

KECEKAPAN HABA EKZOS DAN PENGGUNAAN BAHAN API TENTU BREK
(BSFC) ENJIN DIESEL DENGAN BAHAN API BIODIESEL

ALIF ZULFAKAR BIN POKAAD

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

KECEKAPAN HABA EKZOS DAN PENGGUNAAN BAHAN API TENTU BREK
(BSFC) ENJIN DIESEL DENGAN BAHAN API BIODIESEL

ALIF ZULFAKAR BIN POKAAD

Laporan ini dikemukakan sebagai
Memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MAC 2008

‘Saya’ akui bahawa telah membaca
karya ini dan pada pandangan ‘saya/ kami’ karya ini
adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)’

Tandatangan :.....

Nama Penyelia 1 :.....

Tarikh :.....

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya telah jelaskan sumbernya

Tandatangan :.....

Nama :.....

Tarikh : 27 MAC 2008

PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan penghargaan ikhlas kepada penyelia, Encik Hilmi bin Amiruddin atas bimbingan dan dorongan yang diberi sepanjang menjalani Projek Sarjana Muda ini.

Kerjasama daripada pihak pengurusan makmal, terutamanya juruteknik-juruteknik yang memberi tunjuk ajar mengenai penggunaan alat bagi melakukan eksperimen amat dihargai.

Penghargaan juga ditujukan kepada semua yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung membantu menjayakan projek penyelidikan ini. Semoga laporan ini akan menjadi sumber rujukan kepada pelajar lain kelak.

ABSTRAK

Perkembangan sektor perindustrian dan pengangkutan pada hari ini mengakibatkan permintaan terhadap diesel semakin meningkat. Diesel merupakan sumber yang terhad dan cari galinya hanya terdapat pada negara tertentu sahaja. Oleh sebab itu biodiesel dihasilkan sebagai alternatif kepada diesel. Biodiesel ialah methyl ataupun ethyl ester dari asid lemak pada minyak tumbuhan atau lemak haiwan. Laporan ini menerangkan sifat-sifat biodiesel, kebaikan dan keburukan penggunaan minyak sayuran dalam enjin diesel dan kajian orang terdahulu mengenai prestasi enjin diesel dengan bahan api biodiesel. Selain itu, laporan ini ada menyentuh mengenai cara menghasilkan minyak biodiesel melalui kaedah campuran antara minyak kelapa sawit yang telah diproses (PLPO) dengan diesel dan juga mengenai cara melakukan eksperimen bagi mendapatkan kecekapan haba bagi ekzos dan Penggunaan Bahan Api Tentu Brek (BSFC) enjin diesel dengan bahan api biodiesel yang telah dipanaskan. Daripada data eksperimen tersebut, perbincangan mengenai prestasi enjin dan kecekapan haba bagi diesel, B5 dan B10 dipanaskan akan diterangkan secara terperinci.

ABSTRACT

The increasing industrialization and motorization of the world has led to steep rise for the demand of diesel. Diesel is obtained from limited reserves. Hence biodiesel produce as alternative to diesel. Biodiesel is methyl or ethyl ester from fatty acid from plant oil or animal fat. This report will explain about the biodiesel properties, advantages and disadvantages the vegetable oil as the fuel and the previous research about the engine performance characteristics of biodiesel. Apart from that, this report will touch about process to produce biodiesel by blended processed liquid palm oil (PLPO) with mineral diesel. This report also describe about the experimental method to get heat efficiency for the exhaust and Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) diesel engine with pre-heated biodiesel fuel. At the end of the report, the discussion of the experimental result will be done to get the different performance of the diesel engine using the different type of fuel (diesel, B5 and B10 pre-heated).

