



SKRIPSI – 141501

**Analisa Perbandingan Uji Performa Pada Motor Diesel Satu Silinder,
Menggunakan Biodiesel Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Dengan
Biosolar (Pertamina)**

**Billy Juanda
4213100053**

**Dosen Pembimbing:
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Perbandingan Uji Performa Pada Motor Diesel Satu Silinder, Menggunakan Biodiesel Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Dengan Biosolar (Pertamina)


Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Billy Juanda
NRP. 4213 100 053

Disetujui oleh Dosen Pemimbing Skripsi :

Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D (.....) 
NIP: 1956 0519 1986 10 1001

Surabaya
Juli, 2017

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Perbandingan Uji Performa Pada Motor Diesel Satu Silinder,
Menggunakan Biodiesel Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Dengan
Biosolar (Pertamina)**

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Billy Juanda
NRP. 4213 100 053

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Surabaya
Juli, 2017

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analisa Perbandingan Uji Performa Pada Motor Diesel Satu Silinder, Menggunakan Biodiesel Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Dengan Biosolar (Pertamina)

Nama Mahasiswa : Billy Juanda
NRP : 4213 100 053
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Abstrak

Salah satu permasalahan di Indonesia ini adalah krisis energi, dibarengi dengan berkurangnya cadangan minyak di Indonesia yang akan diprediksi akan habis tidak lama lagi. Dari permasalahan tersebut diperlukan suatu energi alternatif yang *renewable*, seperti contoh biodiesel biji kapuk. Metode yang digunakan penulis pada penelitian ini adalah dengan metode eksperimen. Berdasarkan uji karakteristik biodiesel biji kapuk sebagian besar *properties* biodiesel biji kapuk telah memenuhi standar yang digunakan di Indonesia yaitu SNI. Pada penelitian ini difokuskan untuk mengetahui perbandingan biodiesel biji kapuk dibandingkan dengan biosolar milik PT Pertamina yang diperjual belikan di SPBU. Pengujian motor diesel dilakukan dengan menggunakan empat jenis bahan bakar yaitu Pertamina DEX, Biosolar, B20 (Biji Kapuk), dan B30 (Biji Kapuk) dengan menggunakan motor diesel satu silinder Kipor KM178F. Dari hasil uji performa dapat disimpulkan bahwa biodiesel biji kapuk mempengaruhi hasil performa motor diesel. Presentase biodiesel juga mempengaruhi performa motor diesel dimana daya yang dihasilkan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) lebih tinggi dibandingkan bahan bakar B30 (Biji Kapuk). Jika dibandingkan dengan biosolar maka daya yg dihasilkan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) dan B30 (Biji Kapuk) lebih besar.

Keywords : Biodiesel, Minyak Biji Kapuk, Motor Diesel, *properties*, dan Uji Performansi

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Comparison Analysis of Performance Test on Single Cylinder Diesel Engine, Using Biodiesel Kapok Seed Oil (Ceiba Pentandra) and Biosolar (Pertamina)

Student Name : Billy Juanda
NRP : 4213 100 053
Departement : Marine Engineering
Academic Supervisor : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

Abstract

One of the problems in Indonesia is energy crisis. This problem followed with the depletion of Indonesia's oil reserve which predicted will run out in the near future. With presence of this problem, alternative renewable energy such as kapok seed oil biodiesel is required. The method which conducted by the author in this research is experimental method. Based on the kapok seed biodiesel characteristics test, most of kapok seed biodiesel's properties meet standard which applied in Indonesia which is SNI. This research was focused to discover the comparison of kapok seed biodiesel with PT Pertamina's biosolar which sold in gas stations. Diesel engine performance test conducted by utilizing four types of fuel which is Pertamina DEX, Biosolar, B20 (Kapok Seed), and B30 (Kapok Seed) with one single cylinder Kipor KM178F Diesel engine. The result from diesel engine performance can be concluded that kapok seed biodiesel affect diesel engine performance. The precentage of biodiesel content also affect diesel engine performance where the power which generated by B20 (Kapok Seed) fuel was higher than B30 (Kapok Seed) fuel. B20 (Kapok Seed) and B30 (Kapok Seed) fuel were produced higher power output when compared to biosolar.

Keywords : *Biodiesel, Kapok seed oil, Diesel engine, properties, and Performance test*

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T Tuhan semesta alam yang tak henti – hentinya memberikan berkat limpahan rahmat dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Analisa Perbandingan Uji Performa Pada Motor Diesel Satu Silinder, Menggunakan Biodiesel Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Dengan Biosolar (Pertamina)”**. Tak lupa Shalawat serta salam kita sanjungkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita ke luar dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang saat ini. Semoga kita diberikan syafaatnya pada yaumul akhir nanti.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan semangat, arahan, masukan, dan ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
3. Bapak Prof. Semin, St. MT., Ph.D selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama menjalani perkuliahan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai.
5. Bapak Dadang S Hidayat, Ibu Wardani, Diandra Talitha tercinta selaku ayah, ibu dan istri dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat, masukan serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis.
6. Kawan seperjuangan dan seangkatan BARAKUDA 13 yang menjadi teman serta keluarga dalam sehari – hari menjalankan perkuliahan di kampus tercinta ini.
7. Gage cendekiaji, Heri Febriantoro, Aloysius Prayoga, Ryan Ananta, Rizqyah Aryeni, Nauval Pahlevi selaku kerabat bertukar pikiran dan yang membantu penulis dalam proses eksperimen sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.
8. Rekan tim pembuatan biodiesel Gage Cendekiaji, Heri Febriantoro atas masukan dan solusi dalam proses pembuatan biodiesel.
9. Teman-teman *“Warper Society”* Dolimora Martadho, Bram Wilogo, Aldio Paruna, Teto Hanindito, Mas Yoyo, Andre, Azar, Adit Kuping, Irfan Byna, Randy Adiputra, Surya yang telah memberikan penulisan hiburan dan saran jika penulis sedang merasa kehilangan semangat.
10. Teman – teman les intensif Bahasa Inggris yang membantu semangat agar cepat lulus.
11. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| SKRIPSI..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN | v |
| Abstrak..... | vii |
| Abstract..... | ix |
| KATA PENGANTAR | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xxiii |
| DAFTAR GRAFIK..... | xxv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Skripsi..... | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 2 |
| BAB II | |
| TINJAUAN PUSTAKA | 3 |
| 2.1 Telaah Pustaka | 3 |
| BAB III METODOLOGI..... | 7 |
| 3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah | 8 |
| 3.2. Studi Literatur | 8 |
| 3.3. Persiapan alat dan bahan | 8 |
| 3.4. Pembuatan Biodiesel minyak biji kapuk (Ceiba Pentandra)..... | 9 |
| 3.5. Uji karakteristik Biodiesel | 9 |
| 3.6. Bahan bakar | 9 |
| 3.7. Engine set up..... | 10 |
| 3.8. Eksperimen analisa performa motor diesel..... | 11 |
| 3.9. Pengumpulan data..... | 11 |
| 3.10. Analisa dan pembahasan..... | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 3.11. Kesimpulan dan saran | 11 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN | 13 |
| 4.1 Produksi Biodiesel | 13 |
| 4.1.1. Degumming..... | 13 |
| 4.1.2. Esterifikasi | 13 |
| 4.1.3. Transesterifikasi | 14 |
| 4.1.4. Proses Pencucian..... | 15 |
| 4.1.5. Proses drying..... | 15 |
| 4.3 Properties Biodiesel Minyak Biji Kapuk | 16 |
| 4.3.1 Densitas (Berat Jenis)..... | 17 |
| 4.3.2 Viskositas | 17 |
| 4.3.1 <i>Flash Point</i> (Titik Nyala)..... | 17 |
| 4.3.1 <i>Pour Point</i> (Titik Tuang) | 18 |
| 4.3.1 Nilai Kalor | 18 |
| 4.4 Pengaruh Biodiesel Biji Kapuk dalam Pengujian Performansi..... | 18 |
| 4.4.1 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina Dex | 19 |
| 4.4.2 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar | 20 |
| 4.4.3 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 (Biji Kapuk) | 21 |
| 4.4.4 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B30 (Biji Kapuk) | 22 |
| 4.4.5 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600..... | 23 |
| 4.4.6 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700..... | 24 |
| 4.4.7 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800..... | 25 |

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| 4.4.8 | Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900..... | 26 |
| 4.4.9 | Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000..... | 27 |
| 4.4.10 | Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> | 28 |
| 4.4.11 | Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> | 29 |
| 4.4.12 | Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> | 30 |
| 4.4.13 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX | 31 |
| 4.4.14 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar | 32 |
| 4.4.15 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B20 Biji Kapuk | 33 |
| 4.4.16 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B30 Biji Kapuk | 34 |
| 4.4.17 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600 | 35 |
| 4.4.18 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700 | 36 |
| 4.4.19 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800 | 37 |
| 4.4.20 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900 | 38 |
| 4.4.21 | Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000 | 39 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 41 |
| 5.1 | Kesimpulan | 41 |

| | | |
|----------------|-------------|----|
| 5.2 | Saran | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 43 |
| LAMPIRAN..... | | 45 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. Reaksi transesterifikasi minyak nabati..... | 5 |
| Gambar 2. Diagram alir penelitian..... | 7 |
| Gambar 3. Rangkaian eksperimen | 10 |
| Gambar 4. Proses degumming | 13 |
| Gambar 5. Proses esterifikasi..... | 14 |
| Gambar 6. Proses transesterifikasi | 15 |
| Gambar 7. Proses washing..... | 15 |
| Gambar 8. Drying | 16 |

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

| | |
|--|----|
| Grafik 4.1 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX | 19 |
| Grafik 4.2 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar | 20 |
| Grafik 4.3 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 (Biji Kapuk) | 21 |
| Grafik 4.4 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B30 (Biji Kapuk) | 22 |
| Grafik 4.5 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600..... | 23 |
| Grafik 4.6 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700..... | 24 |
| Grafik 4.7 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800..... | 25 |
| Grafik 4.8 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900..... | 26 |
| Grafik 4.9 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000..... | 27 |
| Grafik 4.10 Perbandingan Daya Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Setiap Jenis Bahan Bakar | 28 |
| Grafik 4.11 Perbandingan Torsi Maksimum Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Setiap Jenis Bahan Bakar | 29 |
| Grafik 4.12 Perbandingan BMEP Dengan Putaran <i>Engine</i> Pada Daya Maksimum | 30 |
| Grafik 4.13 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya <i>Engine</i> Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX..... | 31 |
| Grafik 4.14 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya <i>Engine</i> Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar | 32 |
| Grafik 4.15 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya <i>Engine</i> Pada Jenis Bahan Bakar B20 Biji kapuk..... | 33 |
| Grafik 4.16 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya <i>Engine</i> Pada Jenis Bahan Bakar B30 Biji Kapuk..... | 34 |

| | |
|--|----|
| Grafik 4.17 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600..... | 35 |
| Grafik 4.18 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700..... | 36 |
| Grafik 4.19 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800..... | 37 |
| Grafik 4.20 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900..... | 38 |
| Grafik 4.21 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000..... | 39 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis minyak yang terjadi di Indonesia maupun diseluruh dunia salah satunya disebabkan oleh meningkatnya jumlah pemakaian kapal. Kapal merupakan moda transportasi laut yang paling banyak digunakan di Indonesia sebagai negara kepulauan. Kapal yang berada di dunia sebagian besar menggunakan motor diesel berbahan bakar solar. Dengan meningkatnya penggunaan armada kapal menimbulkan permasalahan tersendiri, yaitu dengan meningkatnya penggunaan bahan bakar berjenis solar yang berasal dari fosil.

Bahan bakar fosil yang bersifat *non renewable* seiring dengan berjalannya waktu ke waktu terus berkurang keberadaannya. Cadangan minyak bumi indonesia menipis yaitu 8 milyar barrel, dengan konsumsi rata – rata 1 juta barrel per harinya maka cadangan minyak bumi indonesia akan habis paling lama 13 tahun (Santoso 2012).

Menipisnya cadangan minyak inilah yang mendesak pemerintah dan masyarakat untuk mencari solusi bahan bakar alternatif (*renewable*). Salah satu solusinya ialah penggunaan *biofuel*. Terdapat 3 jenis biofuel yang dapat menggantikan BBM, yaitu bioethanol, biodiesel dan biomassa. Bioethanol diperuntukkan sebagai pengganti premium, biodiesel sebagai pengganti solar sedangkan biomassa sebagai pengganti minyak tanah (Tohari 2015).

Biodiesel dan solar memiliki karakteristik yang mirip. Namun kekurangan dari biodiesel adalah memiliki temperatur titik nyala yang tinggi dibandingkan solar, namun biodiesel ini juga memiliki beberapa manfaat bagi penggunaan di mesin seperti emisi partikulat yang lebih rendah, dan meningkatkan pelumasan sehingga mesin hidup akan lebih baik. (Sampatrao, Sunil, dan Kulkarni, 2014) .

Untuk mendukung peraturan menteri energi dan sumber daya mineral republik Indonesia nomor 12 tahun 2015 dibutuhkan bahan dasar pembuatan biodiesel yang mumpuni. Salah satu bahan pembuat biodiesel adalah biji kapuk, biji kapuk randu sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Biji kapuk mudah kita temui di Indonesia ini dan merupakan limbah hasil perkebunan kapuk sehingga memiliki harga yang terjangkau. Selain memiliki harga yang terjangkau, kandungan berat minyak pada biji kapuk mencapai 40% merupakan keunggulan tersendiri untuk dijadikan biodiesel tersendiri.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh handoyo dkk penggunaan minyak nabati asli tanpa proses kimia memiliki kelemahan yaitu mempunyai viskositas 10 kali lipat dari solar. Untuk mendapatkan minyak dengan viskositas dan titik nyala yang lebih rendah diperlukan pengecilan molekul – molekul

penyusun minyak yang salah satu caranya dapat dilakukan dengan transesterifikasi menggunakan metanol dengan bantuan katalisator seperti NaOH dan KOH.

Pada penelitian ini membahas tentang analisa performa menggunakan biodiesel dengan bahan dasar biji kapuk dibandingkan dengan performa menggunakan biodiesel yang sudah ada dipasaran yaitu biosolar pertamina. Dari analisa tersebut dapat dihasilkan perbandingan performa antara biodiesel biji kapuk dengan biodiesel atau biosolar yang telah diperjual belikan oleh PT Pertamina. Diharapkan pada penelitian kali ini bahan bakar biodiesel minyak biji kapuk dapat diaplikasikan terhadap motor – motor diesel yang sudah ada untuk menggantikan bahan bakar fosil yang semakin berkurang.

1.2 Perumusan Masalah

Penggunaan biodiesel dengan bahan baku biji kapuk tentu memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan biosolar milik pertamina. Eksperimen ini berfungsi untuk mengetahui karakteristik dan performa dari kedua bahan bakar tersebut. Berikut rumusan masalah penelitian ini:

1. Bagaimana karakteristik biodiesel dari biji kapuk?
2. Bagaimana performa motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar biodiesel dari biji kapuk maupun biosolar pertamina terhadap Daya, SFOC, Torsi, BMEP, dan efisiensi thermal?
3. Bagaimana perbandingan performa motor diesel menggunakan biodiesel biji kapuk dengan motor diesel menggunakan biosolar?

1.3 Tujuan Skripsi

Untuk menjawab seluruh pertanyaan pada perumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik biodiesel dari minyak biji kapuk
2. Untuk mengetahui performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel dari minyak kapuk dan motor diesel menggunakan bahan bakar biosolar pertamina
3. Untuk Membandingkan performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel minyak kapuk dengan bahan bakar biosolar pertamina

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan tentang sumber bahan bakar nabati
2. Sebagai penelitian energi alternatif untuk masa depan
3. Mengetahui perbandingan performa dari kedua bahan bakar tersebut

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telaah Pustaka

Krisis bahan bakar minyak tidak hanya dialami oleh Indonesia namun hampir diseluruh dunia. Dengan cadangan minyak Indonesia yang hanya 8 milyar barrel dengan konsumsi rata – rata satu juta barrel perharinya. Menurut Santoso (2012) cadangan minyak di Indonesia hanya bertahan 13 tahun saja. Salah satu solusi untuk mengatasi krisis minyak ini ialah menggunakan bahan bakar nabati yang mengambil minyak dari tumbuhan dan dikonversi menjadi FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau yang biasa kita sebut biodiesel.

Biodiesel didefinisikan sebagai bahan bakar terdiri dari mono-alkyl ester dari rantai panjang asam lemak yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewan. Semacam ini bahan bakar dapat digunakan sebagai bahan bakar motor diesel. Campuran - campuran biodiesel biasa disebut dengan nama yang berbeda seperti B20 (20% biodiesel dan 80% minyak bumi), B50 (50% biodiesel dan 50% minyak bumi). Untuk B100, hanya motor diesel tertentu yang dapat menggunakan jenis bahan bakar ini. Biodiesel dianggap sebagai bahan bakar *biodegradable* dan tidak beracun, sehingga aman digunakan bagi lingkungan. (Kumbhar dan Dange, 2014).

