

**PENGUKURAN EFISIENSI TERMAL MENGGUNAKAN  
KOMPOR NABATI PADA HASIL PEMBAKARAN MINYAK  
JELANTAH KELAPA SAWIT, MINYAK JELANTAH KANOLA,  
DAN MINYAK JELANTAH LIMBAH DARI PEDAGANG  
LALAPAN**

**SKRIPSI**

Oleh:

**INDRA PUSPA DEWI**

**105090307111003**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2014**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PENGUKURAN EFISIENSI TERMAL MENGGUNAKAN  
KOMPOR NABATI PADA HASIL PEMBAKARAN MINYAK  
JELANTAH KELAPA SAWIT, MINYAK JELANTAH KANOLA,  
DAN MINYAK JELANTAH LIMBAH DARI PEDAGANG  
LALAPAN**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Oleh:

**INDRA PUSPA DEWI**

**105090307111003**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG**

**2014**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGUKURAN EFISIENSI TERMAL MENGGUNAKAN  
KOMPOR NABATI PADA HASIL PEMBAKARAN MINYAK  
JELANTAH KELAPA SAWIT, MINYAK JELANTAH KANOLA,  
DAN MINYAK JELANTAH LIMBAH DARI PEDAGANG  
LALAPAN**

Oleh:

**INDRA PUSPA DEWI  
105090307111003**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal 22 Agustus 2014  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Unggul P. Juswono, M. Sc  
NIP. 196501111990021002**

**Ir. H. Moch. Djamil, M. T  
NIP. 195212151986011001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Drs. Adi Susilo, Ph. D  
NIP.196312271991031002**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **INDRA PUSPA DEWI**  
NIM : **105090307111003**  
Jurusan : **Fisika**  
Penulis tugas akhir berjudul :

**PENGUKURAN EFISIENSI TERMAL MENGGUNAKAN  
KOMPOR NABATI PADA HASIL PEMBAKARAN MINYAK  
JELANTAH KELAPA SAWIT, MINYAK JELANTAH KANOLA,  
DAN MINYAK JELANTAH LIMBAH DARI PEDAGANG  
LALAPAN**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termasuk di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 22 Agustus 2014  
Yang menyatakan,

(INDRA PUSPA DEWI)  
NIM. 105090307111003

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





# **PENGUKURAN EFISIENSI TERMAL MENGGUNAKAN KOMPOR NABATI PADA HASIL PEMBAKARAN MINYAK JELANTAH KELAPA SAWIT, MINYAK JELANTAH KANOLA, DAN MINYAK JELANTAH LIMBAH DARI PEDAGANG LALAPAN**

## **ABSTRAK**

Ibu rumah tangga dan pedagang kaki lima umumnya sering menggunakan minyak goreng berkali-kali (minyak jelantah) tanpa memperhatikan dampak dari penggunaan minyak tersebut. Minyak goreng yang melebihi 3x pemanasan tidak baik untuk kesehatan. Untuk itu diperlukan penanganan yang tepat agar minyak jelantah yang awalnya tidak bermanfaat menjadi bermanfaat dengan menjadikannya sebagai bahan bakar alternatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur efisiensi termal menggunakan kompor nabati pada hasil pembakaran minyak jelantah kelapa sawit, minyak jelantah kanola, dan minyak jelantah limbah dari pedagang lalapan. Minyak jelantah dibuat dari minyak nabati yang berbeda yang telah dipanaskan sebanyak 3 kali sehingga minyak nabati tersebut menjadi minyak jelantah yang digunakan sebagai bahan bakar kompor nabati yang didesain sendiri. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan semakin lama waktu pemanasan, semakin meningkat suhu, maka efisiensinya akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh proses difusi panas (konduksi, konveksi, dan radiasi) dan perbedaan komposisi kimia pada masing-masing minyak. Minyak jelantah kanola memiliki jumlah asam lemak tak jenuh yang lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah asam lemak tak jenuh pada minyak jelantah sawit sehingga minyak jelantah kanola lebih efisien untuk dijadikan bahan bakar.

**Kata kunci** : Minyak jelantah, Efisiensi Termal, dan Suhu.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# THE MEASUREMENT OF THERMAL EFFICIENCY USING PLANTS STOVE IN COMBUSTION PRODUCTS OF PALM AND CANOLA RE-USED COOKING OIL, AND WASTE COOKING OIL FROM LALAPAN SELLER

## ABSTRACT

Housewives and lalapan seller often use the re-used cooking oil for many times without knowing the impact. The re-used cooking oil that be used mor than three times is not good for human's health. For that, we need good handling to re-used cooking oil be more usefull with change it to be alternative fuel. The goal of this research is to measuring the thermal efficiency using plants stove in combustion products of palm and canola cooking oil, and waste cooking oil from lalapan seller. The re-used cooking oil was made from different plant oil that has been boiled for three times before and it iwill be using as handmade plants stove's fuel. The result of this research shows that longer heating time, higher temperature can decrease the thermal efficiency because heat difusion (conduction, convection, and radiation) and differences of chemical composition from each re-used cooking oil. Canola cooking oil has more unsaturated fatty acids than palm oil's that's why canola cookig oil is more efficient to be used as fuel.

**Keywords** : Re-used cooking oil, thermal efficiency, temperature

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## KATA PENGANTAR

Terimakasih tak berujung penulis ucapkan kepada Allah S.W.T atas kasih sayang-Nya pada penulis dalam menyelesaikan skripsi berjudul *“Pengukuran Efisiensi Termal Menggunakan Kompor Nabati Pada Hasil Pembakaran Minyak Jelantah Kelapa Sawit, Minyak Jelantah Kanola, Dan Minyak Jelantah Limbah Dari Pedagang Lalapan”*.

Dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini, jalan yang ditempuh tidaklah selalu mulus. Banyak kendala dan masalah yang turut dalam mewarnainya. Pada kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak dan Ibuku tercinta, atas doa dan kasih sayang yang melimpah yang tak pernah kenal waktu. kakak laki-lakiku tersayang, Hendra Adinata yang selalu memberi semangat tiada henti.
2. Drs. Unggul P. Juswono, M. Sc dan Ir. H. Moch. Djamil, M.T atas ilmu dan kesabaran Beliau–Beliau dalam membimbing Penulis.
3. Mas Dwi Antono, yang selalu sabar dan setia dalam menemani penulis dalam keadaan suka dan duka.
4. Keluarga di madura, Mama Fifi, Tante Saniatul, Tante Iin, Mbah, Iga, Abi, Iqbal, Seza, Lili, Sipul, Agis, dan Ade, trimakasih atas kasih sayang kalian selama ini yang tiada henti mewarnai penulis.
5. Mbak Nur Robi’ah A. M, trimakasih banyak atas ilmu yang telah mbak berikan, kesabaran mbak yang tiada batas dalam membimbing penulis dan juga nasihat – nasihat yang selalu membuat Penulis Semangat.
6. Yuni Riski M, terimakasih atas kebersamaannya selama ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Pak Didik Y, Pak Agus, Pak Dardiri, Pak Rahman dan pak Robby, trimakasih atas bantuan dan semangat dari bapak selama ini.

8. Sahabat–sahabatku, Kuni Azizah, Riska Rahmatie, Kak Firman, Vivin, Nisak, Maysa, Suwaibatul A, Mbak Umi dan Mbak Nia serta teman-teman bimbingan yang selalu menciptakan tawa canda dan penuh perhatian, sungguh menyenangkan bersama kalian.
9. Sahabat – Sahabatku di GOAL 2010 dan DeSiWiAndi, kalian sungguh setia dalam hal persahabatan.
10. Sahabat – sahabatku Choecoloem yang selalu menciptakan tawa canda setiap harinya.
11. Seluruh dosen, staf dan karyawan tata usaha, serta laboran Jurusan Fisika Universitas Brawijaya yang membantu segala urusan dari hulu hingga ke hilir.
12. Keluarga Besar Fisika Angkatan 2010, yang selalu penuh rasa cinta dan kasih sayang di setiap waktu.
13. Semua pihak yang telah ikut serta memberikan sumbangsuhnya dalam penelitian dan penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terimakasih tak terbatas..

Kenyataannya, skripsi ini jauh dari kategori sempurna. Banyak celah kosong yang perlu diisi dengan perbaikan. Penulis berharap dapat menampung saran serta kritik yang dapat memompanya menjadi lebih baik. Terakhir, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, amin ya Robb...