KANDUNGAN

| BAB | PERKARA | MUKA SURAT |
|---------------|--|-------------------|
| | PENGHARGAAN | ii |
| | ABSTRAK | iii |
| | ABSTRACT | iv |
| | KANDUNGAN | v |
| | SENARAI JADUAL | viii |
| | SENARAI RAJAH | x |
| | SENARAI SIMBOL | xii |
| | | |
| BAB I | Pengenalan | |
| | 1.1 Latar belakang projek | 1 |
| | 1.2 Objektif | 2 |
| | 1.3 Skop | 2 |
| | 1.4 Pernyataan masalah | 3 |
| | | |
| BAB II | Kajian Literatur | |
| | 2.1 Biodiesel | 4 |
| | 2.1.1 Kelebihan menggunakan minyak sayuran sebagai bahan api | 5 |
| | 2.1.2 Permasalahan minyak sayuran digunakan dalam enjin diesel | 6 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1.3 | Ikatan kimia bagi minyak sayuran | 7 |
| 2.1.4 | Modifikasi minyak sayuran kepada biodiesel | 8 |
| 2.1.4.1 | Polisi Bahan Api Bio (Biofuel) Kebangsaan | 10 |
| 2.1.5 | Sifat fizikal minyak biodiesel | 11 |
| 2.1.6 | Kajian terdahulu | 14 |
| 2.2 | Diesel | 17 |
| 2.3 | Dinamometer | 18 |
| 2.4 | Kalorimeter | 19 |
| 2.4.1 | Kecekapan haba ekzos | 20 |
| 2.5 | Bahan penebat (Insulator) | 22 |
| 2.6 | Penggunaan Bahan Api Tentu Brek | 23 |
| 2.6.1 | Graf kuasa prestasi enjin diesel | 24 |
| 2.7 | Cara pengukuran penggunaan udara Dalam proses pembakaran enjin diesel | 25 |

BAB III

METADOLOGI

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Carta alir metadologi | 28 |
| 3.2 | Proses membuat minyak biodiesel menggunakan kaedah campuran | 29 |
| 3.2.1 | Pengenalan | 29 |
| 3.2.2 | Peralatan yang diperlukan dalam proses ini | 29 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.2.3 | Prosedur eksperimen | 30 |
| 3.2.3.1 | Campuran diesel dengan minyak kelapa sawit yang telah diproses (B5) | 30 |
| 3.2.3.2 | Campuran diesel dengan minyak kelapa sawit yang telah diproses (B10) | 31 |
| 3.3 | Susun atur alat eksperimen | 32 |
| 3.3.1 | Spesifikasi enjin | 34 |
| 3.3.2 | Spesifikasi dinamometer | 35 |
| 3.4 | Sistem penyejukan dinamometer | 36 |
| 3.4.1 | Prosedur permulaan sistem penyejukan | 36 |
| 3.4.2 | Susun atur sistem penyejukan | 37 |
| 3.5 | Pemanasan Minyak Biodiesel Sebelum pembakaran | 38 |
| 3.6 | Kaedah melakukan eksperimen prestasi enjin | 39 |
| 3.6.1 | Kaedah pengukuran kadar jisim bahan api | 40 |
| 3.6.2 | Kaedah analisis dan kiraan | 41 |
| 3.7 | Prosedur mengukur kecekapan haba pada ekzos | 42 |
| 3.7.1 | Peralatan yang diperlukan dalam eksperimen ini | 42 |
| 3.7.2 | Prosedur eksperimen pengukuran haba ekzos menggunakan kalorimeter | 43 |
| 3.7.3 | Salutan gentian ekzos dan kalorimeter | 44 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.7.3 | Kaedah pengukuran kadar alir air yang masuk ke kalorimeter | 45 |
| 3.7.4 | Kaedah pengukuran kadar alir udara masuk ke enjin | 46 |
| 3.7.5 | Analisis dan kiraan | 47 |

BAB IV

KEPUTUSAN

| | | |
|---------|---|----|
| 4.1 | Keputusan ujian prestasi enjin menggunakan Dinamometer | 49 |
| 4.1.1 | Keputusan ujian prestasi enjin pada beban sasaran malar | 49 |
| 4.1.2 | Keputusan ujian prestasi enjin pada kelajuan malar | 51 |
| 4.1.3 | Sampel kiraan | 52 |
| 4.1.4 | Analisis data bagi ujian prestasi enjin pada beban sasaran malar | 53 |
| 4.1.4.1 | Analisis daya kilas pada beban malar | 54 |
| 4.1.4.2 | Analisis kuasa enjin pada beban malar | 55 |
| 4.1.4.3 | Analisis bsfc pada beban malar | 56 |
| 4.1.5 | Analisis data bagi ujian prestasi enjin pada kelajuan enjin malar | 57 |
| 4.1.5.1 | Analisis daya kilas pada kelajuan enjin malar | 57 |
| 4.1.5.2 | Analisis kuasa enjin pada kelajuan enjin malar | 58 |
| 4.1.5.3 | Analisis bsfc pada kelajuan enjin malar | 59 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2 | Data eksperimen pengukuran haba ekzos menggunakan kalorimeter | 60 |
| 4.2.1 | Keputusan pengiraan haba ekzos dan perkadaran haba | 62 |
| 4.2.2 | Sampel kiraan | 63 |
| 4.2.3 | Analisis nilai haba ekzos pada beban sasaran malar | 65 |
| 4.2.4 | Analisis perkadaran haba ekzos pada beban sasaran malar | 66 |
| 4.2.5 | Analisis kecekapan termal pada beban sasaran malar | 67 |

