ cm}^3 \\
 t &= 56,32 \text{ sec} \\
 \text{Diperoleh : } FC &= \frac{30}{56,32} \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (L/hr)} \\
 FC &= 1,918 \text{ L/hr}
 \end{aligned}
 \tag{4.6}$$

Rumus *Specific Fuel Consumption – SFC* adalah :

$$SFC = \frac{FC}{BHP} \text{ (L/HP.hr)}
 \tag{4.7}$$

Dimana : SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik (L/HP.hr)

FC =Konsumsi bahan bakar per satuan waktu (L/hr)

BHP = Daya rem / *Brake horse power* (HP)

Contoh perhitungan :

Diketahui : FC = 1,918 L/hr

BHP = 3,321 HP

$$\text{Maka didapat : } SFC = \frac{1,918}{3,321} \text{ (L/ HP.hr)} \quad (4.8)$$

$$SFC = 0,578 \text{ (L/HP.hr)}$$

#### 4.2.1.3 Perhitungan Efisiensi Thermal

Rumus Efisiensi Thermal adalah :

$$\eta_{th} = \frac{BHP}{LHV \cdot FC \cdot \rho_f} \times 632 \times 100 \text{ (}\% \text{)} \quad (4.9)$$

Dimana :  $\eta_{th}$  = Efisiensi Thermal (%)

LHV = Nilai kalor bahan bakar (kcal/kg)

BHP = Daya rem / *Brake horse power* (HP)

FC =Konsumsi bahan bakar per satuan waktu (L/hr)

$\rho_f$  = Massa jenis bahan bakar (kg/L)

Contoh perhitungan :

Diketahui : LHV = 45300 kJ/kg = 10822 kCal/kg

BHP = 3,321 HP

FC = 1,918 L/hr

$\rho_f$  = 0,83 kg/L

$$\text{Maka diperoleh : } \eta_{th} = \frac{BHP}{LHV \cdot FC \cdot \rho_f} \times 632 \times 100 \text{ (}\% \text{)} \quad (4.10)$$

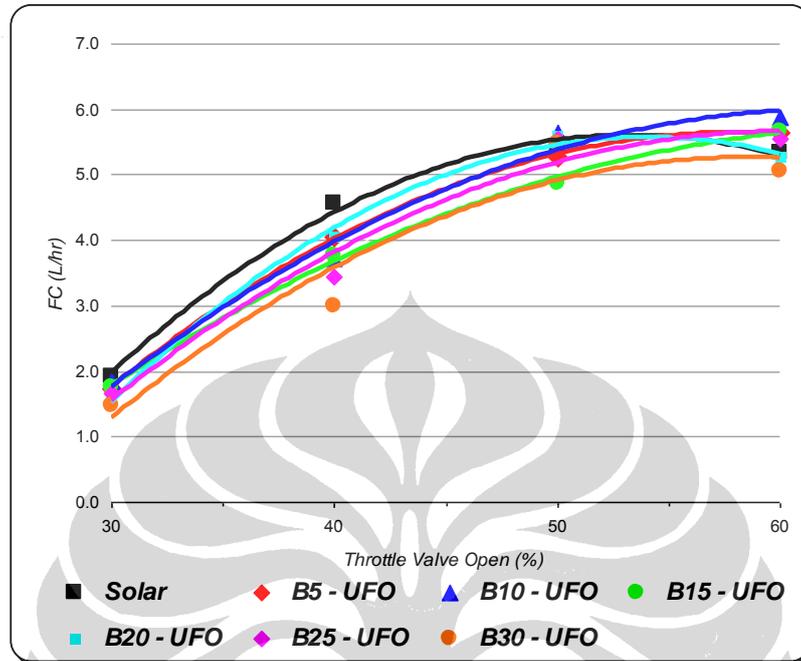
$$\eta_{th} = \frac{3,321}{10822 \cdot 1,918 \cdot 0,83} \times 632 \times 100 \text{ (}\% \text{)} \quad (4.11)$$

$$\eta_{th} = 12,19 \%$$

## 4.2.2 Analisis Kinerja Mesin Diesel

### 4.2.2.1 Analisis pada Putaran Poros Tetap

Pada putaran poros tetap 1500 rpm dapat dilihat pada grafik di bawah :