Biji kapuk sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena memiliki keunggulan antara lain biji kapuk mengandung 40% berat minyak, mudah didapat, dan harganya relatif murah. Untuk mendapatkan bahan bakar biodiesel terdapat banyak metode, salah satunya ialah transesterifikasi. Transesterifikasi adalah proses reaksi kimia di mana minyak dikombinasikan dengan alkohol, biasanya etanol atau metanol, dengan adanya katalis untuk membentuk ester lemak dan gliserol. (Kargbo, 2010).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh handoyo dkk,2007, dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji kapok terjadi penurunan daya sebesar 4,12% dan penurunan torsi 2,805% dibandingkan dengan menggunakan minyak solar. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh palaniverlajan, 2016, nilai *brake thermal efficiency* maupun SFOC hasil terbaik didapatkan pada penggunaan bahan bakar B10 minyak biji kapok.

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa kebutuhan akan bahan bakar dan menipisnya bahan bakar fosil lah yang menyebabkan pentingnya pengembangan bahan bakar nabati. Pada tahun 2016 pemerintah Indonesia sendiri telah mulai menerapkan biodiesel 20% (B20) sebagai campuran dari solar. Diperlukan bahan bakar altenartif selain minyak jarak yang sudah digunakan pertamina saat ini.

Dalam pembuatan bahan bakar biodiesel khususnya di Indonesia haruslah memenuhi standar yang telah ditentukan pemerintah Indonesia. Standar itu meliputi

tentang *value limit* atau besaran maksimal dari *density*, *viscosity*, *cetane number* dll. Salah satu standar yang diterapkan oleh pemerintah Indonesia ialah Standar Nasional Indonesia. Berikut data lengkap Standar Nasional Indonesia untuk biodiesel yang akan dijabarkan pada tabel nomor satu.

Tabel 1. Standar Nasional Indonesia Biodiesel

| No. | Parameter and Unit | Value Limit |
|-----|---|-------------|
| 1 | Density at 15° C, Kg/m ³ | 850-890 |
| 2 | Kynematic Viscosity at 40°C , (cSt) | 2,3-6,0 |
| 3 | Cetane Number | Min. 51 |
| 4 | Flash Point at 0° | Min. 100 |
| 5 | Cloud Point | Max. 18 |
| 6 | Pour Point | Max. 18 |
| 7 | Copper Strip Corrosion (3hours,500° C) | Max. 3 |
| 8 | Carbon Residue,%-weight | Max. 0,05 |
| 9 | Water and Sediment,%-volume | Max. 0,05 |
| 10 | Distillation Temperature 90%,0° C | Max. 360 |
| 11 | Sulfated Ash Content, %-weight | Max. 0,02 |
| 12 | Sulphur, ppm-b (mg/kg) | Max. 100 |
| 13 | Phospor,ppm-b (mg/kg) | Max. 10 |
| 14 | Acid number, mg-KOH/gr | Max. 0,8 |
| 15 | Free Glycerol, %-weight | Max. 0,02 |
| 16 | Total Glycerol , %-weight | Max. 0,24 |
| 17 | Ester Alkyl Content, %-weight | Min. 96,5 |

Sumber: Balai Standardisasi Nasional (2015)

Dalam pembuatan biodiesel, transesterifikasi merupakan metode paling umum digunakan untuk memproduksi biodiesel. Transesterifikasi adalah reaksi minyak tanaman (Trigliserida) dengan alkohol menggunakan katalis basa sehingga menghasilkan biodiesel dan gliserol. (Santoso, 2012).

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi setimbang dan transformasinya terjadi oleh adanya pencampuran reaktan. Kebereadaan katalis dapat mempercepat pengaturan kesetimbangan. Untuk memperoleh *yield* ester yang tinggi maka digunakan alkohol berlebih (Manurung ,2006).

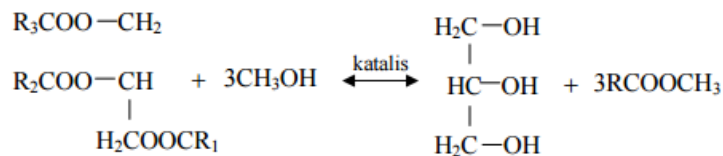
Raja dkk,2014 membuat biodiesel terbagi dalam lima tahapan utama. Berikut ialah lima tahapan utama pembuatan biodiesel:

- a. Pemanasan minyak nabati
- b. Persiapan campuran *metoxide*

- c. Penambahan *metoxide* kedalam minyak nabati
- d. Pemisahan gliserol
- e. Pencucian dengan air

Transesterifikasi minyak nabati dapat dilakukan dengan menggunakan etanol atau methanol. Reaksi transesterifikasi adalah tahap konversi minyak atau lemak menjadi metil ester atau etil ester asam lemak yang merupakan menjadi biodiesel. Untuk mengurai minyak nabati menjadi ester diperlukan katalis seperti kalium hidroksida (KOH) dan Natrium hidriksida (NaOH) lalu dicampurkan kedalam alkohol dan akan menjadi campuran yang dinamakan *metoxide*. Langkah berikutnya panaskan campuran tersebut dengan rentang suhu $50^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$ selama 60 menit. Campuran akan terpisah menjadi dua bagian, bagian atas yaitu biodiesel (methyl ester) dan lapisan bawah berupa gliserin. Methyl ester yang dihasilkan kemudian dicuci menggunakan air atau aquades (Raja, Basavaraj, and Khanderao.2014).

Dalam transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya asam kuat atau basa kuat sebagai katalis menghasilkan campuran fatty acid alkyl ester dan gliserol (Manurung 2006). Reaksi transesterifikasi antara minyak atau lemak alami dengan metanol digambarkan pada gambar nomer satu.



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi minyak nabati
Sumber: Manurung (2006)

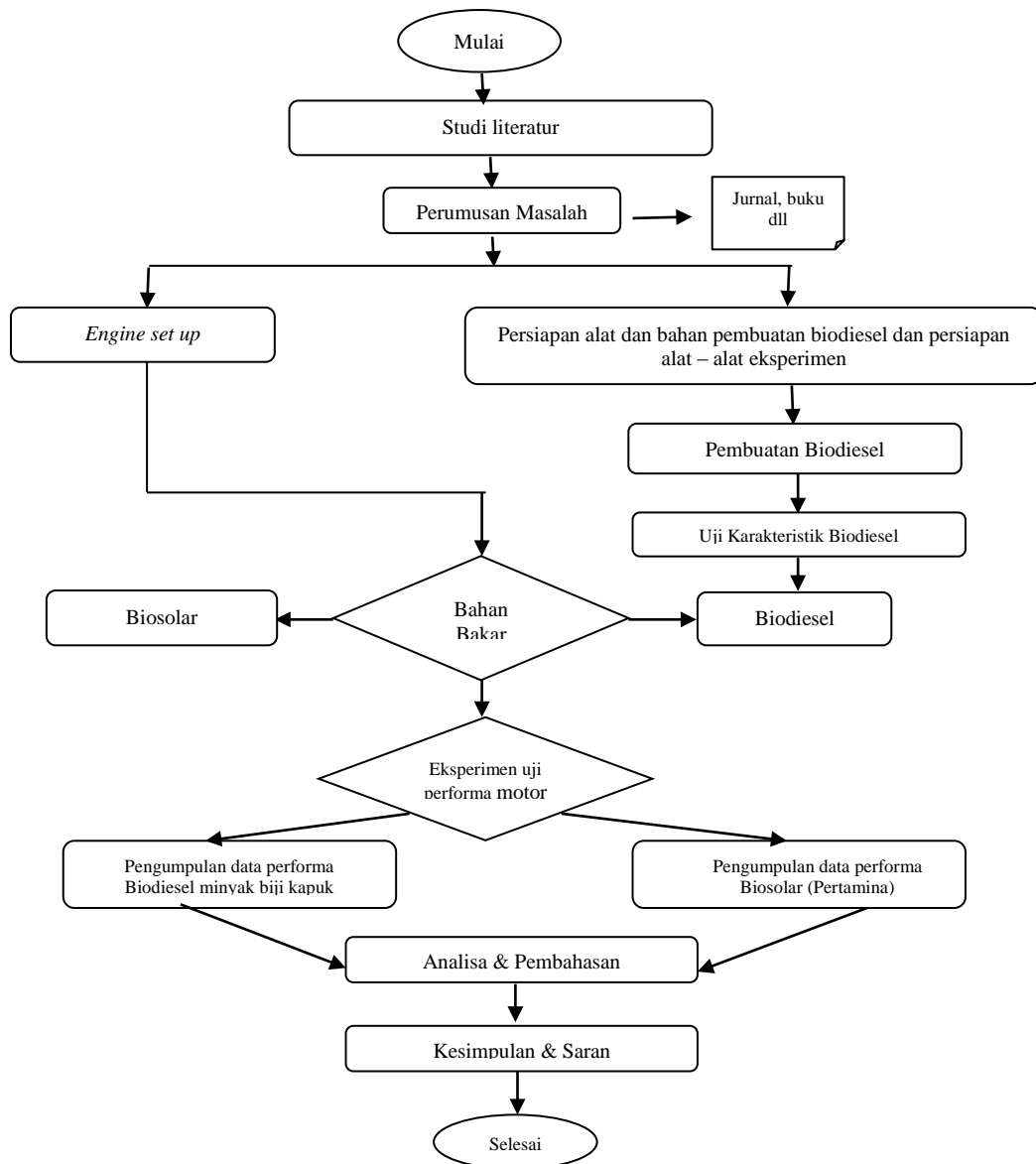
Motor diesel termasuk motor bakar dalam yang menggunakan panas kompresi untuk proses pembakarannya. Dalam motor diesel, bahan bakar di injeksikan kedalam silinder yang berisi udara bertekanan tinggi. Selama proses pengkompresian udara dalam silinder mesin, suhu udara meningkat, sehingga ketika bahan bakar yang berbentuk kabut halus bersinggungan dengan udara panas ini, maka bahan bakar akan menyala dengan sendirinya tanpa bantuan alat penyalu lain. Karena alasan ini mesin diesel juga disebut motor penyalu kompresi (*Compression Ignition Engines*).

Motor diesel memiliki perbandingan kompresi sekitar 1 : 11 hingga 1 : 26, jauh lebih tinggi dibandingkan motor bakar bensin yang hanya berkisar 1 : 6 sampai 1 : 9. Konsumsi bahan bakar spesifik mesin diesel lebih rendah (kira-kira 25 %) dibanding motor bensin namun perbandingan kompresinya yang lebih tinggi menjadikan tekanan kerjanya juga tinggi (Putra, 2012).

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metode yang digunakan penulis dalam penelitian adalah menggunakan metode eksperimen. Dimana pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen pembuatan bahan bakar biodiesel minyak biji kapuk dilanjutkan dengan uji peforma pada motor diesel untuk menganalisa perbandingan performa antara bahan bakar biosolar pertamina dengan biodiesel minyak biji kapuk. Adapun diagram alir metodologi penelitian yang akan digunakan dijelaskan oleh gambar nomer dua.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah untuk membandingkan performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel minyak biji kapuk dengan biosolar milik Pertamina

3.2. Studi Literatur

Studi literatur berguna untuk mempelajari teori – teori yang dapat menunjang dalam penyelesaian masalah penelitian ini. Studi literatur didapatkan dari berbagai sumber seperti Buku, paper, jurnal, internet dll. Pada penelitian ini studi literatur tersebut mengacu kepada proses pembuatan biodiesel minyak biji kapuk dan analisa performa motor diesel yang meliputi Daya, SFOC, Torsi, BMEP, dan efisiensi thermal.

3.3. Persiapan alat dan bahan

Pada tahap ini dilakukan proses persiapan alat dan bahan untuk menunjang eksperimen ini. Sebelum dilaksanakannya eksperimen perbandingan performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel minyak biji kapuk dengan biosolar, berikut adalah alat dan bahan yang harus dipersiapkan:

1. Bahan Bakar Pertamina Dex
2. Bahan bakar biosolar
3. Bahan bakar biodiesel minyak biji kapuk
4. Motor diesel kipor KM178F
5. Stopwatch
6. Tachometer
7. Amperemeter
8. Control panel
9. Multimeter
10. Load (lamp)
11. Alternator

Penentuan variabel yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- | | |
|-------------|---|
| a) RPM | : 2600,2700,2800,2900,dan 3000 |
| b) Fuel | : Pertamina Dex, B20 (20% Biodiesel dan Pertamina Dex 80%) Biodiesel 30% dan 70% Pertamina Dex dan Biosolar) |
| c) Load (W) | : 1000, 1500, 2000, 2500 dan 3000. |

3.4. Pembuatan Biodiesel minyak biji kapuk (Ceiba Pentandra)

Dalam pembuatan bahan bakar biodiesel dengan minyak biji kapuk ini menggunakan proses transesterifikasi. Sebelum melakukan tahapan transesterifikasi, dilakukan pretreatment berupa degumming. Degumming berfungsi untuk menghilangkan getah – getah yang berasal dari tumbuhan.

Pada umumnya proses transesterifikasi ialah dengan mengeluarkan gliserin dari minyak nabati dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol (misalnya methanol) menjadi alkohol ester (*Fatty Acid Methyl Ester/FAME*), atau sering disebut dengan biodiesel (Handoyo dan Anwarm, 2007). Dalam pembuatan bahan bakar biodiesel dengan minyak biji kapuk ini menggunakan peralatan dapur yang berupa alat untuk proses transesterifikasi. Untuk tahap pengujian karakteristik bahan bakar, dibutuhkan alat sesuai standar laboratorium sehingga bahan diuji di laboratorium energi – LPPM ITS. Sedangkan untuk bahan yang digunakan meliputi minyak biji kapuk, KOH, methanol dan *aquades*. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam eksperimen ini, diantaranya:

- a. Minyak biji kapuk (*Ceiba Pentandra*)
- b. H_3PO_4
- c. H_2SO_4
- d. *Methanol*
- e. KOH
- f. *Aquades*
- g. Panci
- h. Kompor
- i. *Thermometer*
- j. Gelas ukur
- k. Gelas kaca
- l. Pengaduk kaca
- m. *Mixer*
- n. Timbangan
- o. Saringan

3.5. Uji karakteristik Biodiesel

Tahap ini merupakan pengujian karakteristik biodiesel, pengujian akan dilakukan dengan standar laboratorium. Adapun pengujian karakteristik biodiesel berupa *Flash point*, *Pour point*, Nilai Kalor, Densitas dan viskositas pada temperatur $40^{\circ}C$

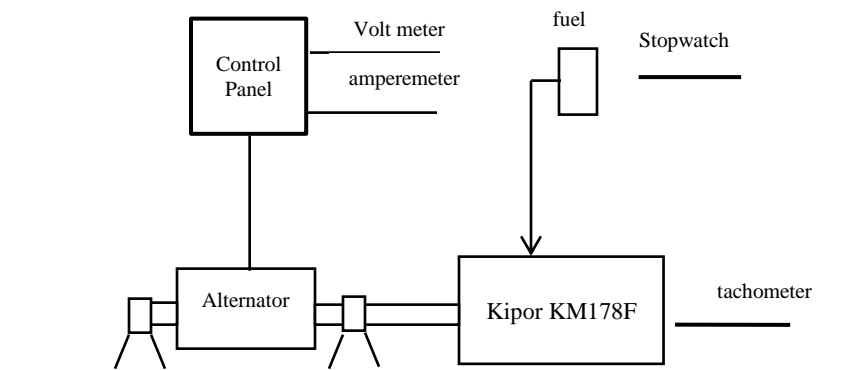
3.6. Bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan dalam eksperimen ini menggunakan tiga jenis bahan bakar yaitu Pertamina Dex, biosolar (Pertamina) dan Biodiesel minyak biji kapuk. Pertamina Dex dan biosolar yang nantinya digunakan merupakan bahan bakar yang dijual oleh PT Pertamina di SPBU milik Pertamina dan biodiesel berasal dari minyak biji kapuk (*Ceiba Pentandra*). Pertamina Dex dan biodiesel nantinya

akan dilakukan pencampuran dengan presentase pencampuran B20 dan B30, sehingga membentuk empat tipe bahan bakar yang akan diuji antara lain:

1. Bahan bakar Biosolar PT Pertamina.
2. Bahan bakar Pertamina DEX
3. Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel minyak biji kapuk dengan presentase Pertamina Dex 80% dan biodiesel minyak biji kapuk 20% (B20).
4. Bahan bakar campuran antara Pertamina Dex dengan biodiesel minyak biji kapuk dengan presentase Pertamina Dex 70% dan biodiesel minyak biji kapuk 30% (B30).

3.7. Engine set up



Gambar 3. Rangkaian eksperimen

Engine set up dapat dijelaskan pada gambar nomer tiga. *Engine test* yang digunakan yaitu tipe Kipor KM178F dihubungkan dengan *alternator*, *amperemeter*, *voltmeter* dan *controlpanel*. Tachometer digunakan untuk mendapatkan putaran *engine* dan *stopwatch* digunakan untuk menghitung waktu konsumsi bahan bakar. Dalam eksperimen kali ini, peralatan yang digunakan sebagai berikut:

1. *Diesel engine* Kipor KM178F
2. *Alternator*
3. *Control panel*
4. *Fuel*
 - Pertamina Dex
 - Biosolar
 - Biodiesel B20
 - Biodiesel B30
5. *Amperemeter*
6. *Voltmeter*

7. *Stopwatch*
8. *Tachometer*

3.8. Eksperimen analisa performa motor diesel

Eksperimen ini dilakukan setelah tahap – tahap sebelumnya sudah terpenuhi seluruhnya. Tujuan dari eksperimen uji performa motor diesel satu silinder ini ialah untuk mengetahui daya, torsi, SFOC, BMEP, dan efisiensi thermal dari motor diesel satu silinder dengan menggunakan bahan bakar biodiesel yang telah disediakan sebelumnya. Eksperimen ini menggunakan motor diesel Kipor KM178F yang berada pada laboratorium *Marine Power Plant* sistem perkapalan FTK-ITS. Eksperimen dilakukan terhadap empat jenis bahan bakar yang berbeda.