BAB V

PERBINCANGAN

| | | |
|-------|--|----|
| 5.1 | Perbincangan mengenai analisis prestasi enjin dan bsfc pada beban sasaran malar dan pada kelajuan malar | 69 |
| 5.1.1 | Faktor penyebab minyak biodiesel lebih tinggi kuasa keluaran enjin dan rendah nilai bsfc berbanding diesel | 71 |
| 5.2 | Perbincangan mengenai analisis pelepasan haba ekzos pada beban sasaran malar | 72 |
| 5.3 | Perbincangan mengenai analisis perkadaran haba ekzos dan kecekapan termal | 72 |

BAB VI

KESIMPULAN DAN CADANGAN

74

RUJUKAN

BIBLIOGRAFI

LAMPIRAN

| | | |
|---------------|--|----|
| 3.3 | Prosedur mengukur kecekapan haba pada ekzos | 34 |
| 3.3.1 | Peralatan yang diperlukan dalam eksperimen ini | 34 |
| 3.3.2 | Prosedur eksperimen | 35 |
| 3.3.3 | Analisis dan kiraan | 36 |
| BAB IV | KESIMPULAN | |
| 4.1 | Kesimpulan dan projek lanjutan | 38 |
| | RUJUKAN | 39 |

SENARAI JADUAL

| BIL. | TAJUK | MUKA SURAT |
|-------------|---|-------------------|
| 2.1 | Sifat minyak biodiesel melalui proses pengesterifikasi (Sumber : Prasad, R.S.A. 2000) | 12 |
| 2.2 | Sifat minyak biodiesel bagi campuran (blend) antara minyak kelapa sawit yang telah diproses PLPO dengan diesel (Sumber : Aziz, A.A. et. al. 2004) | 13 |
| 2.3 | Sifat – sifat fizikal diesel (Sumber : Aziz, A.A. et. al. 2004) | 17 |
| 2..4 | Keseimbangan tenaga mengikut jenis enjin (kW per kW output kuasa) (Sumber:Plint, M. dan Matyr,A. 1995) | 21 |
| 4.1 | Keputusan ujian prestasi enjin pada beban sasaran malar bagi enjin diesel | 49 |
| 4.2 | Keputusan ujian prestasi enjin pada beban sasaran malar bagi B5 dipanaskan | 50 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.3 | Keputusan ujian prestasi enjin pada beban sasaran malar bagi B10 dipanaskan | 50 |
| 4.4 | Keputusan ujian prestasi enjin pada kelajuan enjin malar bagi diesel | 51 |
| 4.5 | Keputusan ujian prestasi enjin pada kelajuan enjin malar bagi B5 dipanaskan | 51 |
| 4.6 | Keputusan ujian prestasi enjin pada kelajuan enjin malar bagi B10 dipanaskan | 52 |
| 4.7 | Data eksperimen pengukuran haba ekzos bagi diesel | 60 |
| 4.8 | Data eksperimen pengukuran haba ekzos bagi B5 dipanaskan | 61 |
| 4.9 | Data eksperimen pengukuran haba ekzos bagi B10 dipanaskan | 61 |
| 4.10 | Keputusan pengiraan haba ekzos dan perkadaran haba bagi diesel | 62 |
| 4.11 | Keputusan pengiraan haba ekzos dan perkadaran haba bagi B5 dipanaskan | 62 |
| 4.12 | Keputusan pengiraan haba ekzos dan perkadaran haba bagi B10 dipanaskan | 63 |

