

**PRESTASI DAN EMISI ENJIN DIESEL MENGGUNAKAN MINYAK
MASAK TERPAKAI PRA-PEMANASAN SEBAGAI BAHAN API**

FATIN AFIQAH BINTI JOHARI

UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA

**PRESTASI DAN EMISI ENJIN DIESEL MENGGUNAKAN MINYAK
MASAK TERPAKAI PRA-PEMANASAN SEBAGAI BAHAN API**

FATIN AFIQAH BINTI JOHARI

**Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian syarat
penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal
(Termal-Bendalir) dengan Kepujian**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

JUN 2015

PENGESAHAN PENYELIA

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir) dengan Kepujian”

Tandatangan :

Penyelia : MD ISA BIN ALI

Tarikh :

PENGAKUAN

"Saya dengan ini mengisytiharkan bahawa tesis ini adalah ditulis oleh saya dan atas usaha saya sendiri kecuali idea-idea dan ringkasan yang saya ambil telah diperjelaskan sumber-sumber mereka."

Tandatangan :

Penulis : FATIN AFIQAH BINTI JOHARI

Tarikh :

Istimewa buat,

Pencik Johari Bin Ahmad dan Puan Shahiran Binti Mohd Noor,

Keluarga tercinta,

Para pensyarah yang disayangi,

Rakan-rakan yang dikasihi.

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah, yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasihani, syukur ke hadrat Ilahi kerana memberikan saya kekuatan, keazaman dan kesabaran untuk menyiapkan Projek Tahun Akhir. Jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada keluarga saya yang sentiasa memberi kata-kata semangat dan sokongan yang tidak berbelah bahagi untuk saya meneruskan pengajian saya hingga tamat. Saya juga ingin merakamkan ucapan terima kasih saya kepada Encik Md Isa bin Ali selaku penyelia Projek Tahun Akhir saya di atas tunjuk ajar, bimbingan serta bantuan yang diberikan sepanjang tempoh penyiapan projek ini. Sekalung penghargaan buat Pembantu Makmal dan Penolong Jurutera iaitu En. Ismail, En. Junaidi, En. Razmi dan lain-lain di atas pertolongan dan tunjuk ajar yang diberikan sepanjang tempoh kajian ini dilakukan. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang sentiasa memberi sokongan moral dan kenangan manis sepanjang pengajian saya di sini. Akhir sekali, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Universiti Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) kerana memberi peluang kepada saya untuk melengkapkan tesis ini sebagai salah satu syarat untuk menggenggam ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal khusus dalam Terma-Bendalir. Hanya Yang Maha Esa sahaja yang dapat membalas jasa-jasa kalian.

ABSTRAK

Pembuangan minyak masak terpakai (MMT) adalah salah satu masalah pencemaran alam sekitar yang serius di Malaysia. Atas kesedaran ini, pengumpulan minyak masak terpakai sedang giat dijalankan di rata-rata negeri untuk diperbaharui semula. Pada masa yang sama, kajian terhadap minyak masak terpakai iaitu sejenis minyak sayuran yang boleh dimakan telah digunakan sebagai bahan api alternatif untuk enjin diesel. Dalam kajian ini, kelikatan minyak masak terpakai dikurangkan dengan menggunakan kaedah pra-pemanasan. Prestasi dan emisi ekzos pada enjin diesel satu silinder diuji menggunakan diesel dan minyak masak terpakai pra-pemanasan pada suhu 176 °C. Prestasi enjin seperti daya kilas dan kuasa brek meningkat apabila beban semakin meningkat. Penggunaan bahan api tentu brek (BSFC) semakin berkurang apabila beban bertambah. Emisi bagi CO₂ yang dihasilkan oleh diesel lebih tinggi berbanding pra-pemanasan minyak masak terpakai. Pembakaran diesel adalah pembakaran yang lengkap berbanding pra-pemanasan minyak masak terpakai kerana kandungan CO₂ yang tinggi. Pengeluaran HC bagi pra-pemanasan minyak masak terpakai adalah lebih tinggi berbanding diesel. Daripada keputusan yang diperolehi, kesimpulan yang boleh dibuat adalah kajian eksperimen terhadap pra-pemanasan minyak masak terpakai yang dipanaskan pada suhu tertentu boleh digunakan sebagai pengganti bahan api diesel untuk operasi enjin tanpa sebarang modifikasi yang besar pada enjin.

