

KAJIAN MENGENAI MINYAK BIJI SESAWI SEBAGAI BAHAN API ALTERNATIF UNTUK ENJIN DIESEL SATU SILINDER



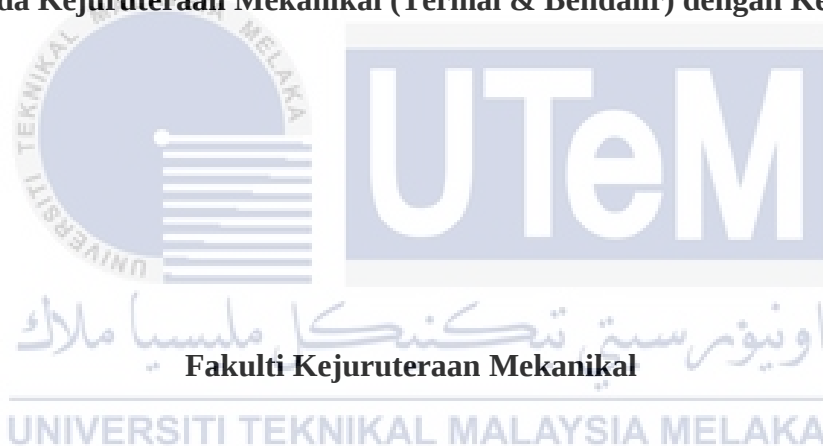
MUHAMMAD ZIKRI HAKIM BIN AZEMI

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

**KAJIAN MENGENAI MINYAK BIJI SESAWI SEBAGAI BAHAN API
ALTERNATIF UNTUK ENJIN DIESEL SATU SILINDER**

MUHAMMAD ZIKRI HAKIM BIN AZEMI

**Laporan ini diserahkan bagi memenuhi keperluan untuk Ijazah Sarjana
Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal & Bendalir) dengan Kepujian**



UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

2017

DEKLARASI

Saya mengaku bahawa laporan yang bertajuk “Kajian mengenai minyak biji sesawi sebagai bahan api alternatif untuk enjin diesel satu silinder” adalah hasil daripada kerja saya sendiri melainkan yang dipetik daripada sumber rujukan



Tandatangan :

Nama : MUHAMMAD ZIKRI HAKIM BIN AZEMI

اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك
Tarikh :

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

KELULUSAN PENYELIA

Saya akui bahawa telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal & Bendalir)

 Tandatangan :
Nama penyelia : DR. MD ISA BIN ALI
Tarikh  :

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

DEDIKASI

Khas buat Ayah dan Ibu tersayang



ABSTRACT

Fossil fuels now is at a critical level and to produce it takes a long time. Therefore, this study aimed to find new fuels to replace diesel as fuel existing today. However, it is very important to know in advance the properties of the fuel in order to avoid damage to the engine. Thus, some experiments should be conducted to get the properties of the fuel. In this study, rapeseed oil is the main substance of replacing diesel. However, due to the properties of the liquid is not suitable for use in engine, mixed with diesel must be done. There are four oil samples of RS1 (5% rapeseed oil, 95% diesel), RS2 (10% rapeseed oil, 90% diesel), RS3 (15% rapeseed oil, 85% diesel) and RS4 (20% oil seeds rapeseed, 80% diesel) will be tested on a single-cylinder diesel engine. Before tests conducted on the engine, the density and kinematic viscosity of the oil samples were taken through experiments. As a result, seen that characteristics of each sample of oil will increase when the ratio of rapeseed oil increased. Engine power and brake specific fuel consumption of the engine performance is found by using some formula based on data that can be retrieved through tests on the engine. Engine power and brake specific fuel consumption was found to be decreased when the ratio of rapeseed oil increased. Carbon monoxide and carbon dioxide gas emission is measured when the engine is running for each sample oil. Emissions of carbon monoxide gas that using diesel is the highest while emits lowest for carbon dioxide gas.

ABSTRAK

Bahan api fosil sekarang adalah pada tahap yang kritikal dan untuk menghasilkannya mengambil masa yang lama. Oleh itu, kajian ini dijalankan bertujuan untuk mencari bahan bakar baru bagi menggantikan diesel sebagai bahan api yang sedia ada sekarang. Namun, adalah sangat penting untuk mengetahui dahulu sifat-sifat bahan api yang ingin dikaji bagi mengelakkan kerosakan pada enjin. Oleh itu, eksperimen perlu dijalankan untuk mendapatkan sifat-sifat bahan api. Dalam kajian ini, minyak biji sesawi merupakan bahan yang ingin dikaji bagi menggantikan diesel. Namun, disebabkan sifat-sifat cecair ini tidak sesuai untuk digunakan pada enjin, campuran dengan diesel perlu dilakukan. Terdapat 4 sampel minyak iaitu RS1 (5% minyak biji sesawi, 95% diesel), RS2 (10% minyak biji sesawi, 90% diesel), RS3 (15% minyak biji sesawi, 85% diesel) dan RS4 (20% minyak biji sesawi, 80% diesel) akan diuji ke atas enjin diesel satu silinder. Sebelum ujian ke atas enjin dilakukan, ketumpatan dan kelikatan kinematik bagi setiap sampel minyak diambil melalui beberapa eksperimen. Hasilnya, dilihat bahawa sifat setiap sampel minyak akan meningkat apabila nisbah minyak biji sesawi meningkat. Kuasa enjin dan penggunaan bahan api tentu brek merupakan prestasi enjin yang dicari dengan menggunakan beberapa formula berdasarkan data-data yang dapat diambil melalui ujian ke atas enjin. Kuasa enjin dan penggunaan bahan api tentu brek didapati akan menurun apabila nisbah minyak biji sesawi meningkat. Gas karbon monoksida dan karbon dioksida merupakan gas pelepasan yang diukur semasa enjin dihidupkan bagi setiap sampel minyak. Pelepasan gas karbon monoksida untuk diesel adalah yang paling tinggi manakala untuk gas karbon dioksida adalah yang terendah.

PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan jutaan terima kasih dan penuh penghargaan kepada penyelia saya Dr. Md Isa bin Ali dari Fakulti Kejuruteraan Mekanikal Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) bagi sokongan dan galakan beliau ke arah menyiapkan laporan projek ini.

Tidak dilupakan juga kepada En. Faizal bin Jaafar, pembantu jurutera untuk makmal turbo dan En. Nordin yang memberi tunjuk ajar dan nasihat dalam menjalankan eksperimen ke atas enjin diesel satu silinder. Terima kasih juga terhadap pembantu makmal kimia dan individu yang memberi tunjuk ajar dalam mengendalikan mesin.

Terima kasih kepada semua rakan-rakan saya, ibu dan ayah tercinta serta adik-beradik yang memberi sokongan moral dalam menyiapkan kajian ini. Akhir sekali, terima kasih kepada semua individu-individu yang terlibat samada secara langsung mahupun tidak langsung dalam merealisasikan kajian ini.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	ISI KANDUNGAN	i
	SENARAI JADUAL	iv
	SENARAI RAJAH	vi
	SENARAI LAMPIRAN	viii
	SENARAI SINGKATAN	ix
BAB 1	PENGENALAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Penyataan Masalah	2
	1.3 Objektif	3
	1.4 Skop Projek	4
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	5
	2.1 Gambaran Keseluruhan	5
	2.2 Minyak Biji Sesawi	5
	2.2.1 Penggunaan Minyak Biji Sesawi	6
	2.2.2 Pengeluaran Minyak Biji Sesawi	8
	2.2.3 Jumlah Simpanan dan Harga Minyak Biji Sesawi	9
	2.3 Sifat-sifat Minyak Biji Sesawi	11
	2.3.1 Ketumpatan Minyak Biji Sesawi	11
	2.3.2 Kelikatan Kinematik Minyak Biji Sesawi	15
	2.4 Prestasi Enjin	18
	2.4.1 Kuasa Enjin	20
	2.4.2 Kecekapan Haba Brek	22
	2.4.3 Penggunaan Bahan Api Tentu	23
	2.5 Pelepasan Enjin	24

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	2.5.1 Karbon Monoksida (CO)	24
	2.5.2 Karbon Dioksida (CO ₂)	26
	2.6 Campuran Minyak Biji Sesawi	28
BAB 3	METODOLOGI	29
	3.1 Gambaran Keseluruhan	29
	3.2 Kaedah Umum	29
	3.4 Campuran Minyak Biji Sesawi dan Diesel	32
	3.4 Mengenalpasti Sifat-sifat Campuran Minyak Biji Sesawi	33
	3.4.1 Ketumpatan	33
	3.4.2 Kelikatan Kinematik	35
	3.5 Menguji Prestasi Enjin	36
	3.6 Mengukur Pelepasan Enjin	39
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	42
	4.1 Pengenalan	42
	4.2 Campuran Minyak Biji Sesawi dan Diesel	42
	4.3 Ciri-ciri Campuran Minyak	44
	4.3.1 Ciri-ciri Fizikal	44
	4.3.2 Ciri-ciri Kimia	45
	4.3.2.1 Ketumpatan	45
	4.3.2.2 Kelikatan Kinematik	47
	4.4 Prestasi Enjin	50
	4.4.1 Kuasa Enjin	52
	4.4.2 Penggunaan Bahan Api Tentu Brek	56
	4.5 Pelepasan Enjin	59
	4.5.1 Karbon monoksida	59
	4.5.2 Karbon dioksida	60

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	4.6 Perbincangan	61
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	64
	5.1 Kesimpulan	64
	5.2 Cadangan	64
RUJUKAN		66
LAMPIRAN A		71
LAMPIRAN B		72
LAMPIRAN C		74
LAMPIRAN D		75



SENARAI JADUAL

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Penggunaan Minyak Biji Sesawi	7
2.2	Pengeluaran Minyak Biji Sesawi	8
2.3	Simpanan dan Harga Minyak Biji Sesawi	10
2.4	Analisis Bahan Api	12
2.5	Sifat-sifat Minyak Biji Sesawi	13
2.6	Ciri-ciri Fizikal Campuran Diesel dan Minyak Biji Sesawi	14
2.7	Kelikatan Kinematik Pada Suhu 40 dan 100°C, Indeks Kelikatan dan Pekali Kelikatan Suhu	15
2.8	Kelikatan Kinematik Sampel Minyak	17
2.9	Spesifikasi Enjin Diesel	18
3.1	Spesifikasi Enjin Kipor KM 170F	37
3.2	Spesifikasi Sistem Pemantauan Gas VARIOplus	40
4.2	Ketumpatan dan Kelikatan Kinematik Sampel Minyak pada Suhu 40°C	48
4.3	Data bagi Sampel Minyak RS1	50
4.4	Data bagi Sampel Minyak RS2	50
4.5	Data bagi Sampel Minyak RS3	51

JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
4.6	Data bagi Sampel Minyak RS4	51
4.7	Data bagi Sampel Minyak Diesel	52



SENARAI RAJAH

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Purata Harga Minyak Mentah untuk West Texas Intermediate	3
2.1	Simpanan dan Harga Minyak Biji Sesawi	10
2.2	Anton Paar (DMA 35N)	12
2.3	Kelikatan Kinematik Bahan Api	16
2.4	Enjin Diesel Dinamometer	18
2.5	Persediaan Eksperimen	19
2.6	Prestasi Sadap Kuasa	20
2.7	Pada Kedudukan Pendikit 1/6	21
2.8	Pada Kedudukan Pendikit 2/6	21
2.9	Pada Kedudukan Pendikit 3/6	21
2.10	Pada Kedudukan Pendikit 4/6	21
2.11	Pada Kedudukan Pendikit 5/6	21
2.12	Pada Kedudukan Pendikit 6/6	21
2.13	Kecekapan Haba Brek lwn Tekanan Berkesan Min Brek (bmep) Sebagai Beban	22
2.14	Perbandingan Penggunaan Bahan Api Tentu pada 3000 rev/min	23
2.15	Pelepasan Gas CO dinyatakan dalam Jumlah %	25

RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.16	Pelepasan Gas CO ₂ dinyatakan dalam Jumlah %	26
3.1	Labsonic Homogenizer	32
3.2	Cara Mengambil Bacaan Hidrometer	34
3.3	Meter Likat	35
3.4	Enjin Kipor KM 170F	36
3.5	Tachometer	38
3.6	Proses Bacaan Putaran Per Minit (rpm) Enjin	38
3.7	Bekas untuk Membaca Bacaan Isipadu Sebelum dan Selepas Sampel Minyak	39
3.8	Sistem Pemantauan Gas VARIOplus	40
4.1	Labsonic Homogenizer	43
4.2	Hasil Campuran Minyak	43
4.3	Diesel dan Minyak Biji Sesawi	45
4.4	Proses Mengambil Bacaan Ketumpatan Cecair	46
4.5	Ketumpatan Setiap Sampel Minyak	46
4.6	Alat untuk Mengambil Kelikatan Cecair	47
4.7	Kelikatan Kinematik untuk Setiap Sampel	49
4.8	Putaran Per Minit Enjin Terhadap Kuasa Enjin	55
4.9	Putaran Per Minit Enjin Terhadap Penggunaan Bahan Api Tentu Brek	58
4.10	Jumlah Peratus Gas CO untuk Setiap Sampel Mengikut Putaran Per Minit Enjin	59
4.11	Jumlah Peratus Gas CO ₂ untuk Setiap Sampel Mengikut Putaran Per Minit Enjin	60

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Ketumpatan bagi Setiap Sampel Minyak	71
B	Alat yang digunakan untuk proses campuran minyak	72
	Nisbah minyak biji sesawi sebelum dicampurkan dengan diesel	72
	Spesifikasi enjin	73
	Beban enjin yang telah ditetapkan iaitu 20 bar	73
C	Carta Gannt untuk PSM 1	74
D	Carta Gannt untuk PSM 2	75

SENARAI SINGKATAN

EIU	- The Economist Intelligence Unit
PTB	- Physikalish Technishe Bundesansalt
ASTM	- American Society for Testing and Materials
°C	- Darjah Celcius
rpm	- Putaran per minit
CO	- Karbon monoksida
CO ₂	- Karbon dioksida
O ₂	- Oksigen
HC	- Hidrokarbon
NO _x	- Nitrogen oksida
RS1	- Sampel minyak 5% minyak biji sesawi, 95% diesel
RS2	- Sampel minyak 10% minyak biji sesawi, 90% diesel
RS3	- Sampel minyak 15% minyak biji sesawi, 85% diesel
RS4	- Sampel minyak 20% minyak biji sesawi, 80% diesel

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Dengan pembangunan pesat dari segi pertanian terutamanya pertanian luar bandar dan pertumbuhan pesat kampung-kampung yang terdapat di beberapa negara maju dunia, permintaan ke atas sumber tenaga untuk menjalankan aktiviti pertanian sangat tinggi. Disebabkan aktiviti pertanian dijalankan mengikut musim, kekurangan sementara bahan api boleh menyebabkan kerugian yang tidak dijangka terutamanya kepada para petani.

Oleh sebab itu, terdapat banyak negara-negara maju sekarang mengkaji untuk menggunakan tenaga boleh diperbaharui sebagai tenaga alternatif bagi mengurangkan penggunaan bahan api fosil yang dipercayai makin berkurangan sepanjang tahun. Sebagai contoh, di Eropah pada tahun 2008, sebanyak 7900 tan kilo biodiesel telah dihasilkan. Manakala di Jepun pula, bahan utama dalam penghasilan biodiesel adalah sisa-sisa minyak sayuran kerana beberapa loji minyak sayur-sayuran terdapat di negara tersebut (Sawaki et al. 2010).

Hasil dari biodiesel yang berkualiti berdasarkan draf laporan teknikal dari U.S Enviromental Protection Agency (2002), asap ekzos daripada 100% penggunaan biodiesel mengandungi kurang karbon monoksida (CO) berbanding dengan asap ekzos daripada 100% penggunaan minyak diesel. Sebaliknya, berlaku peningkatan untuk nitrik oksida (NO_x) apabila menggunakan biodiesel berbanding minyak diesel (Sawaki et al. 2010). Namun

begitu, beberapa penyelidik melaporkan bahawa prestasi menggunakan biodiesel hampir sama dengan menggunakan diesel (Ramadhas et al. 2003).

Oleh itu, penghasilan minyak yang boleh menjadi alternatif kepada minyak mentah perlu diperbanyakkan bagi mengurangkan kebergantungan dunia kepada bahan api fosil yang semakin hari semakin berkurangan.