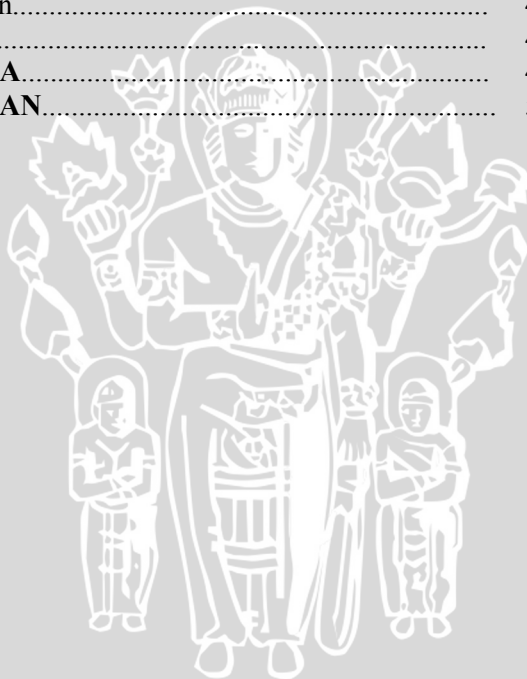
Malang, 22 Agustus 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Bahan Bakar Nabati.....	5
2.1.1 Minyak kelapa sawit.....	10
2.1.2 Minyak jelantah.....	11
2.1.3 Minyak kanola.....	12
2.2 Karakteristik Umum Bahan Bakar Minyak.....	14
2.3 Hukum-Hukum Termodinamika.....	16
2.3.1 Hukum termodinamika ke-0.....	17
2.3.2 Hukum termodinamika ke-1.....	18
2.3.3 Hukum termodinamika ke-2.....	22
2.4 Proses Pembakaran bahan Bakar Minyak.....	24
2.5 Efisiensi Termal.....	24
2.6 Kalor.....	25
2.6.1 Kalor sebagai transfer energi.....	25
2.6.2 Perbedaan antara temperatur, kalor, dan energi.....	26
2.6.3 Perpindahan kalor.....	27
2.6.4 Nilai kalor.....	29
2.7 Desain Kompor Nabati.....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	33

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
3.2 Alat dan Bahan.....	33
3.3 Tahap Penelitian.....	33
3.4 Cara Kerja.....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
4.1 Data Hasil Penelitian.....	37
4.1.1 Grafik hubungan antara suhu dengan waktu pemasakan.....	37
4.1.2 Grafik hubungan antara suhu dengan efisiensi termal.....	39
4.2 Pembahasan.....	47
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>49</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>51</b>





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Minyak Jelantah.....	12
Gambar 2.2 Ilustrasi pemberian tanda positif dan negatif untuk Q dan W .....	18
Gambar 2.3 Proses isothermal, adiabatik, isobarik, dan isokorik.....	19
Gambar 2.4 Proses Isothermal .....	20
Gambar 2.5 Proses Isobarik .....	21
Gambar 2.6 Proses isokorik .....	21
Gambar 2.7 Mesin Pendingin .....	23
Gambar 2.8 Kompor nabati (Kompor Sumbu) .....	31
Gambar 3.1 Kompor Nabati (gambar dari samping) .....	36
Gambar 3.2 Kompor Nabati (gambar dari atas) .....	36
Gambar 4.1 Grafik hubungan suhu dengan waktu pemasakan pada minyak jelantah sawit .....	37
Gambar 4.2 Grafik hubungan suhu dan waktu pemasakan pada minyak jelantah lalapan .....	37
Gambar 4.3 Grafik hubungan suhu dan waktu pemasakan pada minyak jelantah kanola .....	38
Gambar 4.4 Grafik hubungan suhu dan waktu pemasakan pada ketiga minyak jelantah .....	39
Gambar 4.5 Grafik hubungan suhu dengan efisiensi termal pada minyak jelantah sawit .....	39

Gambar 4.6 Grafik hubungan suhu dengan efisiensi termal pada minyak jelantah pedagang lalapan

---

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat minyak nabati .....	6
Tabel 2.2 Standar mutu minyak goreng di Indonesia diatur dalam SNI 3741-1995 .....	7
Tabel 2.3 Nilai fisika kimia minyak kelapa sawit .....	11
Tabel 2.4 Komposisi asam lemak minyak kelapa sawit .....	11
Tabel 2.5 Komposisi kimia per 100 gram bahan (Handout minyak nabati, 2013) .....	14
Tabel 2.6 Nilai kalor kotor (GCV) untuk beberapa bahan bakar minyak (diambil dari Thermax India Ltd.) .....	30
Tabel 4.1 Tabel perbandingan volume bahan bakar dari masing-masing minyak	41
Tabel 4.2 Tabel perbandingan jumlah atom C pada asam lemak jenuh dan tak jenuh pada minyak kanola dan sawit.....	43

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR LAMPIRAN

Data hasil penelitian minyak jelantah sawit .....	51
Data hasil penelitian minyak jelantahpedagang lalapan.....	52
Data hasil penelitian minyak jelantah pedagang kanola. ....	53
Gambar alat dan bahan penelitian .....	54



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ibu rumah tangga, pedagang kaki lima, terutama penjual gorengan dan lalapan pada umumnya sering menggunakan minyak goreng berkali-kali tanpa memperhatikan warna minyak goreng yang sudah berwarna coklat atau kehitaman. Alasan yang paling umum dari penggunaan minyak goreng berkali-kali karna biaya bahan pokok yang semakin mahal, termasuk harga minyak goreng sehingga masyarakat enggan untuk membuangnya.

Pemakaian minyak goreng secara berulang-ulang tidak baik untuk kesehatan karna dapat menyebabkan perubahan warna, bau, maupun sifat-sifat kimia dan fisika dari minyak goreng itu sendiri. Perubahan sifat fisika dan kimia dari minyak goreng sangat berpengaruh terhadap nilai gizi yang terkandung di dalam minyak goreng itu sendiri, dan secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi sistem kesehatan tubuh orang yang mengkonsumsi minyak goreng tersebut (Nuraniza, dkk, 2013).

Pemanfaatan minyak goreng dalam kehidupan sehari-hari, sering kali banyak orang yang belum tahu cara menggunakan minyak goreng dengan baik dan benar. Berbagai penelitian telah banyak dilakukan oleh para peneliti, yang membuktikan dampak negatif dari minyak goreng yang berulang kali dipakai sampai warnanya hitam kecoklatan. Tidak hanya pedagang-pedagang kaki lima yang sering menggunakan minyak goreng secara berulang, bahkan dalam dapur keluarga pun sering tanpa sadar kita menggunakan minyak goreng secara berulang dengan alasan penghematan. Minyak goreng yang sudah berulang kali dipanaskan akan rusak dan disebut jelantah (Mahmudatus, 2013).

Minyak jelantah adalah minyak yang dihasilkan dari sisa penggorengan, baik dari minyak kelapa, sawit, ataupun dari minyak yang lainnya. Minyak jelantah dapat menyebabkan minyak berasap atau berbusa pada saat penggorengan, meninggalkan warna coklat, serta flavor yang tidak disukai dari makanan yang digoreng. Dengan meningkatnya produksi dan konsumsi minyak goreng, ketersediaan minyak jelantah kian hari kian melimpah menurut data departemen

perindustrian (2005), produksi minyak goreng indonesia meningkat hingga 11,6 % atau sekitar 6,43 juta ton sedangkan konsumsi minyak goreng per kapita di Indonesia pada tahun 2005 yaitu 16,5 Kg (Hambali, dkk, 2007).

dr. Nani Leksokumoro, MS, Sp. GK, dokter ahli klinik dari Rumah sakit Graha Kedoya, Jakarta, Mengatakan penggunaan minyak jelantah jelas tidak baik untuk kesehatan. Seharusnya minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng ikan atau makanan yang lainnnya tidak boleh melebihi sampai tiga kali penggorengan. Karena setiap dipakai minyak akan mengalami kekurangan mutu, kadar lemak tak jenuh dan vitamin A, D, E, K yang terdapat di dalam minyak semakin lama akan semakin berkurang. Dan yang tersisa hanya asam lemak jenuh yang dapat menyebabkan penyakit seperti kanker, jantung koroner dan stroke. Beberapa penelitian menyatakan bahwa minyak jelantah mengandung senyawa karsinogenik yang dapat menyebabkan penyakit kanker.

Mengingat efek dari penggunaan minyak jelantah yang kurang baik untuk kesehatan dan sampai saat ini minyak jelantah belum dimanfaatkan dengan baik dan hanya dibuang sebagai limbah rumah tangga ataupun industri maka, berdasarkan alasan tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang *“Pengukuran Efisiensi Termal Menggunakan Kompor Nabati Pada Hasil Pembakaran Minyak Jelantah Kelapa Sawit, Minyak Jelantah Kanola, Dan Minyak Jelantah Limbah Dari Pedagang Lalapan”*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Pemanfaatan minyak jelantah untuk menggantikan bahan bakar minyak, terdapat permasalahan yang akan dihadapi dalam penelitian ini antara lain bagaimana menggunakan minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif untuk suatu kompor dan bagaimana efisiensi termal minyak jelantah yang terbuat dari bahan nabati yang berbeda.

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu minyak jelantah terbuat dari bahan nabati seperti kelapa sawit dan kanola, minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah digunakan untuk



menggoreng sebanyak 3 kali, Penggunaan kompor menggunakan kompor nabati yang didesain sendiri, komposisi kimia dari masing–masing minyak murni sebagai acuan dari komposisi kimia dari masing – masing minyak jelantah, dan Tidak dibahas mengenai efek asap pembakaran minyak jelantah terhadap tubuh.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengukur efisiensi termal menggunakan kompor nabati pada hasil pembakaran minyak jelantah kelapa sawit, minyak jelantah kanola, dan minyak jelantah limbah dari pedagang lalapan

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan mengetahui efisiensi termal pada kalor hasil pembakaran minyak jelantah sebagai bahan bakar untuk kompor nabati, maka dapat dimanfaatkan jenis minyak jelantah yang terbuat dari bahan nabati tertentu untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menyalakan kompor dalam keperluan kehidupan sehari-hari.



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bahan Bakar Nabati

Bahan bakar adalah zat yang mudah terbakar (Michael dan Howard, 2004). Bahan bakar terdiri dari senyawa organik yang tersusun atas karbon, hidrogen, sejumlah kecil oksigen, dan sulfur. Bahan bakar juga dapat mengandung senyawa anorganik seperti abu (Arthur dan Chaim, 1995).