3.9. Pengumpulan data

Pengumpulan data berfungsi untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan penelitian. Pengumpulan data dilakukan setelah eksperimen analisa performa motor diesel satu silinder berjalan. Adapun data yang diambil berasal dari empat jenis bahan bakar yang berbeda yang telah diuji performa sebelumnya.

3.10. Analisa dan pembahasan

Analisa dilakukan pada data yang diperoleh dari hasil eksperimen empat jenis bahan bakar yang berbeda. Analisa tersebut akan digunakan sebagai grafik perbandingan yang akan dibahas dalam penelitian ini. Analisa dan pembahasan dilakukan dengan membandingkan performa motor diesel satu silinder yang telah diuji performa sebelumnya.

3.11. Kesimpulan dan saran

Setelah menjalani segala rangkaian kegiatan diatas, sampailah pada tahap menarik yaitu kesimpulan data dan percobaan. Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil seluruh rangkaian kegiatan eksperimen. Diharapkan kesimpulan akan menjawab seluruh rumusan masalah dan tujuan pada penelitian ini.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Produksi Biodiesel

Dalam penelitian kali ini, bahan baku pembuatan biodiesel menggunakan minyak biji kapuk (*Ceiba Pentandra*). Biji kapuk berasal dari tanaman kapuk dan diambil bijinya untuk kemudian di ekstraksi untuk diambil minyaknya. Kemudian minyak biji kapuk akan melalui tahapan pretreatment kemudian dilanjutkan dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan methanol sebagai katalisnya.

4.1.1. Degumming

Degumming berfungsi untuk menghilangkan kotoran seperti getah – getah pada minyak tanpa mengurangi kadar FFA (*Free Fatty Acid*). Degumming pada minyak biji kapuk menggunakan asam kuat yaitu H_3PO_4 sebanyak 0,1% dari volume minyak tersebut. Berikut tahapan proses degumming:

1. Panaskan minyak biji kapuk didalam panci menggunakan kompor hingga mencapai suhu $70^{\circ}C$
2. Tambahkan larutan H_3PO_4 sebanyak 0,1% dari volume minyak
3. Aduk minyak biji kapuk yang sudah dicampurkan larutan H_3PO_4 secara perlahan selama 30 menit dan tetap jaga temperatur pada $70^{\circ}C$
4. Letakkan minyak kedalam *beaker glass* dan diamkan selama 2 hari sampai terbentuk gum berwarna putih
5. Setelah itu buanglah gum yang berwarna putih



Gambar 4. Proses degumming

4.1.2. Esterifikasi

Esterifikasi berfungsi untuk menurunkan kadar FFA (*Free Fatty Acid*) pada minyak. Kadar FFA pada minyak harus dijaga dibawah 1% untuk mencegah rekasi saponifikasi. Berikut langkah – langkah proses esterifikasi:

1. Panaskan minyak biji kapuk yang sudah dilakukan degumming hingga suhu 60°C
2. Buatlah larutan metoksid berupa methanol dengan perbandingan volume 1:6 dengan minyaknya dicampurkan dengan H_2SO_4 sebanyak 1% dari massa minyak.
3. Campurkan larutan metoksid kedalam minyak biji kapuk, aduk selama 1,5 jam dan jaga suhu tetap pada 60°C
4. Pindahkan dalam beaker glass dan diamkan selama 24 jam
5. Setelah terseparasi, lakukan pemisahan



Gambar 5. Proses esterifikasi

4.1.3. Transesterifikasi

Transesterifikasi berfungsi untuk memisahkan methyl ester dengan gliserol. Pada penelitian ini proses transesterifikasi menggunakan methanol dengan katalis KOH. Berikut langkah – langkah proses transesterifikasi.

1. Panaskan minyak biji kapuk yang sudah melalui proses esterifikasi hingga suhu 55°C
2. Buatlah larutan metoksid dengan perbandingan berat minyak : methanol : KOH sebesar 250 : 40 : 6,45
3. Masukkan larutan metoksid kedalam minyak biji kapuk
4. Aduk dan jaga temperatur pada 55°C selama 1 jam
5. Pindahkan kedalam gelas ukur dan diamkan selama 24 jam
6. Setelah terseparasi, lakukan pemisahan antara gliserol dengan methyl ester



Gambar 6. Proses transesterifikasi

4.1.4. Proses Pencucian

Proses pencucian dilakukan untuk memisahkan larutan metoksid untuk mendapatkan biodiesel yang jernih. Proses pencucian dilakukan sebanyak tiga kali menggunakan aquades. Berikut langkah – langkah proses pencucian.

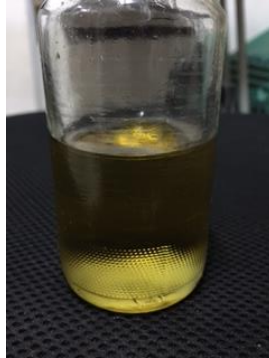
1. Tuangkan aquades secukupnya kedalam biodiesel minyak biji kapuk
2. Kocok hingga merata
3. Diamkan selama 12 jam hingga terjadi separasi antara air dengan minyak
4. Pisahkan air dengan minyak dan lakukan sebanyak tiga kali



Gambar 7. Proses washing

4.1.5. Proses drying

Proses drying dilakukan untuk menghilangkan kadar air yang tersisa dari proses pencucian. Proses drying dilakukan dengan cara memanaskan minyak hingga suhu 100°C . Proses ini dilakukan hingga air yang terkandung dalam minyak menghilang.



Gambar 8. Drying

4.3 Properties Biodiesel Minyak Biji Kapuk

Pembuatan biodiesel berbahan baku minyak nabati adalah solusi yang paling memungkinkan dalam rangka pencegahan krisis bahan bakar fosil. Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan biodiesel sangatlah mudah dan, serta sifatnya yang *renewable* sehingga ketersediaan tidak akan habis. Dalam pembuatan biodiesel tentunya ada standar – standar yang perlu dipenuhi, antara lain: Densitas, *kinematic viscosity at 40°C*, titik kabut (*pour point*), titik nyala (*flash point*), dan Nilai kalori.

Pada penelitian ini, minyak nabati didapatkan dari proses pengolahan biji kapuk (*ceiba pentandra*). Dari biji kapuk tersebut diolah untuk dihasilkan minyaknya yang kemudian yang akan dijadikan bahan dasar pembuatan biodiesel dengan bantuan katalis methanol untuk proses esterifikasi dan transesterifikasi. Pengolahan dan pembuatan bahan bakar biodiesel kualitasnya harus dijaga sehingga memiliki *properties* yang memenuhi standar yang telah ditentukan. Setelah didapatkan biodiesel bahan baku biji kapuk melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi, maka untuk menentukan kualitasnya diperlukan pengujian *properties* dari biodiesel tersebut. Pada penelitian ini, pengujian *properties* biodiesel dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

Tabel 4.1. Properties Biodiesel minyak biji kapuk

| Parameter Uji | Hasil | Satuan | Metode Pengujian |
|--------------------|-------|--------------------|------------------|
| Densitas pada 15°C | 0,89 | gr/cm ³ | ASTM D 1480 – 81 |
| Viscositas 40°C | 10,56 | Cst | ASTM D 445 – 97 |
| Flash Point | 137 | °C | ASTM D 93 – 00 |
| Pour Point | -2 | °C | ASTM D 97 – 85 |
| Nilai kalor | 9.646 | Cal/gr | Bomb Kalorimeter |

Data dari hasil uji *properties* biodiesel biji kapuk ini akan dianalisa yang mengacu pada standar nasional biodiesel untuk setiap parameternya. Analisa parameter *properties* dalam pengujian ini meliputi densitas, viskositas, *flash point*, *pour point*, dan nilai kalori.

4.3.1 Densitas (Berat Jenis)

Densitas atau yang biasa kita kenal dengan berat jenis adalah perbandingan antara massa dengan volume bahan bakar. Densitas dari suatu jenis bahan bakar dipengaruhi oleh temperaturnya, dimana semakin tinggi temperatur maka densitasnya semakin turun, sebaliknya jika temperatur semakin rendah maka densitasnya akan semakin tinggi. Pada pengujian bahan bakar biodiesel biji kapuk mengukur densitas pada temperatur 15°C mengacu pada SNI untuk biodiesel (Standar Nasional Indonesia). Densitas pada biodiesel biji kapuk sebesar 890kg/m³. Nilai densitas pada biodiesel biji kapuk ini telah memenuhi standar dari SNI dimana yang memiliki batas nilai 850 – 890 kg/m³.

4.3.2 Viskositas

Viskositas merupakan ukuran kekentalan yang menyatakan besar kecilnya gesekan didalam fluida. Viskositas dari bahan bakar sangatlah berpengaruh pada proses atomisasi bahan bakar pada saat peninjeksian ke ruang bakar. Jika viskositas terlalu tinggi maka memiliki atomisasi yang rendah sehingga pembakaran kurang sempurna dan *engine* mengalami susah start pada awal dinyalakan. Namun, jika viskositas terlalu kecil mengakibatkan keausan pada komponen pompa injeksi dan mempercepat kerusakan pada pompa injeksi. Menurut Standar Nasional Indonesia biodiesel menyebutkan bahwa viskositas dari biodiesel harus mempunyai nilai antara 2,3 – 6 Cst. Nilai viskositas pada biodiesel biji kapuk menunjukkan nilai sebesar 10,56 cst. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nilai viskositas dari biodiesel biji kapuk belum memenuhi standard kualitas berdasarkan SNI. Tingginya nilai viskositas yang terkandung dalam biodiesel biji kapuk dikarenakan kesalahan dalam pencampuran kadar metanol dengan katalis KOH pada proses transesterifikasi dan karakter biji kapuk sendiri yang kurang baik.

4.3.1 *Flash Point* (Titik Nyala)

Flash point adalah temperatur pada keadaan di mana uap di atas permukaan bahan bakar (biodiesel) akan terbakar dengan cepat (meledak). *Flash Point* menunjukkan kemudahan bahan bakar untuk terbakar. Makin tinggi *flash point*, maka bahan bakar semakin sulit terbakar. Menurut Standar Nasional Indonesia memiliki batas standard minimal sebesar 100°C. Pada penelitian kali ini, didapatkan nilai titik nyala dari biodiesel biji kapuk sebesar 137°C. Dapat disimpulkan bahwa biodiesel biji kapuk telah memenuhi Standar Nasional Indonesia dalam hal nilai titik nyala (*flash point*).

4.3.1 *Pour Point* (Titik Tuang)

Titik tuang merupakan batas temperatur tuang dimana mulai terbentuk kristal-kristal paraffin atau berupa pengentalan yang dapat menyumbat sistem bahan bakar dan injektor. Bahan bakar dengan titik tuang yang tinggi atau mendekati temperatur normal, bahan bakar akan susah mengalir sempurna pada sistem bahan bakar dan akan mengalami atomisasi yang kurang baik yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Pada biodiesel biji kapuk memiliki nilai titik tuang sebesar -2°C , dimana nilai tersebut telah memenuhi standar dari biodiesel nasional yang memiliki batas nilai sebesar maksimal 18°C .

4.3.1 Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak (*steady*) dan produk dikembalikan lagi ke keadaan dari reaktan. Besarnya nilai kalor dari suatu bahan bakar sama dengan harga mutlak dari entalpi pembakaran bahan bakar. Nilai kalor biasanya digunakan pada bahan bakar dan merupakan karakteristik dari bahan bakar tersebut. Terdapat dua jenis nilai kalor yaitu:

- a. HHV (*Higher Heating Value*), yaitu nilai kalor atas. Nilai kalor atas ditentukan pada saat H_2O pada produk pembakaran berbentuk cairan.
- b. LHV (*Lower Heating Value*), yaitu nilai kalor bawah. Nilai kalor bawah ditentukan pada saat H_2O pada produk pembakaran berbentuk gas.

pada biodiesel biji kapuk didapatkan sebesar 9646cal/gr atau setara dengan $40.358.864\text{ J/kg}$, dimana nilai tersebut telah memenuhi standard biodiesel nasional yaitu maksimal $42.398.333,316\text{ J/kg}$.

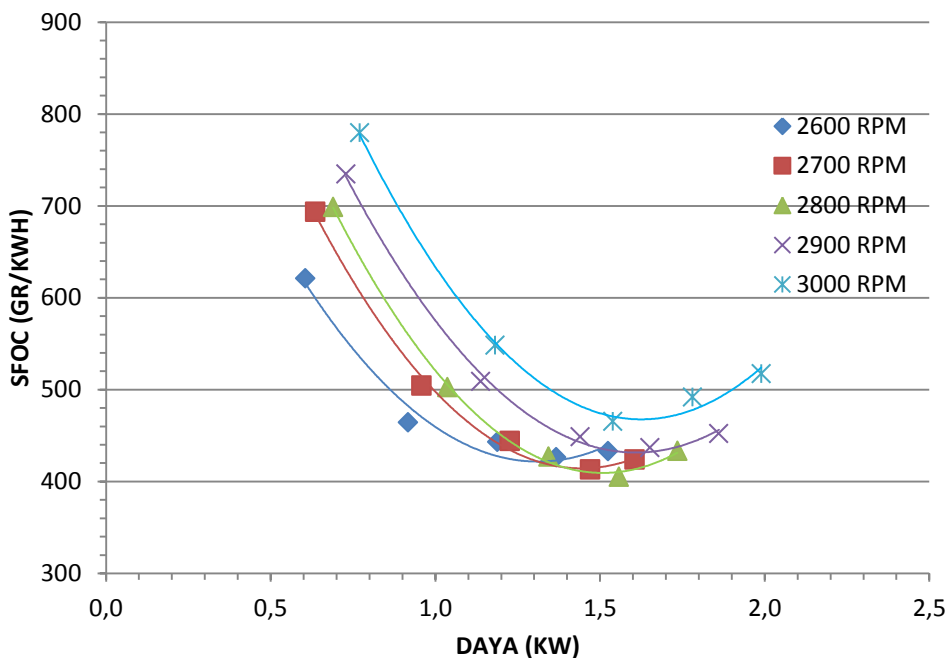
4.4 Pengaruh Biodiesel Biji Kapuk dalam Pengujian Performansi

Motor diesel adalah jenis motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang ditemukan oleh Rudolf Diesel, berbeda dengan motor bensin dimana menggunakan busi untuk melakukan pembakaran motor diesel menggunakan panas kompresi. Bahan bakar di semprotkan kedalam ruang bakar sesaat sebelum titik mati atas, lalu udara bertekanan akan membakar bahan bakar dan akan menghasilkan suatu kerja.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan uji performansi untuk mengetahui pengaruh biodiesel biji kapuk pada mesin diesel. Penelitian ini menggunakan motor diesel kipor berjenis KM178F. Hasil dari percobaan ini nantinya akan menentukan performa motor diesel menggunakan bahan bakar biodiesel biji kapuk dan akan dibandingkan dengan bahan bakar nabati yang sudah diperjual belikan dipasaran yaitu Biosolar. Putaran yang digunakan pada percobaan ini dimulai pada putaran 2600 rpm, sampai dengan 3000 rpm.

Pada percobaan ini terdapat empat jenis bahan bakar yang akan digunakan. Jenis bahan bakar yang pertama menggunakan bahan bakar 100% minyak solar/Pertamina DEX (B0). Jenis bahan bakar yang kedua menggunakan bahan bakar nabati yang sudah dijual dipasaran yaitu Biosolar. Jenis bahan bakar yang ketiga menggunakan antara biodiesel biji kapuk sebesar 20% dengan minyak solar/Pertamina DEX sebesar 80% (B20). Untuk mengetahui performa dari motor diesel, diperlukan rumus perhitungan yang terdapat pada lampiran untuk analisa dan pembahasan mengenai daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (SFOC), BMEP, serta efisiensi thermal.