ABSTRACT

Disposal of waste cooking oil is one of the serious environmental pollution problem in Malaysia. Realizing this importance, the waste cooking oil are being collected in all state for recycle purpose. In the present work, research on waste cooking oil which is a type of edible vegetable oils have been used as an alternative fuel for diesel engines. In this study, the viscosity of waste cooking oil is reduced by using preheating method. The performance and exhaust emission of a single cylinder diesel is evaluated using diesel and preheating waste cooking oil at temperature 176 °C. The enjin performance such as torque and break power is increase as the load increases. Brake specific fuel consumption (BSFC) is decreased as the load increases. The emission of CO₂ which generated by diesel is more higher than preheated waste cooking oil. The HC emission for preheating waste cooking oil is higher than diesel. From the results obtained, conclusions can be drawn is experimental study on used cooking oil pre-heating is heated at a certain temperature can be used as a substitute fuel for diesel without any major modification on the diesel engine.

SENARAI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SINGKATAN	xiii
BAB 1	PENDAHULUAN	
	1.1 Latar Belakang Kajian	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Penyataan Masalah	2
	1.4 Skop Kajian	3
	1.5 Kelebihan Kajian	4
BAB 2	KAJIAN ILMIAH	
	2.1 Pendahuluan	5
	2.2 Enjin Diesel	5
	2.3 Minyak Masak	7
	2.4 Minyak Masak Terpakai	7
	2.5 Sifat-sifat Minyak Masak Terpakai dan Diesel	8
	2.6 Sifat-sifat Bahan Api	8
	2.6.1 Kelikatan	8

2.6.2	Ketumpatan	9
2.6.3	Nilai Kalori	9
2.7	Kaedah-kaedah Mengurangkan Kelikatan MMT	9
2.7.1	Transesterifikasi	10
2.7.2	Campuran	11
2.7.3	Pra-pemanasan	11
2.8	Ciri-ciri Prestasi Enjin	13
2.8.1	Kuasa Brek	13
2.8.2	Penggunaan Bahan Api Brek Tentu (BSFC)	14
2.8.3	Daya Kilas dan Kuasa	14
2.9	Emisi Gas Ekzos	15
2.9.1	Oksida Nitrogen (NO _x)	16
2.9.2	Hidrokarbon	16
2.9.3	Karbon Dioksida (CO ₂)	17

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Pendahuluan	18
3.2	Penyediaan Sampel MMT	18
3.2.1	Proses Penapisan MMT	19
3.3	Peralatan Uji Kaji Kelikatan	20
3.3.1	Meter Likat	21
3.4	Radas dan Peralatan Uji Kaji Prestasi dan Emisi	22
3.5	Pelantar Enjin Diesel	23
3.5.1	Spesifikasi Enjin Diesel	25
3.6.	Tangki Penyimpan Bahan Api	26
3.7	Sistem Tangki Pemanas	26
3.8	Meter Alir	28
3.9	Penganalisa Gas Ekzos	28
3.10	Takometer	30
3.11	Beban	31
3.12	Prosedur Pengujian Prestasi dan Emisi Enjin	32
3.13	Carta Alir Uji Kaji	33
3.14	Parameter Yang Dikaji	33
3.14.1	Kaedah Pengukuran Daya Kilas	33

3.14.2	Kaedah Pengukuran Kuasa Brek	34
3.14.3	Penggunaan Bahan Api Tentu Brek (BSFC)	35
3.14.4	Emisi Enjin	35
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pendahuluan	36
4.2	Kesan Suhu Ke Atas Kelikatan MMT	36
4.3	Data Prestasi Enjin	39
4.3.1	Jadual Keputusan Kajian	39
4.4	Analisis Graf Keputusan Kajian	40
4.4.1	Daya Kilas	41
4.4.2	Kuasa Brek	42
4.4.3	Penggunaan Bahan Api Tentu Brek (BSFC)	43
4.5	Keputusan Kadar Emisi Ekzos Enjin Diesel	44
4.5.1	Karbon Dioksida (CO ₂)	44
4.5.2	Hidrokarbon (HC)	45
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Cadangan	
RUJUKAN		50
BIBLIOGRAFI		
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		
LAMPIRAN C		