1.2 Penyataan Masalah

Dunia sekarang terlalu bergantung kepada bahan api fosil. Namun begitu, terdapat beberapa negara terutama negara maju sedang mengkaji tenaga yang boleh dijadikan pengganti kepada bahan api fosil supaya penggunaannya dapat dikurangkan. Seperti yang dilaporkan, bahan api fosil juga semakin berkurang dan untuk menghasilkan bahan api fosil memerlukan beratus juta tahun (Robert Curley. 2011).

Berdasarkan satu laman web yang ditulis oleh Gail Tverberg (2012), data pada Rajah 1.1 menunjukkan bekalan bahan api fosil dunia yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan Rajah 1.1 tersebut, bekalan untuk minyak meningkat mendatar dan pada tahun 2010 dianggarkan sebanyak 4.0 juta tan metrik. Namun, dalam satu lagi laman web yang juga ditulis oleh Gail Tverberg (2013), menunjukkan bahawa permintaan terhadap minyak pada tahun 2010 dianggarkan sebanyak 8.0 juta tan metrik. Ini terbukti bahawa permintaan terhadap sumber bahan api lebih tinggi dari penghasilannya.



Rajah 1.1: Purata Harga Minyak Mentah untuk West Texas Intermediate

(Sumber: Energy Information Administration data)

Selain itu, harga minyak berdasarkan Rajah 1.1 tidak stabil dan mula meningkat mendadak pada tahun 2004. Ditambah pula dengan ekonomi dunia yang gawat berpunca dari krisis kewangan yang bermula di Amerika Syarikat akan menyebabkan permintaan terhadap bahan api akan menurun secara dramatik. Ini disebabkan bahan api merupakan komoditi yang tidak mempunyai saingan yang boleh digunapakai dengan meluas.

Disebabkan itu, sumber tenaga yang boleh diperbaharui sangat diperlukan agar dapat menampung permintaan yang tinggi terhadap bahan api fosil. Akan tetapi, untuk menghasilkannya memerlukan kajian yang teliti dan menjalani beberapa proses termasuk campuran dengan minyak mentah itu sendiri dan campuran tersebut mestilah tepat. Namun, perkara utama adalah sumber boleh diperbaharui dapat menggantikan bahan bakar sedia ada yang hampir 'haus'.

1.3 Objektif

Untuk menghasilkan minyak untuk menggantikan bahan mentah yang sedia ada sekarang, beberapa kajian perlu dilakukan. Dalam kajian ini, minyak biji sesawi adalah bahan utama yang digunakan. Enjin diesel satu silinder pula merupakan alat untuk menguji minyak biji sesawi yang akan dihasilkan. Antara objektif dalam kajian ini adalah:

1. Mengenalpasti sifat-sifat campuran minyak biji sesawi dan diesel.
2. Mengkaji kesan nisbah campuran minyak biji sesawi dan diesel terhadap prestasi dan pelepasan enjin.

1.4 Skop Kajian

Skop untuk kajian adalah:

1. Mendapatkan minyak biji sesawi sebagai bahan utama dalam menjalankan kajian ini.
2. Mengenalpasti sifat-sifat campuran minyak biji sesawi dan diesel.
3. Mendapatkan nisbah campuran yang betul bagi minyak biji sesawi dengan diesel.
4. Menjalankan ujikaji minyak tersebut terhadap enjin diesel satu silinder dan mengubah nisbah campuran secara sekata.
5. Membandingkan nisbah campuran berdasarkan prestasi dan pelepasan enjin setelah diuji.

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Gambaran Keseluruhan.

Bab kedua merupakan rujukan kepada pembaca untuk memahami teori-teori dan bab ini menceritakan lebih terperinci mengenai skop ujikaji ini. Kajian literatur ini akan mengfokuskan bahan utama yang digunakan dalam ujikaji iaitu minyak biji sesawi, sifat-sifat minyak biji sesawi, kesan nisbah campuran minyak biji sesawi dengan diesel terhadap prestasi dan pelepasan enjin.

2.2 Minyak Biji Sesawi.

Pemilihan minyak biji sesawi dalam ujikaji ini adalah kerana negara-negara luar telah banyak menggunakan minyak ini dalam kehidupan seharian. Namun di Malaysia, penggunaan minyak ini sangat jarang kerana tiada penanaman biji sesawi di Malaysia. Permintaan bagi minyak ini di Malaysia kebanyakannya adalah untuk tujuan ujikaji. Ini kerana Malaysia merupakan pengeluar utama minyak kelapa sawit dan Malaysia lebih banyak menggunakan minyak kelapa sawit. Malaysia pada tahun 2006 merupakan pengeluar utama untuk minyak kelapa sawit dunia. Akan begitu, industri kelapa sawit sekarang ini telah diterajui oleh negara jiran iaitu Indonesia.

Namun, cabaran utama yang dihadapi oleh Malaysia dan Indonesia ialah daya saing global minyak kelapa sawit terhadap minyak kacang soya, minyak biji sesawi dan minyak bunga matahari (M. Takata, 2008). Hal ini mungkin dapat menjejaskan pendapatan negara sebagai antara pengeksport minyak kelapa sawit terbesar dunia. Persaingan sihat minyak kelapa sawit dengan minyak lain dilihat akan berterusan kerana permintaan bagi minyak lain juga semakin meningkat. Oleh itu, Malaysia perlu mencari alternatif lain bagi mengurangkan kebergantungan ke atas minyak kelapa sawit.

2.2.1 Penggunaan Minyak Biji Sesawi.

Penggunaan minyak biji sesawi di beberapa negara di dunia menunjukkan peningkatan saban tahun. Namun begitu, peningkatan tidak begitu memberangsangkan. Dalam Jadual 2.1 telah menunjukkan bahawa peratusan perbezaan daripada tahun sebelumnya tidak begitu banyak. Walaupun perbezaan peratusan begitu sedikit, peningkatan penggunaan terhadap minyak ini tetap meningkat saban tahun kecuali pada 2011/2012 dari tahun sebelumnya. Dalam Jadual 2.1 juga dapat dilihat bahawa negara-negara Eropah paling banyak menggunakan minyak ini saban tahun.

Jadual 2.1: Penggunaan Minyak Biji Sesawi

('000 tan kecuali dinyatakan sebaliknya)

Tahun berakhir 30 September

	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
EU	9,325	9,475	10,215	10,140	10,570
China	6,005	6,310	6,690	6,970	7,105
India	2,325	2,295	2,600	2,740	2,735
US	1,710	1,630	2,015	2,140	2,133
Japan	1,085	1,070	1,065	1,065	1,080
Lain-lain	24,060	24,315	26,245	26,264	27,137
% perubahan	-0.4	1.1	7.9	0.1	3.3

(Sumber: *Oil World: US Department of Agriculture (USDA): The Economist Unit.*)

Menurut laporan laman web The Economist Intelligence Unit (EIU), penggunaan minyak biji sesawi pada 2014/2015 adalah 26.3 juta tan. Sektor makanan merupakan faktor permintaan tinggi ke atas minyak dan menunjukkan bahawa minyak ini mampu bersaing minyak lain terutamanya minyak benih bunga matahari, minyak soya dan minyak kelapa sawit. Di tambah pula dengan kenaikan harga minyak benih bunga matahari sekarang telah menyebabkan pengguna beralih kepada minyak biji sesawi. Perbezaan harga antara minyak benih bunga matahari dengan minyak biji sesawi sekarang telah mencapai US\$70 per tan. Namun, harga bagi minyak mineral turun secara berterusan melemahkan permintaan terhadap minyak biji sesawi.

Proses import biji sesawi ke negara China adalah di tahap yang paling tinggi. Namun, didapati jumlah import ke China semakin perlahan. Ini disebabkan oleh daya saing yang semakin baik berlaku di antara minyak biji sesawi dan minyak lain. Di India pula, pada tahun 2013/2014, persaingan yang kuat telah berlaku di antara minyak biji sesawi dan minyak benih bunga matahari. Namun, persaingan ini berkurang pada tahun berikutnya apabila penggunaan terhadap minyak biji sesawi meningkat dan berkembang. Secara keseluruhannya, permintaan ke atas minyak ini semakin meningkat saban tahun.

2.2.2 Pengeluaran Minyak Biji Sesawi.

Jumlah tanaman biji sesawi di India dan Australia telah menurun pada 2014/2015 menyebabkan pengeluaran minyak ini mengalami sedikit penurunan pada tahun tersebut. Ini dapat dilihat pada Jadual 2.2 apabila -1.3% perbezaan jumlah pengeluaran dari tahun sebelumnya. Walaupun menurun, tanaman untuk biji sesawi didapati meningkat pada tahun 2014/2015. Namun begitu, pada tahun-tahun yang lain mengalami peningkatan yang sedikit.

Jadual 2.2: Pengeluaran Minyak Biji Sesawi

('000 tan kecuali dinyatakan sebaliknya)

Tahun berakhir 30 September

	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
EU	9,190	9,775	10,225	10,190	10,660
China	5,365	5,635	5,695	5,750	6,080
Canada	3,160	2,830	3,160	3,200	3,725
India	2,215	2,290	2,515	2,520	2,720
Lain-lain	4,505	4,665	4,070	3,679	3,105
Jumlah	24,435	25,195	25,665	25,339	26,290
% perubahan	2.9	3.1	1.9	-1.3	3.8

(Sumber: *Oil World: US Department of Agriculture (USDA): The Economist Unit.*)

Pengeluaran bagi negara Kanada dilihat menurun pada tahun 2012/2013 dari tahun sebelumnya. Hal ini juga berlaku pada negara China dan negara-negara lain yang tidak tersenarai pada tahun 2014/2015. Pada tahun 2015/2016, negara yang tidak tersenarai mengalami penurunan namun kenaikan jumlah pengeluaran di China secara mendadak telah mengimbangi jumlah penurunan tersebut.

Menurut laporan EIU, negara-negara Eropah telah mencatatkan tanaman sesawi sebanyak 24.2 juta tan metrik, jauh melebihi rekod paling besar sebelumnya iaitu 21.7 juta tan metrik yang dicatatkan pada tahun 2009/2010. Pada 2014/2015, kenaikan sebanyak 10.2 juta tan metrik pengeluaran minyak ini oleh negara-negara Eropah untuk dieksport ke India. Hal ini juga berlaku akibat dari penurunan harga minyak biji sesawi berbanding minyak biji bunga matahari yang dapat meningkatkan jualan eksport. Secara keseluruhannya, pengeluaran untuk minyak ini meningkat walaupun terdapat penurunan pada tahun 2014/2015. Namun, jika dibandingkan di antara jumlah pengeluaran dan permintaan mengikut tahun, 2013/2014, 2014/2015 dan 2015/2016 merupakan tahun yang mengalami permintaan yang tinggi berbanding jumlah pengeluaran.

2.2.3 Jumlah Simpanan dan Harga Minyak Biji Sesawi.

Harga minyak biji sesawi dilaporkan menurun begitu juga dengan jumlah simpanannya. Pada Rajah 2.1 menunjukkan bahawa, harga minyak ini semakin menurun bermula pada tahun 2011 sehingga sekarang. Menurut EIU, harga minyak biji sesawi jatuh lebih rendah berbanding dengan minyak kacang soya dan minyak benih bunga matahari. Dijangka bahawa harga akan kekal di bawah AS\$800 per tan untuk masa depan.

Jadual 2.3: Simpanan dan Harga Minyak Biji Sesawi

Simpanan ^a	2013	2014	2015	2016	2017
Suku 1	2,642	2,792	2,039	1,153	552
Suku 2	2,862	2,647	1,808	941	463
Suku 3	3,082	2,502	1,576	729	-
Suku 4	2,937	2,270	1,365	640	-
% perubahan	21	-22.7	-39.9	-53.1	-
Harga ^b					
Suku 1	1,200	982	782	745	737
Suku 2	1,100	966	794	747	716
Suku 3	1,001	852	765	754	-
Suku 4	1,016	829	762	751	-
Tahun	1,079	907	812	765	-
% perubahan	-12.9	-15.9	-10.5	-5.8	-

^a juta tan. ^b US\$/tan.

(Sumber: *Oil World: The Economist Intelligence Unit*)



- Pasaran dunia pada setiap akhir tahun (juta tan): skala pada kiri graf
- US\$/tan: skala pada kanan graf

Rajah 2.1: Simpanan dan Harga Minyak Biji Sesawi

(Sumber: *Oil World: The Economist Intelligence Unit*)

2.3 Sifat-sifat Minyak Biji Sesawi.

Sifat-sifat minyak biji sesawi perlu untuk menilai tahap kesesuaian sebelum diuji dalam enjin diesel satu silinder. Ini penting bagi menjaga ketahanan enjin untuk jangka masa yang panjang.

2.3.1 Ketumpatan Minyak Biji Sesawi.

Untuk mengukur ketumpatan bagi sesuatu cecair, terdapat beberapa alat yang digunakan. Mengikut *Physikalish-Technische Bundesanstalt* (PTB), pengukuran ketumpatan telah dijalankan dengan menggunakan Anton Paar 5000 ayunan densimeter. Proses pengukuran dilakukan pada tekanan udara sekeliling yang sederhana. Penebat haba untuk alat ini telah diubahsuai untuk membolehkan ukuran dapat dilakukan pada julat suhu di antara -20°C dan $+50^{\circ}\text{C}$. Kelikatan bagi cecair yang hendak diukur diabaikan kerana secara umumnya, kelikatan cecair berada di bawah 10 MPa (Giuliano Albo et al. 2017).

Sampel cecair telah disuntik ke dalam alat pengukur dengan menggunakan picagari kaca dengan jarum besi. Saiz picagari tersebut adalah yang lebih besar supaya dapat mengulangi proses pengukuran. Selepas cecair telah disuntik, suhu telah ditetapkan bermula pada 50°C . Suhu tersebut menurun sebanyak 5°C secara sekata sehingga suhu mencapai 0°C . Sampel dibiarkan untuk mengalami proses keseimbangan terma lebih kurang tiga minit sebelum ukuran diambil (Giuliano Albo et al. 2017).

Ketumpatan minyak biji sesawi juga dilihat lebih tinggi berbanding diesel. Ini dapat dibuktikan melalui satu jurnal yang menunjukkan bahawa nilai ketumpatan minyak biji sesawi lebih tinggi berbanding JIS No.2 diesel dan biodiesel yang diuji pada suhu 15°C (Sawaki et al. 2010). Nilai tersebut dapat dilihat dalam Jadual 2.4.

Jadual 2.4: Analisis Bahan Api

Bahan api	JIS No. 2 diesel	Biodiesel	Minyak biji sesawi
Ketumpatan pada 15°C (g/cm ³)	0.824	0.886	0.920
Nilai pemanasan rendah (MJ/kg)	42.7	37.9	37.9
% Karbon	86.1	76.8	77.5
% Hidrogen	13.8	11.9	11.7
% Oksigen	<0.1	11.2	11.2

(Sumber: Sawaki et al. 2010)

Manakala, satu lagi jurnal yang mengkaji sifat asas minyak biji sesawi juga mendapat hasil yang hampir sama apabila diuji pada suhu 15°C. Namun, Rajah 2.2 menunjukkan alat iaitu Anton Paar (DMA 35N) untuk mengukur ketumpatan. (Laza et al. 2011). Hasil kajian tersebut dapat dilihat pada Jadual 2.5.



Rajah 2.2: Anton Paar (DMA 35N)

(Sumber: http://www.anton-paar.com/fileadmin/images/products/benchtop/density_meter_dma_4200_m/DMA_4200_M_02_450x330.jpg)

Jadual 2.5: Sifat-sifat Minyak Biji Sesawi.

Sifat		DIN V 51605		RSO
		Minimum	Maksimum	
Ketumpatan pada 15°C	kg/m ³	900	930	914.0
Takat kilat	°C	220		244
Kelikatan kinematik	mm ² /s		36.0	34.8
Nilai pemanasan rendah	Kj/kg	36,000		36.891
Kandungan sulfur	mg/kg		10	2.6
Sisa karbon	% (m/m)		0.4	0.3
Nombor setana	-	39		41.6
Kandungan abu	% (m/m)		0.01	0.003
Kandungan air	mg/kg		750	616
Jumlah kontaminasi	mg/kg		24	36
Keseimbangan oksidaan	jam	6		8.1
Jumlah asid	mgKOH/kg		2	1.516
Jumlah iodin	mg/kg	95	125	112
Fosforus	mg/kg		12	16.3
Kandungan alkali bumi	mg/kg		20	24.2

(Sumber: Laza et al. 2011)

Bagi campuran minyak biji sesawi dan diesel pula, satu kajian telah dilakukan dan mengenalpasti ciri-ciri fizikal apabila kedua-dua minyak ini dicampurkan. Hasilnya dapat dilihat dalam Jadual 2.6.