Inpres No. 1 dan Perpres No. 5 Tahun 2006 menerjemahkan biofuel sebagai bahan bakar nabati (BBN). *Eksiklopedi Indonesia 4* (1983) mengartikan bahan bakar nabati sebagai minyak lemak yang berasal dari tumbuhan. Indonesia sangat kaya karena memiliki 60 tumbuhan yang dapat menghasilkan BBN sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM). Namun, sesuai dengan Inpres dan Perpres di atas, saat ini hanya empat tanaman yang diprioritaskan, yakni kelapa sawit, jarak pagar, tebu dan singkong (Rama, dkk, 2007).

Bahan bakar nabati dipilah menjadi dua bagian besar, yakni biodisel dan bioetanol. Biodisel, lebih tepat disebut dengan FAME (fatty acid methyl ester), merupakan BBN yang digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin diesel sebagai pengganti solar. BBN ini berasal dari minyak nabati yang dikonversikan melalui reaksi fisika dan kimia, sehingga secara kimia sifatnya sudah berubah dari sifat aslinya (Rama dkk., 2007). Hawab (2003), menjelaskan bahwa minyak termasuk dalam golongan lipid netral yang mengandung energi potensial yang cukup besar yaitu 9,3 kkal/mol. Minyak disebut juga dengan trigliserida atau triasilgliserol merupakan suatu ester alkohol dengan asam lemak. Alkoholnya gliserol dan asam lemaknya asam karboksilat dengan kerangka hidrokarbon yang panjang (BM tinggi). Ikatan karbon asam lemaknya bisa sangat panjang antara C12 sampai C18.

Kelompok bahan bakar nabati yang kedua yaitu bioetanol. Bioetanol adalah etanol yang diperoleh dari proses fermentasi bahan baku yang mengandung pati atau gula seperti tetes tebu dan singkong. BBN ini digunakan sebagai pengganti premium (gasoline). Etanol yang dapat digunakan sebagai BBN

adalah alkohol murni yang bebas air (anhydrous alcohol) dan berkadar lebih dari 99,5 % atau disebut dengan fuel grade ethanol (FGE) (Rama, dkk., 2007).

Pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat serta tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel tinggi (mencapai 95%). Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Zat-zat penyusun utama minyak-lemak (nabati maupun hewani) adalah trigliserida, yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak (C8-C24). Komposisi asam lemak dalam minyak nabati menentukan sifat fisiko-kimia minyak. Tabel 2.1 merupakan tabel sifat fisiko-kimia minyak nabati.

**Tabel 2.1** Sifat minyak nabati

Minyak	Massa Jenis (Kg/liter)	Viskositas
Kelapa Sawit	0,9150	60
Kanola	0,9115	37

(Hambali, dkk, 2007).

Kualitas minyak goreng sangat ditentukan oleh kandungan asam lemak dari minyak tersebut, apakah bersifat jenuh atau tidak jenuh. Minyak goreng berarti minyak yang digunakan untuk menggoreng, proses menggoreng pasti berhadapan dengan panas yang tinggi. Dengan demikian, minyak goreng dikatakan berkualitas apabila mempunyai stabilitas yang tinggi terhadap panas (Alamsyah, 2005).

Selain itu, mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang tidak diinginkan dan dapat menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan. Makin tinggi titik asapnya, makin baik mutu oksidasi. Untuk menghindari penurunan mutu akibat proses oksidasi dapat digunakan antioksidan. Antioksidan secara umum dapat diartikan

pengecag oksidasi dengan cara menurunkan konsentrasi oksigen (Alamsyah, 2005).

Minyak goreng yang baik mempunyai sifat tahan panas, stabil pada cahaya matahari, tidak merusak flavor hasil gorengan, sedikit gum, menghasilkan produk dengan tekstur dan rasa yang bagus. Standar mutu minyak goreng di Indonesiadiatur dalam SNI 01-3741-1995 yang dapat dilihat pada **tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Standar mutu minyak goreng di Indonesia diatur dalam SNI 3741-1995

No	Kriteria Uji	Persyaratan Uji
1	Bau	Normal
2	Rasa	Normal
3	Warna	Muda Jernih
4	Citra Rasa	Hambar
5	Kadar Air	Max 0.3%
6	Berat Jenis	0.900 g/L
7	Asam Lemak Bebas	Max 0.3%
8	Bilangan Peroksida	Max 2 meg/Kg
9	Bilangan Iodium	45 – 46
10	Bilangan Penyabunan	196 – 206
11	Titik Asap	Min 200° C
12	indeks Bias	1.448 - 1.450
13	Cemaran Logam	
	Besi	Max 1.5 mg/Kg
	Timbal	Max 0.1 mg/Kg
	Tembaga	Max 40 mg/Kg
	Seng	Max 0.05 mg/Kg
	Raksa	Max 0.1 mg/Kg
	Timah	Max 0.1 mg/Kg
	Arsen	Max 0.1 mg/Kg

Salah satu penyebab kerusakan minyak yaitu ketengikan. ketengikan merupakan kerusakan atau perubahan bau dan flavor dalam lemak atau bahan pangan berlemak. Ketengikan disebabkan karena oksidasi oleh oksigen udara. Oksidasi oleh oksigen udara terjadi secara spontan jika bahan yang mengandung lemak dibiarkan kontak dengan udara. Kecepatan proses oksidasinya tergantung dari tipe lemak dan kondisi penyimpanan (Ketaren, 2005).

Oksidasi spontan ini tidak hanya terjadi pada bahan pangan berlemak, akan tetapi dapat terjadi pada persenyawaan lain yang memegang peranan penting dalam kegiatan biologis dan industri misalnya hidrokarbon, aldehyd, dan eter. Dalam bahan pangan berlemak, konstituen yang mudah mengalami oksidasi spontan adalah asam lemak tidak jenuh dan sejumlah kecil persenyawaan yang membuat bahan pangan menjadi menarik seperti persenyawaan yang menimbulkan aroma, flavor, warna, dan sejumlah vitamin (Ketaren, 2005).

*Faktor – faktor yang mempercepat oksidasi yaitu :*

➤ Pengaruh suhu dan cahaya

Kecepatan oksidasi lemak yang dibiarkan di udara akan bertambah dengan kenaikan suhu dan akan berkurang dengan penurunan suhu.

Cahaya merupakan akselerator terhadap timbulnya ketengikan. Kombinasi dari oksigen dan cahaya dapat mempercepat proses oksidasi. Sebagai contoh, lemak yang disimpan tanpa udara, tetapi dikenai cahaya sehingga menjadi tengik. Hal ini karena dekomposisi peroksida yang secara alamiah telah terdapat dalam lemak. Cahaya berpengaruh sebagai akselerator pada oksidasi konstituen tidak jenuh dalam lemak.

➤ Bahan kimia (misal peroksida)

Hasil oksidasi berpengaruh dan dapat mempersingkat periode induktif dari lemak segar, serta dapat merusak zat inhibitor. Konstituen yang aktif dari hasil oksidasi lemak, berupa peroksida lemak atau penambahan peroksida selain yang dihasilkan pada proses oksidasi lemak, misalnya hidrogen peroksida dan asam perasid dapat

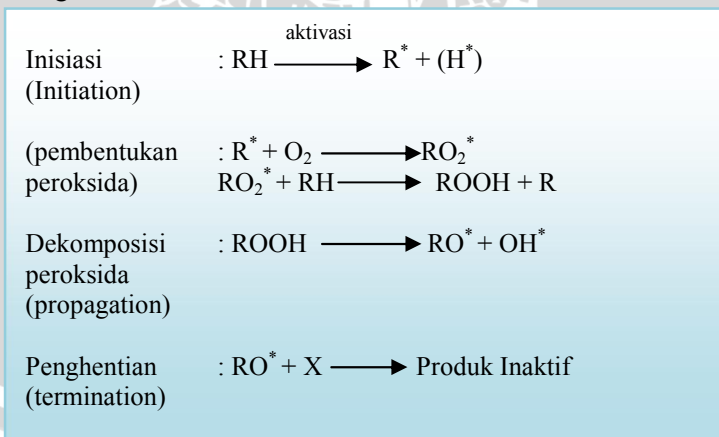
mempercepat proses osidasi. Usaha penambahan anti oksidan hanya dapat mengurangi peroksida dalam jumlah yang kecil, namun fungsi anti oksidan akan rusak dalam lemak yang mengandung peroksida dalam jumlah yang besar.

- Katalis metal khususnya garam dari beberapa macam logam berat

Bahan pangan berlemak pada umumnya mengandung logam dalam jumlah yang sangat kecil. Logam ini biasanya telah terdapat secara alamiah dalam bahan atau sengaja ditambahkan untuk tujuan tertentu, yang berada dalam bentuk garam kompleks, garam organik maupun garam inorganik. Garam – garam ini biasanya sukar melepaskan secara sempurna dari lemak. Beberapa logam terutama yang mempunyai valensi dua atau lebih, misalnya Fe, Cu, Co, Mn, dan Ni umumnya mempercepat kerusakan lemak dalam bahan pangan. Hal ini mengakibatkan off flavour yang khas, yaitu berbau apek.

Logam – logam tersebut mempersingkat periode induksi (jangka waktu mulai terjadinya proses oksidasi sampai timbulnya bau tengik), mempercepat rantai reaksi initiation, propagation, dan termination dalam proses oksidasi lemak.

Skema masing – masing tahap rantai reaksi tersebut adalah sebagai berikut.