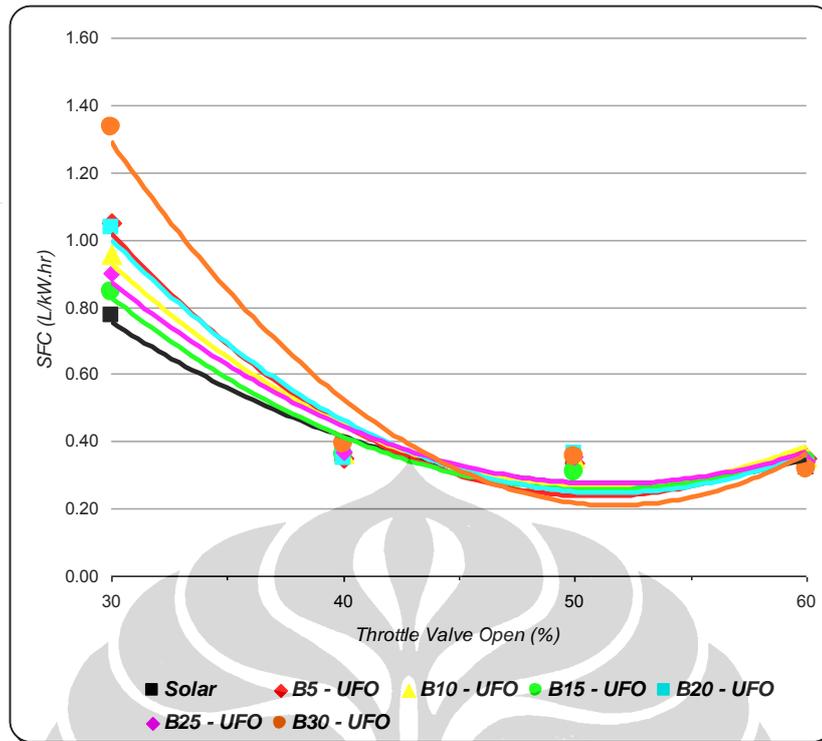


Gambar 4.18 Grafik *FC* pada Putaran Poros Tetap 1500 rpm

Trend *Fuel Consumption/FC* naik dengan cukup signifikan dari bukaan katup throttle kecil (30%) sampai bukaan katup throttle besar (60%) untuk semua bahan bakar pada putaran rotor tetap (1500).

Pada bukaan katup throttle rendah 30% sampai bukaan 40% *FC* Solar tertinggi (boros), pada bukaan 30% dan 40% *FC* B30 terendah (irit). Pada bukaan 50% dan 60% *FC* B10 tertinggi (boros), pada bukaan 50% *FC* B15 terendah (irit) dan pada bukaan 60% *FC* B30 terendah (irit), hal ini yang memperlihatkan keunikan masing-masing bahan bakar.

Pada bukaan throttle 30% *FC* semua bahan bakar cenderung linier, pada bukaan 40% *FC* cenderung turun dengan semakin banyaknya konsentrasi biodiesel. Pada bukaan 50% dan 60% *FC* bahan bakar cenderung sama tinggi (boros).