Jadual 2.6: Ciri-ciri Fizikal Campuran Diesel dan Minyak Biji Sesawi

Sampel minyak	Ketumpatan 15°C	Ketumpatan 35°C
	(kg/m ³)	(kg/m ³)
C-0	848	835
C-10	857	842
C-20	864	849
C-30	871	856
C-40	879	864
C-50	886	873
C-60	893	880
C-70	900	887
C-80	907	894
C-90	914	902
C-100	921	909

(Sumber: Lo et al 2006)

Dalam kajian ini, sebanyak 11 sampel minyak diambil bermula dengan C-0 iaitu 100% diesel, C-10 iaitu 10% minyak biji sesawi dan 90% diesel, C-20 untuk 20% minyak biji sesawi dan 80% diesel dan seterusnya sehingga C-100 iaitu 100% minyak biji sesawi. Dalam Jadual 2.6, didapati ketumpatan akan semakin meningkat apabila jumlah minyak biji sesawi di dalam setiap sampel meningkat pada kedua-dua keadaan suhu. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa ketumpatan minyak biji sesawi adalah lebih tinggi dari diesel.

2.3.2 Kelikatan Kinematik Minyak Biji Sesawi.

Mengikut PTB, untuk mengukur kelikatan adalah dengan menggunakan Anton Parr SMV 3000 meter kelikatan. Cara untuk mengukur kelikatan ini lebih kurang sama dengan cara untuk mengukur ketumpatan sepertimana yang telah diterangkan pada bahagian 2.3.1. Selepas sampel dimasukkan ke dalam alat pengukur, suhu pada permulaannya diambil pada takat 50°C. Seterusnya, suhu dikurangkan secara sekata sehingga suhu mencapai 0°C. Sampel juga dibiarkan selama tiga minit untuk proses perseimbangan terma sebelum ukuran diambil (Giuliano Albo et al. 2017).

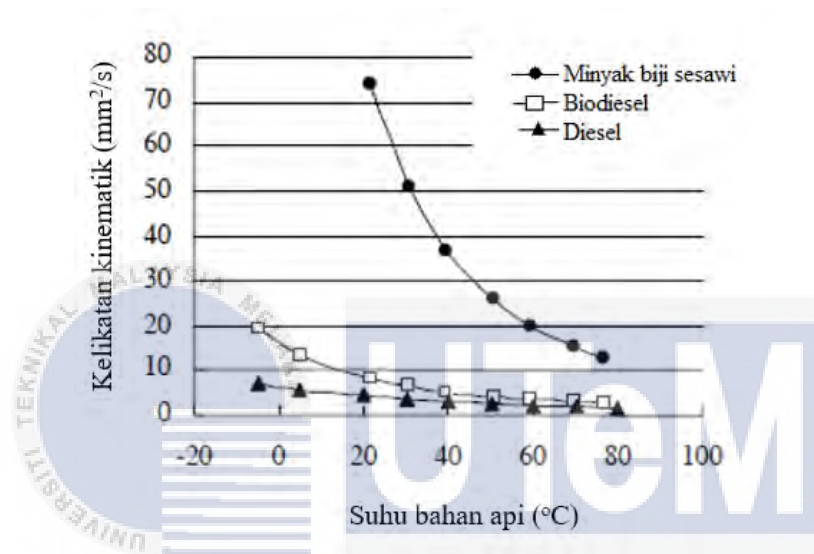
Dalam satu eksperimen untuk mengetahui kelikatan kinematik minyak biji sesawi, dengan menguji lima jenis minyak biji sesawi yang berbeza antaranya minyak biji sesawi kering dan minyak biji sesawi mentah. Dua kaedah digunakan iaitu ASTM D 2270 dan ASTM D 341. Minyak-minyak tersebut diuji pada suhu yang berbeza. Hasil dari eksperimen tersebut telah direkod (Ioana Stanciu, 2012).

Jadual 2.7: Nilai Kelikatan Kinematik pada Suhu 40 dan 100°C, Indeks Kelikatan dan Pekali Kelikatan Suhu.

Oil	Kelikatan kinematik (mm ² /s)		Pembaik indeks kelikatan	Kelikatan-pekali suhu
	40°C	100°C		
Minyak biji sesawi mentah	33.54	6.65	145	0.8017
Minyak biji sesawi degummed	33.10	6.68	147	0.7981
Minyak biji sesawi kering	32.72	7.34	158	0.7756
Minyak biji sesawi luntur	33.29	7.30	156	0.7807
Minyak biji sesawi halus	34.26	7.51	156	0.7807

(Sumber: Ioana Stanciu, 2012)

Dalam satu lagi eksperimen, perbandingan kelikatan kinematik antara diesel, biodiesel dan minyak biji sesawi telah dilakukan. Namun begitu, bacaan tersebut diambil mengikut Japanese Industrial Standards Committee dengan menggunakan kaedah JIS K 2283. Berdasarkan bacaan tersebut, nilai bacaan kelikatan kinematik bagi minyak biji sesawi merupakan yang paling tinggi berbanding bahan api lain dalam semua keadaan suhu.



Rajah 2.3: Kelikatan Kinematik Bahan Api

(Sumber: Sawaki et al. 2010)

Dalam Rajah 2.3, jelas dapat dilihat bahawa kelikatan kinematik bagi minyak biji sesawi adalah paling tinggi dalam semua keadaan suhu berbanding diesel dan biodiesel. Disebabkan itu, minyak biji sesawi tidak sesuai kerana boleh menyebabkan berlakunya masalah apabila ingin menghidupkan enjin. Oleh itu, untuk mengurangkan kelikatan tersebut, minyak biji sesawi perlu melalui proses pentransesteran atau campuran antara minyak biji sesawi dengan bahan api lain perlu dilakukan (Sawaki et al. 2010).

Bacaan kelikatan kinematik akan berbeza apabila minyak biji sesawi dan diesel dicampurkan. Hal ini dapat dibuktikan melalui satu kajian yang mencari kelikatan kinematik dalam dua keadaan suhu iaitu 20°C dan 40°C (Lo et al. 2006). Hasil daripada kajian tersebut dijadualkan pada Jadual 2.8.

Jadual 2.8: Kelikatan Kinematik Sampel Minyak

Sampel minyak	Kelikatan kinematik 20°C (cSt)	Kelikatan kinematik 40°C (cSt)
C-0	3.4	2.7
C-10	5.2	3.6
C-20	7.0	4.7
C-30	9.0	5.9
C-40	12.0	7.72
C-50	15.6	10.2
C-60	19.8	13.0
C-70	26.4	16.8
C-80	37.1	21.1
C-90	43.3	27.5
C-100	53.2	35.1

(Sumber: Lo et al. 2006)

Sampel minyak C-0 mewakili 100% diesel dan jumlah minyak biji sesawi akan ditambah sebanyak 10% sehingga sampel C-100 iaitu 100% minyak biji sesawi. Jadual 2.8 menunjukkan kelikatan kinematik untuk campuran minyak biji sesawi dan diesel akan meningkat dalam kedua-dua keadaan suhu apabila nisbah minyak biji sesawi meningkat. Ini menunjukkan bahawa kelikatan kinematik minyak biji sesawi adalah lebih tinggi berbanding diesel.

2.4 Prestasi Enjin.

Prestasi enjin merupakan penentu keberkesanan bahan api yang digunakan terhadap enjin. Prestasi enjin yang ingin diuji adalah kuasa enjin dan kecekapan haba brek. Rajah 2.4 menunjukkan enjin diesel satu silinder empat lejang dan ditambah pula dengan dinamometer enjin dinamit merupakan jenis enjin yang digunakan dalam eksperimen ini. Spesifikasi enjin dapat dilihat pada Jadual 2.9.



Rajah 2.4: Enjin Diesel Dinamometer

(Sumber: Ahmad et al. 2015)

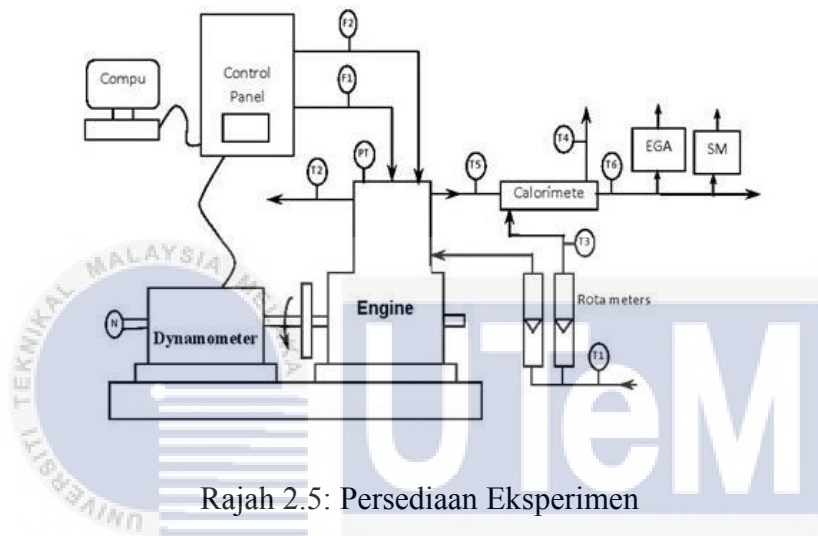
Jadual 2.9: Spesifikasi Enjin Diesel

Jenis enjin	Satu silinder menegak 4 lejang, suntikan terus
Gerek(mm)	70
Lejang(mm)	55
Nisbah mampatan	19:1
Kuasa maksimum(hp)	4.7
Jumlah maksimum minyak(l)	12.5

(Sumber: Ahmad et al. 2015)

Eksperimen ini dijalankan pada kelajuan enjin 1500 rpm hingga 3500 rpm. Satu alat simulasi digunakan untuk mengukur prestasi enjin. Model enjin telah dimodelkan dalam simulasi tersebut mengikut spesifikasi enjin dari kilang (Ahmad et al. 2015).

Satu eksperimen dijalankan ke atas enjin diesel satu silinder empat lejang dan dihubungkan dengan dinamometer untuk mengubah beban. Alat yang disediakan boleh mengukur kuasa brek, tekanan berkesan min brek (BMEP), kecekapan haba brek dan penggunaan bahan api tentu. Pelbagai lagi komponen penting dalam eksperimen ini seperti ditunjukkan dalam Rajah 2.5 (Chavan et al 2014).

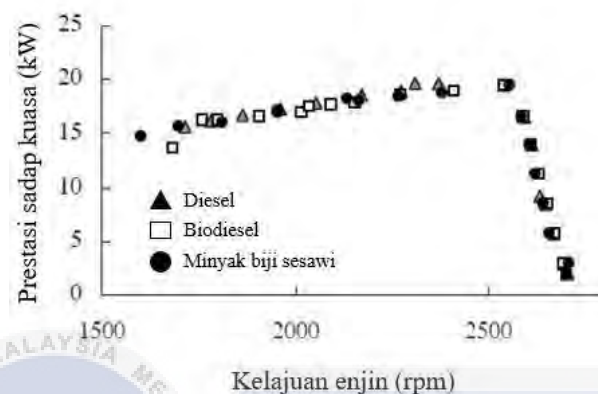


Rajah 2.5: Persediaan Eksperimen

(Sumber: Chavan et al. 2014)

2.4.1 Kuasa Enjin

Untuk menilai prestasi enjin apabila menggunakan bahan api tertentu, prestasi penjana elektrik dan sadap kuasa telah dijalankan. Hasil dari ujian tersebut telah direkod.

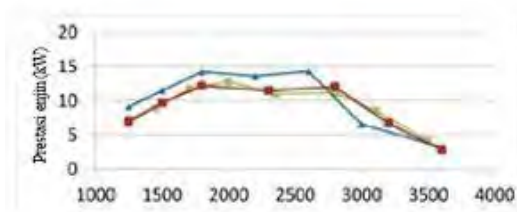


Rajah 2.6: Prestasi Sadap Kuasa
(Sumber: Sawaki et al. 2010)

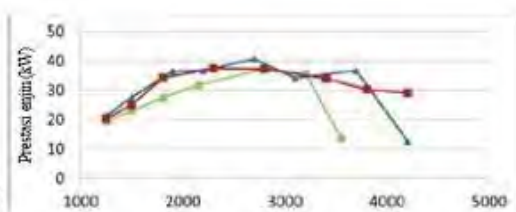
Berdasarkan Rajah 2.6, boleh dirumuskan bahawa bacaan ketiga-tiga bahan api yang digunakan iaitu minyak biji sesawi, biodiesel dan diesel mencatatkan bacaan yang hampir sama. Namun, bacaan bagi biodiesel didapati sedikit rendah pada permulaannya (Sawaki et al. 2010).

Dalam satu lagi eksperimen yang menggunakan tiga bahan api yang berbeza iaitu minyak biji sesawi, biodiesel dan diesel. Eksperimen ini dijalankan untuk mengkaji kuasa enjin pada kedudukan pendikit dan putaran per minit (rpm) enjin yang berbeza iaitu bermula pada 4200 rpm, turun kepada 1250 rpm dan seterusnya 500 rpm. Kedudukan pendikit yang berbeza bermaksud keluasan bukaan pendikit yang semakin besar. Pada mulanya, pendikit hanya dibuka 1/6 sahaja dan seterusnya akan menaik secara sekata contohnya 2/6, 4/6 dan

sehingga 6/6 (A. Corsini et al. 2015). Hasil dari eksperimen tersebut dapat dilihat pada Rajah 2.7 hingga 2.12.



Rajah 2.7: Pada Kedudukan Pendikit 1/6



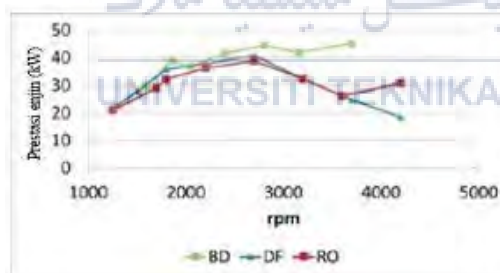
Rajah 2.8: Pada Kedudukan Pendikit 2/6



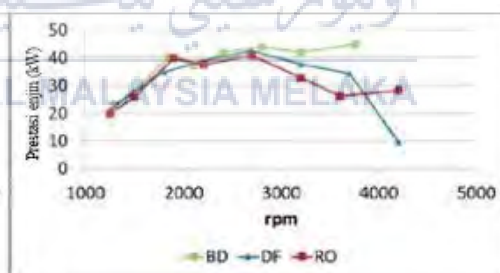
Rajah 2.9: Pada Kedudukan Pendikit 3/6



Rajah 2.10: Pada Kedudukan Pendikit 4/6



Rajah 2.11: Pada Kedudukan Pendikit 5/6



Rajah 2.12: Pada Kedudukan Pendikit 6/6

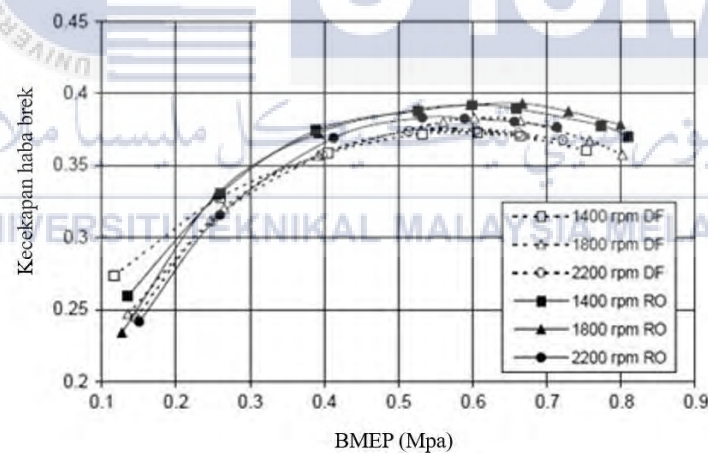
(Sumber: A. Corsini et al. 2015)

Jelas bahawa terdapat perbezaan dalam kuasa enjin apabila menggunakan bahan api yang berbeza. Khususnya pada kedudukan pendikit 1/6, di mana ianya jelas bahawa kuasa enjin adalah lebih besar apabila menggunakan diesel sebagai bahan api. Pada putaran per minit (rpm) yang ke 2500, kuasa enjin diukur 16% dan 22% lebih rendah apabila

menggunakan minyak biji sesawi dan biodiesel berbanding diesel. Jumlah kuasa tersebut lebih rendah apabila menggunakan minyak biji sesawi adalah berpunca dari kelikatan minyak tersebut berbanding diesel (A. Corsini et al. 2015). Secara keseluruhannya, jumlah kehilangan kuasa semakin berkurang apabila kedudukan pendikit semakin menaik.