Fungsi logam sebagai katalisator oksidasi dapat dihambat dengan dua macam cara yaitu melepaskan katalis logam dari lemak selama tahap permulaan proses oksidasi dan menambahkan zat penghambat yang kuat ke dalam sistem autooksidasi akan menekan reaksi tahap propagation dan mencegah oksidasi lebih lanjut.

Logam dan alloys yang dapat digunakan dalam pengepakan atau pembungkusan bahan pangan berlemak harus memenuhi persyaratan tidak mudah atau tahan terhadap pengkaratan pada kondisi tertentu (Ketaren, 2005).

### **2.1.1 Minyak Kelapa Sawit**

Kelapa sawit mengandung lebih kurang 80% perikarp dan 20% buah yang dilapisi kulit yang tipis; kadar minyak dalam perikarp sekitar 35-40%. Minyak kelapa sawit adalah lemak semi padat yang mempunyai komposisi yang tetap. Proses pengolahan minyak kelapa sawit meliputi sterilisasi dan perontokan buah sawit, pengempaan, perebusan, penjernihan dan penyaringan (Ketaren, 2005).

Sifat fisiko kimia minyak kelapa sawit meliputi warna, bau dan flavor, kelarutan, titik cair dan polimorphism, titik didih (boiling point), titik pelunakan, slipping point, shot melting point; bobot jenis, indeks bias, titik kekeruhan (turbidity point), titik asap, titik nyala dan titik api (Ketaren, 2005).

Warna minyak ditentukan oleh adanya pigmen yang masih tersisa setelah proses pemucatan, karena asam-asam lemak dan gliserida tidak berwarna. Warna orange atau kuning disebabkan adanya pigmen karotene yang larut dalam minyak (Ketaren, 2005).

Bau dan flavor dalam minyak terdapat secara alami, juga terjadi akibat adanya asam-asam lemak berantai pendek akibat kerusakan minyak. Sedangkan bau khas minyak kelapa sawit ditimbulkan oleh persenyawaan beta ionone (Ketaren, 2005).



**Tabel 2.3** Nilai fisika kimia minyak kelapa sawit

No	Sifat	Minyak Sawit
1	Bobot jenis pada suhu kamar	0.900
2	Indeks bias	1.4565 - 1.4585
3	Bilangan iod	48 – 56
4	Bilangan penyabunan	196 – 205

Rata-rata komposisi asam lemak minyak kelapa sawit dapat dilihat pada **tabel 2.4**.

**Tabel 2.4** Komposisi asam lemak minyak kelapa sawit

Asam Lemak	Rumus Molekul	Jumlah (dalam persen)
Asam miristat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	1.1 - 2.5
Asam palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	40 – 46
Asam stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	3.6 - 4.7
Asam oleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	39 – 45
Asam linoleat	$\text{CH}_3\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	7 – 11

### 2.1.2 Minyak Jelantah

Minyak Goreng Bekas (dikenal juga sebagai minyak jelantah) merupakan limbah dan apabila ditinjau dari komposisi kimianya, karena adanya zat karsinogenik maka pemakaian minyak goreng bekas secara berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya, untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak goreng bekas ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan (Adawiyah, 2010).



**Gambar 2.1** Minyak Jelantah

Salah satu bentuk pemanfaatan minyak goreng bekas agar dapat bermanfaat dari berbagai macam aspek ialah dengan mengubahnya secara proses kimia menjadi biodiesel. Hal ini dapat dilakukan karena minyak goreng bekas juga merupakan minyak nabati, turunan dari CPO (Crude Palm Oil).

Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas menggunakan reaksi transesterifikasi seperti pembuatan biodiesel pada umumnya dengan pretreatment untuk menurunkan angka asam pada minyak goreng bekas (Adawiyah, 2010).

### **2.1.3 Minyak Kanola**

Rapeseed oil (minyak lobak) adalah minyak yang diperoleh dari biji lobak yang biasanya diperdagangkan dengan nama minyak kanola (canola oil). Minyak ini awalnya hanya ada di Eropa dan Timur Tengah. Minyak lobak telah diolah lebih lanjut untuk memperbaiki keseimbangan ataupun kondisi tingkat sterol serta ikatan jenuh yang lebih seimbang daripada minyak lainnya, kecuali minyak zaitun (olive oil) (Handout minyak nabati, 2013).

Canola oil merupakan nama dagang dari minyak lobak, yang diasumsikan dari nama lobak sendiri yang artinya “diambil dari biji lobak”. Nama lobak diganti menjadi canola oleh industri minyak di Kanada karena minyak ini sebenarnya adalah

minyak yang paling banyak digunakan di Kanada (Handout minyak nabati, 2013).

Popularitas dari minyak kanola berkembang dengan cepat di Amerika Serikat dikarenakan ditemukannya minyak jenuh yang lebih rendah (kira – kira 6%) daripada minyak lainnya. Perbandingan ini sangat jauh apabila dibandingkan dengan minyak jenuh dari minyak kacang tanah (kurang lebih 18%) dan minyak kelapa sawit (sangat tinggi, sekitar 79%). Minyak kanola memiliki titik jual untuk kandungan sterol yang rendah dan keseimbangan dari asam lemak tak jenuh (satu ikatan rangkap) daripada minyak lainnya, kecuali minyak zaitun. Minyak ini juga memiliki kandungan asam lemak Omega – 3, keberadaan atau kandungan asam lemak dengan ikatan rangkap yang banyak tidak hanya merendahkan kandungan kolesterol ataupun trigliserida, tapi juga mendukung pertumbuhan dan perkembangan otak dengan baik. Minyak kanola sangat sesuai untuk memasak dan pelengkap salad (Handout minyak nabati, 2013).

Minyak lobak sangat baik digunakan untuk memasak dan menggoreng. Secara relatif, minyak ini memiliki level yang tinggi untuk asam tak jenuh dengan satu ikatan rangkap, sehingga membuat minyak lobak ini merupakan salah satu minyak yang terbaik dimana memiliki toleransi yang tinggi untuk suhu yang tinggi. Ketika dijual sebagai minyak goreng, akan sering mengandung suatu anti – foam (anti buih) sertametil – polisilooksana. Walaupun biasanya dijual dalam bentuk cair, minyak lobak dapat dipadatkan dengan proses hidrogenasi, dan bertambah dengan adanya dalam bentuk semi padat ataupun dalam bentuk padat penuh.

Komposisi dasar :

- Asam lemak jenuh : 7%
- Asam lemak tak jenuh dengan satu ikatan rangkap : 63%
- Asam lemak tak jenuh dengan banyak ikatan rangkap : 30%

Komposisi kimia dari rapeseed oil atau canola oil per 100 gram minyak adalah dapat dilihat seperti pada tabel berikut.

**Tabel 2.5** Komposisi kimia per 100 gram bahan (Handout minyak nabati, 2013).

1.	Lemak	100 mg
2.	Vitamin E	21 mg
3.	Asam lemak	
	• Asam lemak jenuh	7,1 g
	- Asam palmitat ( $C_{16}H_{32}O_2$ )	4 g
	- Asam stearat ( $C_{18}H_{36}O_2$ )	1,8 g
	- Asam arachidat ( $C_{20}H_{40}O_2$ )	0,7 g
	- Asam rehenat ( $C_{22}H_{44}O_2$ )	0,4 g
	- Asam lignoserat ( $C_{24}H_{48}O_2$ )	0,2 g
	• Asam lemak tak jenuh dengan satu ikatan rangkap (omega – 9)	58,9 g
	- Asam palmitoleat ( $C_{16}H_{30}O_2$ )	0,2 g
	- Asam oleat ( $C_{18}H_{34}O_2$ )	56,1 g
	- Asam gadoleat ( $C_{20}H_{38}O_2$ )	1,7 g
	- Asam erukat ( $C_{22}H_{42}O_2$ )	0,6 g
	• Asam lemak tak jenuh dengan banyak ikatan rangkap	29,6 g
	- Asam linoleat (omega – 6) ( $C_{18}H_{32}O_2$ )	20,3 g
	- Asam linoleat (omega – 3) ( $C_{18}H_{30}O_2$ )	9,3 g
4.	Kolesterol	0,00 mg

## 2.2 Karakteristik Umum Bahan Bakar Minyak

Karakteristik umum bahan bakar minyak antara lain densitas, indeks bias, viskositas, bilangan asam, bilangan iod.

### ➤ Densitas

Densitas didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar pada suhu acuan  $15^{\circ}C$ . Densitas diukur dengan suatu alat yang disebut *hydrometer*. Pengetahuan mengenai densitas ini berguna untuk perhitungan kuantitatif dan pengkajian kualitas penyalan. Satuan densitas adalah  $g/m^3$  (Adawiyah, 2010).

Densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh pembakaran persatuan volume bahan bakar. Semakin besar nilai densitas menyatakan bahwa semakin banyak komponen yang

terkandung di dalamnya (Shreve dalam Tim Departemen Teknologi Pertanian, 2005). Banyaknya komponen yang terkandung dalam minyak memperpanjang proses atomisasi komponen-komponen penyusun minyak saat pembakaran, sehingga meningkatkan nilai kalor hasil pembakaran minyak (Adawiyah, 2010).

➤ **Viskositas**

Viskositas suatu fluida merupakan ukuran resistansi bahan terhadap aliran. Viskositas tergantung pada suhu dan berkurang dengan naiknya suhu. Viskositas diukur dengan Stokes/Centistokes. Kadang-kadang viskositas juga diukur dalam Engler, Saybolt atau Redwood. Tiap jenis minyak bakar memiliki hubungan suhuviskositas tersendiri. Pengukuran viskositas dilakukan dengan suatu alat yang disebut Viskosimeter (Adawiyah, 2010).