4.4.1 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina Dex

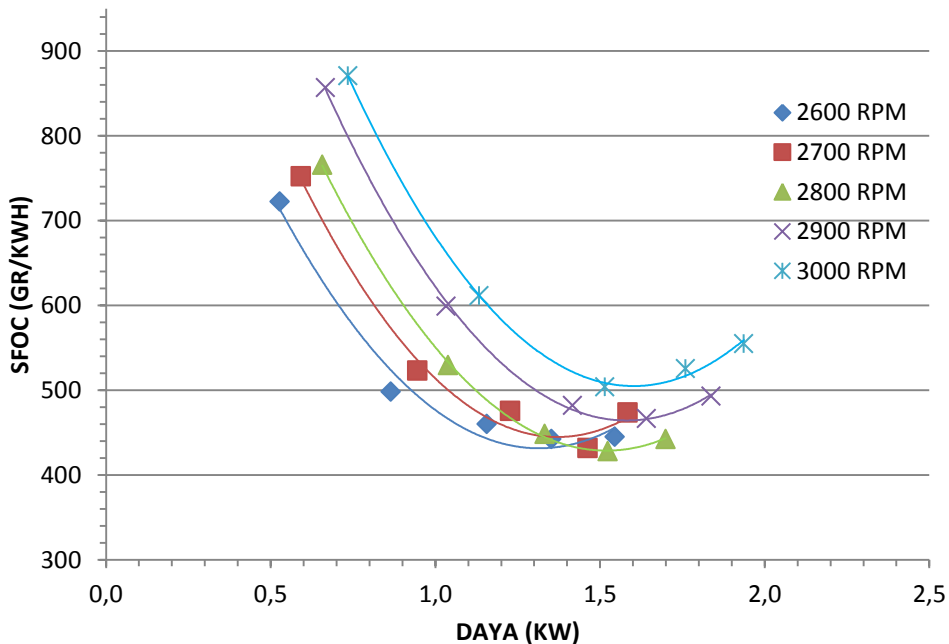


Grafik 4.1 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX

Berdasarkan dari grafik 4.1 perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal untuk setiap putaran *engine*. Pada putaran 2600 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 1,524 kW, lalu pada saat putaran 2700 rpm didapatkan daya maksimal 1,606 kW sehingga didapatkan kenaikan daya sebesar 0,82 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran *engine* maka daya terus mengalami peningkatan sebesar 4 - 8% untuk setiap peningkatan 100 rpm. Pada putaran 2600 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 426,1

gr/kWh, sedangkan pada putaran 2700 rpm didapatkan SFOC terendah sebesar 413,2 gr/kWh. Pada putaran 2600 rpm menuju putaran 2700 rpm mengalami penurunan nilai SFOC sebesar 12,9 gr/kWh. Dengan didapatkan selisih nilai SFOC tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran *engine* maka semakin menurun nilai SFOC yang didapatkan, Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm mengalami peningkatan nilai SFOC. Hal ini disebabkan *engine* mengalami overload.

4.4.2 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar

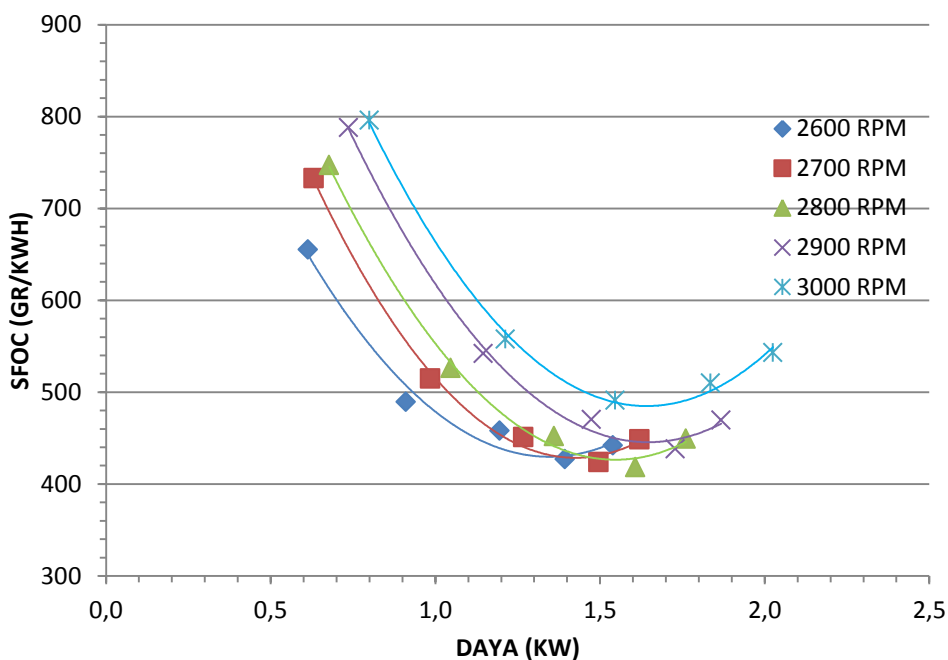


Grafik 4.2 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biosolar

Berdasarkan dari grafik 4.2 perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal muntuk setia putaran *engine*. Pada putaran 2600 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 1,545 kW, lalu pada saat putaran 2700 rpm didapatkan daya maksimal 1,584 kW sehingga didapatkan kenaikan daya sebesar 0,39 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran *engine* maka daya terus mengalami peningkatan sebesar 3 - 8% untuk setiap peningkatan 100 rpm. Pada putaran 2600 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 442,6 gr/kWh, sedangkan pada putaran 2700 rpm didapatkan SFOC terendah sebesar 431,9 gr/kWh. Pada putaran 2600 rpm menuju putaran 2700 rpm mengalami penurunan nilai SFOC sebesar 10,7 gr/kWh. Dengan didapatkan selisih nilai

SFOC tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran *engine* maka semakin menurun nilai SFOC yang didapatkan, Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm mengalami peningkatan nilai SFOC. Hal ini disebabkan *engine* mengalami overload.

4.4.3 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 (Biji Kapuk)

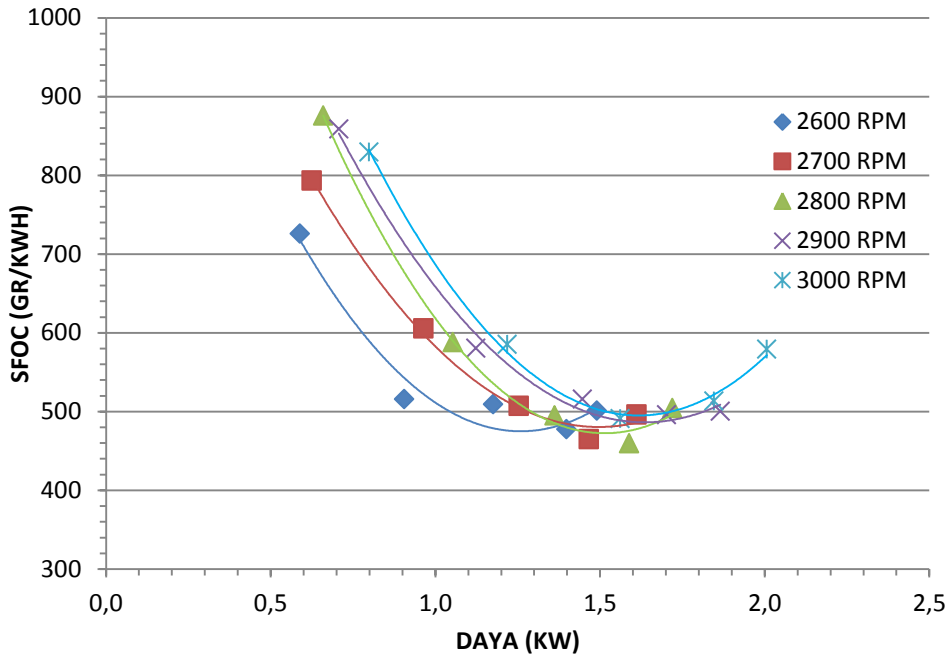


Grafik 4.3 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B20 (Biji Kapuk)

Berdasarkan dari grafik 4.3 perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal muntuk setia putaran *engine*. Pada putaran 2600 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 1,539 kW, lalu pada saat putaran 2700 rpm didapatkan daya maksimal 1,619 kW sehingga didapatkan kenaikan daya sebesar 0,8 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran *engine* maka daya terus mengalami peningkatan sebesar 3 - 8% untuk setiap peningkatan 100 rpm. Pada putaran 2600 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 426,9 gr/kWh, sedangkan pada putaran 2700 rpm didapatkan SFOC terendah sebesar 423,8 gr/kWh. Pada putaran 2600 rpm menuju putaran 2700 rpm mengalami penurunan nilai SFOC sebesar 3,1 gr/kWh. Dengan didapatkan selisih nilai SFOC tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran *engine* maka semakin menurun nilai SFOC yang didapatkan, Namun, pada putaran 2900 rpm

dan 3000 rpm mengalami peningkatan nilai SFOC. Hal ini disebabkan *engine* mengalami overload.

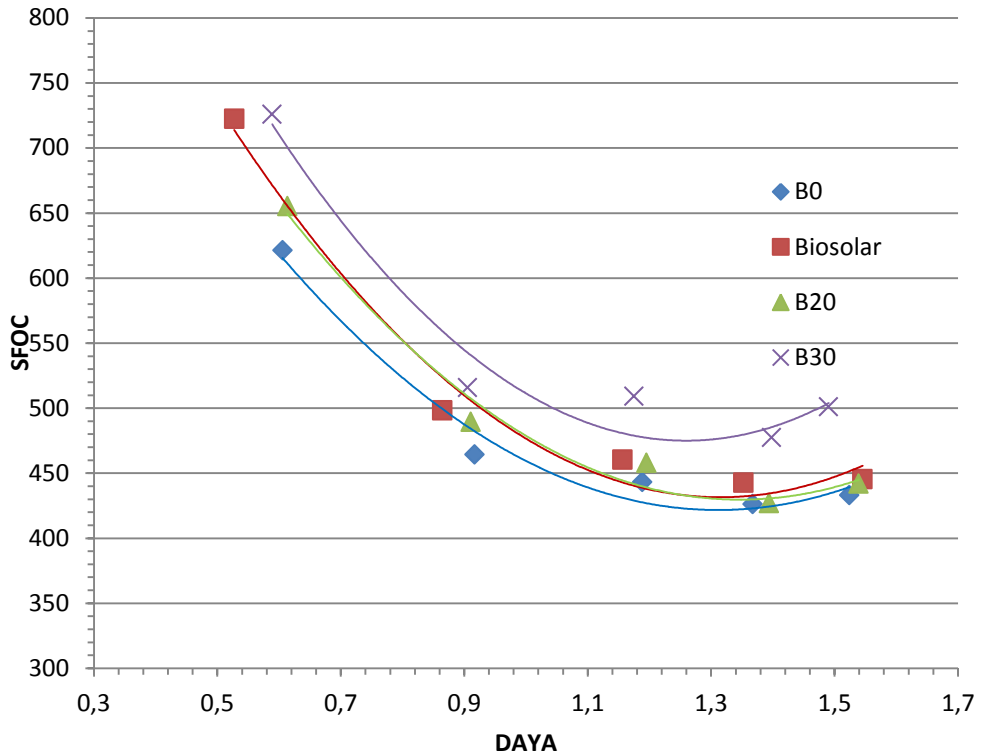
4.4.4 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B30 (Biji Kapuk)



Grafik 4.4 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Biodiesel B30 (Biji Kapuk)

Berdasarkan dari grafik 4.4 perbandingan daya dengan SFOC terhadap daya dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal muntuk setia putaran *engine*. Pada putaran 2600 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 1,49 kW, lalu pada saat putaran 2700 rpm didapatkan daya maksimal sebesar 1,611 kW sehingga didapatkan kenaikan daya sebesar 1,21 kW. Dengan demikian, dapat disimpulkan berdasarkan grafik diatas semakin bertambah putaran *engine* maka daya terus mengalami peningkatan sebesar 3 - 8% untuk setiap peningkatan 100 rpm. Pada putaran 2600 rpm didapatkan nilai SFOC terendah sebesar 477,3 gr/kWh, sedangkan pada putaran 2700 rpm didapatkan SFOC terendah sebesar 464,6 gr/kWh. Pada putaran 2600 rpm menuju putaran 2700 rpm mengalami penurunan nilai SFOC sebesar 12,7 gr/kWh. Dengan didapatkan selisih nilai SFOC tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran *engine* maka semakin menurun nilai SFOC yang didapatkan, Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm mengalami peningkatan nilai SFOC. Hal ini disebabkan *engine* mengalami overload.

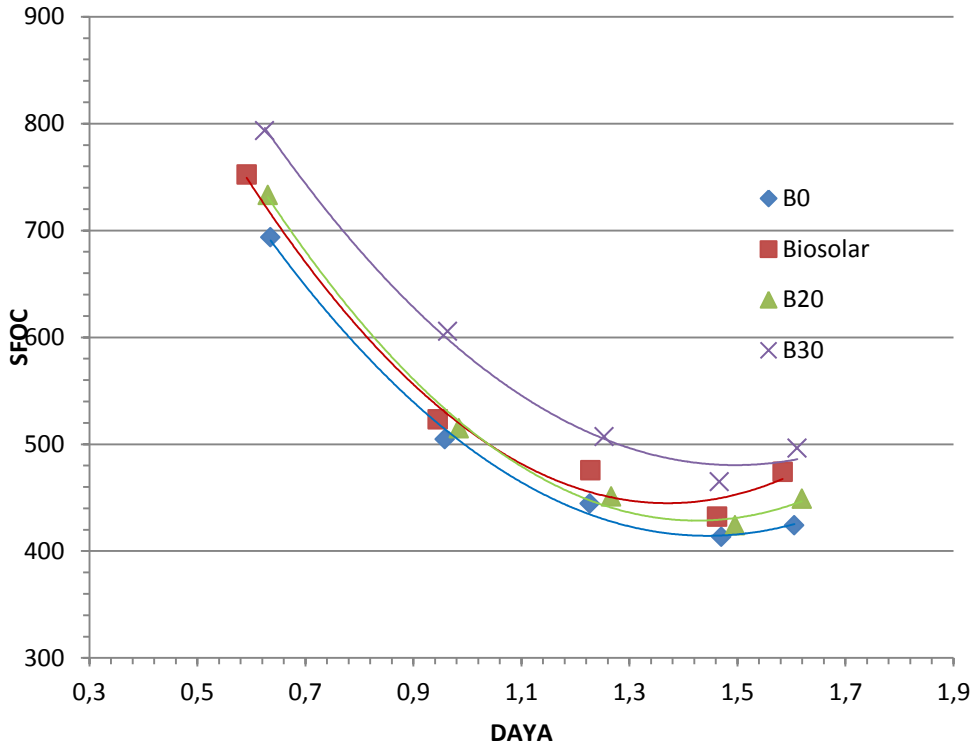
4.4.5 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600



Grafik 4.5 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600

Dari grafik 4.5 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600, Nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar pertamina DEX dengan nilai sebesar 426,1 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai SFOC 426,9 gr/kWh lebih besar 0,8 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina DEX. Namun bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki nilai SFOC lebih rendah 15,7 gr/kWh dibandingkan bahan bakar Biosolar yang memiliki nilai SFOC sebesar 442,4 gr/kWh. SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) dengan nilai SFOC sebesar 477,3 gr/kWh.

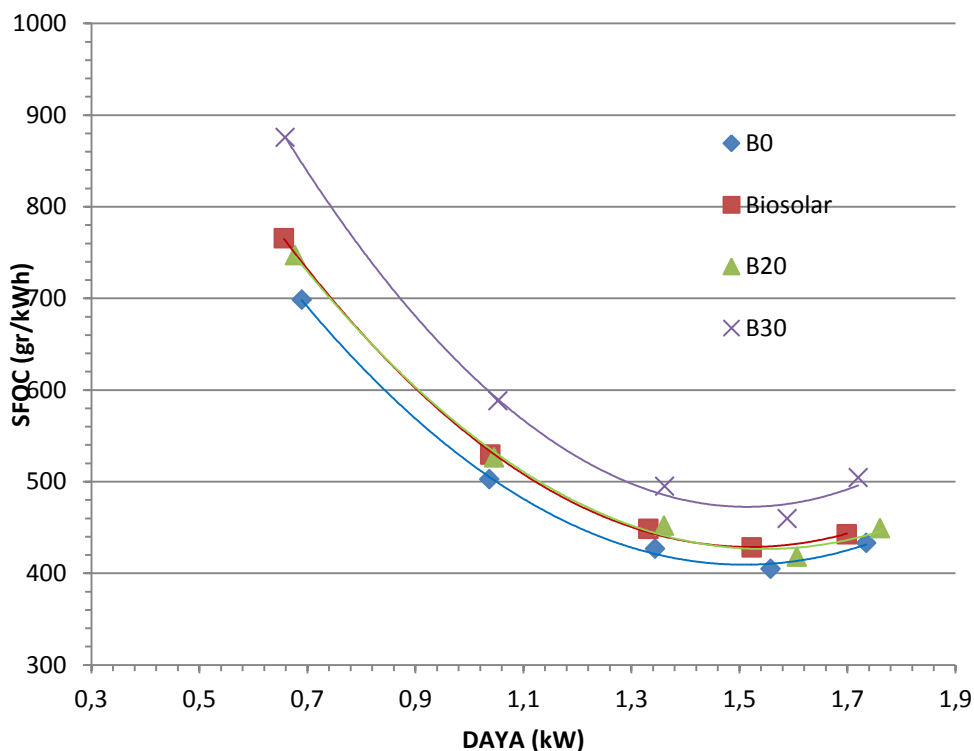
4.4.6 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700



Grafik 4.6 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700

Dari grafik 4.6 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700, Nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar pertamina DEX dengan nilai sebesar 413,2 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai SFOC 423,8 gr/kWh lebih besar 9,4 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina DEX. Namun bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki nilai SFOC lebih rendah 8,1 gr/kWh dibandingkan bahan bakar Biosolar yang memiliki nilai SFOC sebesar 431,9 gr/kWh. SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) dengan nilai SFOC sebesar 464,6 gr/kWh.