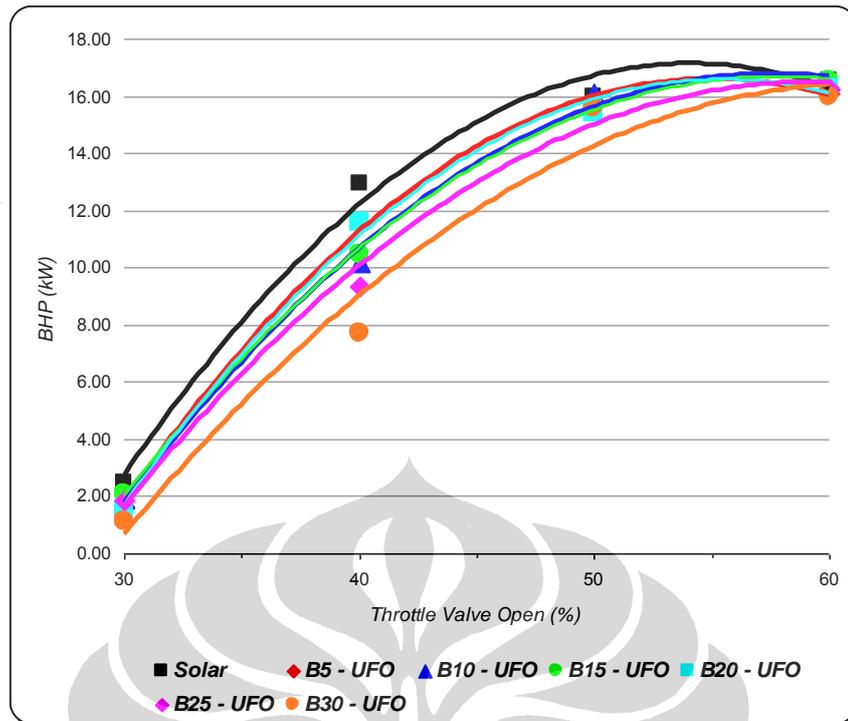
Gambar 4.19 Grafik *SFC* pada Putaran Poros Tetap 1500 rpm

Trend *SFC* turun dan menyatu/menjadi satu titik (konvergen) untuk semua bahan bakar dari bukaan throttle kecil (30%) ke bukaan besar (60%). Pada bukaan throttle besar (60%) tidak ada perbedaan berarti dari semua bahan bakar.

Nilai *SFC* turun seiring dengan bertambahnya bukaan throttle sampai bukaan 50% yang kemudian bertahan dan sedikit naik pada bukaan 60%.

Konvergensi *SFC* dari bukaan rendah ke tinggi menyatu di bukaan 60%, hal ini menerangkan bahwa tidak ada perbedaan *Specific Fuel Consumption/SFC* yang berarti untuk semua bahan bakar di bukaan katup throttle 60%.

*SFC* pada bukaan katup throttle 40%, 50% dan 60% cenderung linier dan tetap namun pada bukaan 30% cenderung fluktuatif dengan *SFC* Solar terendah dan beramngsur-angsur semakin tinggi B15, B25, B10, B20, B5 dan B30.



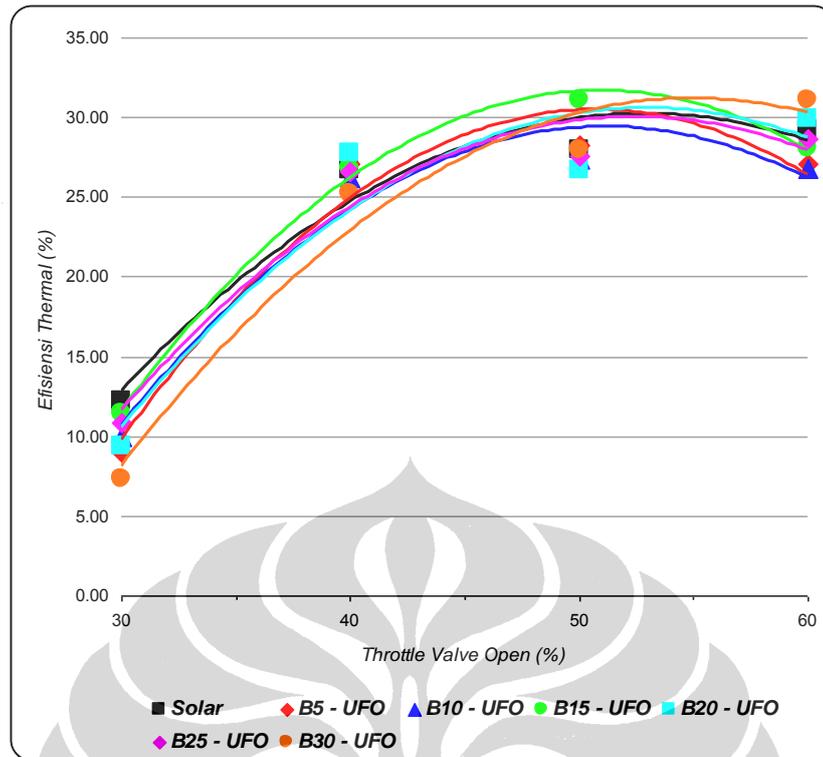
Gambar 4.20 Grafik *BHP* pada Putaran Poros Tetap 1500 rpm