2.4.2 Kecekapan Haba Brek

Satu eksperimen telah dijalankan yang membandingkan kecekapan haba brek di antara minyak biji sesawi dan diesel ke atas satu enjin diesel pada putaran per minit (rpm) yang berbeza dan menggunakan tekanan berkesan min brek (BMEP) sebagai beban enjin (Labeckas et al. 2006). Hasil dari eksperimen tersebut dapat dilihat pada Rajah 2.13.



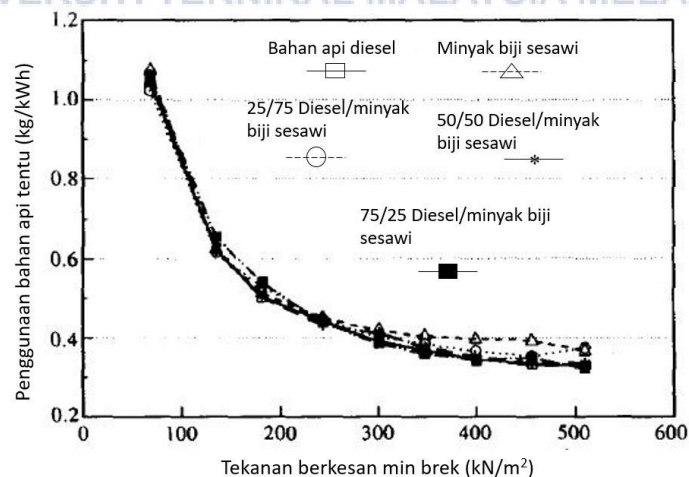
Rajah 2.13: Kecekapan Haba Brek lwn Tekanan Berkesan Min Brek (bmep) sebagai Beban Enjin

(Sumber: Labeckas et al. 2006)

Berdasarkan Rajah 2.13, kecekapan haba brek naik secara sekata dan mencapai tahap maksimum pada 0.39 bagi minyak biji sesawi dan 0.38 bagi diesel. Ini membuktikan bahawa kecekapan menukar tenaga bagi kedua-dua bahan api adalah hampir sama. Kecekapan terma yang tinggi pada beban yang sederhana dan berat mungkin berpunca dari sifat oksigen minyak biji sesawi yang menyebabkan pembakaran yang sempurna. Walaupun kecekapan terma yang tinggi, nilai ketumpatan dan kelikatan minyak biji sesawi telah memburukkan semburan bahan api untuk proses pembakaran (Labeckas et al. 2006).

2.4.3 Penggunaan Bahan Api Tentu

Dalam satu eksperimen yang membandingkan campuran minyak biji sesawi dan diesel dengan diesel dan minyak biji sesawi sahaja dengan mengubah nilai tekanan berkesan min brek untuk mencari kesannya terhadap penggunaan bahan api tentu (Nwafor et al. 1996). Hasil dari eksperimen tersebut dapat dilihat pada Rajah 2.14.



Rajah 2.14: Perbandingan Penggunaan Bahan Api Tentu pada 3000 rev/min

(Sumber: Nwafor et al. 1996)

Berdasarkan Rajah 2.14, dapat dilihat bahawa penggunaan bahan api akan berkurang mengikut tekanan brek yang dikenakan ke atas semua sampel minyak. Penggunaan bahan api dilihat hampir sama untuk semua sampel minyak pada tekanan brek 50 hingga 150 kN/m². Namun, terdapat sedikit perubahan bermula pada tekanan brek 150 kN/m² dimana penggunaan bahan api dilihat tinggi bagi untuk semua sampel kecuali dengan penggunaan bahan api diesel. Pada tekanan brek 300 hingga 500 kN/m², perbezaan jelas berlaku terhadap semua sampel dimana minyak biji sesawi menunjukkan nilai penggunaan bahan api paling tinggi diikuti dengan sampel 25/75 diesel/minyak biji sesawi. Manakala, diesel dan 75/25 diesel/minyak biji sesawi dilihat paling rendah nilai penggunaan bahan api tentu.

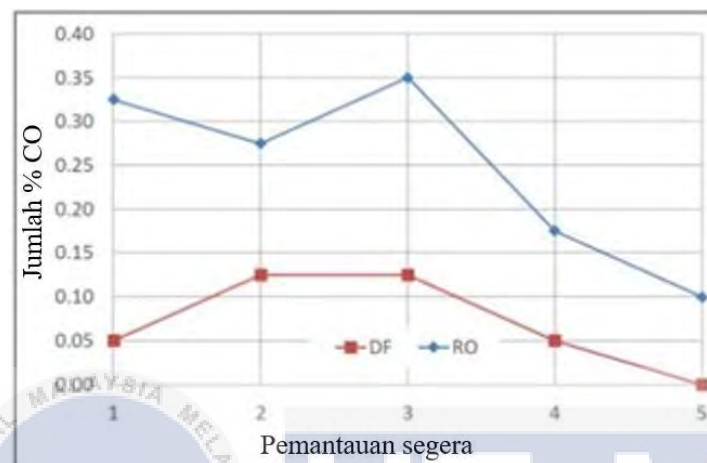
2.5 Pelepasan Enjin

Jenis gas yang dikeluarkan oleh enjin juga amat penting kerana ini boleh menyebabkan pencemaran udara dan pemanasan global. Terdapat dua jenis gas pelepasan yang ingin diukur iaitu karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Berdasarkan satu eksperimen yang telah dibuat, alat yang dikenali sebagai SV-5Q merupakan alat untuk mengukur kepekatan oksigen (O₂), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC) dan nitrogen oksida (NO_x) iaitu gas pelepasan dari enjin (Jamaludin et al 2015).

2.5.1 Karbon Monoksida (CO)

Satu kajian telah dilakukan dengan mengukur pelepasan gas iaitu karbon monoksida (CO) diperolehi dari enjin yang sama apabila dua bahan api yang berbeza. Bahan api yang digunakan iaitu minyak biji sesawi dan diesel dan enjin yang digunakan ialah jenis FIAT 1.9 JTD, enjin 4 lejang. Satu jenis alat berjenama Bosch digunakan untuk mengukur pelepasan

pada masa-masa tertentu. Pada permulaan iaitu pada nilai satu dalam Rajah 2.15 merupakan 10 saat selepas enjin mula dihidupkan. Nilai dua pula selepas 92 saat, tiga selepas 170 saat, empat selepas 300 saat, dan nilai lima selepas 390 saat (Alessandro Corsini et al. 2015).



Rajah 2.15: Pelepasan Gas CO dinyatakan dalam Jumlah %

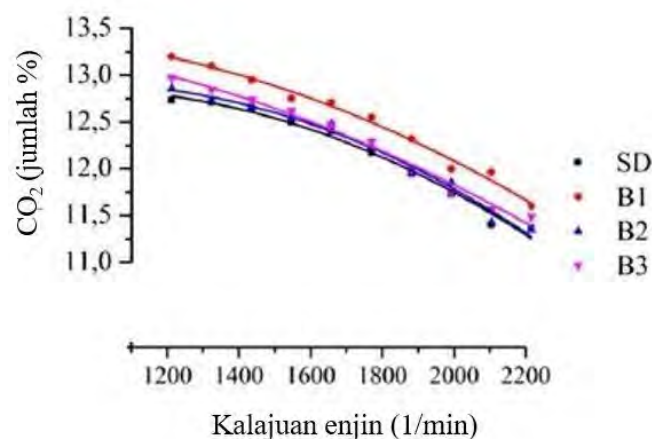
(Sumber: Alessandro Corsini et al. 2015)

Rajah 2.15 menunjukkan terdapat perbezaan yang besar di antara pelepasan gas CO bagi minyak biji sesawi dan diesel. Dengan jelas bahawa diesel melepaskan jumlah gas CO yang kurang berbanding minyak biji sesawi. Bahan api diesel bermula pada 0.1% apabila enjin mula dihidupkan dan menaik sehingga tahap maksimum iaitu hampir 0.15% dan menurun sehingga paras 0.0%. Bagi minyak biji sesawi, garisan graf dilihat tidak stabil kerana ada turun naik. Bermula pada 0.33% turun sebanyak 0.8%, seterusnya naik pada tahap maksimum iaitu 0.35% dan menurun pada paras paling minimum 0.10%. Perbezaan yang sangat ketara antara minyak biji sesawi dan diesel berlaku disebabkan oleh beberapa perkara. Antaranya ialah kelikatan minyak biji sesawi lebih tinggi berbanding diesel. Malah, pada suhu 90°, kelikatan minyak biji sesawi dua kali ganda lebih tinggi berbanding diesel.

Apabila kelikatan tinggi, sukar untuk melakukan proses percikan dan mengakibatkan proses pembakaran yang terhasil tidak stabil seterusnya menghasilkan pelepasan gas CO tinggi (Alessandro Corsini et al. 2015).

2.5.2 Karbon Dioksida (CO₂)

Gas karbon dioksida (CO₂) merupakan gas rumah hijau yang paling penting dan dihasilkan oleh kenderaan yang mencetuskan pemanasan global. Peratus jumlah gas ini juga dapat menentukan pembakaran yang lengkap yang berlaku di dalam enjin (Ramadhas, Muraleedharan, and Jayaraj 2005). Kajian telah dilakukan dengan membandingkan jumlah peratus pelepasan gas CO₂ dari empat bahan api yang berbeza iaitu 100% diesel (SD), 50% minyak biji sesawi metil ester dan 50% diesel (B1), 50% minyak kacang kazel metil ester dan 50% diesel (B2), 25% minyak biji sesawi metil ester, 25% minyak kacang hazel metil ester dan 50% diesel (B3). Satu alat iaitu Testo 350 XL telah digunakan untuk mengukur peratus gas pelepasan. Hasil dari kajian tersebut dapat dilihat pada Rajah 2.16.



Rajah 2.16: Pelepasan Gas CO₂ dinyatakan dalam Jumlah %

(Sumber: Çelikten et al. 2012)

Kelajuan enjin dinaikkan secara sekata bagi mengukur pelepasan gas CO₂. Berdasarkan Rajah 2.16, secara keseluruhannya dengan menggunakan biodiesel telah mengurangkan jumlah gas CO₂. 12.73% pelepasan gas CO₂ telah berlaku apabila diesel menjadi bahan api pada kelajuan maksimum. Manakala, untuk bahan api B1, B2 dan B3, jumlah peratus pelepasan gas CO₂ masing-masing mengalami penurunan sebanyak 2.9%, 0.39% dan 0.91%. Apabila dianalisis, pelepasan gas CO₂ bagi semua campuran biodiesel dengan diesel adalah lebih tinggi berbanding diesel (Çelikten et al. 2012).

Jumlah peratus pelepasan gas CO₂ untuk bahan api B2 merupakan paling tinggi dalam semua kelajuan enjin. Ini menunjukkan bahawa campuran minyak biji sesawi dan diesel mengalami pembakaran yang paling lengkap kerana peratus bagi campuran bahan api tersebut merupakan paling tinggi dalam semua kelajuan enjin berbanding dengan campuran bahan api yang lain. Walaupun pembakaran lengkap dalam enjin penting, aspek alam sekitar adalah lebih penting daripada itu. Oleh itu, minyak kacang hazel dan minyak biji sesawi metil ester boleh digunakan sebagai bahan api alternatif dalam enjin diesel tanpa sebarang pengubahsuaian (Çelikten et al. 2012).

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

2.6 Campuran Minyak Biji Sesawi dan Diesel

Campuran minyak biji sesawi perlu dilakukan kerana nilai kelikatan bagi minyak biji sesawi adalah tinggi. Campuran mesti dibuat mengikut nisbah yang telah ditetapkan. Contohnya 5:95 bermaksud 5% minyak biji sesawi dan 95% diesel. Nilai nisbah bagi minyak biji sesawi perlu dinaikkan 5% secara sekata sehingga mencapai tahap 30% atau 30:70. Nisbah campuran untuk minyak biji sesawi perlulah sehingga 20-30% sahaja kerana lebih campuran minyak biji sesawi akan meningkatkan penggunaan bahan api tentu sebanyak 3-5%. Malah, kandungan minyak biji sesawi tidak melebihi 30% juga dapat mengekalkan kehomogenan campuran tersebut selama satu tahun di bawah keadaan suhu biasa. Apabila kandungan minyak tersebut meningkat kepada 40%, campuran akan hanya bertahan selama 1-2 minggu sahaja (He et al. 2003).



BAB 3

METODOLOGI

3.1 Gambaran Keseluruhan

Bab ini akan menerangkan secara terperinci tentang kaedah untuk menjalankan kajian ini. Minyak biji sesawi merupakan bahan utama yang digunakan sebagai bahan api ke atas satu enjin diesel satu silinder. Campuran dengan diesel perlu dilakukan dan campuran yang terbaik diukur melalui prestasi enjin dan pelepasan gas dari enjin. Campuran ini adalah kerana kelikatan minyak biji sesawi terlalu tinggi dan boleh menyukarkan untuk melakukan proses pembakaran dalam enjin. Campuran dengan diesel adalah untuk mengurangkan kelikatan minyak biji sesawi.

3.2 Kaedah Umum

Untuk mencapai objektif, beberapa langkah perlu dilakukan. Pertama adalah kajian literatur. Kajian literatur penting untuk mengetahui eksperimen yang telah dilakukan melalui jurnal, artikel yang berkaitan dengan kajian terutamanya berkaitan dengan objektif yang ingin dicapai. Kajian literatur boleh diambil melalui internet dengan memuat turun jurnal mahupun artikel. Setelah mengambil sumber daripada jurnal atau artikel, perlu untuk menulis nama penulis jurnal bagi mengelakkan plagiarisme.

Bagi memenuhi objektif yang pertama, sifat-sifat bahan yang ingin diuji perlu diketahui. Ini penting sebelum melakukan kajian bagi mengelakkan kerosakan ke atas enjin yang ingin diuji. Dua sifat asas yang ingin diketahui dalam kajian ini adalah kelikatan

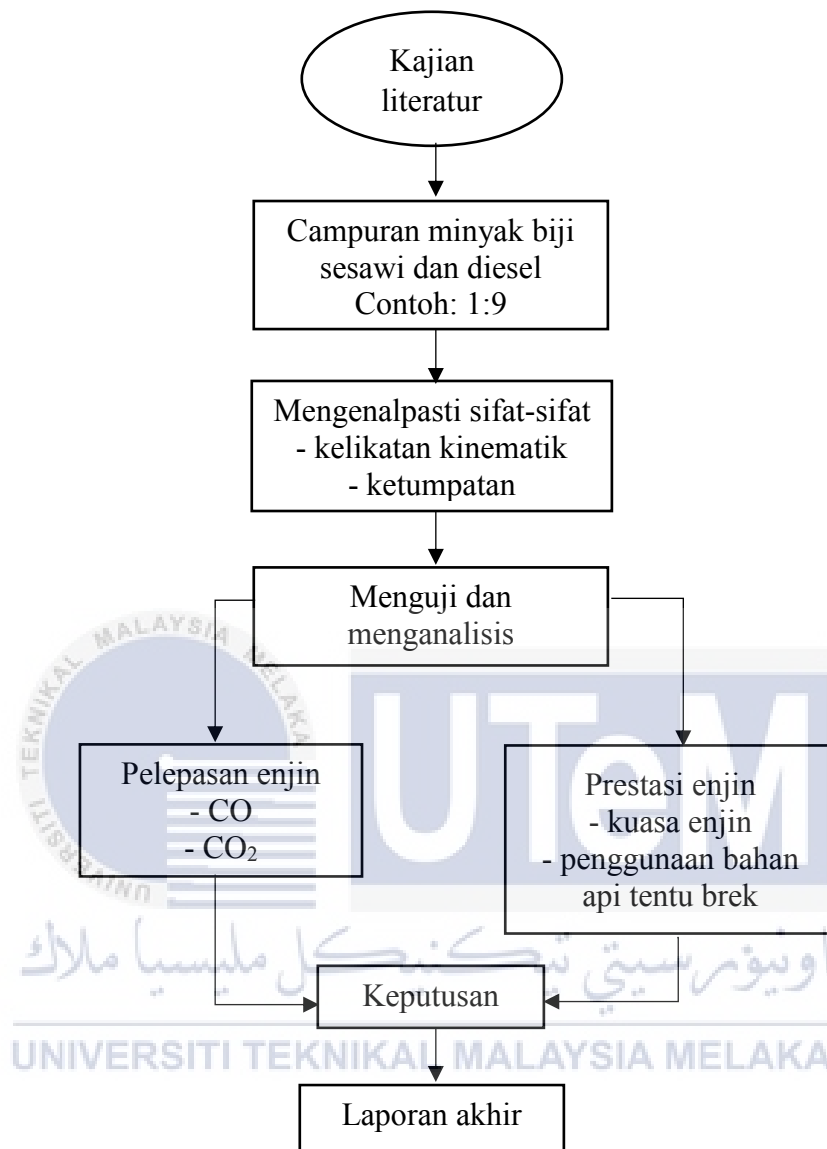
kinematik dan ketumpatan minyak biji sesawi. Kelikatan kinematik penting semasa proses pembakaran dalam enjin manakala ketumpatan pula penting dalam proses percampuran dengan diesel.