SENARAI JADUAL

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Perbandingan Sifat-Sifat Bahan Api Untuk MMT Dan Diesel	8
3.1	Spesifikasi Meter Likat	22
3.2	Spesifikasi Enjin Diesel	25
3.3	Sifat-Sifat MMT	27
3.4	Spesifikasi Enjin Diesel	29
4.1	Data Kesan Suhu Ke Atas Kelikatan MMT	37
4.2	Keputusan Prestasi Enjin Untuk Diesel Pada Beban Yang Berbeza	39
4.3	Keputusan Prestasi Enjin Untuk MMT Pada Beban Yang Berbeza	40

SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Lukisan Skematik Enjin Dua Lejang	6
2.2	Lukisan Skematik Enjin Empat Lejang	6
2.3	Proses Transesterifikasi	11
2.4	Kesan Suhu Kepada Kelikatan	12
3.1	MMT	19
3.2	Diesel	19
3.3	Peralatan Untuk Proses Penapisan MMT	20
3.4	Bendasing Yang Ditapis Pada Kertas Turas	20
3.5	Meter Likat Brookfield	21
3.6	Pelantar Enjin Diesel Sebelum Diubahsuai	23
3.7	Pelantar Enjin Yang Siap Diubahsuai	24
3.8	Enjin Diesel Model Km170f Diesel Enjin	25
3.9	Tangki Simpanan MMT Dan Tangki Pemanas	25
3.10	Alat-Alat Pengawal Suhu Tangki	27
3.11	Alat Untuk Mengawal Suhu Yang Telah Siap Dipasang	27
3.12	Penganalisa Gas Ekzos	28
3.13	Takometer	30
3.14	Tolok Tekanan	31
3.15	Kuasa Penyembur TG-45 Pam Hidraulik	31
3.16	Carta Alir Uji Kaji	33
4.1	Kesan Suhu Ke Atas Kelikatan MMT	37
4.2	Daya Kilas Melawan Beban Untuk Diesel Dan MMT	41
4.3	Kuasa Brek Melawan Beban Bagi Diesel Dan MMT	42
4.4	Penggunaan Bahan Api Tentu Brek (BSFC) Melawan Beban Bagi Diesel Dan MMT	43

4.5	Emisi Karbon Dioksida Melawan Beban Bagi Diesel Dan MMT	44
4.6	Emisi Hidrokarbon Melawan Beban Bagi Diesel Dan MMT	45

SENARAI SINGKATAN

ASTM	=	<i>America Society for Testing Materials</i>
BSFC	=	Penggunaan Bahan Bakar Brek Tentu
CO ₂	=	Karbon Dioksida
HC	=	Hidrokarbon
MMT	=	Minyak Masak Terpakai
RPM	=	Revolusi Per Minit
UCME	=	<i>Used Cooking Methyl Ester</i>
NO _x	=	Nitrogen Oksida

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Kajian

Idea untuk menggunakan minyak sayuran sebagai bahan api bermula sejak tahun 1893 apabila enjin diesel mula diperkenalkan. Enjin diesel dinamakan sempena nama penciptanya, seorang rakyat Jerman, Rudolf Diesel. Beliau membina enjin diesel yang pertama pada tahun 1897 yang dijanakan dengan minyak kacang tanah.

Pada setiap tahun, beribu ton MMT daripada hotel-hotel dan restoran-restoran disalurkan ke dalam sungai-sungai dan tapak pelupusan dimana telah menimbulkan masalah pencemaran. Sebaliknya, MMT ini boleh digunakan secara efektif sebagai bahan api diesel apabila kelikatannya dikurangkan menggunakan beberapa kaedah.

Kajian ini dijalankan bagi mengkaji prestasi enjin diesel dengan penggunaan MMT pra-pemanasan sebagai bahan api. Selain itu, beberapa parameter bagi prestasi akan dibandingkan dengan penggunaan diesel. Kadar emisi yang terhasil selepas penggunaan MMT juga akan dibandingkan dengan diesel. Persepsi umum adalah bahawa suhu pemanasan yang lebih tinggi akan mengurangkan kelikatan MMT sekaligus akan meningkatkan prestasi enjin. Bahan api yang mempunyai suhu yang tinggi berkemungkinan mempunyai kesan buruk terhadap bahagian '*closefitting*' kerana biasanya enjin diesel berjalan dengan minyak yang dibekalkan pada suhu sekeliling. Oleh itu, MMT perlu dipanaskan kepada suhu yang cukup tinggi untuk menghasilkan kelikatan yang sama dengan diesel tetapi tidak begitu tinggi sehingga merosakkan sistem suntikan.