Trend *BHP* naik dari bukaan katup throttle 30% sampai bukaan 60% untuk semua bahan bakar pada rpm tetap (1500). *BHP* pada bukaan throttle besar (60%) tidak ada perbedaan yang berarti untuk semua bahan bakar.

Secara umum *BHP* solar paling tinggi dan *BHP* B30 paling rendah, semakin besar bukaan katup throttle semakin tinggi *BHP* yang didapat.

*BHP* pada bukaan katup throttle 30% paling rendah dengan sedikit turun seiring dengan semakin banyak konsentrasi biodiesel.

Pada bukaan 40% *BHP* cenderung turun dengan cukup signifikan seiring dengan bertambahnya konsentrasi biodiesel minyak jelantah. Pada bukaan 50% dan 60% *BHP* cenderung linier tetap dimana pada bukaan 60% merupakan *BHP* tertinggi. *BHP* solar tertinggi untuk semua bukaan katup throttle dan *BHP* B30 rata-rata terendah.



Gambar 4.21 Grafik  $\eta_{th}$  pada Putaran Poros Tetap 1500 rpm

Trend  $\eta$  thermal naik drastis dari bukaan katup throttle 30% sampai bukaan 40% dan kemudian naik sampai bukaan 50% bertahan dan cenderung sedikit turun pada bukaan 60%,.

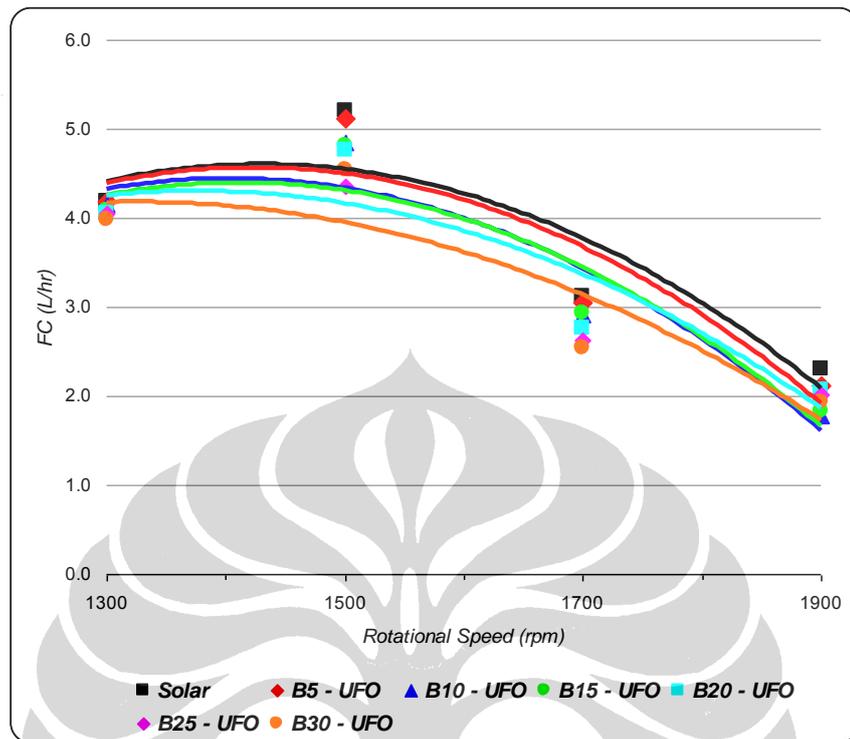
$\eta$  thermal semakin tinggi dengan semakin besarnya bukaan katup throttle, pada bukaan katup 30%  $\eta$  thermal tertinggi pada Solar dan terendah pada B30. Pada bukaan 60%  $\eta$  thermal tertinggi pada B30 dan terendah pada B10. Secara keseluruhan  $\eta$  thermal tertinggi pada B15 dengan bukaan katup throttle 50% dan terendah pada B30 bukaan 30%.