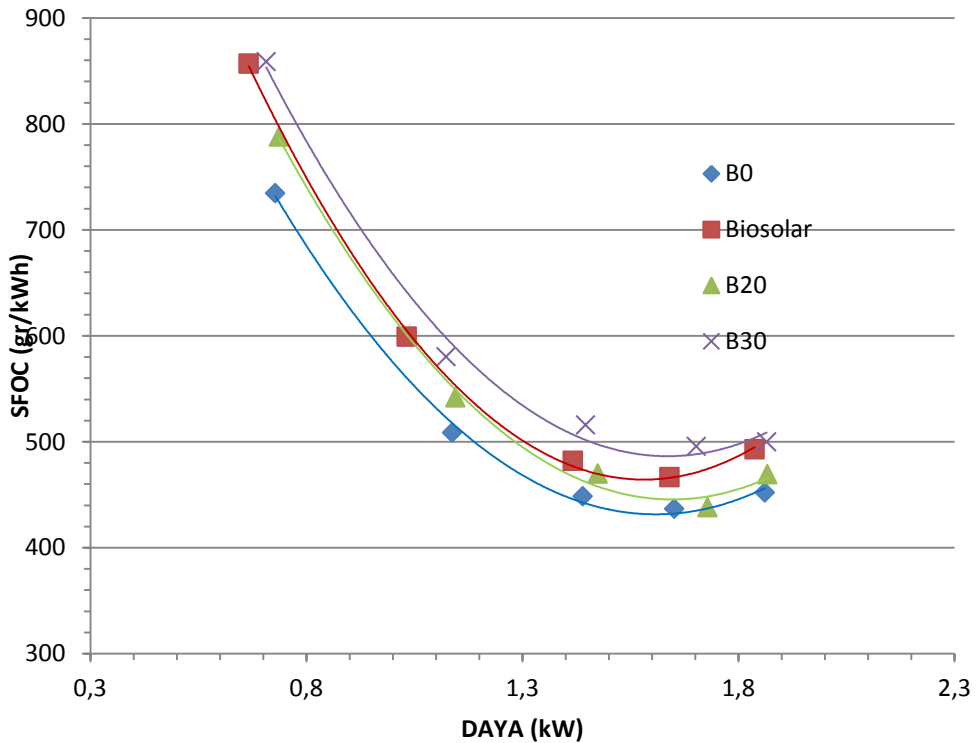
4.4.7 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800



Grafik 4.7 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800

Dari grafik 4.7 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800, Nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar pertamina DEX dengan nilai sebesar 405 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai SFOC 418,2 gr/kWh lebih besar 13,2 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina DEX. Namun bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki nilai SFOC lebih rendah 10 gr/kWh dibandingkan bahan bakar Biosolar yang memiliki nilai SFOC sebesar 428,2 gr/kWh. SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) dengan nilai SFOC sebesar 459,7 gr/kWh.

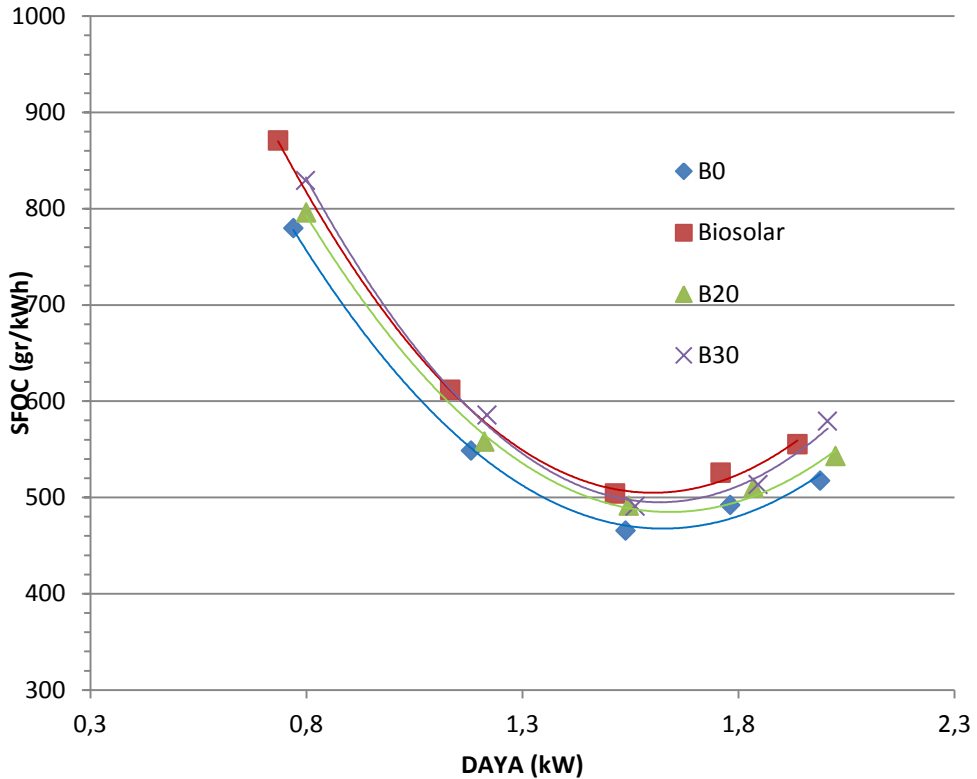
4.4.8 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900



Grafik 4.8 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900

Dari grafik 4.8 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900, Nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar Pertamina DEX dengan nilai sebesar 436,7 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai SFOC 438,1 gr/kWh lebih rendah 28,4 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar dengan nilai SFOC 466,6 gr/kWh. Bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki nilai SFOC lebih besar dibandingkan bahan bakar Pertamina DEX. Namun memiliki nilai SFOC lebih rendah dibandingkan bahan bakar Biosolar dan B30 (Biji Kapuk) yang memiliki nilai SFOC sebesar 495,6 gr/kWh. SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) dengan nilai SFOC sebesar 495,6 gr/kWh.

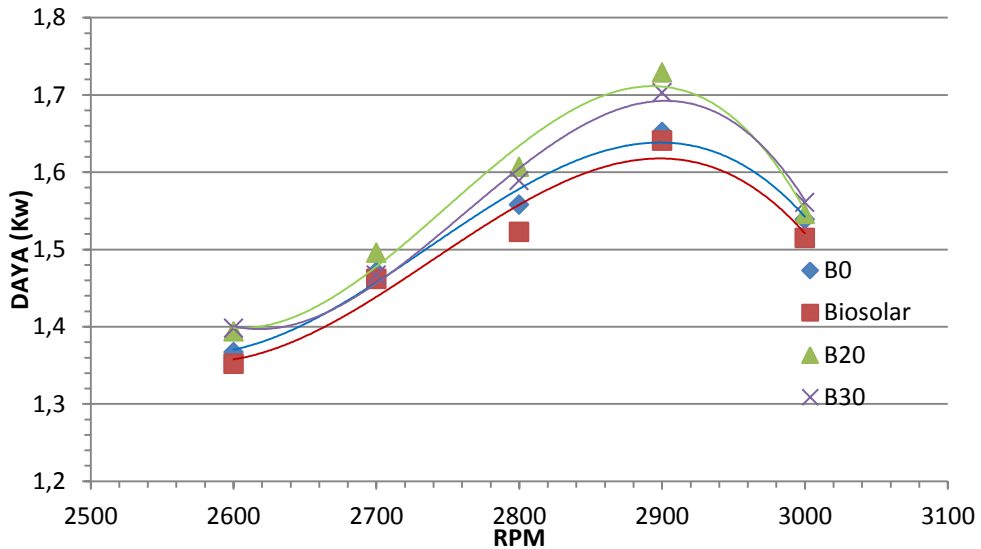
4.4.9 Perbandingan Antara SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000



Grafik 4.9 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000

Dari grafik 4.9 Perbandingan SFOC Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900, Nilai SFOC terendah didapat pada bahan bakar pertamina DEX dengan nilai sebesar 465,4 gr/kWh. Sedangkan untuk bahan bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai SFOC 491,2 gr/kWh lebih rendah 12,8 gr/kWh dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar dengan nilai SFOC 504 gr/kWh. Bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki nilai SFOC lebih besar dibandingkan bahan bakar Pertamina DEX dan lebih besar 0,5 gr/kWh dibandingkan dengan B30 (Biji Kapuk). SFOC tertinggi didapat pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) dengan nilai SFOC sebesar 497 gr/kWh.

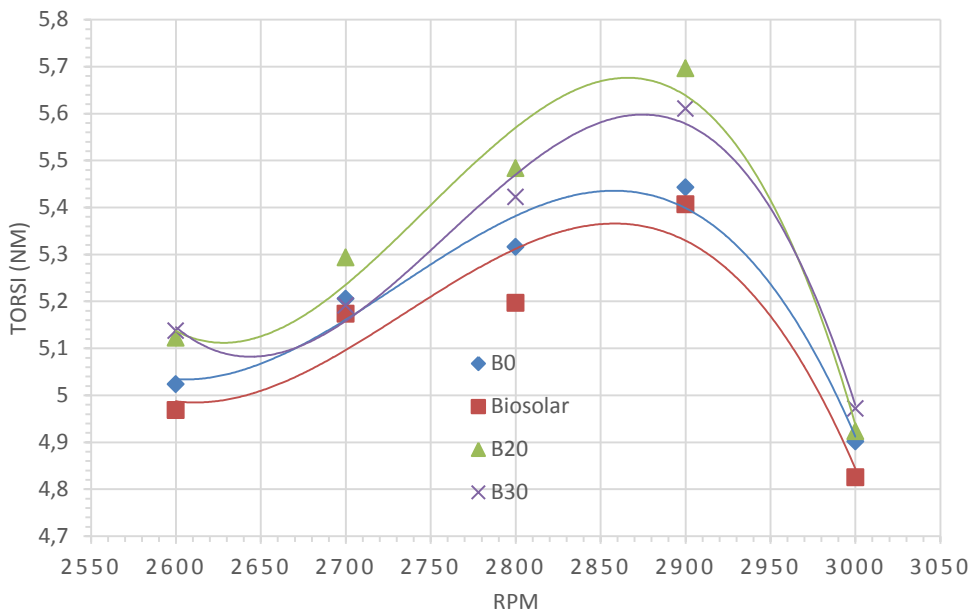
4.4.10 Perbandingan Antara Daya Maksimum Dengan Putaran *Engine*.



Grafik 4.10 Perbandingan Daya Maksimum Dengan Putaran *Engine* Pada Setiap Jenis Bahan Bakar

Pada grafik 4.10 merupakan grafik perbandingan daya maksimum dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. Daya tertinggi atau daya puncak didapatkan pada putaran 2900 rpm, dimana dapat disimpulkan pada rpm 2900 merupakan *peak power* dari *engine* tersebut. Dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX didapatkan daya maksimum sebesar 1,652 kW, Biosolar menghasilkan daya maksimum sebesar 1,641 kW, B20 (Biji Kapuk) menghasilkan daya maksimum sebesar 1,729 kW, B30 (Biji Kapuk) menghasilkan daya maksimum sebesar 1,703 kW. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan daya terbesar dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar B20 (biji Kapuk) dengan selisih 0,26 kW terhadap bahan bakar B30 (Biji Kapuk). Pada grafik 4.10 juga dapat dilihat dengan menggunakan bahan bakar B30 (Biji Kapuk) daya yang dihasilkan lebih besar 0,51 kW dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX dan lebih besar 0,62 kW dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar Biosolar. Sedangkan nilai daya terendah didapatkan dengan menggunakan bahan bakar Biosolar dengan daya maksimum sebesar 1,641 kW.

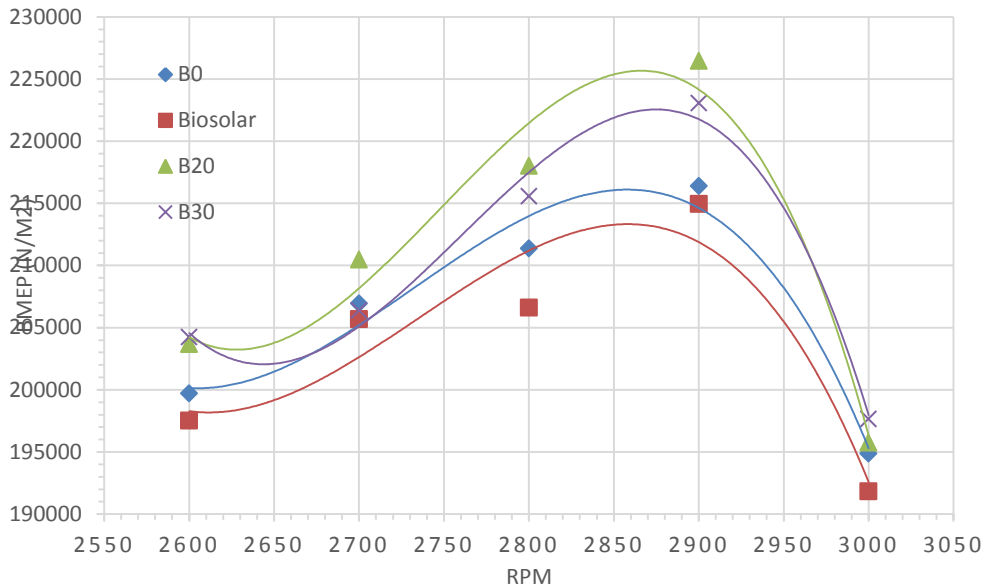
4.4.11 Perbandingan Antara Torsi Maksimum Dengan Putaran *Engine*.



Grafik 4.11 Perbandingan Torsi Maksimum Dengan Putaran *Engine* Pada Setiap Jenis Bahan Bakar

Pada grafik 4.11 merupakan grafik perbandingan torsi maksimum dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. Torsi tertinggi atau torsi puncak didapatkan pada putaran 2900 rpm, dimana dapat disimpulkan pada rpm 2900 merupakan nilai torsi puncak pada *engine* tersebut. Dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX didapatkan torsi maksimum sebesar 5,44 Nm, Biosolar menghasilkan torsi maksimum sebesar 5,41 Nm, B20 (Biji Kapuk) menghasilkan torsi maksimum sebesar 5,69 Nm, B30 (Biji Kapuk) menghasilkan torsi maksimum sebesar 5,61 Nm. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan torsi terbesar dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar B20 (biji Kapuk) dengan selisih 0,08 Nm terhadap bahan bakar B30 (Biji Kapuk). Pada grafik 4.11 juga dapat dilihat dengan menggunakan bahan bakar B30 (Biji Kapuk) torsi yang dihasilkan lebih besar 0,17 Nm dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX dan lebih besar 0,2 Nm dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar Biosolar. Sedangkan nilai torsi terendah didapatkan dengan menggunakan bahan bakar Biosolar dengan torsi maksimum sebesar 5,41 Nm.

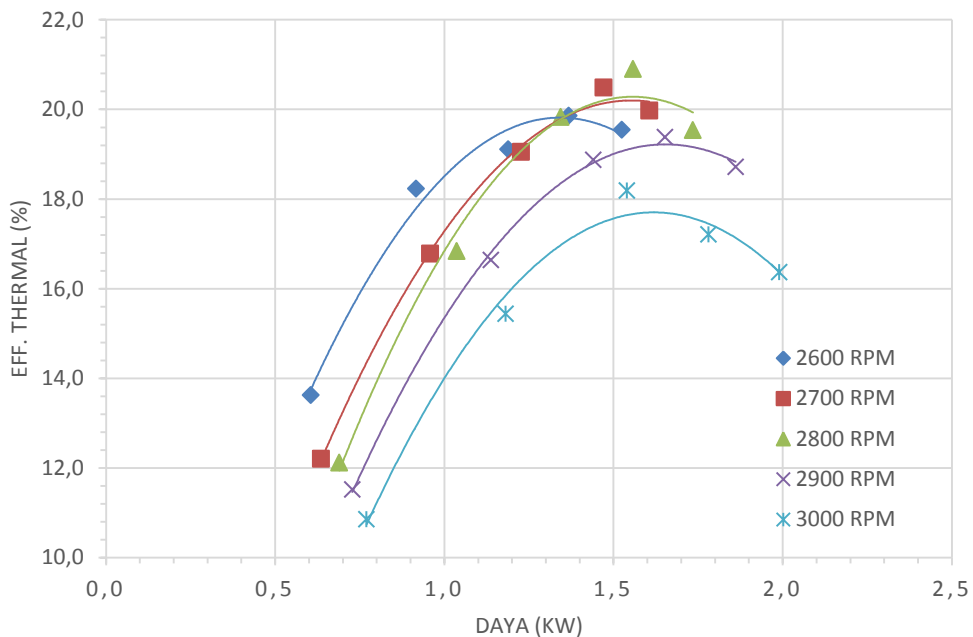
4.4.12 Perbandingan Antara BMEP Maksimum Dengan Putaran *Engine*.



Grafik 4.12 Perbandingan BMEP Dengan Putaran *Engine* Pada Daya Maksimum

Pada grafik 4.12 merupakan grafik perbandingan BMEP maksimum dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. BMEP tertinggi didapatkan pada putaran 2900 rpm, dimana dapat disimpulkan pada rpm 2900 merupakan nilai BMEP puncak pada *engine* tersebut. Dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX didapatkan BMEP maksimum sebesar $216377,8 \text{ N/m}^2$, Biosolar menghasilkan BMEP maksimum sebesar 214937 N/m^2 , B20 (Biji Kapuk) menghasilkan BMEP maksimum sebesar $226463,2 \text{ N/m}^2$, B30 (Biji Kapuk) menghasilkan BMEP maksimum sebesar $223057,7 \text{ N/m}^2$. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan BMEP terbesar dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar B20 (biji Kapuk) dengan selisih $3405,5 \text{ N/m}^2$ terhadap bahan bakar B30 (Biji Kapuk). Pada grafik 4.12 juga dapat dilihat dengan menggunakan bahan bakar B30 (Biji Kapuk) BMEP yang dihasilkan lebih besar $6679,9 \text{ N/m}^2$ dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX dan lebih besar $8120,7 \text{ N/m}^2$ dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar Biosolar. Sedangkan nilai BMEP terendah didapatkan dengan menggunakan bahan bakar Biosolar dengan BMEP maksimum sebesar 214937 N/m^2 .