SENARAI RAJAH

| BIL. | TAJUK | MUKA SURAT |
|-------------|--|-------------------|
| 2.1 | Rantaian molekul minyak sayuran (Sumber:Agarwal, A.K. 2005) | 7 |
| 2.2 | Proses kimia transesterifikasi (Sumber:Agarwal, A.K. 2005) | 9 |
| 2.3 | Hasil proses transesterifikasi | 10 |
| 2.4 | Graf nilai BSFC pada kelajuan tertentu bagi diesel dan biodiesel. (Sumber :Aziz, A.A. et al. 2004) | 14 |
| 2.5 | Eddy Current Dinamometer | 17 |
| 2.6 | Cara kerja kalorimeter (Sumber :Plint, M. dan Matyr, A. 1995) | 18 |
| 3.1 | Stirring hotplate | 30 |
| 3.2 | Susun atur alat eksperimen | 32 |
| 3.3 | Enjin Toyota RAV D-4D 4 Silinder turbocharged | 34 |

| | | |
|------|--|----|
| 3.4 | Dinamometer jenis Mustang MD-DGEC-150 | 35 |
| 3.5 | Susun atur sistem penyejukan enjin | 37 |
| 3.6 | Skematik sistem penyejuk dinamometer | 37 |
| 3.7 | Pemanasan B5 dan B10 menggunakan stirer hotplate | 38 |
| 3.8 | Tangki dan sukatan isipadu minyak | 40 |
| 3.9 | Susun atur kalorimeter | 42 |
| 3.10 | Salutan gentian pada ekzos dan kalorimeter | 44 |
| 3.11 | Alat penimbang elektronik | 45 |
| 3.12 | Anemometer | 46 |
| 4.1 | Graf daya kilas melawan kelajuan enjin | 54 |
| 4.2 | Graf kuasa enjin melawan kelajuan enjin | 55 |
| 4.3 | Graf bsfc melawan kelajuan enjin | 56 |
| 4.4 | Graf daya kilas melawan beban sasaran | 57 |
| 4.5 | Graf kuasa melawan beban sasaran | 58 |
| 4.6 | Graf bsfc melawan beban sasaran | 59 |
| 4.7 | Graf haba ekzos melawan kelajuan enjin | 65 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.8 | Graf perkadaran haba ekzos melawan kelajuan enjin | 66 |
| 4.9 | Graf kecekapan termal melawan kelajuan enjin | 67 |

SENARAI SIMBOL

| | | |
|-----------|---|---|
| Q_{LHV} | = | Nilai haba bagi bahan api |
| η_c | = | Kecekapan pembakaran |
| C_p | = | Haba specific bagi udara pada tekanan malar (1.00 kJ/kgK) |
| m_a | = | Kadar jisim bagi udara (kg/s) |
| m_f | = | Kadar jisim bagi bahan api (kg/s) |
| m_w | = | Kadar jisim bagi air (kg/s) |
| W_b | = | Kuasa brek enjin |
| U | = | Halaju udara |
| dP | = | Perbezaan tekanan |
| dT | = | Perbezaan suhu |
| C_d | = | Pekali pengaliran |
| η_t | = | Kecekapan termal |
| P_a | = | Tekanan atmosfera |
| C_w | = | Haba tentu bagi air (4.18 kJ/kgK) |

SENARAI LAMPIRAN

| BIL. | TAJUK | MUKA SURAT |
|-------------|---------------------------------|-------------------|
| A | Carta Gantt Projek Sarjana Muda | 79 |
| B | Susun Atur Alat Eksperimen | 80 |

BAB I

PENGENALAN

1.1 Latar belakang projek

Pada masa sekarang permintaan terhadap bahan api diesel terutama sekali dalam industri dan pemotoran semakin meningkat. Tidak semua negara mempunyai sumber diesel dan tidak mustahil suatu hari nanti sumber bahan api diesel (fossil) dari perut bumi akan habis. Bagi menghadapi perkara ini, bahan api biodiesel telah dihasilkan sebagai bahan api alternatif bagi diesel. Penggunaan biodiesel tidak memerlukan modifikasi enjin diesel yang digunakan pada masa sekarang.