1.2. Objektif

Matlamat kajian ini adalah untuk menjalankan ujian terhadap enjin diesel menggunakan minyak masak terpakai yang melalui proses pra-pemanasan. Simulasi makmal akan terdiri daripada beberapa eksperimen bagi mencapai objektif kajian ini. Objektif kajian ini adalah seperti berikut:

- i. Mengenalpasti suhu yang menghasilkan kelikatan yang hampir sama dengan diesel.
- ii. Mengkaji prestasi enjin dan ciri-ciri emisi ekzos menggunakan minyak masak terpakai pra-pemanasan sebagai bahan api.

1.3. Penyataan Masalah

Mutakhir ini, isu pencemaran alam sekitar merupakan satu isu global yang rancak diperkatakan. Seiringi dengan pembangunan yang kian pesat dan kemajuan sektor industri yang semakin mendapat nama di mata dunia, terdapat satu pencemaran yang dipandang ringan oleh masyarakat. Masalah pembuangan minyak masak terpakai yang datang dari rumah, restoran atau gerai-gerai di tepi jalan semakin berleluasa.

Tabiat membuang sisa minyak masak terpakai ke dalam longkang adalah lazim. Hal ini mendatangkan kesan yang buruk pada alam sekitar. Jika minyak masak yang telah digunakan dituang ke dalam singki, ia akan mengalir ke longkang dan menyebabkan longkang tersumbat dengan pepejal minyak yang mengeras secara tidak langsung akan mengakibatkan penumbuhan alga dinding longkang dan menghasilkan bau yang tidak menyenangkan. Syarikat-syarikat bekalan air juga perlu membelanjakan sejumlah besar wang untuk menyelenggara sistem pembersihan air, longkang-longkang yang tersumbat dan busuk.

Selain itu, lambakan minyak masak ke tanah juga menyebabkan pencemaran alam sekitar. Keadaan ini berlaku disebabkan oleh kepekatan minyak masak terpakai yang tinggi sehingga boleh menghalang proses fotosintesis. Akibatnya, tumbuh-

tumbuhan mengalami perubahan warna seterusnya tanah menjadi tidak subur. Kehilangan kesuburan tanah mengganggu aktiviti pertanian khususnya bagi golongan petani yang sumber pendapatannya hasil daripada aktiviti tersebut.

Dalam industri makanan, bahan makanan digoreng dengan menggunakan kaedah '*deep frying*' sehingga minyak masak diperlukan dalam kuantiti yang banyak. Hal ini menyebabkan kos penghasilan sesuatu makanan menjadi tinggi. Oleh itu, bagi mengelakkan kos yang tinggi, minyak tersebut digunakan berulang kali sehingga menjadi rosak. Natiujahnya, minyak yang rosak akan menyebabkan masalah kesihatan kepada para pengguna seperti barah usus, cirit-birit dan sebagainya.

Antara penyelesaian untuk mengatasi masalah kesihatan ini adalah minyak masak terpakai boleh dijadikan sebagai salah satu bahan api alternatif bagi menggantikan diesel untuk enjin diesel. Walau bagaimanapun, minyak masak mempunyai kelikatan yang tinggi untuk digunakan sebagai bahan api. Kelikatan yang tinggi boleh menimbulkan masalah pada enjin contohnya penapis tersumbat dan memperlambatkan pembakaran dalam enjin. Selain itu, kandungan bebas asid lemak adalah lebih tinggi dalam minyak masak terpakai. Melalui proses pra-pemanasan, molekul minyak masak terpakai akan mudah meruap dan seterusnya memiliki kelikatan yang sesuai untuk digunakan dalam enjin.

1.4. Skop Kajian

- i. Kesan suhu terhadap kelikatan MMT ditentukan.
- ii. Tentukan suhu dimana kelikatan MMT adalah sama atau menghampiri dengan kelikatan kinematik diesel pada suhu 40 °C.
- iii. Bagi menguji prestasi, kelajuan putaran enjin (rpm) ditetapkan kepada 1500 rpm dengan beban yang berbeza (0, 10, 20 dan 30) bar.
- iv. Mengkaji prestasi dan emisi enjin diesel yang beroperasi menggunakan diesel dan minyak masak terpakai yang melalui proses pra-pemanasan.
- v. Membandingkan hasil uji kaji prestasi dan emisi di antara diesel dan MMT.