Percampuran antara diesel dan minyak biji sesawi merupakan parameter yang di ubah di dalam kajian ini. Seperti yang telah dinyatakan pada bahagian 3.1, campuran antara dua cecair ini adalah untuk mengurangkan kelikatan minyak biji sesawi. Proses percampuran diukur mengikut nisbah campuran yang telah ditetapkan. Bahan api yang dicampur diuji pada enjin diesel satu silinder.

Bagi memenuhi objektif yang kedua pula, analisis ke atas enjin dilakukan. Prestasi enjin yang diukur adalah dari segi kuasa enjin dan penggunaan bahan api tentu brek. Manakala, peratusan pelepasan gas dari enjin yang ingin diambil adalah karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Alat-alat tertentu diperlukan untuk mengukur prestasi enjin dan pertusan pelepasan gas.

Setelah dianalisis, keputusan perlu dilakukan. Keputusan diambil melalui nisbah campuran yang paling baik berdasarkan prestasi enjin dan peratusan pelepasan enjin. Akhir sekali, satu laporan akhir ditulis setelah kajian ini tamat.

Kaedah dalam menjalankan kajian ini telah diringkaskan seperti dalam carta aliran di bawah.



3.3 Campuran Minyak Biji Sesawi dan Diesel

Sebelum melakukan eksperimen, pensampelan minyak iaitu mencampurkan minyak biji sesawi dan diesel dilakukan. Campuran ini dilakukan bagi mengurangkan kelikatan minyak biji sesawi. Nisbah campuran perlulah ditetapkan terlebih dahulu. Untuk kajian ini, nisbah campuran yang telah ditetapkan iaitu 5% minyak biji sesawi dan 95% diesel. Nisbah bagi minyak biji sesawi akan naik secara sekata iaitu 5% sehingga mencapai tahap 20% dan dilabel RS1 untuk 5% peratus nisbah minyak biji sesawi, RS2 untuk 10% minyak biji sesawi, RS3 untuk 15% dan RS4 untuk 20%. Setelah campuran minyak dilakukan, satu alat iaitu Labsonic Homogenizer (Rajah 3.1) digunakan untuk mengacau campuran minyak sehingga sebati. Bagi setiap kenaikan tersebut, hasil campuran antara dua cecair tersebut diuji ke atas enjin diesel satu silinder bagi mendapatkan prestasi enjin dan gas pelepasan dari enjin tersebut.



Rajah 3.1: Labsonic Homogenizer

3.4 Mengenalpasti Sifat-sifat Campuran Minyak Biji Sesawi dan Diesel.

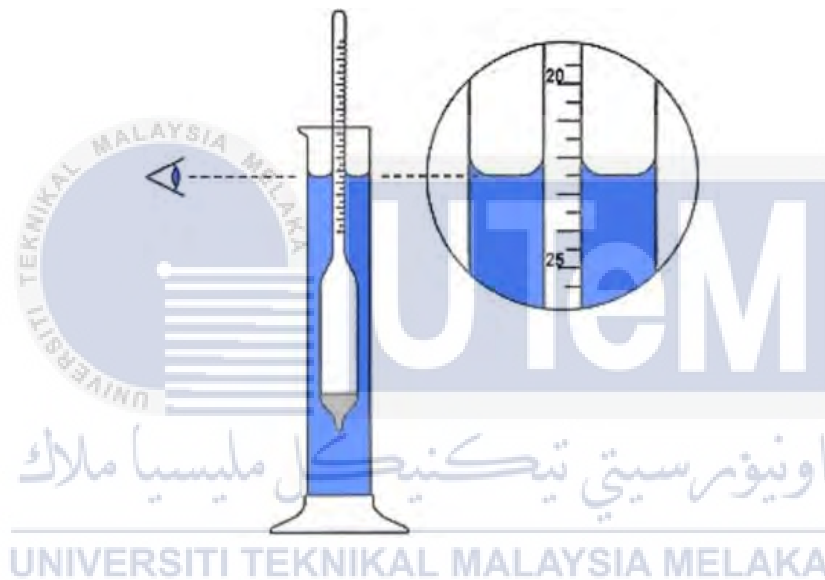
Alat-alat tertentu diperlukan untuk mengetahui sifat-sifat campuran minyak biji sesawi dan diesel. Dua sifat yang ingin diketahui dalam kajian ini iaitu ketumpatan dan kelikatan kinematik. Dua sifat ini penting bagi mengelakkan kerosakan pada enjin.

3.4.1 Ketumpatan.

Ketumpatan merupakan satu sifat asas yang perlu diukur bagi sesuatu cecair. Dalam kajian ini, ketumpatan campuran minyak biji sesawi dan diesel perlu diukur. Untuk mengukur ketumpatan, alat yang digunakan adalah hidrometer. Sebelum menggunakan hidrometer, semua alat-alat yang berkaitan dalam proses pengukuran perlulah dicuci. Ini penting untuk mengelakkan ralat apabila mengambil bacaan. Proses mengukur ketumpatan juga perlu diambil pada suhu 15°C. Seterusnya, bahan ujian iaitu campuran minyak biji sesawi dan diesel perlulah cukup untuk memastikan hidrometer terapung secara bebas apabila direndam dalam bekas ujian berbentuk silinder.

Langkah seterusnya adalah dengan merendamkan hidrometer ke dalam cecair. Adalah sangat penting untuk memastikan hidrometer terapung secara bebas tanpa menyentuh bahagian bawah bekas. Penting juga untuk memastikan hidrometer berada dalam keadaan menegak apabila direndam di dalam bekas kerana ingin mendapatkan bacaan yang tepat apabila proses mengambil ukuran. Apabila hidrometer berada dalam keadaan condong, skala yang berada pada hidrometer mungkin tidak sejajar dengan mata apabila mengambil ukuran.

Untuk mendapatkan bacaan yang paling tepat, membaca bahagian bawah meniskus, atau bawah lengkungan sampel ujian. Miniskus adalah tempat yang tidak ditarik oleh ketegangan sisi bekas atau hidrometer itu sendiri. Cara terbaik untuk mendapatkan bacaan di bawah miniskus adalah dengan melihat hidrometer pada paras mata. Cara tersebut dapat dilihat pada Rajah 3.2. Setelah memastikan mata sejajar dengan miniskus sampel minyak, bacaan diambil dengan membaca skala yang berada pada hidrometer. Langkah ini diulang untuk kesemua sampel minyak.



Rajah 3.2: Cara Mengambil Bacaan Hidrometer

3.4.2 Kelikatan Kinematik

Untuk kelikatan kinematik, alat yang digunakan adalah meter likat sepertimana yang ditunjukkan pada Rajah 3.3 akan membaca kelikatan dinamik sesuatu cecair. Oleh itu, satu formula digunakan untuk mengira kelikatan kinematik bagi setiap sampel minyak. Ujian untuk mencari kelikatan kinematik ini dilakukan pada suhu 40°C. Mengikut Formula 3.1, untuk mengira kelikatan kinematik, ketumpatan untuk setiap sampel pada suhu 40°C perlu diambil. Setelah viscometer menunjukkan bacaan kelikatan dinamik, pengiraan perlu dilakukan mengikut Formula 3.1 bagi mendapatkan kelikatan kinematik bagi setiap sampel.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (3.1)$$

Dimana,

v = kelikatan kinematik (m^2/s)

μ = kelikatan dinamik (kg/ms)

ρ = ketumpatan (kg/m^3)



Rajah 3.3: Meter Likat

3.5 Menguji Prestasi Enjin.

Prestasi enjin yang ingin diukur apabila enjin diuji dengan bahan api hasil campuran minyak biji sesawi dan diesel adalah kuasa enjin dan penggunaan bahan api tentu brek. Enjin yang digunakan dalam emsperimen ini adalah enjin Kipor KM 170F iaitu enjin diesel satu silinder dan mempunyai 4 lejang. Rajah 3.4 menunjukkan jenis enjin yang digunakan dan Jadual 4.1 merupakan spesifikasinya.



Rajah 3.4: Enjin Kipor KM 170F

Jadual 3.1: Spesifikasi Enjin Kipor KM 170F

Model	KIPOR KM 170F
Jenis	Satu silinder, 4-lejang, pancitan terus
Kuasa enjin (kW/r/min)	(2.8/3600) / (2.5/3000)
Sesaran omboh (L)	0.211(0.219)
Gerek x Lejang (mm)	70x55
Kapasiti tangki bahan api (L)	2.5
Purata kelajuan piston/ Kelajuan putaran (m/s/r/min)	5.5/3000 (5.7/3000) 6.6/3600 (6.84/3600)
Tekanan berkesan min/ Kelajuan (kPa/r/min)	436/3000 (420/3000) 395/3600 (381/3600)
Minyak pelincir (L)	2.5
Sistem penyejukan	Udara sejuk
Nisbah mampatan	20
Arah putaran	Arah lawan jam
Penggunaan bahan api g/(kW.h)	≤4.08
Berat enjin (kg)	27

Pada permulaan eksperimen, enjin perlulah dipanaskan selama lebih kurang 10 minit dan menggunakan diesel sebagai bahan api. Setelah enjin panas, beban untuk enjin telah ditetapkan iaitu 20 bar dan barulah bahan api ditukar kepada sampel RS1 sehingga RS4. Masa untuk setiap ujikaji bagi setiap sampel minyak telah ditetapkan iaitu 3 minit dan putaran per minit (rpm) untuk pam diubah semakin menaik dari 400, 500, 600 dan 700 rpm. Rajah 3.5 menunjukkan Tachometer iaitu alat yang digunakan untuk mengambil bacaan putaran per minit (rpm) bagi pam. Apabila eksperimen dijalankan, putaran per minit (rpm)

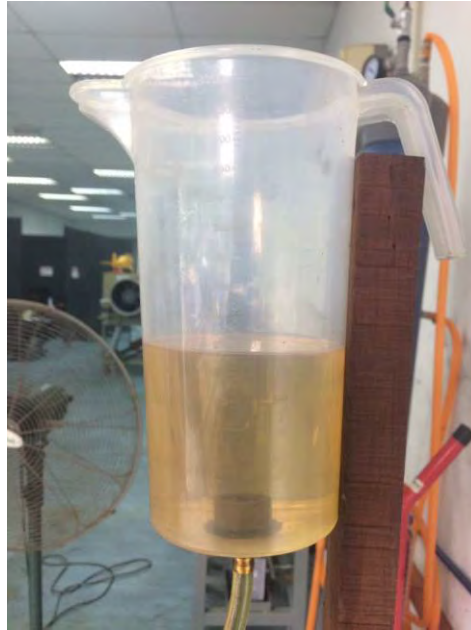
bagi enjin diambil sebanyak dua kali dan bacaan untuk jumlah sampel minyak sebelum dan selepas eksperimen juga diambil mengikut masa yang telah ditetapkan iaitu 3 minit. Rajah 3.6 menunjukkan cara mengambil bacaan putaran per minit enjin dan Rajah 3.7 pula merupakan bekas yang digunakan untuk mengambil bacaan jumlah sampel minyak.



Rajah 3.5: Tachometer



Rajah 3.6: Proses Bacaan Putaran Per Minit (rpm) Enjin



Rajah 3.7: Bekas untuk Membaca Bacaan Isipadu Sebelum dan Selepas Sampel Minyak

3.6 Mengukur pelepasan enjin.

Dalam ujikaji ini, gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂) adalah gas pelepasan yang ingin diukur. Rajah 3.8 merupakan Sistem Pemantauan Gas VARIOplus yang akan digunakan untuk mengukur gas pelepasan bagi enjin diesel satu silinder. Alat tersebut perlu dihidupkan dengan membekalkan kuasa 12 V arus terus. Alat perlu dibiarkan selama 20 minit untuk memastikan alat berada dalam keadaan stabil. Alat ini perlu disambungkan dengan komputer untuk mendapatkan data. Oleh itu, satu perisian perlu dimasukkan ke dalam komputer sebelum melakukan eksperimen.

Terdapat satu hos pada belakang alat tersebut yang akan diletakkan pada tempat pelepasan enjin semasa melakukan ujian. Kemudian, alat Sistem Pemantauan Gas VARIOplus akan memaparkan nilai peratusan gas pelepasan bagi enjin tersebut. Jadual 3.2 merupakan spesifikasi untuk Sistem Pemantauan Gas VARIOplus.



Rajah 3.8: Sistem Pemantauan Gas VARIOplus

Jadual 3.2: Spesifikasi Sistem Pemantauan Gas VARIOplus

	Jarak	Ketepatan	Resolusi	Kaedah
Aliran gas di dalam duktus	1-100 m/sec	0.1 m/sec	1 m/sec	Perbezaan tekanan
Oksigen, O₂	0-25%	0.1%	0.01%	Sel paramagnet
Karbon dioksida, CO₂	0-10% / 30% / 100%	0.3% atau 3% bacaan	0.01%	Pelbagai gas NDIR
Karbon monoksida, CO	0-10,000 ppm	10 ppm atau 5% bacaan	1 ppm	Sel elektrokimia
Nitrik monoksida, NO	0-5,000 ppm	5 ppm atau 5% bacaan	1 ppm	Sel elektrokimia
Nitrik dioksida, NO₂	0-1,000 ppm	5 ppm atau 5% bacaan	1 ppm	Sel elektrokimia
Sulfur dioksida, SO₂	0-4,000 ppm	10 ppm atau 5% bacaan	1 ppm	Sel elektrokimia
Perbezaan tekanan	+/- 100 hPa	0.1 hPa	0.01 hPa	Rintangan Piezo
Suhu gas, T-gas	0-1.1000 °C	1°C	1°C	Termogandingan jenis K
Bilangan komponen	Halaju aliran gas (m/sec) Kadar aliran gas (m/sec), normal kepada gas keadaan standard			
Masa tindak balas, T90	30 s (dari kemasukan penganalisis)			
Had pengesanan	0.05% untuk 1 ppm			
Ralat kelinearan	1% FS			

Kebolehulangan	1% FS
Hanyutan offset	Diabaikan dengan standard auto-sifar
Hanyutan span	2% FS / bulan

(Sumber: Penegeluar MRU VARIOplus)



CHAPTER 4

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1 Pengenalan

Bab ini akan merekodkan mengenai keputusan atau hasil dari kajian yang telah dilakukan. Proses-proses yang dilakukan dijalankan dengan teliti untuk mendapatkan keputusan yang paling tepat. Proses yang dilakukan mengikut carta aliran yang telah diterangkan pada bahagian 3.2.

4.2 Campuran Minyak Biji Sesawi dan Diesel

Sebelum melakukan eksperimen ke atas enjin, campuran antara minyak biji sesawi dan diesel perlu dilakukan. Campuran yang sekata penting bagi mendapatkan keputusan yang paling tepat apabila diuji ke atas enjin diesel satu silinder. Rajah 4.1 menunjukkan proses pencampuran minyak menggunakan Labsonic Homogenizer. Rajah 4.2 pula menunjukkan hasil campuran minyak melalui proses ini.



Rajah 4.1: Labsonic Homogenizer



Rajah 4.2: Hasil Campuran Minyak

4.3 Ciri-ciri Campuran Minyak

Hasil dari campuran tersebut, terdapat dua ciri yang dapat diklasifikasikan iaitu ciri-ciri fizikal dan kimia. Ciri-ciri fizikal adalah sifat yang dapat dikesan dengan menggunakan pancaindera seperti bau, bentuk dan rasa sesuatu objek. Manakala, ciri-ciri kimia pula merupakan sifat yang memerlukan sesuatu alat dan eksperimen perlu dijalankan ke atasnya untuk mendapatkan sifat-sifat kimia bahan tersebut.