$\eta$  thermal terendah untuk semua bahan bakar pada bukaan katup throttle 30%, Terlihat keunikan campuran bahan bakar B15-UFO dimana memiliki  $\eta$  thermal tertinggi pada B15 dengan bukaan katup throttle 50% dibandingkan dengan seluruh bahan bakar untuk semua bukaan throttle.

$\eta$  thermal terendah pada B30 dengan bukaan katup throttle 30% dibandingkan dengan seluruh bahan bakar untuk semua bukaan throttle.

#### 4.2.2.2 Analisis pada Bukaannya Katup Throttle Tetap 40%

Berdasarkan Beberapa grafik :

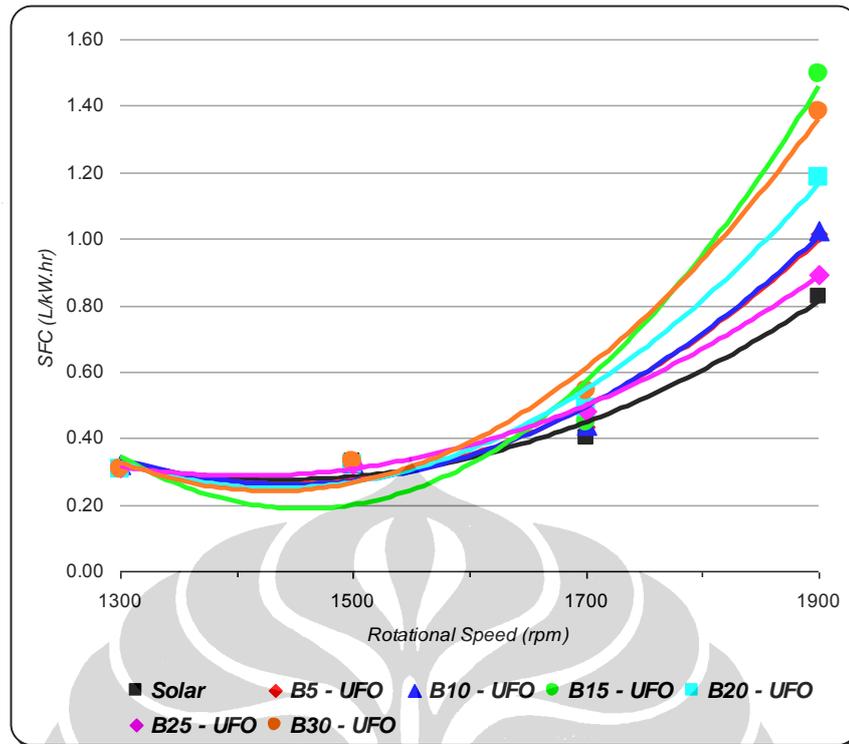


Gambar 4.22 Grafik FC pada Putaran Bukaannya Throttle Tetap 40 %

Trend FC turun cukup signifikan dari rpm rendah (1300) sampai rpm tinggi (1900) untuk semua bahan bakar pada bukaan katup throttle tetap 40%.

FC Solar tertinggi yang berarti solar paling boros, FC B5 teririt pada rpm 1500, sedangkan B30 teririt pada rpm 1300 dan 1700. *Fuel Consumption/FC* B10 teririt pada putaran rotor tinggi rpm 1900.