Viskositas merupakan sifat yang sangat penting dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar minyak. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk handling, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan. Jika minyak terlalu kental, maka akan menyulitkan pemompaan, sulit untuk menyalakan burner, dan sulit dialirkan (Adawiyah, 2010).

Semakin besarnya gaya tarik menarik yang terjadi intermolekuler menyebabkan semakin besar viskositas cairan tersebut. Senyawa yang memiliki kemampuan besar untuk membentuk ikatan hidrogen, terutama yang terdapat tempat terikatnya hidrogen di setiap molekul, seperti gliserol, biasanya memiliki viskositas yang tinggi. Nilai viskositas akan semakin bertambah seiring dengan semakin bertambahnya ukuran dan luas permukaan molekul disebabkan oleh bertambahnya gaya London, sebagai contoh, ikatan yang lebih pendek dari hidrokarbon pentana,  $C_5H_{12}$ , memiliki viskositas 0,24 centipoise, lebih kecil dibandingkan dodekana,  $C_{12}H_{26}$ , yang memiliki viskositas 1,35 centipoise. Minyak mengandung ikatan rantai karbon yang panjang sehingga akan meningkatkan viskositasnya (Adawiyah, 2010).

➤ **Indeks Bias**

Indeks bias adalah derajat penyimpangan dari cahaya yang dilewatkan pada suatu medium yang cerah. Indeks bias tersebut pada minyak dan lemak dipakai pada pengenalan unsur kimia dan untuk pengujian kemurnian minyak. Indeks bias akan meningkat pada minyak atau lemak dengan rantai karbon yang panjang dan juga akan

bertambah dengan meningkatnya bobot molekul, selain dengan naiknya derajat ketidakjenuhan dari asam lemak tersebut (Ketaren, 2005).

Rantai karbon yang panjang yang terkandung dalam minyak berpengaruh terhadap nilai kalor minyak tersebut. Pada reaksi pembakaran setiap karbon diubah menjadi karbondioksida dengan melepaskan kalor sebanyak 859 kJ/mol. Makin banyak karbon makin banyak energi yang dihasilkan (Adawiyah, 2010).

➤ **Bilangan Asam**

Bilangan asam adalah jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam lemak bebas dari satu gram minyak atau lemak. Bilangan asam dipergunakan untuk mengukur jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak atau lemak (Ketaren, 2005).

Ikatan karbon asam lemak pada minyak bisa sangat panjang antara C12 sampai C18 (Hawab, 2003). Rantai karbon yang panjang yang terkandung dalam minyak berpengaruh terhadap nilai kalor minyak tersebut. Pada reaksi pembakaran setiap karbon diubah menjadi karbondioksida dengan melepaskan kalor sebanyak 859 kJ/mol. Makin banyak karbon makin banyak energi yang dihasilkan (Adawiyah, 2010).

➤ **Bilangan Iod**

Bilangan Iod adalah jumlah (gram) iod yang dapat diikat oleh 100 gram lemak. Ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak yang tidak jenuh akan bereaksi dengan iod atau senyawa-senyawa iod. Gliserida dengan tingkat kejenuhan yang tinggi, akan mengikat iod dalam jumlah yang lebih besar (Ketaren, 2005). Banyaknya iod yang berikatan dengan asam lemak tidak jenuh menyatakan kandungan asam lemak tak jenuh yang besar dalam minyak. Semakin banyak jumlah komponen yang terkandung dalam minyak memperlama atomisasi saat pembakaran dan meningkatkan nilai kalor pembakaran minyak tersebut (Adawiyah, 2010).

### **2.3 Hukum – Hukum Termodinamika**

Termodinamika adalah nama untuk studi proses dimana energi ditransfer sebagai kalor dan sebagai kerja. Kalor sangat mirip dengan kerja. Perbedaannya terletak pada definisi. Jika kalor didefinisikan sebagai transfer energi yang disebabkan oleh perbedaan

temperatur, sementara kerja adalah energi yang tidak disebabkan oleh perbedaan temperatur (Giancoli, 2001).

Dalam termodinamika, akan sering dijumpai kata sistem dan lingkungan. Sistem adalah sekumpulan benda apa saja yang akan diteliti. Sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di luar sistem yang dapat mempengaruhi keadaan sistem secara langsung. Sistem terdiri dari dua macam, yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup. Pada sistem terbuka, massa bisa masuk atau keluar (demikian juga dengan energi). Sistem tertutup adalah sistem dimana tidak ada massa yang masuk atau yang keluar (tetapi energi dapat dipertukarkan dengan lingkungan) (Giancoli, 2001).

Hukum termodinamika terdiri dari hukum termodinamika 0, 1, dan 2.

### **2.3.1 Hukum termodinamika ke - 0**

Dalam kehidupan sehari – hari, apabila dua benda pada temperatur yang berbeda diletakkan dalam kontak termal (sehingga energi dapat berpindah dari satu ke yang lainnya), kedua benda tersebut pada akhirnya akan mencapai temperatur yang sama yang disebut dengan kesetimbangan termal. Misalnya sepotong es batu dimasukkan ke dalam gelas berisi air panas, maka akan meleleh menjadi air, yang secara keseluruhan pada akhirnya mencapai temperatur yang sama (Giancoli, 2001).

Misalkan ingin menentukan apabila dua sistem A dan B berada dalam kesetimbangan termal, tetapi tanpa menyentuhkan keduanya, maka hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan sistem ketiga, yaitu sistem C dimana sistem C ini dianggap sebagai termometer. Misalkan C dan A berada dalam kesetimbangan termal, dan C dan B berada dalam kesetimbangan termal. ini berarti  $T_A = T_C$  dan  $T_B = T_C$  tetapi  $T_A \neq T_B$ . Hal ini menunjukkan bahwa *jika dua sistem berada dalam kesetimbangan termal dengan sistem ketiga, maka mereka berada dalam kesetimbangan termal satu sama lain*. Dalil ini disebut Hukum Termodinamika ke – 0 (Giancoli, 2001).

Temperatur merupakan sifat sistem yang menentukan apakah sistem berada dalam keadaan kesetimbangan dengan sistem

yang lain. Ketika dua buah sistem berada dalam kesetimbangan termal, maka temperaturnya adalah sama (Giancoli, 2001).

### 2.3.2 Hukum termodinamika ke - 1

Energi dalam sistem adalah jumlah total semua energi molekul pada sistem. Energi dalam akan naik jika kerja dilakukan kepadanya, atau jika kalor ditambahkan pada sistem tersebut. Dan sebaliknya, energi dalam akan menurun jika kalor keluar dari sistem dan jika sistem melakukan kerja (Giancoli, 2001).

Perubahan energi dalam pada sistem yang tertutup,  $\Delta U$ , akan sama dengan kalor yang ditambahkan dikurangi dengan kerja yang dilakukan oleh sistem, yang dapat ditulis dalam persamaan:

$$\Delta U = Q - W \quad (1-1)$$

Dimana  $Q$  adalah kalor total yang ditambahkan ke sistem, dan  $W$  adalah kerja total yang dilakukan oleh sistem. Hukum ini dikenal dengan hukum termodinamika pertama (Giancoli, 2001).

Kita harus berhati – hati dalam memberikan tanda pada  $Q$  dan  $W$ . Apabila :

- Sistem menerima kalor,  $Q$  positif,
- Sistem melepaskan kalor,  $Q$  negatif,
- Sistem melakukan usaha,  $W$  positif, dan
- Sistem menerima usaha,  $W$  negatif.

Sehingga dapat diilustrasikan seperti gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Ilustrasi pemberian tanda positif dan negatif untuk  $Q$  dan  $W$

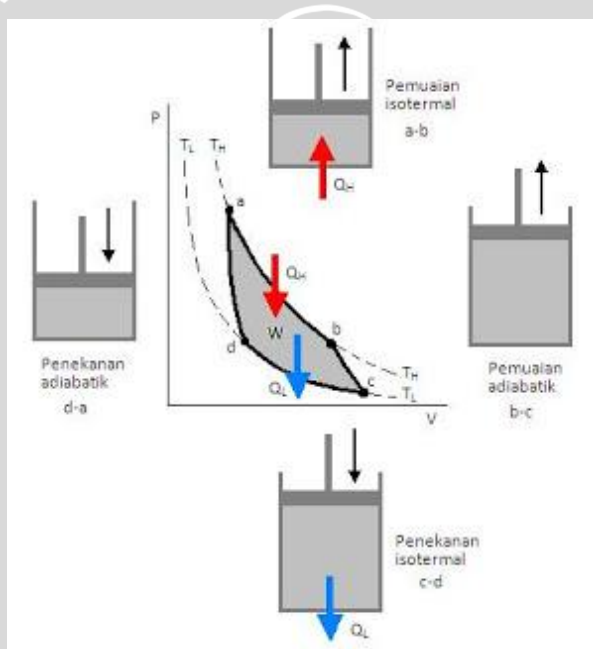
(Zaelani, dkk, 2006 ).

Sebuah sistem tertentu, pada keadaan tertentu dapat dikatakan memiliki energi dalam, namun pada keadaan tertentu tidak memiliki sejumlah kalor atau kerja tertentu.