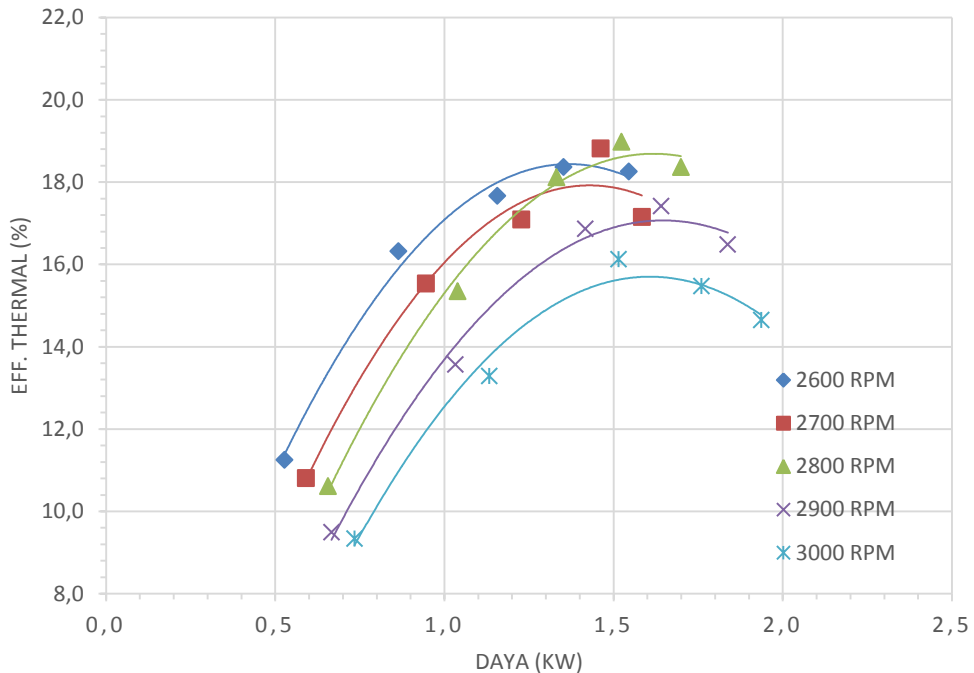
4.4.13 Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX



Grafik 4.13 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan efisiensi thermal terhadap daya *engine* pada jenis bahan bakar Pertamina DEX. Dimana nilai efisiensi thermal terendah berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 2600 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 19,86%, sedangkan pada putaran 2700 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 20,48%. Maka dapat dilihat dari grafik terjadi kenaikan nilai efisiensi thermal dari putaran 2600 rpm ke 2700 rpm sebesar 0,62%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.

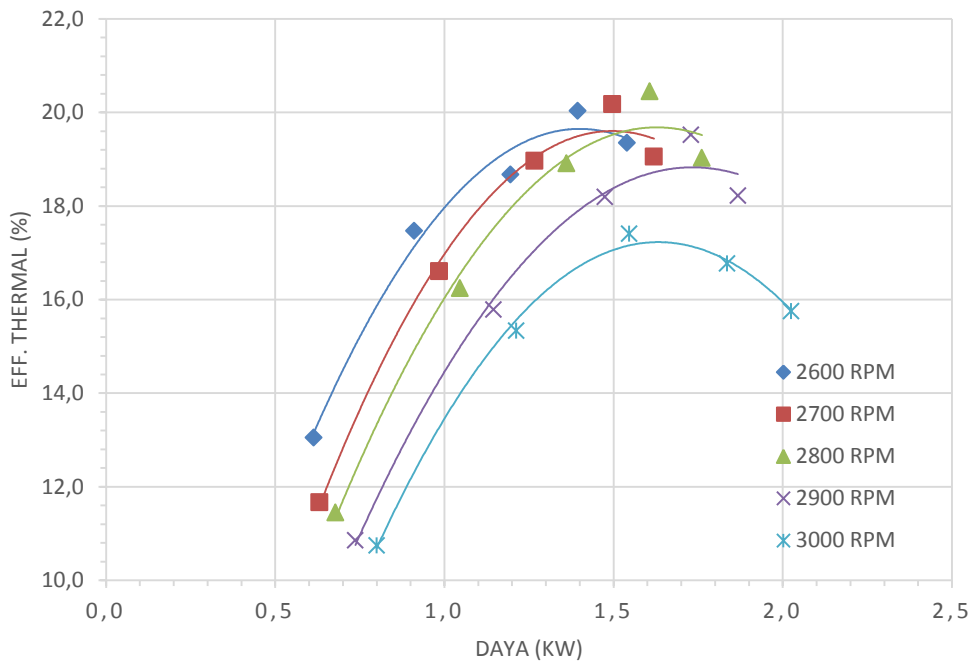
4.4.14 Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar



Grafik 4.14 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar Biosolar

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan efisiensi thermal terhadap daya *engine* pada jenis bahan bakar Biosolar. Dimana nilai efisiensi thermal terendah berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 2600 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 18,36%, sedangkan pada putaran 2700 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 18,81%. Maka dapat dilihat dari grafik terjadi kenaikan nilai efisiensi thermal dari putaran 2600 rpm ke 2700 rpm sebesar 0,45%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.

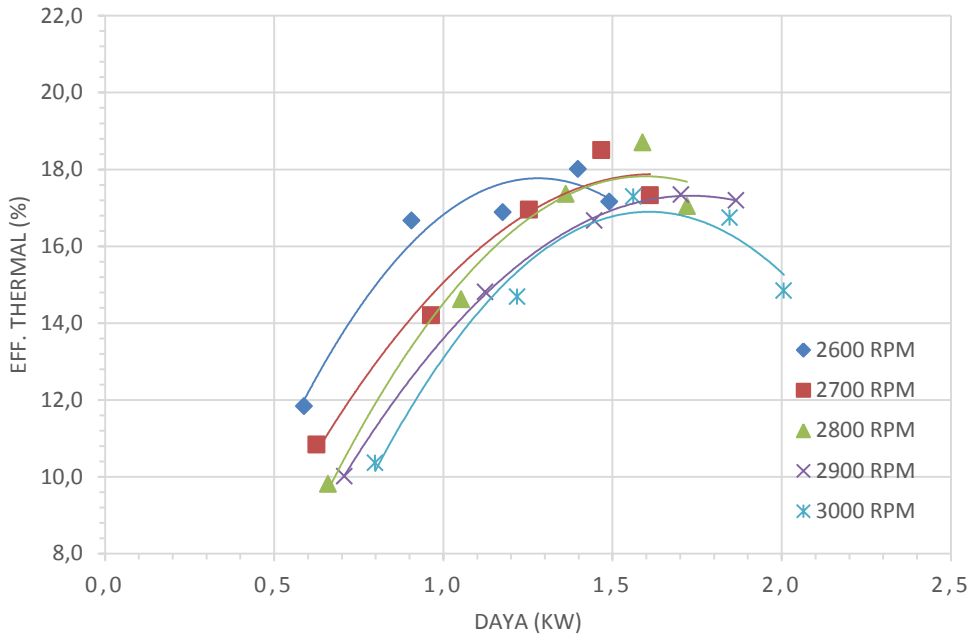
4.4.15 Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B20 Biji Kapuk



Grafik 4.15 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar B20 Biji kapuk

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan efisiensi thermal terhadap daya *engine* pada jenis bahan bakar B20 (Biji Kapuk). Dimana nilai efisiensi thermal terendah berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 2600 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 20,03%, sedangkan pada putaran 2700 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 20,17%. Maka dapat dilihat dari grafik terjadi kenaikan nilai efisiensi thermal dari putaran 2600 rpm ke 2700 rpm sebesar 0,14%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.

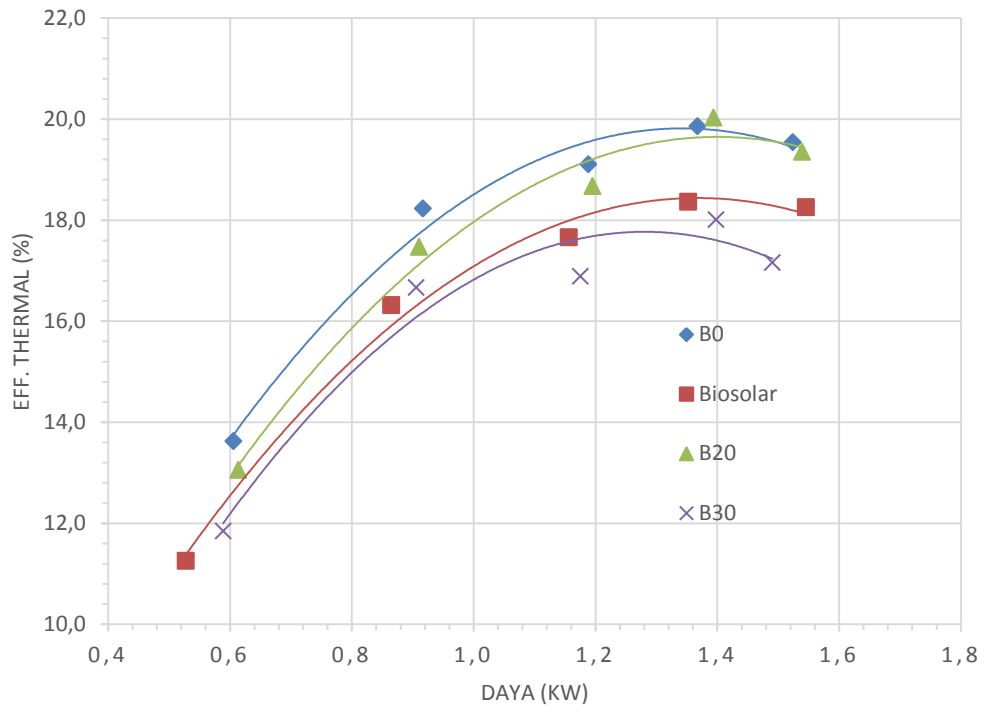
4.4.16 Perbandingan Antara Eff. Thermal Terhadap Daya Pada Jenis Bahan Bakar B30 Biji Kapuk



Grafik 4.16 Perbandingan Eff. Thermal Terhadap Daya *Engine* Pada Jenis Bahan Bakar B30 Biji Kapuk

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan efisiensi thermal terhadap daya *engine* pada jenis bahan bakar B30 (Biji Kapuk). Dimana nilai efisiensi thermal terendah berada pada saat nilai SFOC terendah pada setiap putaran *engine*. Pada saat putaran *engine* 2600 rpm, nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 18%, sedangkan pada putaran 2700 rpm nilai efisiensi thermal tertinggi didapatkan sebesar 18,49%. Maka dapat dilihat dari grafik terjadi kenaikan nilai efisiensi thermal dari putaran 2600 rpm ke 2700 rpm sebesar 0,49%. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran pada *engine* maka efisiensi thermal semakin tinggi. Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm efisiensi thermal mengalami penurunan dikarenakan *engine* mengalami overload.

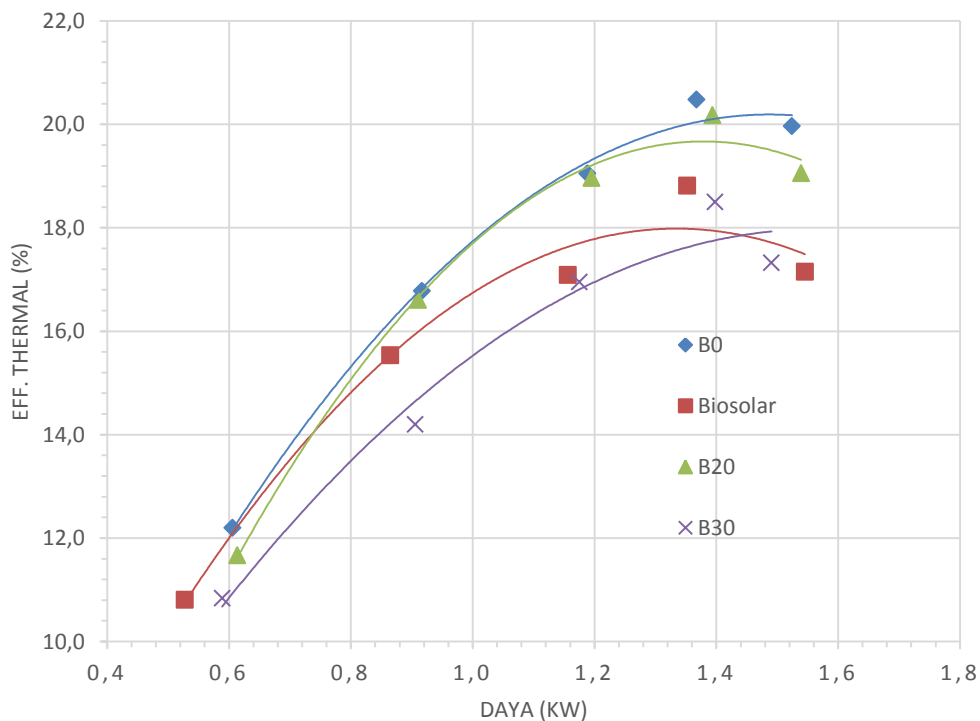
4.4.17 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600



Grafik 4.17 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2600

Dari grafik perbandingan antara efisiensi thermal dengan daya terhadap jenis bahan bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, dan B30 Biji Kapuk pada rpm 2600, dapat dilihat bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan Bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 20,03%. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal terendah sebesar 18%. Nilai efisiensi thermal bahan bakar B20 (Biji Kapuk) lebih tinggi 0,17% dibandingkan dengan Pertamina DEX yang memiliki nilai efisiensi thermal sebesar 19,86%. Dibandingkan dengan Biosolar yang memiliki efisiensi thermal sebesar 18,36%, bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal yang juga lebih tinggi dengan selisih 1,67%.

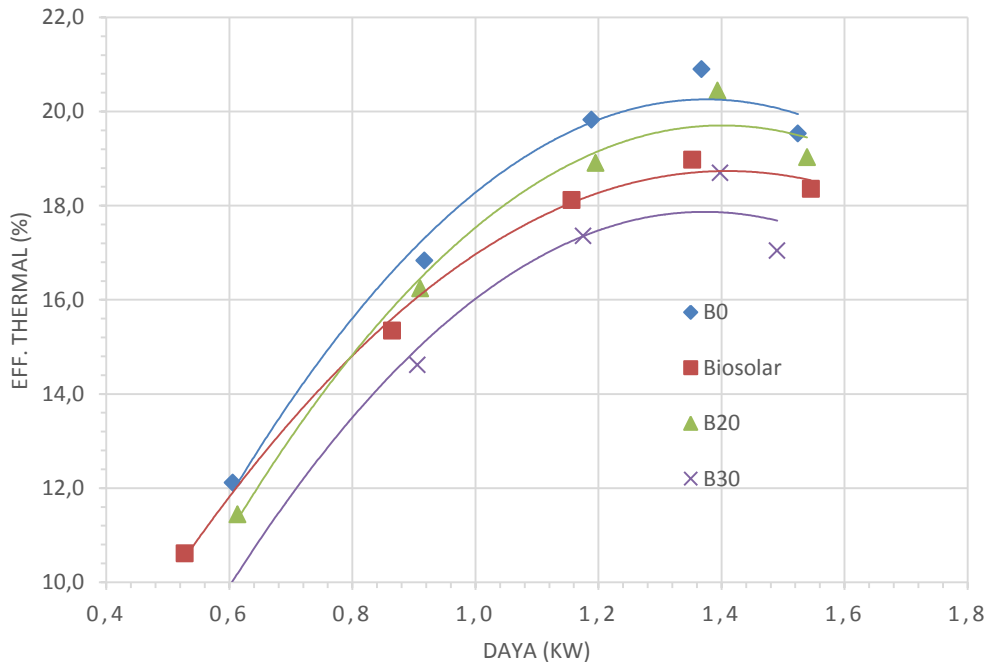
4.4.18 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700



Grafik 4.18 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2700

Dari grafik perbandingan antara efisiensi thermal dengan daya terhadap jenis bahan bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, dan B30 Biji Kapuk pada rpm 2700, dapat dilihat bahan bakar Pertamina DEX memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan Bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 20,17%. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal terendah sebesar 18,49%. Nilai efisiensi thermal bahan bakar B20 (Biji Kapuk) lebih rendah 0,31% dibandingkan dengan Pertamina DEX yang memiliki nilai efisiensi thermal sebesar 20,48%. Namun dibandingkan dengan Biosolar yang memiliki efisiensi thermal sebesar 18,81%, bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal yang lebih tinggi dengan selisih 1,36%.