Pada rpm 1500 FC semua bahan bakar tertinggi (boros) dan berangsur sedikit turun dengan semakin banyaknya kandungan biodiesel, Pada rpm 1900 FC semua bahan bakar terendah (irit). *Fuel Consumption/FC* untuk semua rpm cenderung turun seiring dengan semakin banyaknya kandungan biodiesel namun tidak signifikan.

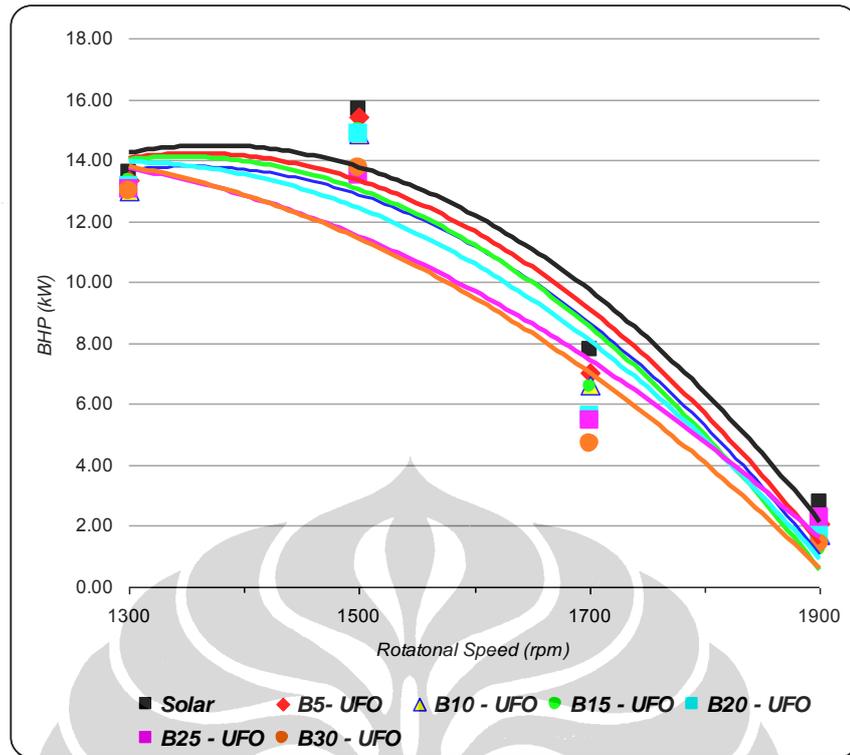


Gambar 4.23 Grafik *SFC* pada Putaran Buka-an Throttle Tetap 40 %

Trend *SFC* naik dan menyebar ke banyak titik (divergen) untuk semua bahan bakar dari rpm rendah (1300) ke rpm tinggi (1600). Pada rpm rendah (1300) tidak ada perbedaan berarti dari semua bahan bakar.

Divergensi *SFC* dari rpm rendah ke rpm tinggi, dari satu titik menyebar ke banyak titik. Tidak ada perbedaan *SFC* yang berarti untuk semua bahan bakar di rpm 1300.

*SFC* pada rpm 1300 dan 1500 cenderung linier tetap, pada rpm 1700 *SFC* berangsur naik dari Solar sampai B30 yang tertinggi. Pada rpm 1900 cenderung fluktuatif dimana naik dari Solar ke B5, B10 dan B15, turun ke B20 dan B25 dan naik kembali ke B30.