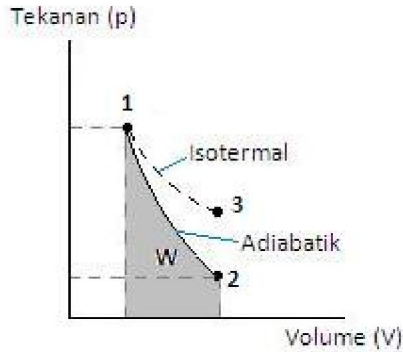
Ketika kerja dilakukan pada sistem (seperti penekanan gas), atau ketika kalor ditambahkan atau diambil dari sistem, maka keadaan sistem berubah. Hal ini berarti kerja dan kalor terlibat dalam proses termodinamik yang dapat merubah sistem dari satu keadaan ke keadaan lainnya, namun kerja dan kalor bukan merupakan karakteristik keadaan tersebut sebagaimana tekanan (P), Volume (V), temperature (T), massa m, atau jumlah mol, dan energi dalam (U) (Giancoli, 2001).

Ada beberapa sistem sederhana yang menerapkan hukum pertama termodinamika yaitu isothermal, adiabatik, isobarik, dan isokorik yang dapat dilihat pada **gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Proses isothermal, adiabatik, isobarik, dan isokorik

Isotermal berasal dari bahasa yunani yang memiliki arti temperatur yang sama. Jika sistem merupakan gas ideal, maka  $PV = nRT$  sehingga untuk temperatur konstan,  $PV = \text{konstan}$ .



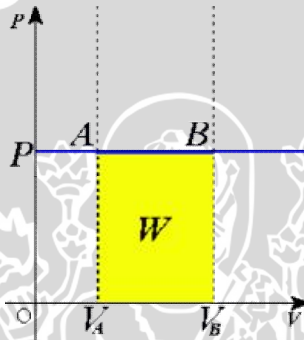
**Gambar 2.4** Proses Isotermal.

Misalkan gas berada dalam bejana yang ditutup dengan piston yang bisa bergerak dan gas bersentuhan dengan reservoir kalor (sebuah benda yang massanya sangat besar sehingga, idealnya, temperaturnya tidak berubah secara signifikan ketika kalor dipertukarkan dengan sistem). Anggap proses penekanan (volume berkurang) atau pemuaian (volume bertambah) dilakukan dengan sangat perlahan untuk meyakinkan bahwa semua gas tetap dalam kesetimbangan pada temperatur yang sama. agar temperatur tetap konstan, gas harus memuai dan melakukan sejumlah kerja  $W$  pada lingkungan (ia memberikan gaya pada piston dan menggerakannya melalui jarak tertentu). Temperatur tetap dijaga konstan, sehingga  $\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = 0$ ,  $\Delta U = Q - W = 0$ , sehingga  $W = Q$  yaitu kerja yang dilakukan oleh gas pada proses isotermal sama dengan kalor yang ditambahkan pada gas (Giancoli, 2001).

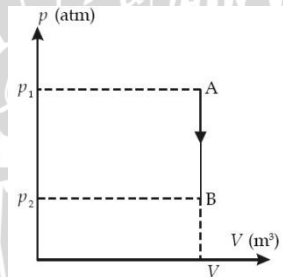
Proses adiabatik adalah suatu proses dimana tidak ada kalor yang dibiarkan mengalir ke dalam atau ke luar sistem, yaitu  $Q = 0$ . Situasi ini bisa terjadi jika sistem terisolasi dengan baik, atau proses terjadi sangat cepat sehingga kalor yang mengalir dengan lambat tidak memiliki waktu untuk mengalir ke dalam atau ke luar. Contoh proses yang hampir adiabatik yaitu pemuaian gas yang sangat cepat pada mesin pembakaran dalam. Karena  $Q = 0$ , maka,  $\Delta U = -$

W, yaitu energi dalam bertambah jika gas memuai, berarti temperatur juga berkurang karena  $\Delta U = 3/2 nR\Delta T$ . Pada penekanan adiabatik (misalkan dari c ke b), kerja dilakukan pada gas, sehingga energi dalam bertambah dan temperatur naik (Giancoli, 2001).

Proses isothermal dan adiabatik hanya merupakan proses yang mungkin terjadi. Dua proses termodinamika sederhana lainnya yaitu proses isobarik dimana tekanan dijaga tetap konstan dan proses isokorik dimana volume tidak berubah.



**Gambar 2.5** Proses Isobarik



**Gambar 2.6** Proses isokorik

Pada isobarik, karena P konstan, namun  $\Delta P = 0$  ( $W = P \cdot \Delta V$ ) sehingga  $\Delta U = Q - W$ . Sedangkan pada isokorik, karena  $\Delta V$  konstan, dan  $W = P \cdot \Delta V$ , maka  $Q = \Delta U$  (Giancoli, 2001).

### 2.3.3 Hukum termodinamika ke – 2

Hukum termodinamika ke – 2 merupakan pernyataan mengenai proses yang terjadi di alam dan yang tidak. Hukum ini dinyatakan dengan berbagai cara, namun semuanya sama (Giancoli, 2001).

Hukum II termodinamika dalam pernyataan aliran kalor (perumusan R.J.F. Clausius) yaitu *kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya* (Priyono, dkk, 2006).

Sedangkan hukum II termodinamika dalam pernyataan entropi yaitu *Total entropi semesta tidak berubah ketika proses reversible terjadi dan bertambah ketika proses irreversible terjadi*. Entropi merupakan ukuran ketidakteraturan suatu sistem. Semakin tinggi entropinya, maka sistem tersebut semakin tidak teratur. Misalnya jika gas dipanaskan maka molekul – molekul gas akan bergerak secara acak (entropinya tinggi) tetapi jika suhunya diturunkan gerak molekulnya menjadi lebih teratur (entropinya rendah) (Priyono, dkk, 2006).

Entropi adalah ukuran banyaknya energi atau kalor yang tidak dapat diubah menjadi usaha. Besarnya entropi suatu sistem yang mengalami proses reversible sama dengan kalor yang diserap sistem dari lingkungannya ( $\Delta Q$ ) dibagi suhu mutlak sistem itu ( $T$ ). Maka perubahan entropinya ( $\Delta S$ ) yaitu :

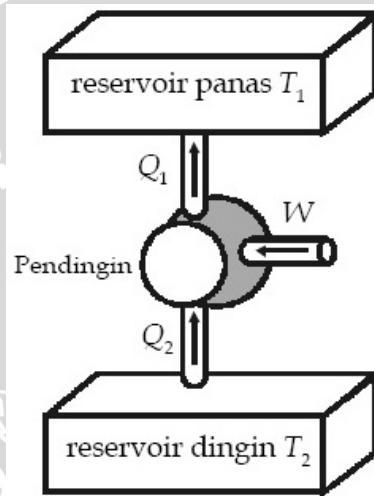
$$\Delta S = \Delta Q / T \text{ (Joule / Kelvin)} \quad (1-2)$$

(Priyono, dkk, 2006).

Perubahan entropi suatu sistem hanya tergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir. Proses reversible tidak mengubah total entropi dari semesta, tetapi setiap proses irreversible selalu menaikkan entropi semesta. Proses reversible memiliki ciri perubahan entropinya ( $\Delta S = 0$ ) baik bagi sistem maupun lingkungannya. Sistem dan lingkungannya disebut dengan semesta. Jadi, proses reversible tidak mengubah total entropi semesta. Pada proses irreversible perubahan entropi  $\Delta S > 0$  (Priyono, dkk, 2006).

Salah satu contoh dari penerapan hukum II termodinamika yaitu pada mesin pendingin, dimana mesin pendingin

merupakan peralatan yang bekerja berdasarkan aliran kalor dari benda dingin ke benda panas dengan melakukan usaha pada sistem.



**Gambar 2.7** Mesin Pendingin

Ukuran penampilan sebuah mesin pendingin dinyatakan dengan koefisien daya guna (koefisien performansi) yang diberi simbol  $K_p$ .

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{Q_2}{W} \\ &= \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \\ K_p &= \frac{T_2}{T_1 - T_2} \end{aligned} \quad (1-3)$$

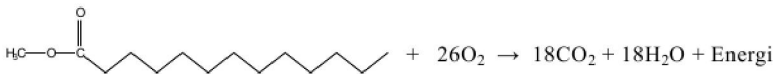
(Priyono, dkk, 2006).

## 2.4 Proses Pembakaran Bahan Bakar Minyak

Pembakaran bahan bakar merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen menghasilkan pertambahan temperatur (Arthur dan Chaim, 1995). Hadyana, dkk (2003), menjelaskan pembakaran sebagai proses oksidasi gas, cairan atau zat padat, yang menghasilkan kalor, dan sering juga cahaya.

Terjadinya proses pembakaran diperlukan adanya tiga syarat, yang dikenal dengan segitiga api, yaitu : (1) adanya bahan bakar, misalnya : minyak, gas alam, biomassa, dll; (2) adanya udara (oksigen) dalam jumlah yang memadai sebagai pereaksi oksidasi; dan (3) adanya panas pemicu sehingga tercapainya titik pembakaran (flash point) bahan bakar itu. Jadi proses pembakaran minyak ialah preaksi oksidasi bahan organik minyak oleh oksigen dari udara yang menghasilkan energi panas api, dan hasil samping karbondioksida dan uap air (Budy, 2008).