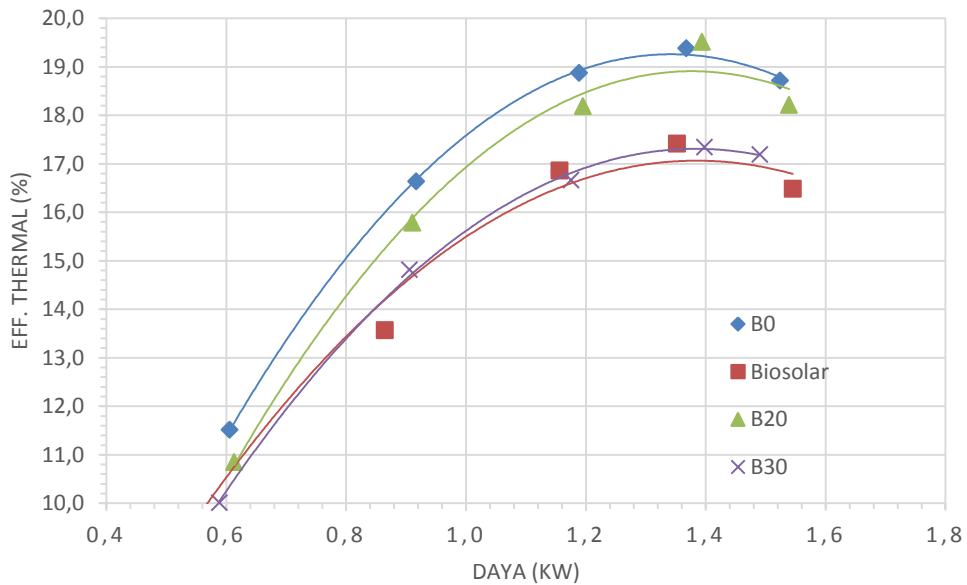
4.4.19 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800



Grafik 4.19 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2800

Dari grafik perbandingan antara efisiensi thermal dengan daya terhadap jenis bahan bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, dan B30 Biji Kapuk pada rpm 2800, dapat dilihat bahan bakar Pertamina DEX memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan Bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 20,44%. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal terendah sebesar 18,69%. Nilai efisiensi thermal bahan bakar B20 (Biji Kapuk) lebih rendah 0,45% dibandingkan dengan Pertamina DEX yang memiliki nilai efisiensi thermal sebesar 20,89%. Namun dibandingkan dengan Biosolar yang memiliki efisiensi thermal sebesar 18,98%, bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal yang lebih tinggi dengan selisih 1,46%.

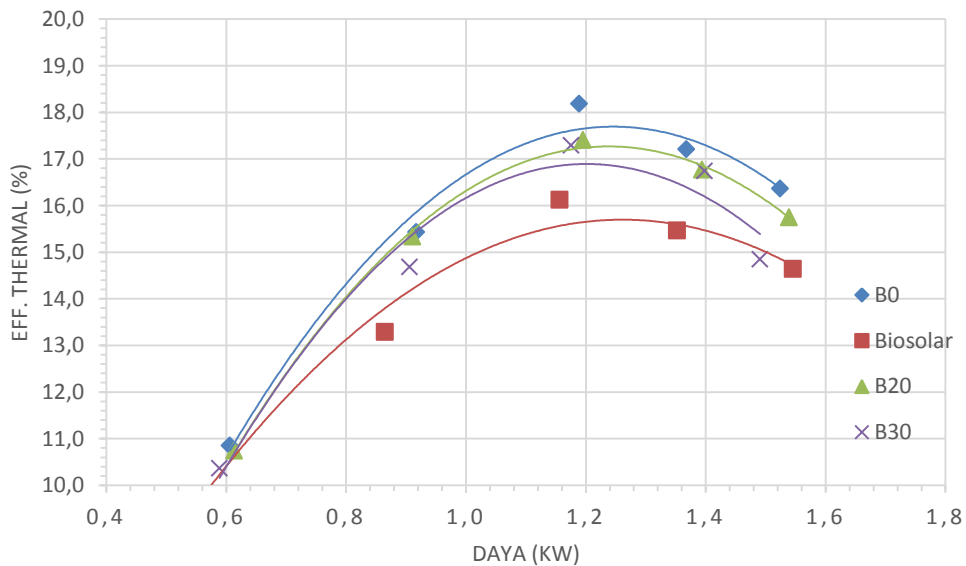
4.4.20 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900



Grafik 4.20 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 2900

Dari grafik perbandingan antara efisiensi thermal dengan daya terhadap jenis bahan bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, dan B30 Biji Kapuk pada rpm 2900, dapat dilihat bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan Bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 19,51%. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal terendah sebesar 17,34%. Nilai efisiensi thermal bahan bakar B20 (Biji Kapuk) lebih tinggi 0,13% dibandingkan dengan Pertamina DEX yang memiliki nilai efisiensi thermal sebesar 19,38%. Dibandingkan dengan Biosolar yang memiliki efisiensi thermal sebesar 17,41%, bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal yang juga lebih tinggi dengan selisih 2.1%.

4.4.21 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000



Grafik 4.21 Perbandingan Antara Eff. Thermal Dengan Daya Terhadap Jenis Bahan Bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, Dan B30 Biji Kapuk Pada RPM 3000

Dari grafik perbandingan antara efisiensi thermal dengan daya terhadap jenis bahan bakar Pertamina DEX, Biosolar, B20 Biji Kapuk, dan B30 Biji Kapuk pada rpm 3000, dapat dilihat bahan bakar Pertamina DEX memiliki efisiensi thermal paling tinggi. Pada bahan Bakar B20 (Biji Kapuk) didapatkan nilai efisiensi thermal sebesar 17,4%. Sedangkan nilai efisiensi thermal pada bahan bakar Biosolar memiliki efisiensi thermal terendah sebesar 16,12%. Nilai efisiensi thermal bahan bakar B20 (Biji Kapuk) lebih rendah 0,78% dibandingkan dengan Pertamina DEX yang memiliki nilai efisiensi thermal sebesar 18,18%. Namun dibandingkan dengan B30 (Biji Kapuk) yang memiliki efisiensi thermal sebesar 17,29%, bahan bakar B20 (Biji Kapuk) memiliki efisiensi thermal yang lebih tinggi dengan selisih 0,11%

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses pembuatan biodiesel biji kapuk didapatkan kandungan properties biji kapuk beserta pengaruh dalam performansi motor diesel, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil properties uji laboratorium terhadap biodiesel biji kapuk, didapatkan bahwa sebagian kandungan properties pada biodiesel biji kapuk telah memenuhi Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan sebagai standar biodiesel di Indonesia. Namun pada nilai viskositas pada biodiesel biji kapuk belum memenuhi standar yang telah ditetapkan, dimana nilai yang telah ditentukan untuk viskositas yaitu 2,3 – 6 cst. Pada kandungan viskositas biodiesel biji kapuk didapatkan nilai 10,56 cst. Nilai viskositas yang tinggi disebabkan perlunya penelitian lagi untuk menentukan besaran kandungan katalis dalam proses pembuatan biodiesel biji kapuk.
2. Hasil dari uji performa dapat diketahui dengan melalui lima variabel diantaranya sebagai berikut:
 - a) Daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh putaran *engine*, semakin tinggi putaran *engine* maka semakin besar daya yang dihasilkan oleh *engine*. Namun pada putaran 3000 rpm daya berkurang dikarenakan pada putaran 2900 rpm telah mencapai *peak power* dari *engine* tersebut. Daya maksimum dihasilkan pada putaran 2900 rpm. Daya terbesar dihasilkan pada jenis bahan bakar B20 (Biji Kapuk) dengan nilai sebesar 1,729 kW disusul dengan B30 (Biji Kapuk) sebesar 1,703 kW. Kemudian disusul dengan Pertamina DEX dan Biosolar.
 - b) Torsi didapatkan perhitungan dari daya, sehingga dapat disimpulkan bahwa torsi maksimum juga dicapai pada putaran 2900 rpm. Torsi terbesar didapat dengan menggunakan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) dengan nilai sebesar 5,69 Nm. Kemudian di posisi kedua dengan menggunakan bahan bakar B30 (Biji Kapuk) disusul dengan Pertamina DEX. Bahan bakar yang menghasilkan torsi terkecil didapat dengan menggunakan bahan bakar Biosolar.
 - c) Nilai SFOC yang didapatkan pada uji performansi dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran *engine*, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Namun, pada putaran 2900 rpm dan 3000 rpm SFOC mengalami peningkatan. Hal ini terjadi disebabkan karena *engine* mengalami *overload*. Pada penelitian kali ini didapatkan SFOC terendah dengan menggunakan bahan bakar Pertamina DEX disusul dengan B20 (Biji Kapuk). Sedangkan SFOC tertinggi didapatkan dengan menggunakan bahan bakar B30 (Biji Kapuk) disusul dengan bahan bakar biosolar.

- d) Efisiensi thermal sangat dipengaruhi daya yang dikeluarkan dan nilai kalor yang dihasilkan bahan bakar.. Pada penelitian ini, Jenis bahan bakar yang menghasilkan efisiensi thermal paling besar yaitu Pertamina DEX .Kemudian disusul dengan B20 (Biji Kapuk) kemudian Biosolar dan terakhir B30 (Biji Kapuk).
 - e) BMEP sangatlah dipengaruhi oleh daya yang dikeluarkan, semakin besar daya yang dihasilkan maka BMEP yang dihasilkan semakin besar. BMEP tertinggi didapatkan pada jenis bahan bakar B20 (Biji Kapuk) kemudian disusul dengan B30 (Biji Kapuk).
3. Hasil dari perbandingan performa antara biodiesel biji kapuk dengan biosolar yaitu sebagai berikut:
- a) Daya yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) meningkat 5,36% dibandingkan menggunakan bahan bakar biosolar. Pada bahan bakar B30 (Biji kapuk) daya yang dihasilkan meningkat 3,77% dibandingkan yang dihasilkan oleh biosolar
 - b) Torsi yang yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) meningkat 5,36% dibandingkan menggunakan bahan bakar biosolar. Pada bahan bakar B30 (Biji kapuk) torsi yang dihasilkan meningkat 3,77% dibandingkan yang dihasilkan oleh biosolar
 - c) BMEP yang dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) meningkat 5,36% dibandingkan menggunakan bahan bakar biosolar. Pada bahan bakar B30 (Biji kapuk) BMEP yang dihasilkan meningkat 3,77% dibandingkan yang dihasilkan oleh biosolar
 - d) SFOC yang dihasilkan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) menurun 2,33% dibandingkan yang dihasilkan oleh bahan bakar biosolar. Namun pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) SFOC yang dihasilkan meningkat 7,3% dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar biosolar
 - e) Effisiensi thermal yang dihasilkan bahan bakar B20 (Biji Kapuk) meningkat 7,69% dibandingkan yang dihasilkan oleh biosolar. Namun pada bahan bakar B30 (Biji Kapuk) effisiensi thermal yang dihasilkan menurun 1,52% dibandingkan menggunakan bahan bakar biosolar

5.2 Saran

1. Dari segi pembuatan biodiesel perlu dilakukan penelitian lagi mengenai kandungan katalis yang digunakan agar dapat menurunkan viskositasnya.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efek pemakaian jangka panjang pada motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel biji kapuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Standardisasi Nasional. 2015. BIODIESEL. SNI2182.http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/22602 diakses pada tanggal 7 desember 2016 pada jam 22:14 WIB
- Basavaraj, R.N. dan Khanderao, A.M. 2014. Experimental Study on Performance Characteristics of Single Cylinder Four Stroke Diesel Engine Using Blends of Diesel & Palm Oil Methyl Ester as an Alternate Fuel. *International Journal Of Research In Aeronautical And Mechanical Engineering* . Vol.2. P 51-57.
- Handoyo, R.,A. dan Anwarm S.A.A.2007. Biodiesel dari Minyak Biji Kapok Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM
- Kargbo, D.M. 2010. Biodiesel Production from Municipal Sewage Sludges. *Energy Fuels*, 24 (5),
- Khumbar, R. dan Dange, H.M. 2014. Performance Analysis of Single Cylinder Diesel Engine, Using Diesel Blended with Thumba Oil. *International Journal of Soft Computing and Engineering*. Blue Eyes Intelligence Engineering, P 24-30.
- Manurung, Renita.2006. Transesterifikasi Minyak Nabati. Tugas Akhir. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Putra, D. P., & Sari, S. P. 2012 . PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR BIODIESEL M30 DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS 0,25% NaOH TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR DIESEL S-1110. Universitas Gunadarma.
- Sampatrao, D.A. Sunil, M.G. dan Kulkarni, P.D. 2014. Performance & Emission Analysis of Biodiesel Using Various Blends (Castor Oil+ Neem Oil Biodiesel). *Impact Journal*. Vol.2, P 117-123.
- Santoso, N. Pradana, F. dan Rachimoellah, M. 2012. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Kapok Randu (Ceiba Pentandra) Melalui Proses Transesterifikasi Dengan Menggunakan CaO. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)-Undergraduate Journal.
- Tohari. 2015. Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapok Randu (Ceiba pentandra L.) dengan Variasi Waktu Lama Pengadukan Pada Reaksi Transesterifikasi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

RUMUS PERHITUNGAN

- Daya Motor

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu.

$$P = \frac{V \times I \times \cos \emptyset}{Eff \text{ Gen} \times Eff \text{ Slip}}$$

Dimana:

| | |
|-----------------|------------------------------|
| P | : daya (kW) |
| V | : tegangan listrik (Volt) |
| I | : arus listrik (Ampere) |
| Cos \emptyset | : 0,9 |
| Eff Gen | : efisiensi generator (0,85) |
| Eff Slip | : efisiensi Slip |

- Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)

Konsumsi bahan bakar spesifik atau specific fuel consumption (SFOC) adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.

$$FCR = \frac{v \times \rho}{t}$$

Dimana:

| | |
|--------|--|
| FCR | : laju aliran bahan bakar (gr/h) |
| ρ | : massa jenis bahan bakar (gr/m^3) |
| v | : volume bahan bakar (m^3) |
| t | : waktu yang diperlukan menghabiskan bahan bakar sebanyak 10ml (h) |

$$SFOC = \frac{SFC}{P}$$

Dimana:

| | |
|------|---|
| SFOC | : konsumsi spesifik bahan bakar (g/kWh) |
| FCR | : laju aliran bahan bakar (gr/h) |
| P | : daya (Kw) |

- **Torsi**

Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya.

$$T = \frac{P \times 60000}{2\pi \times rpm}$$

Dimana:

T : torsi (Nm)
 P : daya (kW)
 rpm : putaran motor diesel (rpm)

- **BMEP (*Break Main Effective Pressure*)**

Tekanan efektif rata-rata didefinisikan sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap torak sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja persiklus.

$$BMEP = \frac{P \times Z \times 1000}{V \times 2 \times 3,14 \times rps \times i}$$

Dimana :

BMEP : tekanan efektif rata-rata (N/m²)
 P : daya (kw)
 Z : konstanta 2 untuk 4-stroke
 V : volume langkah (m³)
 I : jumlah silinder

- **Efisiensi Thermal (ϕ_{th})**

Efisiensi termal menyatakan perbandingan antara daya yang dihasilkan terhadap jumlah energi bahan bakar yang diperlukan untuk jangka waktu tertentu.

$$\eta_{th} = \frac{P \times 100000}{FCR \times LHV} \times 100\%$$

Dimana :

η_{th} = efisiensi thermal
 P = daya (kw)
 FCR = laju aliran bahan bakar (gr/h)
 LHV = *low heating value* (j/kg)

Pertamina DEX

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m2) | (J/Kg) | (%) |
| 2600 | 2599 | 1213 | 0,606 | 376,2 | 621,2 | 2,227 | 88486,00 | 42537888 | 13,6246 |
| 2600 | 2601 | 1216 | 0,917 | 425,7 | 464,3 | 3,368 | 133948,40 | 42537888 | 18,2277 |
| 2600 | 2603 | 1220 | 1,189 | 526,5 | 443,0 | 4,363 | 173643,90 | 42537888 | 19,1049 |
| 2600 | 2603 | 1213 | 1,367 | 582,7 | 426,1 | 5,019 | 199763,85 | 42537888 | 19,8602 |
| 2600 | 2601 | 1212 | 1,524 | 660,0 | 433,0 | 5,599 | 222674,66 | 42537888 | 19,5434 |
| | | | | | | | | | |
| 2700 | 2702 | 1289 | 0,636 | 440,8 | 693,5 | 2,247 | 89409,87 | 42537888 | 12,2028 |
| 2700 | 2703 | 1285 | 0,958 | 483,3 | 504,4 | 3,387 | 134791,49 | 42537888 | 16,7792 |
| 2700 | 2705 | 1277 | 1,227 | 544,9 | 444,2 | 4,333 | 172567,55 | 42537888 | 19,0531 |
| 2700 | 2701 | 1272 | 1,471 | 607,6 | 413,2 | 5,202 | 206872,25 | 42537888 | 20,4833 |
| 2700 | 2707 | 1271 | 1,606 | 680,5 | 423,8 | 5,667 | 225873,20 | 42537888 | 19,9681 |
| | | | | | | | | | |
| 2800 | 2797 | 1312 | 0,690 | 481,8 | 698,5 | 2,356 | 93562,23 | 42537888 | 12,1153 |
| 2800 | 2803 | 1314 | 1,037 | 521,2 | 502,6 | 3,535 | 140674,00 | 42537888 | 16,8383 |
| 2800 | 2801 | 1320 | 1,344 | 573,6 | 426,8 | 4,584 | 182324,01 | 42537888 | 19,8290 |
| 2800 | 2800 | 1323 | 1,558 | 630,8 | 405,0 | 5,315 | 211308,32 | 42537888 | 20,8989 |
| 2800 | 2807 | 1320 | 1,735 | 751,7 | 433,2 | 5,906 | 235375,05 | 42537888 | 19,5344 |