Satu eksperimen menggunakan dinamometer dilakukan bagi mendapatkan prestasi enjin dan penggunaan bahan api tentu brek (bsfc) bagi enjin diesel dengan bahan api biodiesel dan diesel. Biodiesel yang digunakan dihasilkan melalui proses campuran (blend) antara minyak kelapa sawit yang telah diproses dengan diesel. Dua sampel minyak biodiesel dihasilkan iaitu campuran minyak kelapa sawit 5% dan 10%. Bagi mendapatkan kecekapan haba bagi enjin, kalorimeter akan digunakan. Kalorimeter akan disambungkan pada ekzos enjin untuk mendapatkan nilai haba yang dikeluarkan oleh ekzos enjin berkenaan.

1.2 Objektif

Mendapatkan kecekapan haba bagi ekzos dan Penggunaan Bahan Api Tentu Brek (BSFC) enjin diesel dengan bahan api biodiesel.

1.3 Skop

- a) Pengujian dijalankan menggunakan enjin diesel 2 liter.
- b) Ujian dinamometer enjin bagi mendapatkan prestasi enjin.
- c) Penggunaan kalorimeter ekzos untuk mengukur kehilangan haba.

1.4 Penyataan masalah

Setiap tahun jumlah pengguna kenderaan di jalan raya semakin bertambah dan memerlukan lebih banyak petroleum bagi memenuhi permintaan terhadap bahan api seperti diesel dan petrol. Oleh itu, sumber alternatif perlu dihasilkan bagi menggantikan minyak petroleum yang digunakan pada masa sekarang. Melalui penyelidikan yang dilakukan, sumber alternatif yang sesuai adalah minyak biodiesel.

Penghasilan biodiesel dapat mengoptimalkan penggunaan sumber semulajadi (tumbuhan) yang terdapat pada sesebuah negara. Pada masa sekarang kerajaan telah memandang serius terhadap penggunaan biodiesel sebagai sumber tenaga pada masa hadapan. Buktinya kerajaan telah mengeluarkan polisi bahan api bio (biofuel) kebangsaan pada 2006. Objektif utama polisi ini ialah bagi mengoptimalkan penggunaan minyak kelapa sawit kepada bahan api biodiesel. Sasaran utama kerajaan ialah menghasilkan biodiesel dari campuran 5% minyak kelapa sawit yang telah diproses dengan diesel bagi kenderaan komersial.

Secara teorinya Penggunaan Bahan Api Tentu Brek (BSFC) bagi diesel adalah lebih rendah berbanding minyak biodiesel dari campuran diesel dengan minyak kelapa sawit yang telah diproses. Ini kerana kandungan haba bagi minyak biodiesel tersebut adalah kurang daripada minyak diesel. Permasalahan yang timbul adakah melalui eksperimen yang akan dijalankan, kita dapat membuktikan BSFC bagi diesel adalah lebih rendah daripada minyak biodiesel.

Data-data kecekapan haba sesebuah enjin menggunakan bahan api diesel dan biodiesel diperlukan bagi mendapatkan nilai haba maksimum bagi kuasa keluaran enjin. Lebih tinggi peratus tenaga bahan api itu ditukar menjadi kuasa keluran enjin, maka lebih tinggi prestasi enjin dapat dicapai. Melalui data tersebut, kita dapat menilai bahan api yang manakah mempunyai perkadaran haba yang baik dari segi kuasa keluran enjin dan juga haba ekzos.

BAB II

KAJIAN ILMIAH

Bab ini merangkumi semua komponen penting dan kajian orang-orang terdahulu mengenai projek ini. Kajian ini penting sebagai petunjuk bagi memastikan projek ini berjaya mencapai objektif yang dikehendaki. Antara komponen penting dalam kajian ini adalah biodiesel, diesel, kalorimeter, dinamometer, penggunaan bahan api tentu brek (bsfc) dan kadar jisim udara yang masuk ke enjin.

2.1 Biodiesel

Biodiesel boleh dicampurkan dengan mineral diesel pada nisbah tertentu ataupun digunakan secara langsung sebagai bahan bakar. Contoh spesies tumbuhan yang digunakan dalam memperoleh minyak biodiesel adalah *Jatropha curcas* (Ratanjot), *Pongamia pinnata* (Karanj), dan *Hevea brasiliensis* (Rubber). Contoh minyak sayuran yang boleh dijadikan biodiesel di Malaysia adalah minyak kelapa sawit. Dr. Diesel merupakan orang pertama yang memperkenalkan enjin diesel yang menggunakan 100% minyak kacang sebagai bahan bakar pada konvesyen World Exhibition di Paris pada tahun 1900.