4.3.1 Ciri-ciri Fizikal

Antara ciri-ciri fizikal yang jelas dapat dilihat daripada semua sampel hasil campuran minyak ialah warna dan bau. Sebelum melakukan campuran, diesel didapati bewarna kuning dan lebih jernih berbanding minyak biji sesawi yang bewarna kuning keemasan. Rajah 4.3 menunjukkan minyak biji sesawi dan diesel sebelum dicampurkan. Namun, setelah campuran dilakukan, tidak banyak perubahan dapat dilihat dari segi warna terhadap kesemua sampel minyak iaitu bewarna kuning keperangan. Ini dapat dilihat pada Rajah 4.2 di atas.

Dari segi bau pula, minyak biji sesawi berbau hanyir sedikit manakala diesel berbau seperti asap kenderaan. Namun, setelah campuran dilakukan, bau lebih terarah kepada bau diesel kerana nisbah diesel lebih banyak berbanding minyak biji sesawi.



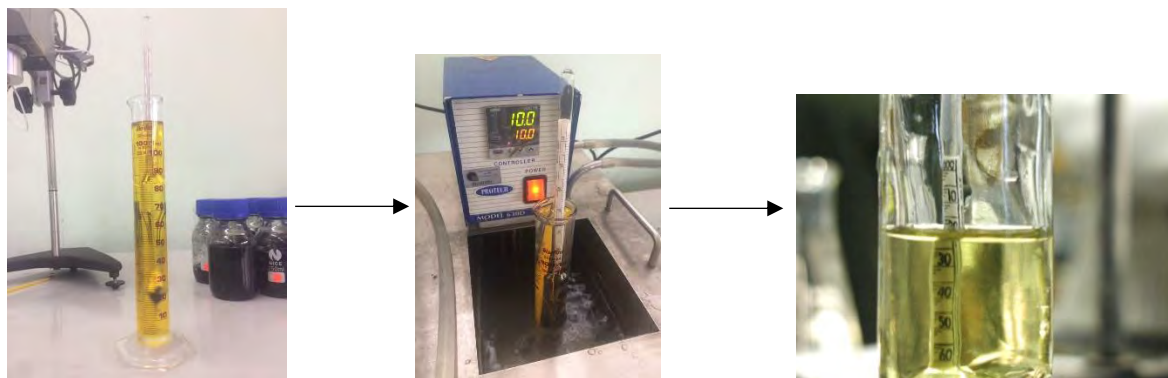
Rajah 4.3: Diesel dan Minyak Biji Sesawi

4.3.2 Ciri-ciri Kimia

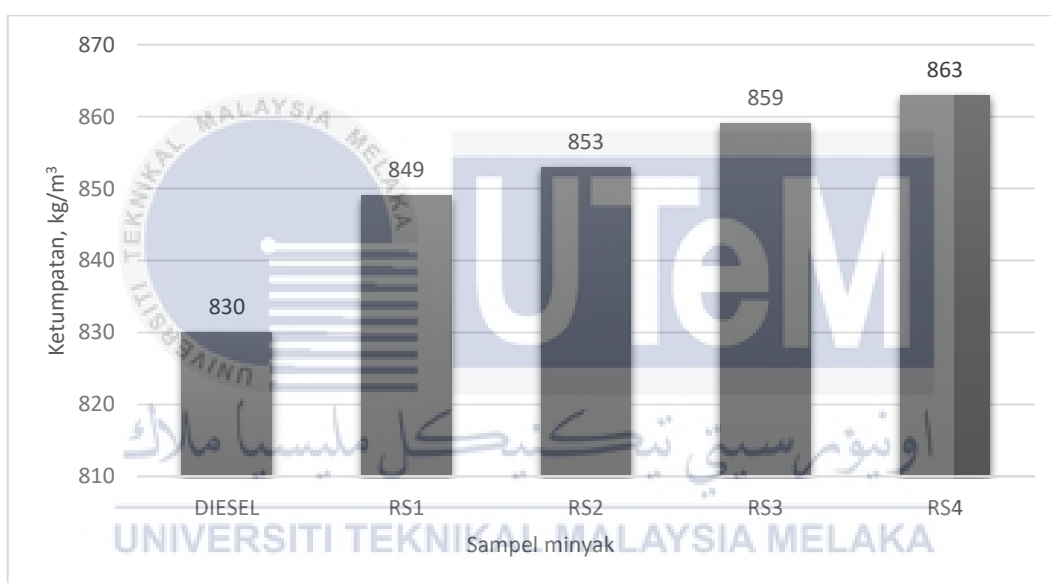
Ciri-ciri kimia asas diambil untuk sesuatu cecair adalah ketumpatan dan kelikatan kinematik. Dua ciri tersebut merupakan ciri asas yang perlu diketahui. Eksperimen tertentu perlu dijalankan untuk mengetahui nilai ketumpatan dan kelikatan.

4.3.2.1 Ketumpatan

Untuk mengetahui nilai ketumpatan bahan yang ingin dikaji, satu alat dinamakan hidrometer digunakan. Rajah 4.4 menunjukkan proses mengambil ketumpatan cecair manakala dan Rajah 4.5 menunjukkan hasil bacaan daripada hidrometer setiap sampel minyak pada suhu 15°C.



Rajah 4.4: Proses Mengambil Bacaan Ketumpatan Cecair



Rajah 4.5: Ketumpatan Setiap Sampel Minyak

Berdasarkan Rajah 4.5, ketumpatan untuk campuran minyak biji sesawi dan diesel semakin menaik apabila nisbah bagi minyak biji sesawi meningkat. Ini berlaku kerana, ketumpatan bagi minyak biji sesawi adalah lebih tinggi berbanding diesel dalam semua keadaan suhu. Oleh itu, campuran yang mempunyai lebih tinggi nilai nisbah minyak biji sesawi akan menunjukkan nilai ketumpatan yang paling tinggi iaitu sampel RS4.

4.3.2.2 Kelikatan Kinematik

Dalam eksperimen ini, bacaan kelikatan kinematik diambil pada suhu 40°C. Rajah 4.6 menunjukkan alat yang digunakan untuk mengambil bacaan kelikatan dinamik. Sepertimana yang telah diterangkan dalam bahagian 3.4.2, Formula 3.1 digunakan untuk mengira kelikatan kinematik dan ketumpatan sampel juga perlu diambil pada suhu 40°C. Jadual 4.2 menunjukkan ketumpatan dan kelikatan dinamik bagi setiap sampel pada suhu 40°C.



Rajah 4.6: Alat untuk Mengambil Kelikatan Cecair

Jadual 4.2: Ketumpatan dan Kelikatan Kinematik Sampel Minyak pada Suhu 40°C

Sampel minyak	Ketumpatan (kg/m ³) pada suhu 40°C	Kelikatan dinamik (× 10 ⁻³) (kg/ms) pada suhu 40°C	Kelikatan kinematik (× 10 ⁻⁶) (m ² /s)
DIESEL	822	2.12	2.58
RS1 (5% minyak biji sesawi, 95% diesel)	840	2.59	3.08
RS2 (10% minyak biji sesawi, 90% diesel)	845	3.03	3.59
RS3 (15% minyak biji sesawi, 85% diesel)	847	3.51	4.15
RS4 (20% minyak biji sesawi, 80% diesel)	850	4.01	4.72

Contoh pengiraan untuk mencari kelikatan kinematik,

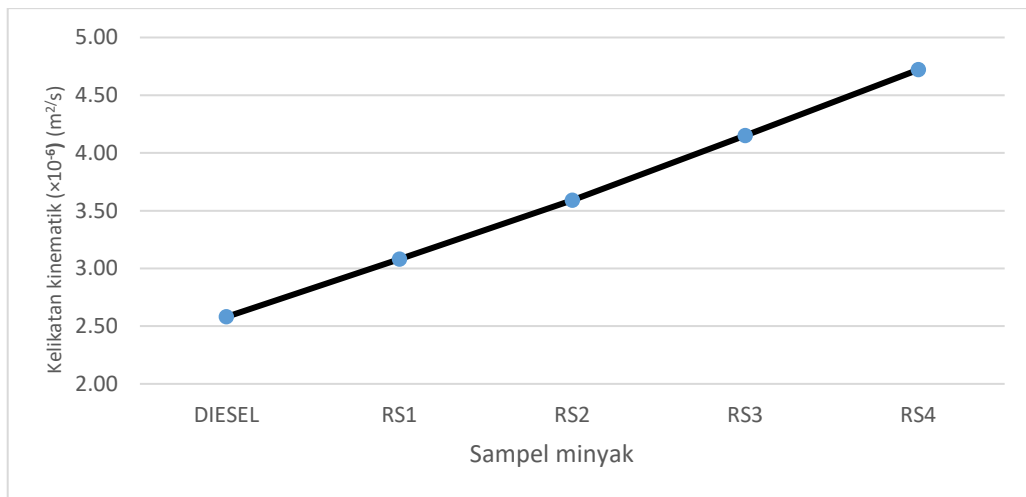
Sampel RS1

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

$$v = \frac{2.59 \times 10^{-3}}{840}$$

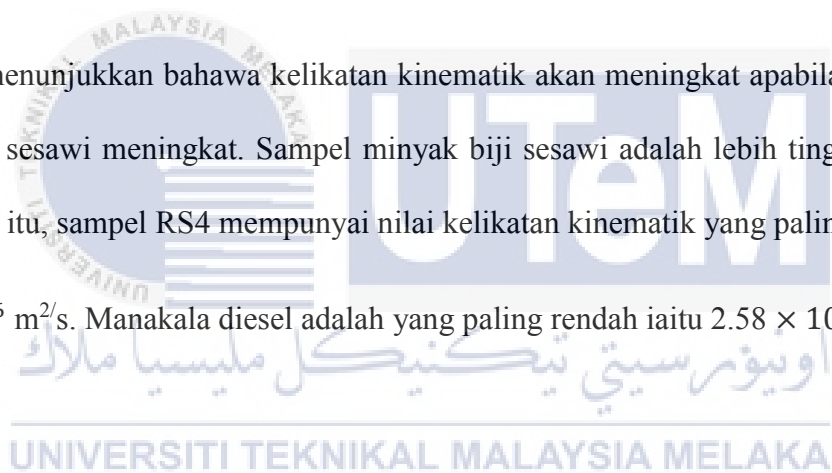
$$v = 3.08 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Pengiraan ini diulang mengikut ketumpatan setiap sampel. Rajah 4.7 menunjukkan kelikatan kinematik bagi setiap sampel.



Rajah 4.7: Kelikatan Kinematik untuk Setiap Sampel

Rajah 4.7 menunjukkan bahawa kelikatan kinematik akan meningkat apabila nisbah untuk minyak biji sesawi meningkat. Sampel minyak biji sesawi adalah lebih tinggi berbanding diesel. Oleh itu, sampel RS4 mempunyai nilai kelikatan kinematik yang paling tinggi iaitu $4.72 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Manakala diesel adalah yang paling rendah iaitu $2.58 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.



4.4 Prestasi Enjin

Bacaan bagi rpm enjin diambil sebanyak dua kali dan purata rpm dikira. Jadual 4.3 hingga 4.7 menunjukkan hasil eksperimen mengikut sampel minyak masing-masing.

Jadual 4.3: Data bagi Sampel Minyak RS1

Sampel minyak: RS1 Beban: 20 bar

Sampel	Putaran per minit pam (rpm)	Putaran per minit enjin (rpm)	Purata putaran per minit enjin (rpm)	Jumlah minyak sebelum (ml)	Jumlah minyak selepas (ml)
RS1	400	1563	1562.5	360	350
		1562			
	500	2034	2034.0	345	330
		2034			
	600	2522	2522.5	325	305
		2523			
	700	3119	3119.5	300	375
		3120			

Jadual 4.4: Data bagi Sampel Minyak RS2

Sampel minyak: RS2 Beban: 20 bar

Sampel	Putaran per minit pam (rpm)	Putaran per minit enjin (rpm)	Purata putaran per minit enjin (rpm)	Jumlah minyak sebelum (ml)	Jumlah minyak selepas (ml)
RS2	400	1551	1551.5	435	425
		1552			
	500	2010	2009.5	420	400
		2009			
	600	2517	2516.0	400	380
		2515			
	700	3110	3110.5	370	350
		3111			

Jadual 4.5: Data bagi Sampel Minyak RS3

Sampel minyak: RS3 Beban: 20 bar

Sampel	Putaran per minit pam (rpm)	Putaran per minit enjin (rpm)	Purata putaran per minit enjin (rpm)	Jumlah minyak sebelum (ml)	Jumlah minyak selepas (ml)
RS3	400	1497	1497.5	460	445
		1498			
	500	2003	2003.0	440	425
		2003			
	600	2511	2511.5	420	400
		2512			
	700	3091	3091.0	395	370
		3091			

Jadual 4.6: Data bagi Sampel Minyak RS4

Sampel minyak: RS4 Beban: 20 bar

Sampel	Putaran per minit pam (rpm)	Putaran per minit enjin (rpm)	Purata putaran per minit enjin (rpm)	Jumlah minyak sebelum (ml)	Jumlah minyak selepas (ml)
RS4	400	1540	1541.0	310	300
		1542			
	500	1991	1991.5	270	255
		1992			
	600	2483	2483.0	350	330
		2483			
	700	2955	2954.5	330	295
		2954			

Jadual 4.7: Data bagi Sampel Minyak Diesel

Sampel minyak: Diesel

Beban: 20 bar

Sampel	Putaran per minit pam (rpm)	Putaran per minit enjin (rpm)	Purata putaran per minit enjin (rpm)	Jumlah minyak sebelum (ml)	Jumlah minyak selepas (ml)
Diesel	400	1570	1570.0	520	505
		1570			
	500	2042	2042.5	500	480
		2043			
	600	2533	2534.0	475	455
		2535			
	700	3129	3129.5	450	425
		3130			

4.4.1 Kuasa Enjin

Untuk mengetahui kuasa enjin, tork bagi enjin tersebut perlu dikira. Formula 4.1 (Behrooz M. et al., 2012) digunakan untuk mengira tork bagi enjin.

$$\tau = \frac{bmep \cdot V_d}{2\pi n} \quad (4.1)$$

Dimana,

τ = tork (Nm)

$bmep$ = tekanan berkesan min brek (N/m^2)

V_d = isipadu sesaran (m^3)

n = bilangan revolusi per kitaran

Di dalam persamaan 4.1, tekanan berkesan min brek perlu dikira menggunakan Formula 4.2. Manakala, bilangan untuk revolusi per kitaran adalah 2 untuk enjin 4 lejang. Bagi jumlah isipadu sesaran bagi enjin pula, Formula 4.3 (Behrooz M. et al., 2012) digunakan.

$$bmep = \frac{2\dot{W}_b}{V_d \cdot \frac{N}{60}} \quad (4.2)$$

Dimana,

$bmep$ = tekanan berkesan min brek (N/m^2)

$\dot{W}_b$ = kuasa enjin (kW)

V_d = isipadu sesaran (m^3)

N = putaran per minit (rpm)

$$V_d = \left(\frac{\pi}{4}\right) B^2 S \quad (4.3)$$

Dimana,

V_d = isipadu sesaran (m^3)

B = diameter gerak atau lejang (m)

S = panjang lejang (m)

Oleh itu, jumlah isipadu sesaran untuk enjin ini adalah:

$$V_d = \left(\frac{\pi}{4}\right) B^2 S$$

$$V_d = \left(\frac{\pi}{4}\right) 0.07^2 0.055$$

$$V_d = 2.117 \times 10^{-4} m^3$$

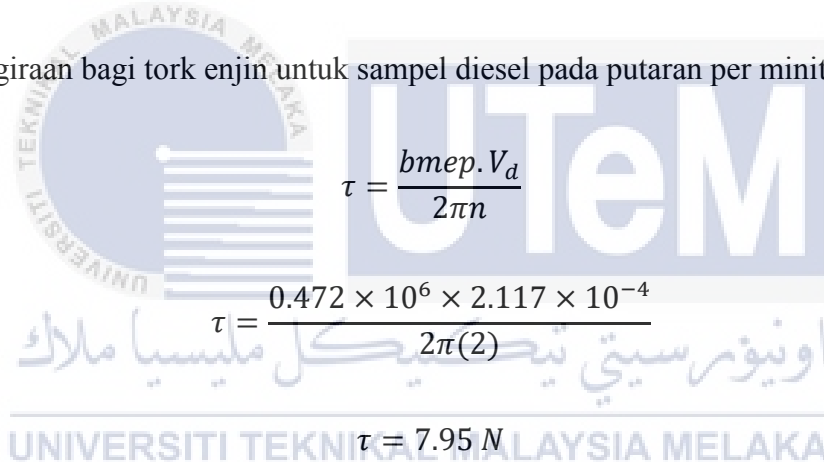
Dengan menggunakan persamaan 4.2, kuasa enjin dan putaran per minit enjin diambil dari spesifikasi enjin sebagaimana yang dinyatakan di bahagian 3.5 iaitu 2.5 kW untuk kuasa enjin dan 3000 untuk putaran per minit enjin. Oleh itu, tekanan berkesan min brek untuk enjin ini adalah:

$$bmep = \frac{2(2.5 \times 10^3)}{2.117 \times 10^{-4} \left(\frac{3000}{60}\right)}$$

$$bmep = 0.472 \text{ MPa}$$

Jumlah isipadu sesaran dan tekanan berkesan min brek dimasukkan dalam Formula 4.1 untuk mengira tork enjin.