Pertamina DEX

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m2) | (J/Kg) | (%) |
| 2900 | 2905 | 1366 | 0,728 | 535,0 | 734,6 | 2,395 | 95385,92 | 42537888 | 11,5200 |
| 2900 | 2901 | 1381 | 1,138 | 578,8 | 508,7 | 3,748 | 149044,42 | 42537888 | 16,6371 |
| 2900 | 2898 | 1380 | 1,440 | 645,8 | 448,4 | 4,748 | 188637,70 | 42537888 | 18,8743 |
| 2900 | 2903 | 1370 | 1,652 | 721,4 | 436,7 | 5,437 | 216387,26 | 42537888 | 19,3814 |
| 2900 | 2901 | 1371 | 1,861 | 841,5 | 452,1 | 6,129 | 243754,74 | 42537888 | 18,7175 |
| | | | | | | | | | |
| 3000 | 3006 | 1425 | 0,770 | 600,4 | 779,5 | 2,448 | 97514,05 | 42537888 | 10,8568 |
| 3000 | 3003 | 1416 | 1,181 | 647,6 | 548,3 | 3,758 | 149553,10 | 42537888 | 15,4362 |
| 3000 | 3001 | 1425 | 1,539 | 716,4 | 465,4 | 4,901 | 194904,35 | 42537888 | 18,1856 |
| 3000 | 3007 | 1423 | 1,781 | 876,0 | 491,8 | 5,660 | 225539,35 | 42537888 | 17,2096 |
| 3000 | 3002 | 1418 | 1,990 | 1028,9 | 517,1 | 6,332 | 251925,09 | 42537888 | 16,3657 |

Biosolar

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m2) | (J/Kg) | (%) |
| 2600 | 2599 | 1213 | 0,527 | 381,0 | 722,4 | 1,939 | 77049,69 | 45059272 | 11,0602 |
| 2600 | 2601 | 1216 | 0,865 | 430,7 | 498,1 | 3,176 | 126326,90 | 45059272 | 16,0390 |
| 2600 | 2603 | 1220 | 1,156 | 532,1 | 460,2 | 4,244 | 168938,24 | 45059272 | 17,3615 |
| 2600 | 2602 | 1213 | 1,352 | 598,6 | 442,6 | 4,966 | 197567,04 | 45059272 | 18,0509 |
| 2600 | 2601 | 1212 | 1,545 | 688,0 | 445,2 | 5,676 | 225762,42 | 45059272 | 17,9453 |
| | | | | | | | | | |
| 2700 | 2701 | 1289 | 0,591 | 444,7 | 752,2 | 2,091 | 83177,62 | 45059272 | 10,6221 |
| 2700 | 2703 | 1285 | 0,945 | 494,5 | 523,2 | 3,341 | 132976,99 | 45059272 | 15,2707 |
| 2700 | 2705 | 1277 | 1,228 | 583,8 | 475,6 | 4,336 | 172705,64 | 45059272 | 16,7999 |
| 2700 | 2701 | 1272 | 1,462 | 631,6 | 431,9 | 5,173 | 205732,37 | 45059272 | 18,4993 |
| 2700 | 2701 | 1271 | 1,584 | 750,6 | 473,9 | 5,602 | 222805,44 | 45059272 | 16,8585 |
| | | | | | | | | | |
| 2800 | 2797 | 1321 | 0,657 | 502,9 | 765,8 | 2,243 | 89083,21 | 45059272 | 10,4333 |
| 2800 | 2803 | 1323 | 1,039 | 550,2 | 529,6 | 3,541 | 140931,45 | 45059272 | 15,0863 |
| 2800 | 2801 | 1321 | 1,332 | 597,4 | 448,6 | 4,542 | 180658,25 | 45059272 | 17,8113 |
| 2800 | 2800 | 1321 | 1,523 | 652,3 | 428,2 | 5,198 | 206644,56 | 45059272 | 18,6586 |
| 2800 | 2807 | 1326 | 1,699 | 752,1 | 442,6 | 5,784 | 230512,46 | 45059272 | 18,0513 |

Biosolar

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m2) | (J/Kg) | (%) |
| 2900 | 2905 | 1381 | 0,667 | 571,1 | 856,7 | 2,192 | 87312,65 | 45059272 | 9,3257 |
| 2900 | 2901 | 1382 | 1,033 | 618,6 | 599,1 | 3,401 | 135255,11 | 45059272 | 13,3363 |
| 2900 | 2898 | 1361 | 1,417 | 682,7 | 481,9 | 4,670 | 185541,36 | 45059272 | 16,5788 |
| 2900 | 2903 | 1372 | 1,641 | 765,6 | 466,6 | 5,400 | 214900,79 | 45059272 | 17,1227 |
| 2900 | 2901 | 1370 | 1,838 | 906,0 | 493,0 | 6,052 | 240700,44 | 45059272 | 16,2055 |
| | | | | | | | | | |
| 3000 | 3006 | 1423 | 0,735 | 639,6 | 870,6 | 2,335 | 93010,89 | 45059272 | 9,1769 |
| 3000 | 3003 | 1416 | 1,133 | 692,9 | 611,6 | 3,605 | 143464,71 | 45059272 | 13,0642 |
| 3000 | 3001 | 1421 | 1,515 | 763,6 | 504,0 | 4,823 | 191826,60 | 45059272 | 15,8517 |
| 3000 | 3007 | 1409 | 1,759 | 924,5 | 525,4 | 5,590 | 222774,18 | 45059272 | 15,2053 |
| 3000 | 3002 | 1418 | 1,937 | 1074,8 | 555,0 | 6,163 | 245195,85 | 45059272 | 14,3951 |

B20 Biji Kapuk

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m2) | (J/Kg) | (%) |
| 2600 | 2602 | 1234 | 0,613 | 401,9 | 655,2 | 2,252 | 89615,92 | 42102083 | 13,0505 |
| 2600 | 2605 | 1232 | 0,911 | 445,6 | 489,4 | 3,339 | 133019,91 | 42102083 | 17,4707 |
| 2600 | 2602 | 1231 | 1,195 | 547,3 | 457,9 | 4,389 | 174623,02 | 42102083 | 18,6729 |
| 2600 | 2602 | 1227 | 1,394 | 594,9 | 426,9 | 5,117 | 203600,56 | 42102083 | 20,0300 |
| 2600 | 2605 | 1225 | 1,539 | 680,1 | 441,9 | 5,645 | 224854,09 | 42102083 | 19,3509 |
| | | | | | | | | | |
| 2700 | 2702 | 1277 | 0,630 | 462,0 | 732,9 | 2,229 | 88685,02 | 42102083 | 11,6672 |
| 2700 | 2702 | 1282 | 0,985 | 506,9 | 514,8 | 3,482 | 138515,15 | 42102083 | 16,6091 |
| 2700 | 2703 | 1270 | 1,267 | 571,1 | 450,8 | 4,477 | 178193,39 | 42102083 | 18,9657 |
| 2700 | 2705 | 1280 | 1,496 | 633,9 | 423,8 | 5,283 | 210416,46 | 42102083 | 20,1761 |
| 2700 | 2707 | 1277 | 1,619 | 726,6 | 448,7 | 5,715 | 227803,90 | 42102083 | 19,0569 |
| | | | | | | | | | |
| 2800 | 2805 | 1328 | 0,678 | 506,1 | 747,0 | 2,308 | 91918,58 | 42102083 | 11,4472 |
| 2800 | 2803 | 1327 | 1,046 | 550,7 | 526,4 | 3,566 | 141924,11 | 42102083 | 16,2434 |
| 2800 | 2805 | 1330 | 1,361 | 615,1 | 452,1 | 4,634 | 184562,49 | 42102083 | 18,9128 |
| 2800 | 2803 | 1320 | 1,607 | 672,0 | 418,2 | 5,477 | 217978,35 | 42102083 | 20,4469 |
| 2800 | 2804 | 1318 | 1,761 | 791,2 | 449,4 | 6,000 | 238868,98 | 42102083 | 19,0289 |

B20 Biji Kapuk

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m2) | (J/Kg) | (%) |
| 2900 | 2903 | 1374 | 0,737 | 580,6 | 787,9 | 2,425 | 96513,25 | 42102083 | 10,8523 |
| 2900 | 2905 | 1375 | 1,145 | 620,5 | 541,7 | 3,767 | 150022,54 | 42102083 | 15,7835 |
| 2900 | 2904 | 1374 | 1,474 | 693,0 | 470,0 | 4,851 | 193112,07 | 42102083 | 18,1916 |
| 2900 | 2901 | 1370 | 1,729 | 757,4 | 438,1 | 5,694 | 226455,78 | 42102083 | 19,5183 |
| 2900 | 2903 | 1367 | 1,868 | 876,6 | 469,4 | 6,146 | 244611,33 | 42102083 | 18,2173 |
| | | | | | | | | | |
| 3000 | 3005 | 1425 | 0,800 | 636,3 | 795,7 | 2,542 | 101240,26 | 42102083 | 10,7456 |
| 3000 | 3001 | 1419 | 1,212 | 675,9 | 557,6 | 3,859 | 153475,98 | 42102083 | 15,3358 |
| 3000 | 3001 | 1422 | 1,546 | 759,5 | 491,2 | 4,923 | 195770,25 | 42102083 | 17,4074 |
| 3000 | 3003 | 1419 | 1,836 | 935,8 | 509,8 | 5,840 | 232430,15 | 42102083 | 16,7729 |
| 3000 | 3003 | 1416 | 2,025 | 1099,5 | 542,9 | 6,443 | 256404,42 | 42102083 | 15,7495 |

B30 Biji Kapuk

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m2) | (J/Kg) | (%) |
| 2600 | 2602 | 1233 | 0,589 | 427,3 | 725,9 | 2,162 | 86001,90 | 41884181 | 11,8407 |
| 2600 | 2604 | 1231 | 0,906 | 467,1 | 515,7 | 3,323 | 132316,21 | 41884181 | 16,6668 |
| 2600 | 2600 | 1226 | 1,175 | 598,4 | 509,1 | 4,319 | 171707,34 | 41884181 | 16,8832 |
| 2600 | 2605 | 1225 | 1,379 | 667,3 | 483,7 | 5,059 | 201533,75 | 41884181 | 17,7691 |
| 2600 | 2601 | 1222 | 1,490 | 746,6 | 500,9 | 5,475 | 217741,85 | 41884181 | 17,1588 |
| | | | | | | | | | |
| 2700 | 2701 | 1281 | 0,625 | 495,5 | 793,1 | 2,210 | 87888,05 | 41884181 | 10,8367 |
| 2700 | 2705 | 1278 | 0,963 | 583,2 | 605,3 | 3,403 | 135529,78 | 41884181 | 14,1994 |
| 2700 | 2701 | 1273 | 1,253 | 635,3 | 507,0 | 4,433 | 176295,86 | 41884181 | 16,9532 |
| 2700 | 2703 | 1274 | 1,467 | 681,4 | 464,6 | 5,184 | 206332,18 | 41884181 | 18,4996 |
| 2700 | 2703 | 1271 | 1,611 | 799,2 | 496,1 | 5,694 | 226613,16 | 41884181 | 17,3247 |
| | | | | | | | | | |
| 2800 | 2801 | 1326 | 0,659 | 577,3 | 875,8 | 2,249 | 89427,01 | 41884181 | 9,8146 |
| 2800 | 2805 | 1326 | 1,053 | 619,1 | 588,0 | 3,586 | 142829,07 | 41884181 | 14,6172 |
| 2800 | 2803 | 1321 | 1,362 | 674,2 | 495,0 | 4,642 | 184751,99 | 41884181 | 17,3623 |
| 2800 | 2802 | 1320 | 1,589 | 730,3 | 459,7 | 5,417 | 215529,15 | 41884181 | 18,6979 |
| 2800 | 2803 | 1319 | 1,720 | 867,3 | 504,2 | 5,863 | 233340,13 | 41884181 | 17,0468 |

B30 Biji Kapuk

| Putaran Engine | | Putaran Aluminator | Daya | FCR (mf) | SFOC | Torsi | BMEP | LHV | Efisiensi Thermal |
|----------------|--------------|--------------------|-------|----------|----------|-------|---------------------|----------|-------------------|
| (rpm) kontrol | (rpm) aktual | (rpm) | (kw) | (gr/h) | (gr/kwh) | (Nm) | (N/m ²) | (J/Kg) | (%) |
| 2900 | 2903 | 1377 | 0,707 | 607,3 | 858,7 | 2,328 | 92631,86 | 41884181 | 10,0097 |
| 2900 | 2901 | 1377 | 1,123 | 651,8 | 580,2 | 3,699 | 147129,56 | 41884181 | 14,8139 |
| 2900 | 2902 | 1374 | 1,446 | 746,0 | 515,8 | 4,762 | 189461,45 | 41884181 | 16,6651 |
| 2900 | 2902 | 1368 | 1,703 | 843,8 | 495,6 | 5,605 | 223005,64 | 41884181 | 17,3435 |
| 2900 | 2903 | 1364 | 1,866 | 932,7 | 500,0 | 6,140 | 244344,90 | 41884181 | 17,1910 |
| | | | | | | | | | |
| 3000 | 3000 | 1427 | 0,798 | 662,1 | 829,2 | 2,543 | 101098,37 | 41884181 | 10,3661 |
| 3000 | 3003 | 1426 | 1,219 | 713,1 | 585,2 | 3,877 | 154288,97 | 41884181 | 14,6877 |
| 3000 | 3004 | 1420 | 1,561 | 775,8 | 497,0 | 4,965 | 197660,38 | 41884181 | 17,2957 |
| 3000 | 3000 | 1419 | 1,846 | 947,5 | 513,3 | 5,879 | 233714,30 | 41884181 | 16,7450 |
| 3000 | 3005 | 1416 | 2,007 | 1161,6 | 578,9 | 6,380 | 254052,08 | 41884181 | 14,8465 |



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT

Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
Telp : 031 - 5953759, 5936940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

SURAT KETERANGAN

No 037083/IT2.VII/TU.00.08/2017

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa pengujian contoh telah dilakukan oleh Laboratorium Energi dan Lingkungan – LPPM ITS (Jl.Teknik Kimia, Gedung LPPM It.2 & Jl. Teknik Kimia Gedung Robotika It.2 Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111) dengan rincian sebagai berikut:

1. Nama Pelanggan : Billy Juanda
2. Alamat Pelanggan : Sistim Perkapalan ITS
3. Kegiatan Pengujian :
 - a. Contoh diterima tanggal : 12 Juni 2017
 - b. Contoh diuji tanggal : 19 Juni 2017
 - c. Contoh selesai diuji tanggal : 21 Juni 2017
 - d. Jumlah dan jenis yang diuji : 01(satu) / Terlampir
 - e. Standar Metode yang digunakan : Terlampir
 - f. Laporan Hasil Pengujian : Terlampir

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya

Yang menerangkan,



Prof. Dr. Ir. H. M. Soeprijanto, MT

NIP. 19640405 199002 1 001 cy



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
 Gedung LPPM, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
 Telp : 031 - 5953759, 5936940, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
<http://www.lppm.its.ac.id>

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Billy Juanda
 Alamat Pemilik : Sistim Perkapalan ITS
 Nama Contoh : **Biodiesel Biji Kapuk B100** Tanggal Terima : 12 Juni 2017
 Deskripsi : Bentuk : -Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 19 Juni 2017
 Contoh Volume : - Tanggal Selesai :
 Kemasan : botol Pengujian : 21 Juni 2017
 Kode Contoh : EN-006 Jumlah Contoh : 1

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.


| No. | Nama Contoh | Jenis Uji | Hasil | Satuan | Metode Pengujian |
|-----|-------------|------------------------------------|-------|--------------------|------------------|
| 1 | Biodiesel | <i>Kinematic Viscosity at 40°C</i> | 10,56 | cSt | ASTM D 445-97 |
| | | <i>Pour Point</i> | -2 | °C | ASTM D 97-85 |
| | | <i>Flash Point</i> | 137 | °C | ASTM D 93-00 |
| | | Densitas | 0,89 | gr/cm ³ | Piknometer |
| | | Kalori | 9.646 | cal/gr | Bomb Kalorimeter |

Suhu : 23,4⁰C
 Humidity : 48 %
 Analisis : KRN,MBB


Catatan:

1. Hasil pengujian hanya berlaku dari sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya diperbanyak secara utuh.

Manajer Puncak
 Laboratorium Energi dan Lingkungan


Dr. Ir. Susianto, DEA
 NIP. 19620820 198903 1 004

Manajer Teknis


Vita Yuliana, S.Si
 NIP. 914014001

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Billy Juanda, dilahirkan di kota Jakarta, 19 Juni 1995, merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Dadang Sulawargana Hidayat dan Ibu Wardani. Penulis menempuh pendidikan formal di Jakarta yakni TK Teratai Pasar Minggu Jakarta, SD Islam PB Soedirman Cijantung Jakarta, SMPN 115 Jakarta, SMAN 26 Jakarta. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2013, penulis mengikuti SNMPTN dan diterima menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS dan terdaftar dengan NRP 4213100053. Selama perkuliahan, penulis aktif di kegiatan mahasiswa Marine

Icon sebagai koordinator *closing* Pada tahun 2016. Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di bagian I&E Service di PT Altrak 1978 Jakarta mempelajari tentang mesin alat berat dan *Marine*. Penulis menutup kuliah di kampus dengan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisa Perbandingan Uji Performa Pada Motor Diesel Satu Silinder, Menggunakan Biodiesel Minyak Biji Kapuk (Ceiba Pentandra) Dengan Biosolar (Pertamina)**”.

Email: Billyjuanda19@gmail.com