1.5. Kelebihan Kajian

Minyak masak boleh menyebabkan pencemaran pada alam sekitar jika tidak dirawat menggunakan kaedah yang betul. Walau bagaimanapun, MMT adalah pilihan yang komersial untuk menghasilkan diesel.

MMT menghasilkan sifat-sifat yang menarik kerana ia boleh ditukar kepada biodiesel. Selain itu, minyak masak terpakai boleh didapati dengan harga yang rendah berbanding dengan minyak sayuran. Jika MMT digunakan sebagai bahan api, Malaysia dapat mengurangkan masalah pencemaran alam sekitar dengan efektif dan berkesan. Selain itu, penggunaan MMT sebagai bahan api alternatif dalam enjin diesel bukan sahaja merupakan satu penyelesaian yang lestari pada pelupusan minyak tetapi juga untuk pengurangan krisis bahan api. (Kalam *et al.* 2011).

Penggunaan semula MMT bukan sahaja dapat mengurangkan beban kerajaan dalam melupuskan sisa, tetapi dapat mengekalkan pembetungan awam dan merawat sisa berminyak sekaligus dapat mengurangkan kos pengeluaran bahan api.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pendahuluan

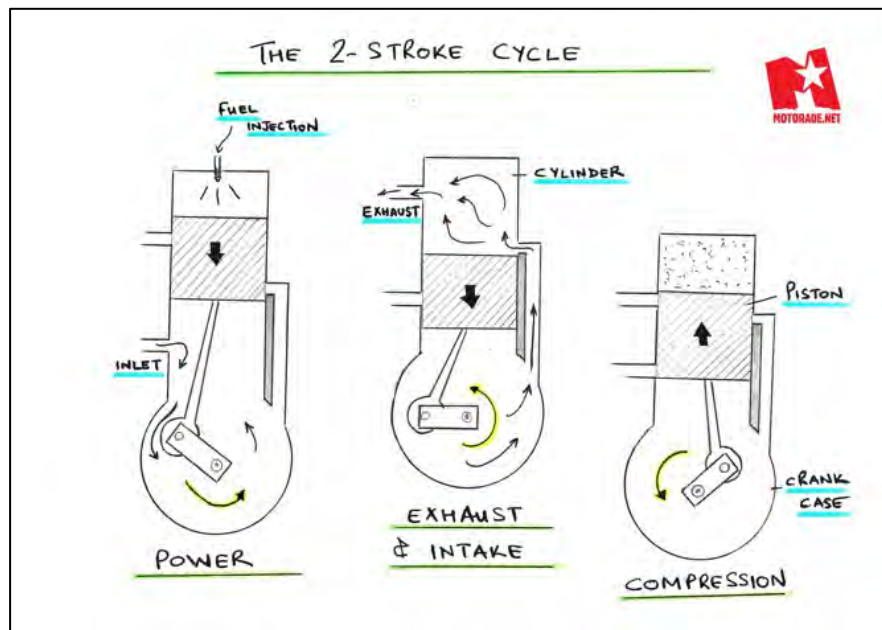
Bab ini menerangkan tentang gambaran keseluruhan mengenai enjin diesel, kaedah penukaran minyak sayuran yang boleh dimasak kepada diesel, ciri-ciri parameter untuk diesel, ciri-ciri MMT, prestasi dan emisi enjin diesel. Ringkasan mengenai kajian terdahulu mengenai penggunaan MMT sebagai bahan api juga dibincangkan dalam bab ini.