Contoh pengiraan bagi tork enjin untuk sampel diesel pada putaran per minit pam 400 rpm.



$$\tau = \frac{bmep \cdot V_d}{2\pi n}$$

$$\tau = \frac{0.472 \times 10^6 \times 2.117 \times 10^{-4}}{2\pi(2)}$$

$$\tau = 7.95 \text{ N}$$

Dengan menggunakan nilai tork di atas, nilai kuasa enjin dikira menggunakan Formula 4.4. (Behrooz M. et al., 2012)

$$\dot{W} = \frac{2\pi N\tau}{60} \quad (4.4)$$

Dimana,

$\dot{W}$ = kuasa enjin (kW)

N = kelajuan enjin (rpm)

τ = tork enjin (Nm)

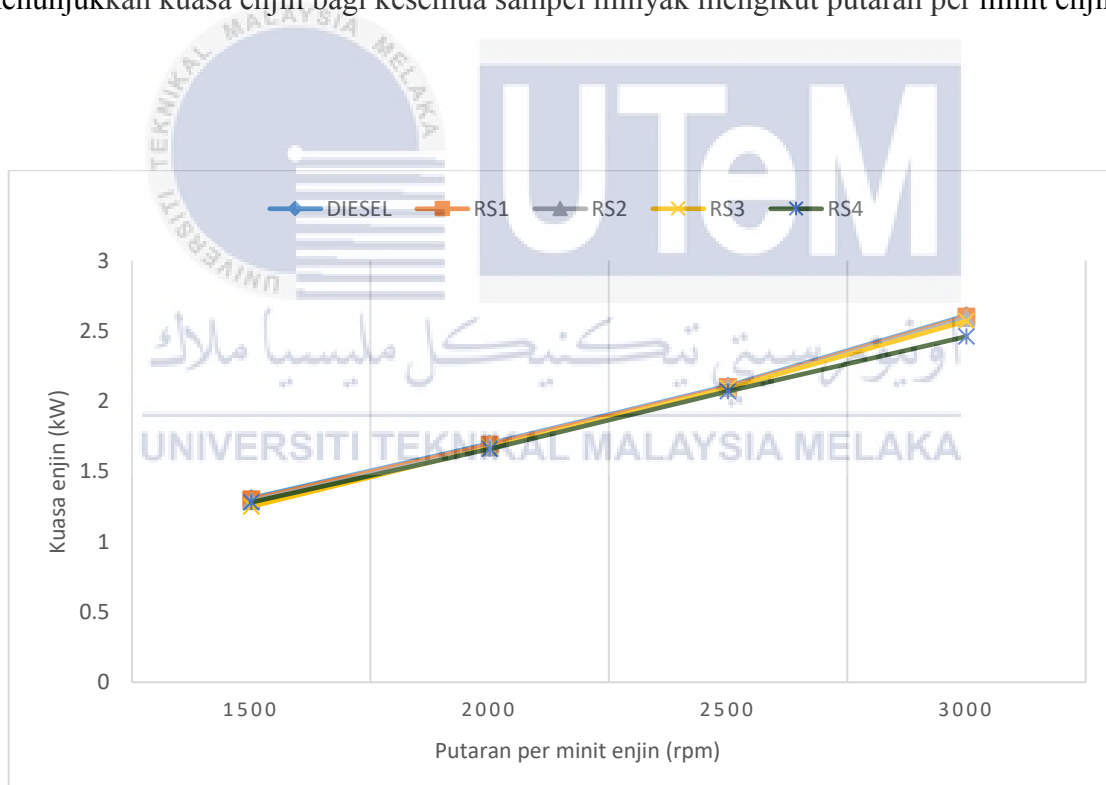
Dengan menggunakan Formula 4.3, kuasa enjin untuk sampel diesel pada putaran per minit untuk pam 400 rpm adalah:

$$\dot{W} = \frac{2\pi N\tau}{60}$$

$$\dot{W} = 2\pi\left(\frac{1570.0}{60}\right)(7.95)$$

$$\dot{W} = 1.31 \text{ kW}$$

Pengiraan untuk mencari kuasa enjin akan diulang mengikut data bagi putaran per minit bagi enjin untuk setiap sampel minyak dan juga mengikut putaran per minit bagi pam. Rajah 4.8 menunjukkan kuasa enjin bagi kesemua sampel minyak mengikut putaran per minit enjin.



Rajah 4.8: Putaran Per Minit Enjin Terhadap Kuasa Enjin

Berdasarkan Rajah 4.8, dapat dilihat bahawa kuasa enjin bagi bahan api diesel adalah yang paling tinggi untuk semua putaran per minit enjin. Perubahan berlaku untuk semua sampel dimana kuasa enjin akan semakin menurun apabila nisbah minyak meningkat. Namun, perbezaannya tidak begitu ketara.

4.4.2 Penggunaan Bahan Api Tentu Brek

Untuk mencari penggunaan bahan api tentu brek, Formula 4.4 (Behrooz M. et al., 2012) digunakan.

$$Bsfc = \frac{\dot{m}_f}{bp} \quad (4.4)$$

Dimana,

$Bsfc$ = penggunaan bahan api tentu brek ($g/kW.h$)

$\dot{m}_f$ = kadar aliran bahan api ke dalam enjin (kg/h)

bp = kuasa brek (kW)

Berdasarkan formula di atas, untuk mengetahui nilai kecekapan haba brek, kuasa brek perlu dikira terlebih dahulu. Oleh itu, Formula 4.5 (Behrooz M. et al., 2012) digunakan untuk mengira kuasa brek.

$$bp = \frac{2\pi N\tau}{60 \times 100} \quad (4.5)$$

Dimana,

bp = kuasa brek (kW)

N = kelajuan enjin (rpm)

τ = tork enjin (Nm)

Berdasarkan persamaan 4.5, nilai kuasa brek untuk setiap sampel minyak akan berbeza kerana nilai kelajuan enjin atau putaran per minit untuk enjin berbeza.

Contoh pengiraan kuasa brek untuk sampel minyak RS1 pada putaran per minit pam 400 rpm.

$$bp = \frac{2\pi N\tau}{60 \times 100}$$

$$bp = \frac{2\pi(1562.5)(7.95)}{60 \times 1000}$$

$$bp = 1.30 \text{ kW}$$

Manakala, untuk mengetahui nilai kadar aliran bahan api ke dalam enjin pula, formula (4.6) digunakan.

$$\dot{m}_f = \frac{(V_b - V_a) \times 3600}{1000} \quad (4.6)$$

$\dot{m}_f$ = kadar aliran bahan api ke dalam enjin (kg/h)

V_b = isipadu air sebelum ujian (ml/s)

V_a = isipadu air selepas (ml/s)

Dengan menggunakan persamaan di atas, nilai kadar aliran bahan api ke dalam enjin untuk sampel minyak RS1 pada kelajuan putaran per minit pam 400 adalah:

$$\dot{m}_f = \frac{(V_b - V_a) \times 1000}{3600}$$

$$\dot{m}_f = \frac{\left(\frac{360}{180} - \frac{350}{180}\right) \times 1000}{3600}$$

$$\dot{m}_f = 0.02 \text{ kg/h}$$

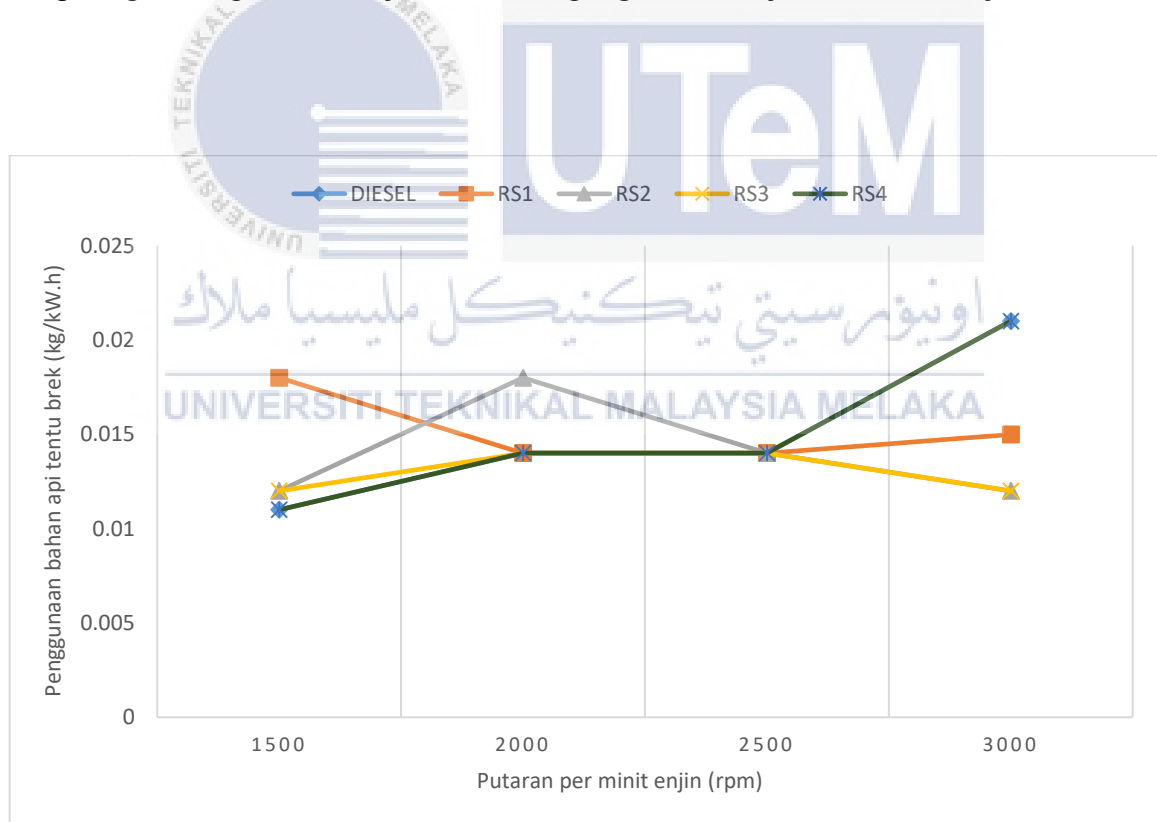
Oleh itu, dengan menggunakan nilai kadar aliran bahan api ke dalam enjin dan kuasa brek, nilai penggunaan bahan api tentu brek dapat diselesaikan menggunakan formula (4.4)

$$Bsfc = \frac{\dot{m}_f}{bp}$$

$$Bsfc = \frac{0.02}{1.3}$$

$$Bsfc = 0.015 \text{ kg/kW.h}$$

Langkah-langkah pengiraan yang ditunjukkan perlu diulang ke atas semua sampel minyak mengikut putaran per minit enjin. Hasil dari pengiraan ditunjukkan dalam Rajah 4.9.



Rajah 4.9: Putaran Per Minit Enjin Terhadap Penggunaan Bahan Api Tentu Brek

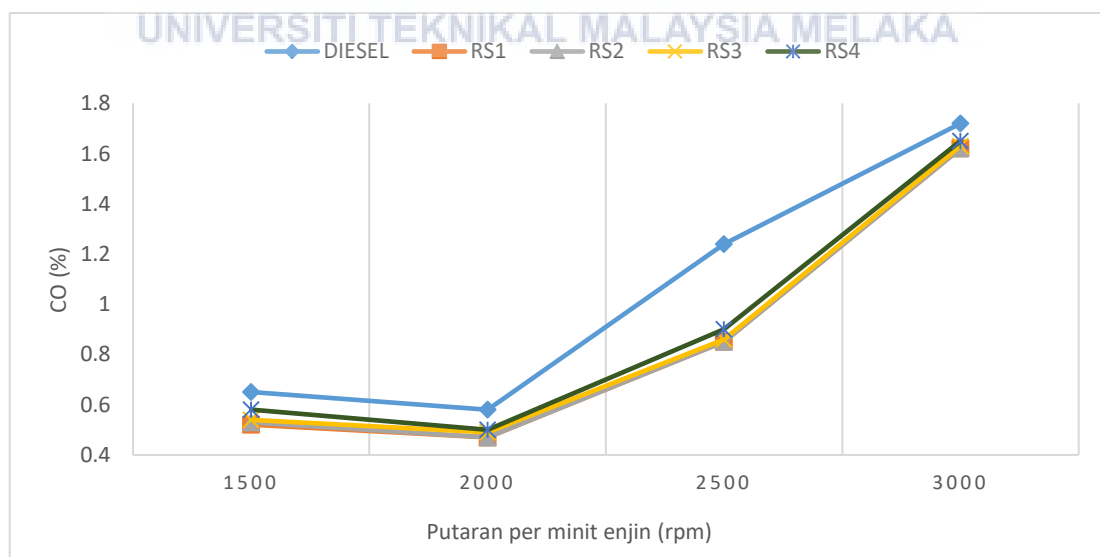
Berdasarkan Rajah 4.9, dapat dilihat bahawa penggunaan bahan api tentu brek bagi diesel adalah paling rendah pada putaran per minit enjin 1500 iaitu 0.011 kg/kW.h. Manakala, sampel RS1 dan RS3 menunjukkan bacaan yang paling tinggi pada putaran per minit pam 3000 iaitu 0.015 kg/kW.h. Pada permulaan pula, sampel RS2 dan RS3 mencatatkan bacaan paling rendah selepas diesel iaitu 0.012 kg/kW.h.

4.5 Pelepasan enjin

Gas pelepasan yang ingin diukur adalah karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂).

4.5.1 Karbon monoksida

Rajah 4.10 merupakan data bagi peratusan gas pelepasan bagi karbon monoksida (CO) untuk semua sampel mengikut putaran per minit enjin.

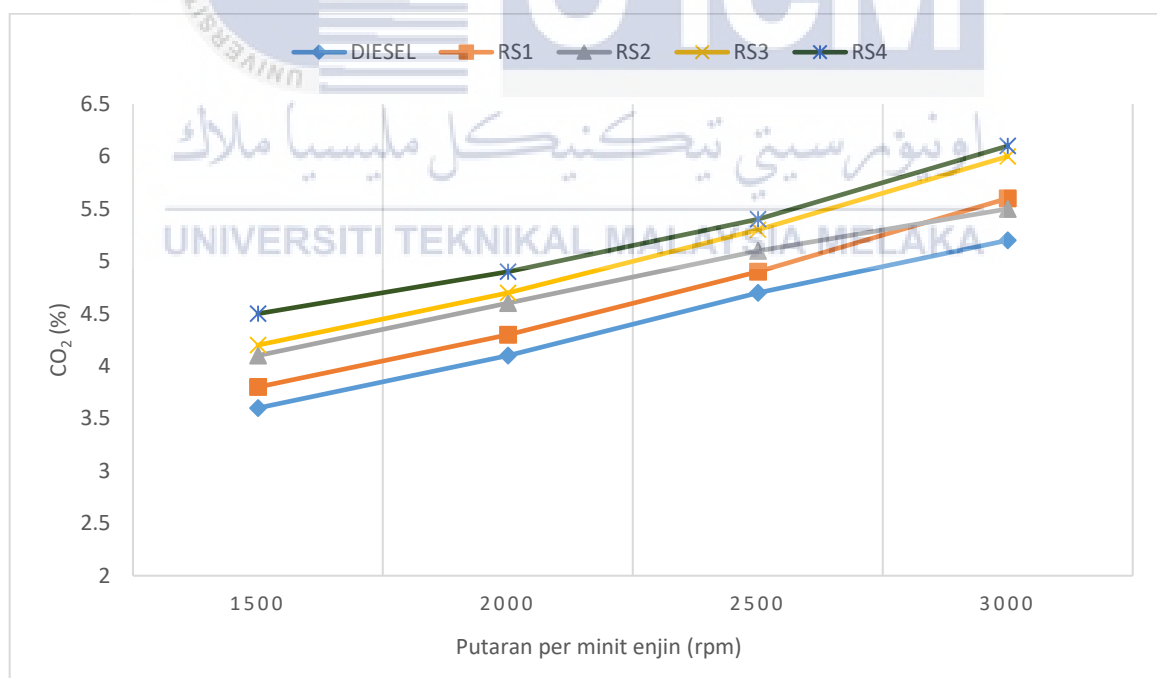


Rajah 4.10: Jumlah Peratus Gas CO untuk Setiap Sampel Mengikut Putaran Per Minit Enjin

Hasil Rajah 4.10 menunjukkan bahawa peratusan gas karbon monoksida bagi diesel adalah lebih tinggi berbanding semua sampel minyak dalam semua putaran per minit enjin. Manakala, pada 1500 rpm enjin, peratusan gas akan menurun sehingga mencapai 2000 rpm dan akan seterusnya meningkat secara mendadak bagi kesemua sampel minyak. Apabila nisbah minyak biji sesawi berkurang, jumlah peratusan gas karbon monoksida juga berkurang.