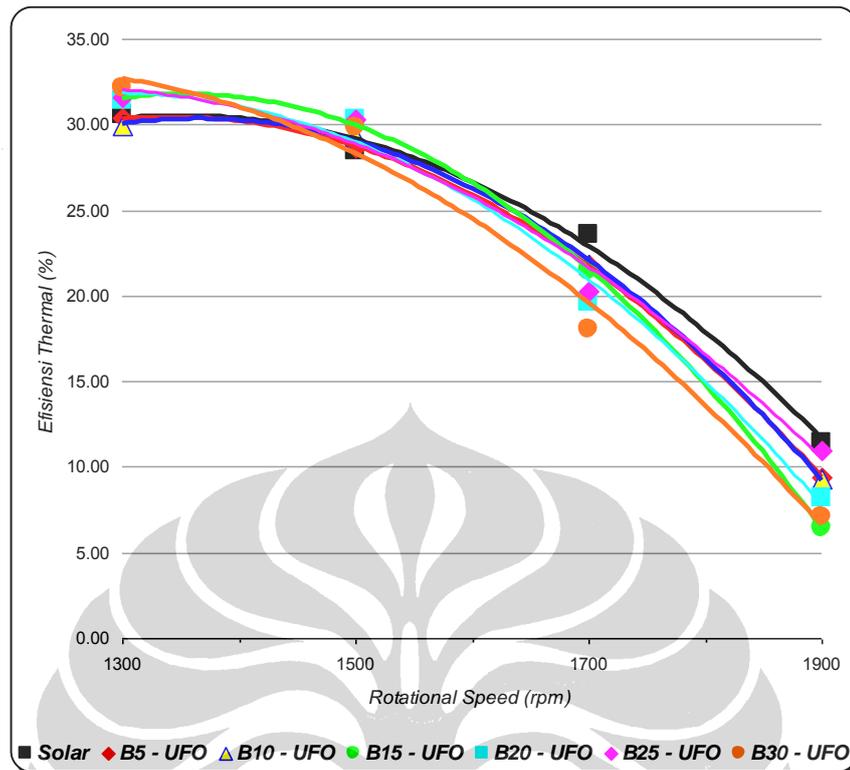


Gambar 4.24 Grafik *BHP* pada Putaran Buka-an Throttle Tetap 40 %

Trend *BHP* turun secara drastis dari rpm rendah (1300) ke rpm tinggi (1900) untuk semua bahan bakar pada bukaan katup throttle tetap 40%. *BHP* pada rpm rendah (1300) tidak ada perbedaan yang berarti untuk semua bahan bakar.

Secara umum *BHP* solar paling tinggi dan *BHP* B30 paling rendah. Untuk semua bahan bakar *BHP* terendah pada rpm 1900 dan *BHP* tertinggi pada rpm 1500. Untuk lebih jelasnya secara berurutan perolehan *BHP* dari yang terendah sampai tertinggi yakni rpm 1900, rpm 1700, rpm 1300 dan rpm 1500, hal ini menjelaskan bahwa semakin tinggi rpm mesin tidak serta merta mengakibatkan semakin rendah *BHP* yang didapat.

Secara umum bahan bakar yang memiliki *BHP* tertinggi adalah solar murni dan bahan bakar yang memiliki *BHP* terendah adalah campuran B30-UFO pada bukaan katup throttle tetap 40%. Dapat diketahui bahwa tidaklah signifikan berkurangnya *BHP* seiring dengan bertambahnya konsentrasi biodiesel minyak jelantah.



Gambar 4.25 Grafik  $\eta_{th}$  pada Putaran Buka-an Throttle Tetap 40 %

Trend  $\eta$  thermal turun dari rpm rendah (1300) ke rpm tinggi (1900) untuk semua bahan bakar pada bukaan katup throttle tetap 40%.

Semakin tinggi rpm mesin  $\eta$  thermal semakin rendah, Secara umum  $\eta$  thermal solar lebih tinggi dari bahan bakar yang lain dan  $\eta$  thermal B30 lebih rendah dari bahan bakar yang lain.

$\eta$  thermal pada rpm 1300 tertinggi untuk semua bahan bakar dan terendah pada rpm 1900.  $\eta$  thermal pada rpm 1900 (B25) mendekati  $\eta$  thermal tertinggi pada rpm 1900 (Solar). Pada rpm 1700  $\eta$  thermal berangsur turun sejalan dengan bertambahnya konsentrasi biodiesel.  $\eta$  thermal B30 tertinggi pada rpm 1300.