2.2. Enjin Diesel

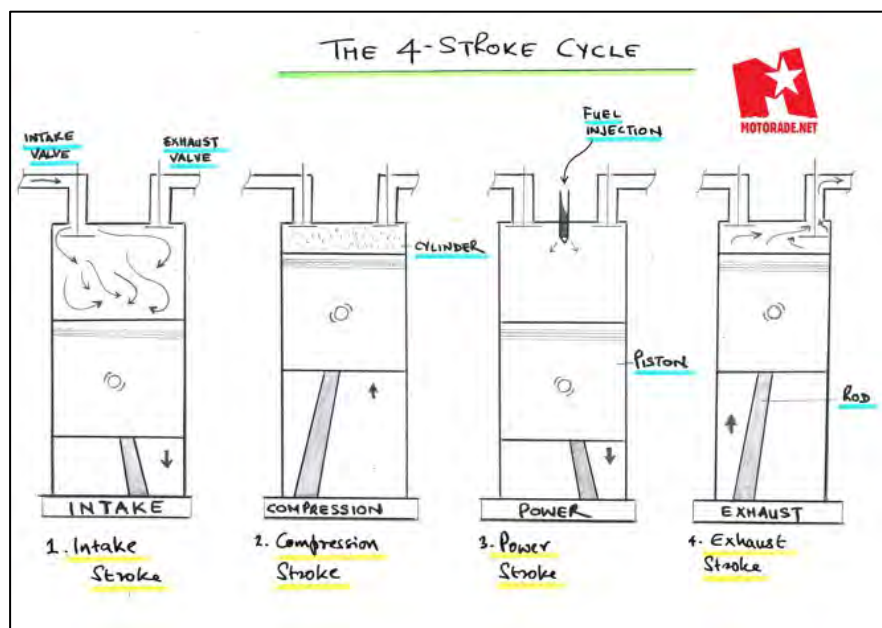
Enjin diesel atau juga dikenali sebagai enjin penyalaan mampatan adalah enjin pembakaran dalaman (*internal combustion engine*) yang menggunakan haba mampatan untuk memulakan pencucuhan bagi membakar minyak. Pembakaran minyak berlaku dalam bahagian dalaman enjin iaitu silinder dimana kuasa dihasilkan. Enjin diesel dinamakan sempena nama penciptanya, seorang rakyat Jerman, Rudolf Diesel. Beliau membina enjin diesel yang pertama pada tahun 1897 yang dijanakan dengan minyak kacang tanah (Dhananjay dan Amit, 2013).

Terdapat dua versi enjin diesel yang dihasilkan iaitu enjin diesel dua lejang dan enjin diesel empat lejang. Pada asalnya, kedua-dua enjin ini digunakan sebagai pengganti yang lebih efisien kepada enjin wap pegun. Sejak 1910-an, enjin-enjin tersebut telah digunakan pada kapal selam, lokomotif, trak, peralatan berat dan pada

tahun 1930-an ia mula digunakan di dalam kereta. Mekanisma mengenai enjin dua lejang dan empat lejang ditunjukkan dalam Rajah 2.1 dan 2.2.



Rajah 2.1: Lukisan skematik enjin dua lejang



Rajah 2.2 Lukisan skematik enjin empat lejang.

(Sumber: <http://www.motorade.net/2013/03/27/how-does-a-diesel-engine-work/>)

2.3. Minyak Masak

Pada dasarnya, minyak masak yang sering kali digunakan dalam masakan dihasilkan daripada minyak sayuran. Minyak masak juga merupakan bahan yang boleh diperbaharui dan menghasilkan nilai pembakaran yang tinggi iaitu sebanyak 90%. Selain itu, minyak sayuran mudah diperolehi dan teknologi pemrosesannya yang murah.

Tambahan pula, pembakaran minyak sayuran dikatakan menghasilkan emisi sulfur dioksida dan toksik yang rendah. Pada dasarnya, minyak sayuran adalah neutral karbon dimana karbon yang dikeluarkan oleh pembakaran diserap untuk menyokong proses fotosintesis. Minyak sayuran adalah biodegradasi, selamat untuk disimpan dan dikendalikan dan tidak menyebabkan masalah pada alam sekitar mahupun kesihatan.

Minyak sayuran terbahagi kepada dua jenis iaitu minyak sayuran yang boleh dimakan dan tidak boleh dimakan. Contoh minyak semula jadi yang boleh dimakan adalah seperti minyak biji sawi, bunga matahari, biji kapas, zaitun dan kelapa sawit. Manakala contoh bagi minyak semula jadi yang tidak boleh dimakan adalah minyak *jatropha*, *mahua* dan *karanja*. Minyak-minyak tersebut telah pun digunakan sebagai bahan api alternatif dalam enjin diesel (Zhang *et al.* 2013).