4.5.2 Karbon dioksida

Rajah 4.11 menunjukkan hasil eksperimen untuk peratusan gas pelepasan bagi karbon dioksida dalam semua putaran per minit enjin untuk kesemua sampel minyak.



Rajah 4.11: Jumlah Peratus Gas CO₂ untuk Setiap Sampel Mengikut Putaran Per Minit Enjin

Dari Rajah 4.11, dapat dilihat bahawa peratusan gas karbon dioksida akan semakin meningkat apabila putaran per minit bagi enjin meningkat. Manakala, nisbah untuk minyak biji sesawi juga mempengaruhi nilai peratusan gas CO₂ apabila kandungan minyak biji sesawi meningkat peratusan gas pelepasan juga meningkat.

Perbincangan

Ketumpatan minyak biji sesawi bergantung kepada komposisinya. Dalam eksperimen ini, ketumpatan campuran minyak biji sesawi dan diesel diambil dengan perubahan sebanyak 5% nisbah minyak biji sesawi untuk setiap sampel. Hasil kajian menunjukkan ketumpatan dari sampel RS1 sehingga RS4 meningkat sebanyak 0.14%. Hal ini kerana ketumpatan minyak biji sesawi lebih tinggi berbanding diesel iaitu 921 kg/m³ dan 830 kg/m³ bagi diesel. Kandungan karbon dan ikatan kembar yang tinggi merupakan antara punca ketumpatan minyak biji sesawi lebih tinggi. Oleh itu, ketumpatan minyak biji sesawi akan mempengaruhi nilai ketumpatan campuran minyak biji sesawi dan diesel.

Kelikatan kinematik merupakan sifat penting bagi mana-mana bahan api kerana ianya merupakan petunjuk bagi keupayaan bahan api itu mengalir. Berdasarkan eksperimen sebelum ini, nilai kelikatan kinematik bagi minyak biji sesawi adalah jauh lebih tinggi berbanding diesel iaitu masing-masing mencatatkan bacaan sebanyak 31.23 mm²/s dan 2.58 mm²/s. Kelikatan kinematik yang tinggi boleh menyebabkan kerosakan pada enjin. Oleh itu, campuran dengan diesel perlu dilakukan bagi mengurangkan kelikatan kinematik. Dalam kajian ini, perubahan kelikatan kinematik bagi sampel RS1 dan RS4 adalah sebanyak 1.64 mm²/s. Sama seperti ketumpatan, peningkatan ini berlaku kerana komposisi untuk minyak biji sesawi yang mempunyai kandungan karbon dan ikatan kembar yang tinggi berbanding diesel.

Untuk prestasi enjin pula, dapat dilihat bahawa kuasa enjin untuk sampel minyak RS4 adalah yang paling rendah kerana kandungan minyak biji sesawi yang tinggi berbanding sampel minyak yang lain iaitu 1.28 kW pada kelajuan enjin 1500 rpm. Kuasa enjin juga didapati akan terus berkurang apabila nisbah minyak biji sesawi meningkat dan kuasa enjin untuk bahan api diesel adalah yang paling tinggi iaitu 1.31 kW. Kuasa enjin juga akan meningkat untuk setiap sampel minyak apabila putaran per minit enjin dinaikkan. Kuasa enjin bagi sampel minyak yang mempunyai nisbah minyak biji sesawi yang tinggi adalah paling rendah disebabkan oleh nilai kelikatan yang tinggi untuk minyak biji sesawi yang akan menyebabkan proses penebulaan yang rendah untuk minyak biji sesawi terutama pada kedudukan pendikit yang rendah. Dalam keadaan ini, jumlah bahan api yang disuntik ke dalam kebuk pembakaran akan lebih sedikit.

Dari segi penggunaan bahan api tentu pula, diesel merupakan paling baik penggunaan bahan api tentu pada permulaan putaran per minit enjin. Manakala untuk pengakhirannya pula, sampel minyak RS2 dan RS4 dilihat paling kurang penggunaan bahan api untuk enjin. Keadaan ini berlaku disebabkan oleh sifat-sifat minyak biji sesawi yang tinggi kelikatan kinematik dan ketumpatannya daripada diesel. Kelikatan yang tinggi akan mengurangkan bahan api yang dibakar. Ditambah pula dengan ketumpatan minyak yang tinggi yang mempunyai zarah-zarah yang lebih padat akan memerlukan lebih tenaga untuk proses pembakaran.

Pelepasan gas karbon monoksida bergantung kepada kualiti pembakaran di dalam enjin. Bagi sampel yang mempunyai campuran minyak biji sesawi dan diesel dilihat melepaskan kurang peratusan gas karbon monoksida berbanding diesel. Pada putaran per minit enjin 1500, bahan api diesel telah menghasilkan 0.65% gas karbon monoksida manakala sampel minyak RS1, RS2, RS3 dan RS4 masing-masing mencatatkan bacaan sebanyak 0.52%, 0.53%, 0.54% dan 0.58%. Bacaan peratusan gas ini juga akan meningkat

apabila putaran per minit enjin dinaikkan. Bacaan bagi sampel yang mempunyai kandungan minyak biji sesawi rendah kerana nilai kelikatan yang tinggi bagi minyak tersebut telah mengurangkan proses semburan bahan api dan campurannya dengan udara juga turut terjejas.

Dalam kes gas pelepasan bagi karbon dioksida, didapati peratusan bagi gas tersebut semakin menaik seiring dengan kenaikan nisbah minyak biji sesawi. Hal ini berlaku kerana kelikatan merupakan faktor utama kenaikan itu berlaku. Kenaikan kelikatan kinematik akan menyebabkan pembakaran yang kurang cekap dan memberi kesan negatif terhadap proses mampatan dan pembakaran enjin. Ringkasnya, pelepasan gas karbon dioksida dilepaskan ke atmosfera akan berlebihan untuk nisbah campuran minyak biji sesawi yang tinggi.



BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan kajian ini, sifat-sifat hasil campuran minyak biji sesawi dan diesel akan meningkat seiring dengan peningkatan nisbah minyak biji sesawi. Sifat-sifat minyak biji sesawi yang tinggi nilai ketumpatan dan kelikatan kinematik berbanding diesel telah mempengaruhi hasil campuran tersebut. Prestasi enjin dan gas pelepasan juga berbeza untuk setiap sampel. Manakala, sampel minyak RS1 dilihat paling baik berbanding sampel-sampel yang lain. Ini kerana sampel minyak ini paling kurang nisbah minyak biji sesawi yang telah menyebabkan prestasi enjin dan gas pelepasan untuk sampel minyak ini hampir sama dengan bahan api diesel.

5.2 Cadangan

Dari eksperimen ini dapat dilihat bahawa sifat-sifat sesuatu cecair merupakan elemen penting yang perlu dititikberatkan sebelum digunakan ke atas sesuatu enjin. Ini penting bagi mengelakkan kerosakan pada enjin. Oleh itu, sifat-sifat lain seperti takat kilat dan muatan haba tentu juga penting dan perlu dikenalpasti terlebih dahulu sebelum melakukan ujian ke atas enjin. Namun ketumpatan dan kelikatan merupakan sifat asas yang perlu diketahui.

Prestasi enjin bergantung kepada jenis bahan api yang digunakan. Untuk kajian akan datang, selain kuasa enjin dan penggunaan bahan api, prestasi enjin yang lain juga perlu bagi menentukan kesesuaian bahan api tersebut ke atas enjin. Manakala untuk gas pelepasan

pula, gas-gas lain yang dilepaskan melalui ekzos enjin perlu diukur selain karbon monoksida dan karbon dioksida. Gas seperti nitrik oksida (NO) dan hidrokarbon (HC) merupakan antara gas pelepasan dari enjin.



RUJUKAN

Ahmad, M. H., N. Tamaldin, A. K. M. Yamin, and S. C. Lee. 2015. "Experimental Validation of Single Cylinder Diesel Engine Using Engine Simulation Tools." (March):21–22.

Behrooz M., David C. (2012) Vehicle Powertrain Systems: Integration and Optimization (1st ed.). United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd.

Çelikten, İsmet, Emre Mutlu, and Hamit Solmaz. 2012. "Variation of Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fueled with Diesel, Rapeseed Oil and Hazelnut Oil Methyl Ester Blends." *Renewable Energy* 48(x):122–26.

Chavan, Mallesh, H. K. Amarnath, and O. D. Hebbal. 2014. "Experimental Investigation on Performance, Emission and Combustion Characteristics of Single Cylinder Diesel Engine Running on Desert Date (Balanites Aegyptiaca) Biodiesel." 3(8):1352–58.

Corsini, A., A. Marchegiani, F. Rispoli, F. Sciulli, and P. Venturini. 2015. "Vegetable Oils as Fuels in Diesel Engine. Engine Performance and Emissions." *Energy Procedia* 81:942–49.

Corsini, Alessandro, Giacomo Fanfarillo, Franco Rispoli, and Paolo Venturini. 2015. "Pollutant Emissions in Common-Rail Diesel Engines in Extraurban Cycle: Rapeseed Oils vs Diesel Fuel." *Energy Procedia* 82:141–48.

Giuliano Albo, P. A. et al. 2017. "Density, Viscosity and Specific Heat Capacity of Diesel Blends with Rapeseed and Soybean Oil Methyl Ester." *Biomass and Bioenergy* 96:87–95.

Gunstone, F. (2009). *Rapeseed and Canola oil: Production, processing, properties and uses*.
Diambil dari

https://books.google.com.my/books?id=Mz98CP27RLgC&pg=PA221&dq=rapeseed+oil&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true

Hazar, Hanbey and Hüseyin Aydın. 2010. "Performance and Emission Evaluation of a CI Engine Fueled with Preheated Raw Rapeseed Oil (RRO)– Diesel Blends." *Applied Energy* 87(3):786–90.

He, Y. and Y. D. Bao. 2003. "Study on Rapeseed Oil as Alternative Fuel for a Single-Cylinder Diesel Engine." *Renewable Energy* 28(9):1447–53.

Ioana Stanciu. 2012. "Viscosity Indices of Rapeseed Oil." *J. Chem. Chem. Eng* 6:668–71.

Jamaludin, Mohd Zaini, Safarudin Gazali Herawan, and Yusmady Mohamed Arifin. 2015. "Performance and Emission Evaluation of Castor Blends Biodiesel in Single Cylinder Diesel Engine Dynamometer." *Jurnal Teknologi* 77(21):91–95.

Labeckas, Gvidonas and Stasys Slavinskas. 2006. "Performance of Direct-Injection off-Road Diesel Engine on Rapeseed Oil." *Renewable Energy* 31(6):849–63.

Laza, T. and Á. Bereczky. 2011. "Basic Fuel Properties of Rapeseed Oil-Higher Alcohols Blends." *Fuel* 90(2):803–10.

Lo, E. J., J. San Jose, and J. A. Lo. 2006. "Combustion of Rapeseed Oil and Diesel Oil Mixtures for Use in the Production of Heat Energy." 87:97–102.

M. Takata. (2008). *The Development and Current Issues of the Malaysia Palm Oil Industry*.

Nwafor, M. I. and G. Rice. 1996. "Performance of Rapeseed Oil Blends in a Diesel Engine." 54(4):345–54.

Ramadhas, A. S., C. Muraleedharan, and S. Jayaraj. 2005. "Performance and Emission Evaluation of a Diesel Engine Fueled with Methyl Esters of Rubber Seed Oil." *Renewable Energy* 30(12):1789–1800.

Robert C. (2011). *Energy past, present and future (Fossil Fuel)*. The Rosen Publishing Group, Chapter 1: Petroleum, Page 1. Diambil dari https://books.google.com.my/books?id=oNb9724hDYcC&printsec=frontcover&dq=fossil+fuels+production&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=fossil%20fuels%20production&f=false

SAWAKI, Takashi, Yukinori SHIBUYA, Yusuke MIYATA, and Noboru NOGUCHI. 2010. "Application of Rapeseed Oil to a Diesel Engine." *IFAC Proceedings Volumes* 43(26):215–18.

Tverberg, G. (2010, July 6). *What happens when oil and other fossil fuels deplete*. Diambil dari <http://oilprice.com/Energy/Energy-General/What-Happens-When-Oil-And-Other-Fossil-Fuels-Deplete.html>

Tverberg, G. (2012, December 20). *Why world coal consumption keeps rising; what economists missed*. Diambil dari <https://ourfiniteworld.com/2012/12/19/why-world-coal-consumption-keeps-rising-what-economists-missed/comment-page-1/>

Tverberg, G. (2013, March 21). *Why Renewables can't fix our energy problem*. Diambil dari <http://www.economywatch.com/economy-business-and-finance-news/why-renewables-cant-fix-our-energy-problem.21-03.html>

(2016, November 13). *What is rapeseed oil?* Diambil dari
<http://www.rapeseedoilbenefits.com/guide-rapeseed-oil/what-is-rapeseed-oil/>



LAMPIRAN A

Ketumpatan bagi Setiap Sampel Minyak

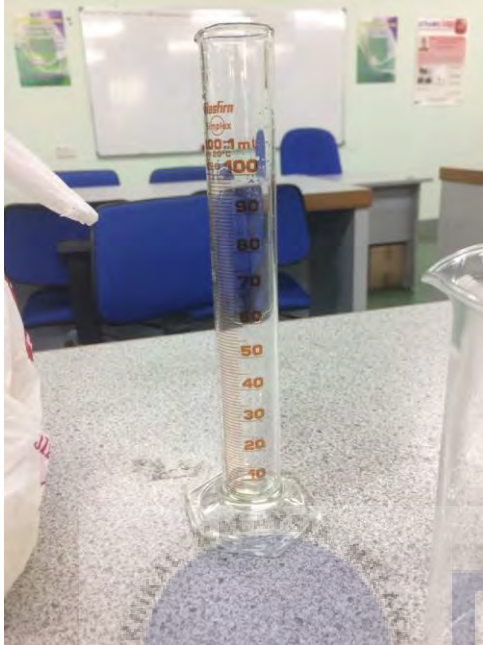
Sampel minyak	Ketumpatan (kg/m^3) pada suhu 15°C
DIESEL	830
RS1 (5% minyak biji sesawi, 95% diesel)	849
RS2 (10% minyak biji sesawi, 90% diesel)	853
RS3 (15% minyak biji sesawi, 85% diesel)	859
RS4 (20% minyak biji sesawi, 80% diesel)	863



اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

LAMPIRAN B



Alat yang digunakan untuk
proses campuran minyak



Nisbah minyak biji sesawi
sebelum dicampurkan dengan

اونيورسي تيكنيكل مليسيا ملاك diesel

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA



Spesifikasi enjin

Beban enjin yang telah

ditetapkan iaitu 20 bar



اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

LAMPIRAN C

Carta Gantt untuk PSM 1

Aktiviti/ bulan/ minggu (M)	SEPTEMBER				OKTOBER				NOVEMBER				DISEMBER	
	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15
Perbincangan tajuk PSM														
Memilih tajuk PSM														
Kajian literatur untuk PSM														
Metodologi menjalankan kajian														
Penyerahan Laporan Kemajuan 1														
Penyerahan Laporan Akhir PSM 1														

اونيورسيتي تيكنيكل مليسيا ملاك

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

LAMPIRAN D

Carta Gantt untuk PSM 2

Aktiviti	Bulan	FEBRUARI				MAC				APRIL				MEI				JUN	
	Minggu	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
Kemajuan projek dan kajian																			
Melakukan kajian ke atas sampel minyak																			
Penyerahan laporan kemajuan																			
Perbincangan																			
Kesimpulan																			
Penyerahan laporan akhir																			
Seminar dan pembentangan kajian																			