Biodisel merupakan salah satu jenis bahan bakar minyak. Biodisel dibuat dari trigliserida melalui reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan perubahan ester dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Reaksi dikatalisis dengan keberadaan basa kuat. Pada pembakaran biodisel dihasilkan sejumlah energi. Reaksi pembakarannya yaitu (Adawiyah, 2010):



Perhatikan bahwa pada reaksi pembakaran di atas setiap karbon dalam biodisel diubah menjadi karbondioksida. Setiap karbon yang dioksidasi menjadi karbondioksida melepaskan kalor sebanyak 850 kJ/mol. Makin banyak karbon, semakin banyak energi yang dihasilkan (Adawiyah, 2010).

## 2.5 Efisiensi Termal

Dalam penggunaan bahan bakar, dikenal dua jenis efisiensi, efisiensi termal dan pembakaran. Efisiensi termal merupakan perbandingan kalor yang diperoleh oleh suatu sistem dengan energi kalor yang disuplai oleh bahan bakar. Efisiensi termal ini dapat ditingkatkan dengan cara mengubah bentuk nyala untuk

meminimalisir kehilangan panas. Efisiensi termal dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{Q_{\text{sistem}}}{Q_{\text{bahan bakar}}} \quad (1-4)$$

Berdasarkan persamaan dalam termodinamika, maka kalor yang diterima air dan yang dihasilkan oleh gas yaitu :

$$Q_{\text{air}} = m_{\text{air}} \times c_{p \text{ air}} \times \Delta T_{\text{air}}$$

$$Q_{\text{bahan bakar}} = m_f \times HV_{\text{bahan bakar}} \quad (1-5)$$

Sehingga rumus akhir untuk efisiensi termal yaitu :

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{m_{\text{air}} \times c_{p \text{ air}} \times \Delta T_{\text{air}}}{v_{\text{fuel}} \times HV_{\text{fuel}} \times t_m} \times 100\% \quad (1-6)$$

Dengan,

$m_{\text{air}}$  = massa air (kg)

$c_{p \text{ air}}$  = panas jenis air (kkal/kg°C)

$v_{\text{fuel}}$  = laju volume bahan bakar (ml/menit)

$t_m$  = waktu pemanasan (menit)

$\Delta T_{\text{air}}$  = perubahan suhu air selama  $t_m$  (°C)

$HV_{\text{fuel}}$  = heating value bahan bakar (kkal/ml)

(Munawar, 2002).

## 2.6 Kalor

### 2.6.1 Kalor sebagai transfer energi

Kalor adalah energi yang ditransfer karena adanya perubahan temperatur. Kalor mengalir dengan sendirinya dari suatu benda yang temperaturnya lebih tinggi ke benda lain dengan temperatur yang lebih rendah (Giancoli, 2001).

Satuan yang umum untuk kalor, yang sering digunakan yaitu kalori. Satuan ini disebut kalori (kal) dan didefinisikan sebagai kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 gram air

sebesar 1 derajat celcius. Yang lebih sering digunakan dari kalori adalah kilokalori (kkal), yang besarnya 1000 kalori sehingga 1 kkal adalah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 kg air sebesar 1° C. Kadangkala satu kilokalori disebut Kalori (dengan huruf K besar) dan dengan satuan inilah nilai energi makanan ditentukan (Giancoli, 2001).

Secara kuantitatif, kerja 4,186 Joule ternyata ekivalen dengan 1 kalori (kal) kalor. Nilai ini dikenal sebagai tara kalor mekanik.

$$4,186 \text{ J} = 1 \text{ kal}$$

$$4,186 \times 10^3 \text{ J} = 1 \text{ kkal}$$

Menurut para ilmuwan, kalor bukan sebagai zat, bukan sebagai bentuk energi. Melainkan kalor adalah “transfer energi”. Ketika kalor mengalir dari benda panas ke yang lebih dingin, energilah yang ditransfer dari yang panas ke yang dingin. Dalam satuan SI, satuan untuk kalor, sebagaimana untuk bentuk energi lain, adalah joule (Giancoli, 2001).

### **2.6.2 Perbedaan antara Temperatur, Kalor, dan Energi Dalam**

Kalor bukan merupakan energi yang dimiliki sebuah benda, melainkan mengacu ke jumlah energi yang ditransfer dari satu benda ke yang lainnya pada temperatur yang berbeda (Giancoli, 2001).

Dengan menggunakan teori kinetik, dapat diketahui perbedaan yang jelas antara temperatur, kalor, dan energi dalam. Temperatur (dalam Kelvin) adalah pengukuran dari energi kinetik rata – rata dari molekul secara individu. Energi termal dan energi dalam mengacu pada energi total dari semua molekul pada benda. Sedangkan kalor mengacu pada transfer energi dari satu benda ke benda yang lainnya karena adanya perbedaan temperatur sehingga arah aliran kalor bergantung pada temperatur (Giancoli, 2001).



### 2.6.3 Perpindahan Kalor (Konduksi, Konveksi, dan Radiasi)

Kalor berpindah dari satu tempat atau benda ke yang lainnya melalui cara, yaitu dengan konduksi, konveksi, dan radiasi (Giancoli, 2001).

Konduksi kalor pada banyak materi dapat digambarkan sebagai hasil tumbukan molekul – molekul. Ketika satu ujung benda dipanaskan, molekul – molekul di tempat tersebut bergerak lebih cepat dan lebih cepat. Saat bertumbukan dengan tetangga mereka yang bergerak lebih lambat, mereka mentransfer sebagian dari energi ke molekul – molekul lain, yang lajunya kemudian bertambah. Molekul – molekul ini kemudian juga mentransfer sebagian energi mereka dengan molekul – molekul lain sepanjang benda tersebut. Sehingga energi gerakan termal ditransfer oleh tumbukan molekul sepanjang benda (Giancoli, 2001).

Konduksi kalor hanya terjadi jika ada perbedaan temperatur. Kecepatan aliran kalor melalui benda sebanding dengan perbedaan temperatur antara ujung – ujungnya. Sehingga hubungan antara  $T$ ,  $\Delta Q$ , dan  $\Delta t$  dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = k A \frac{T_1 - T_2}{l} \quad (1-7)$$

Dimana  $A$  adalah luas penampang lintang benda,  $l$  adalah jarak antara kedua ujung yang mempunyai temperatur  $T_1$  dan  $T_2$ , dan  $k$  adalah konstanta pembanding yang disebut dengan konduktivitas termal, yang merupakan karakteristik materi tersebut (Giancoli, 2001).

Ketika suatu zat memiliki konduktivitas termal yang besar, maka dia dapat menghantarkan kalor dengan cepat dan dinamakan dengan konduktor yang baik. Sebagian besar logam masuk dalam kategori konduktor yang baik (Giancoli, 2001).

Konveksi adalah proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat yang lain. Jika pada konduksi melibatkan molekul yang hanya bergerak dalam jarak yang kecil dan bertumbukan, sementara pada konveksi melibatkan pergerakan molekul dalam jarak yang besar (Giancoli, 2001).

Tungku dengan udara yang dipaksa, dimana udara dipanaskan dan kemudian ditiup oleh kipas angin ke dalam

ruangan, merupakan salah satu contoh konveksi yang dipaksakan. Untuk contoh konveksi alami yaitu ketika sepanci air dipanaskan, arus konveksi terjadi sementara air yang dipanaskan di bagian bawah panci naik karena massa jenis (kerapatannya) berkurang dan digantikan oleh air yang lebih dingin di atasnya (Giancoli, 2001).

Konveksi merupakan perpindahan kalor yang disebabkan oleh perpindahan partikel – partikel zat. Dimana kalor yang merambat tiap satuan waktu  $H$  berbanding lurus dengan perbedaan suhu, berbanding lurus dengan luas masing – masing permukaan, dan tergantung pada jenis fluida sehingga dapat dirumuskan :

$$H = h \cdot A \cdot \Delta T, \quad (1-8)$$

Dimana  $H$  merupakan kalor yang merambat tiap satuan waktu ( $J/s$ ),  $h$  merupakan koefisien konveksi ( $J s^{-1} m^{-2} K^{-1}$ ),  $A$  merupakan luas setiap permukaan ( $m^2$ ), dan  $\Delta T$  merupakan beda suhu ( $K$ ) . Harga  $h$  bergantung pada bentuk dan kedudukan geometrik permukaan – permukaan yang bersangkutan serta bergantung pada sifat fluida yang menjadi perantara. Oleh karena itu tidak ada tabel khusus harga  $h$ . Harga  $h$  diturunkan secara empiris oleh faktor – faktor diatas (Muhammad, dkk, 2006).

Radiasi merupakan transfer kalor tanpa medium perantara. Contoh dari radiasi yaitu sampainya kalor matahari ke permukaan bumi. Energi kalor matahari yang sampai ke permukaan bumi tidak mungkin dihantarkan dengan cara konduksi sebab antara matahari dengan atmosfer terdapat ruang hampa udara. Energi kalor matahari juga tidak mungkin dihantarkan dengan konveksi sebab udara panas akan bergerak ke tempat yang suhunya lebih rendah. Oleh karena itu energi kalor matahari tidak sampai ke permukaan bumi (Muhammad, dkk, 2006).

Perambatan energi kalor matahari sampai ke permukaan bumi sebagai gelombang elektromagnetik yang disebut dengan radiasi. Energi radiasi ini diserap oleh bumi sebagai kalor. Besarnya energi yang dipancarkan tiap satu satuan luas dan tiap satu satuan waktu dirumuskan :

$$W = e \cdot r \cdot T^4 \quad (1-9)$$

Dimana  $W$  adalah energi yang dipancarkan tiap satuan luas dalam satu satuan waktu (Watt),  $e$  adalah emisivitas benda dimana nilainya berkisar antara  $0 < e < 1$ ,  $T$  adalah suhu permukaan benda (Kelvin), dan  $r$  adalah konstanta Stefan – Boltzman yang nilainya  $5.67 \times 10^{-8} \text{ watt/m}^2 (\text{K})^4$ . Jika di sekeliling benda suhunya  $T'$ , maka benda akan menyerap energi sebesar :

$$W = a \cdot r \cdot (T')^4 \quad (1-10)$$

$a$  merupakan koefisien serap benda (absorbtivitas).