2.4. Minyak Masak Terpakai

Minyak masak terpakai diperolehi daripada minyak sayuran yang boleh digunakan untuk memasak. Pada abad ini, ramai pengkaji telah mencuba untuk menghasilkan minyak yang berasaskan minyak sayuran dimana sifatnya hampir sama dengan sifat-sifat dan prestasi diesel.

Menggoreng terutamanya *deep fat frying* telah menjadi satu cara masakan yang sangat popular sejak 5 dekad yang lalu. Hal ini demikian kerana penyediaannya yang sangat mudah bagi mereka yang kurang pengalaman dalam memasak, caranya yang cepat dan dapat menghasilkan masakan yang enak. Di dalam prosedur menggoreng,

lemak merupakan medium kepada pemindahan haba. Dua kaedah utama menggoreng ialah *shallow frying* dan *deep frying*. Walau bagaimanapun, semasa proses menggoreng, minyak sayuran menjalani pelbagai perubahan kimia yang menyebabkan banyak sebatian yang tidak diingini telah terbentuk. Ini termasuklah asid lemak bebas dan beberapa trigliserida berpolimer yang meningkatkan jisim molekul dan mengurangkan kemeruapan minyak. Oleh itu, perubahan-perubahan ini mempengaruhi ciri-ciri pembakaran seperti kelikatan yang tinggi yang membawa kepada jumlah sisa karbon yang lebih besar (Kulkarni dan Ajay, 2006).

2.5. Sifat-sifat Minyak Masak Terpakai dan Diesel

Berdasarkan piawaian ASTM, kelikatan MMT pada suhu 40°C adalah pada 3.658 mm²/s, manakala bagi diesel pula 1.81 mm²/s seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1 .

Jadual 2.1: Perbandingan sifat-sifat bahan api untuk MMT dan diesel

Ciri-ciri	MMT	Diesel
Ketumpatan @ 40°C (kg/m ³)	876.08	807.3
Graviti Spesifik@ 15.5°C	0.893	0.825
Kelikatan kinematik @ 40°C (mm ² /s)	3.658	1.81
Nilai kalori (kJ/kg)	39767.23	42347.94

(Sumber: Enweremadu et al.2010)

2.6 Sifat-sifat Bahan Api

2.6.1 Kelikatan

Kelikatan bermaksud sifat-sifat cecair yang menahan aliran. Kelikatan bahan api yang rendah akan mengakibatkan kebocoran dalam sistem suntikan pada kelajuan

enjin yang rendah. Ia juga mengurangkan penjanaan kuasa dan menyebabkan masalah pencucuhan yang panas. Jika kelikatan terlalu tinggi, ianya akan merosakkan pam dan sistem suntikan bahan api. Kelikatan yang terbaik adalah dalam nilai purata.

2.6.2 Ketumpatan

Ketumpatan bendalir adalah jisim per unit isipadu. Setiap bahan atau bendalir mempunyai ketumpatan yang berbeza. Simbol yang digunakan untuk ketumpatan adalah rho, (ρ). Formula di bawah boleh digunakan untuk mencari nilai ketumpatan. Unit bagi rho adalah kg/m^3 .

$$\rho = m / v \quad (1)$$

Dimana ρ adalah ketumpatan (kg/m^3), m adalah jisim (kg) dan v adalah isipadu (m^3).

2.6.3 Nilai Kalori

Nilai kalori (*calorific value*) bagi bahan api adalah tenaga haba yang dilepaskan bagi seunit kuantiti bahan api apabila bahan api terbakar dengan sempurna dan hasil daripada pembakaran menyejuk semula ke suhu awal percampuran. Nilai haba terhasil dipanggil nilai kalori tinggi atau nilai kalori kasar bagi bahan api. Nilai kalori rendah atau nilai kalori bersih bagi bahan api adalah haba yang terbebas apabila wap air hasil pembakaran bahan api tidak terkodensasi dan kekal dalam bentuk wap.

2.7 Kaedah-kaedah Mengurangkan Kelikatan Minyak Masak Terpakai

Bagi memperoleh kelikatan yang sesuai untuk digunakan dalam enjin, minyak sayuran perlu dirawat dan diproses dengan kaedah yang betul. Hal ini penting untuk menghasilkan bahan api alternatif yang selamat digunakan pada enjin. Sistem