Untuk mengetahui lebih lanjut terhadap kinerja mesin diesel dengan berbagai konsentrasi campuran biodiesel, hasil pengujian kinerja mesin diesel terhadap penggunaan berbagai campuran biodiesel minyak jelantah-solar dapat dituangkan dalam sebuah tabel kinerja mesin diesel dibandingkan dengan penggunaan solar murni berikut ini :

Tabel 4.5 Hasil Kinerja Berbagai Campuran Biodiesel terhadap Solar

	BIODIESEL JELANTAH					
	B5	B10	B15	B20	B25	B30
<b>Spesifik Fuel Consumption</b>						
Variasi Bukaannya Throttle	Naik 10.84 %	Naik 10.19 %	Naik 2.34 %	Naik 10.32 %	Naik 7.74 %	Naik 21.44 %
Variasi RPM	Naik 8.32 %	Naik 8.95 %	Naik 22.3 %	Naik 15.8 %	Naik 6.61 %	Naik 25.58 %
<b>Brake Horse Power</b>						
Variasi Bukaannya Throttle	Turun 12.05 %	Turun 10.66 %	Turun 9.38 %	Turun 13.66 %	Turun 14.01 %	Turun 25.48 %
Variasi RPM	Turun 9.63 %	Turun 15.49 %	Turun 19.60 %	Turun 18.57 %	Turun 16.68 %	Turun 26.67 %
<b>Efisiensi Thermal</b>						
Variasi Bukaannya Throttle	Turun 7.62 %	Turun 7.51 %	Naik 0.26 %	Turun 5.40 %	Turun 3.6 %	Turun 9.72 %
Variasi RPM	Turun 8.92 %	Turun 6.25 %	Turun 10.97 %	Turun 8.92 %	Turun 2.11 %	Turun 12.75 %
<b>Opasitas</b>						
Variasi Bukaannya Throttle	Turun 15.93 %	Turun 31.79 %	Turun 35.63 %	Turun 35.70 %	Turun 38.60 %	Turun 50.19 %
Variasi RPM	Turun 6.85 %	Turun 6.76 %	Turun 12.45 %	Turun 27.77 %	Turun 31.78 %	Turun 51.64 %

Dari tabel hasil uji mesin diesel terhadap berbagai campuran biodiesel minyak jelantah-solar dibandingkan dengan bahan bakar solar murni, dapat menerangkan bahwa :

1. Terjadi kenaikan konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption/SFC*) untuk semua campuran biodiesel-solar, pada kondisi putaran poros tetap B15 memiliki kenaikan SFC yang paling rendah yaitu sebesar 2,34% yang menjadikan B15 paling irit. Pada Bukaannya katup throttle konstan B25 memiliki kenaikan SFC paling rendah yaitu sebesar 6,61% yang menjadikan B25 paling irit pada bukaannya katup throttle tetap.
2. Terjadi penurunan daya rem atau *Brake Horse Power/BHP* untuk semua campuran biodiesel-solar, B15 memiliki penurunan yang paling rendah yakni sebesar 9,38% pada kondisi putaran poros tetap dan B5 memiliki penurunan terendah sebesar 9,63% pada kondisi bukaannya katup throttle tetap.
3. Campuran bahan bakar biodiesel-solar B15 memiliki keunikan dengan hasil efisiensi thermal yang naik dibandingkan efisiensi thermal solar

murni yakni naik sebesar 0,26% pada kondisi variasi bukaan throttle, sedangkan campuran biodiesel-solar selebihnya mengalami penurunan efisiensi thermal. Pada kondisi variasi rpm dan bukaan katup throttle tetap B25 mengalami penurunan efisiensi thermal terendah dibandingkan campuran yang lain yakni sebesar 2,11 %

4. Adapun opasitas yang terbaik adalah campuran biodiesel-solar dengan kandungan biodiesel tertinggi, B30 mengalami penurunan opasitas sebesar 50,19% pada kondisi rpm konstan dan mengalami penurunan opasitas sebesar 51,64% pada kondisi bukaan katup throttle tetap.