Suatu benda dikatakan hitam sempurna apabila memiliki nilai  $e=1$ . Pada umumnya,  $e=a$  berarti benda yang memancarkan kalor yang baik merupakan benda yang menyerap kalor yang baik pula. Sehingga benda yang cepat menyerap kalor lebih cepat pula melepaskan kalor . Jika suatu benda permukaannya bersuhu  $T$  dan di sekelilingnya bersuhu  $T'$  (dengan  $T > T'$ ), maka energi yang dipancarkan besarnya adalah :

$$W = e \cdot r \cdot (T^4 - (T')^4) \quad (1-11)$$

$T$  merupakan suhu permukaan benda, sedangkan  $T'$  merupakan suhu di sekeliling permukaan (Muhammad, dkk, 2006).

#### 2.6.4 Nilai kalor

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan, dan diukur sebagai nilai kalor kotor/gross calorific value atau nilai kalor netto/nett calorific value. Perbedaannya ditentukan oleh panas laten kondensasi dari uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran. Nilai kalor kotor/gross calorific value (GCV) mengasumsikan seluruh uap yang dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terembunkan/terkondensasikan. Nilai kalor netto (NCV) mengasumsikan air yang keluar dengan produk pengembunan tidak seluruhnya terembunkan. Bahan bakar harus dibandingkan berdasarkan nilai kalor netto (Adawiyah, 2010).

GCV untuk beberapa jenis bahan bakar cair yang umum digunakan terlihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 2.6** Nilai kalor kotor (GCV) untuk beberapa bahan bakar minyak (diambil dari Thermax India Ltd.)

No	Bahan Bakar Minyak	Nilai Kalor Kotor (GCV) (kKal / Kg)
1	Minyak tanah	-11.100
2	Minyak diesel	-10.800
3	L. D. O	-10.700
4	Minyak tungku / furnance	-10.500
5	LSHS	-10.600

Nilai kalor bahan bakar terdiri dari Nilai Kalor Atas atau Highest Heating Value (HHV) dan Nilai Kalor Bawah atau Lowest Heating Value (LHV). Nilai Kalor Atas (HHV) adalah nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 kg bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud cair). Nilai kalor bawah (LHV) adalah nilai kalor yang diperoleh dari pembakaran 1 kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud gas atau uap) (Napitupulu, 2006).

Jika benda menerima kalor, maka kalor itu digunakannya untuk menaikkan suhu benda, atau berubah wujud. Benda yang berubah wujud dapat berubah mencair atau menguap. Kalor hasil pembakaran sempurna disebut sebagai kalor bakar. Perubahan kalor pada suatu reaksi dapat diukur melalui pengukuran perubahan suhu yang terjadi pada reaksi tersebut. Persamaannya sebagai berikut :

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$Q_{\text{kalorimeter}} = C \times \Delta t \quad (1-12)$$

Dimana, Q = Jumlah Kalor (Joule),

m = massa zat (g),

$\Delta t$  = perubahan suhu ( $^{\circ}\text{C}/\text{K}$ ),

c = Kalor jenis ( $\text{J} / \text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ),

C = Kapasitas kalor ( $\text{J} / ^{\circ}\text{C}$ ),

(Tazi, Imam dan Sulistiana, 2011).

## 2.7 Desain Kompor Nabati

Kompor nabati adalah kompor yang menggunakan bahan bakar minyak dari tumbuh-tumbuhan seperti kelapa, kelapa sawit, jagung, bunga matahari, biji zaitun, kedelai, dan kanola. Beberapa keunggulan kompor nabati adalah dapat menggunakan minyak bekas penggorengan makanan yang disebut dengan minyak jelantah sebagai bahan bakar. Kelebihan lainnya dari kompor nabati yakni kompor ini mampu memberikan mampu memasak dua kali lebih cepat dibanding kompor minyak tanah. Kompor tersebut juga cukup hemat. Hanya dengan satu liter minyak goreng bekas, bisa untuk memasak selama empat jam (Metronews, 2012).



**Gambar 2.8** Kompor nabati (Kompor Sumbu)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai 4 Juni 2013 s.d 13 September 2013 di laboratorium Fisika lanjutan, Universitas Brawijaya.

### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1 kompor sumbu, selang, panci, nepel, penyangga, gelas ukur, termometer, kain kaos, kawat dengan diameter kecil, korek api, pengoles minyak jelantah, botol air mineral, alat suntik dan sumbu berupa kapas.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu minyak jelantah kelapa sawit, minyak jelantah kanola, minyak jelantah limbah pedagang lalapan, dan air sumur.

### 3.3 Tahap Penelitian

Pengukuran efisiensi termal menggunakan kompor nabati pada kalor hasil pembakaran minyak jelantah sawit dan minyak jelantah kanola dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang digambarkan sesuai dengan alur tahapan penelitian seperti pada gambar di bawah ini:

Pembuatan minyak jelantah



Persiapan Kompor Nabati



Pengujian efisiensi  
minyak jelantah

## **Pembuatan Minyak Jelantah**

Pembuatan minyak jelantah dilakukan dengan menggunakan minyak dari bahan nabati seperti kelapa sawit, kanola, dan minyak nabati lain yang tersedia di pasaran untuk suatu proses penggorengan suatu bahan. Minyak jelantah ini dibuat dari minyak nabati yang telah dipanaskan sebanyak 3 kali sehingga minyak nabati tersebut berubah warna dan menjadi minyak jelantah. Pembuatan minyak jelantah dilakukan dari minyak goreng yang memiliki bahan nabati yang berbeda, sehingga didapatkan minyak jelantah dengan bahan nabati yang berbeda pula. Minyak jelantah dari hasil proses penggorengan/pemanasan minyak ini digunakan untuk bahan bakar kompor nabati.

## **Persiapan Kompor Nabati**

Kompor nabati yang digunakan adalah kompor sumbu dengan memodifikasi kompor tersebut. Kompor tersebut menggunakan tabung dan dihubungkan dengan selang serta selang tersebut dihubungkan dengan nepel (selang yang terbuat dari tembaga).

## **Pengujian Efisiensi Kompor Nabati**

Pengujian efisiensi kompor nabati dilakukan dengan cara, Selang dikosongkan dari udara terlebih dahulu, kemudian Minyak jelantah dimasukkan ke dalam tabung, setelah minyak mengalir hingga ke permukaan sumbu, Sumbu diolesi dengan minyak jelantah (seperti penggunaan pada minyak tanah). Kompor dinyalakan dengan korek api kemudian memasak air dengan volume 200 ml dengan pengulangan sebanyak 5 kali. Suhu dicatat tiap kenaikan 10°C dan dihitung efisiensi termalnya.

Efisiensi termal dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{Q_{\text{sistem}}}{Q_{\text{bahan bakar}}}$$

Berdasarkan persamaan dalam termodinamika, maka kalor yang diterima air dan yang dihasilkan oleh gas yaitu :



$$Q_{air} = m_{air} \times c_{p\ air} \times \Delta T_{air}$$

$$Q_{bahan\ bakar} = m_f \times HV_{bahan\ bakar}$$

Sehingga rumus akhir untuk efisiensi termal yaitu :

$$\eta_{termal} = \frac{m_{air} \times c_{p\ air} \times \Delta T_{air}}{v_{fuel} \times HV_{fuel} \times t_m} \times 100\%$$

Dengan,

$m_{air}$  = massa air (kg)

$c_{p\ air}$  = panas jenis air (kkal/kg°C)

$v_{fuel}$  = laju volume bahan bakar (ml/menit)

$t_m$  = waktu pemanasan (menit)

$\Delta T_{air}$  = perubahan suhu air selama  $t_m$  (°C)

$HV_{fuel}$  = heating value bahan bakar (kkal/ml)

### 3.4 Cara Kerja

Kompore yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompor sumbu. Tabung (botol air mineral) diletakkan pada penyangga yang tingginya sejajar dengan kompor. Tutup botol air mineral tersebut sudah dilubangi sebanyak 10 lubang sebagai tempat selang. Selang dimasukkan ke dalam tutup botol tersebut, kemudian selang tersebut dihubungkan dengan nepel dan diikat menggunakan kawat. Kemudian nepel dimasukkan ke dalam sumbu dan diikat dengan kawat.

Minyak dituangkan ke dalam tabung, setelah minyak menyerap hingga ujung permukaan, kompor dinyalakan. Ketika nyala api sudah stabil, dilakukan pengambilan data memasak air dengan volume 200 ml dengan pengulangan sebanyak lima kali. Digunakan volume air 200 ml karna apabila volume terlalu banyak, maka perhitungan waktu untuk mencapai mendidih akan lebih lama dan membutuhkan suplay kalor yang banyak. Sedangkan persediaan

minyak jelantah pada ibu rumah tangga umumnya tidak terlalu melimpah. Tiap memasak air, suhu dihitung tiap kenaikan  $10^{\circ}\text{C}$  kemudian dihitung efisiensi termalnya.



**Gambar 3.1** Kompor Nabati (gambar dari samping)



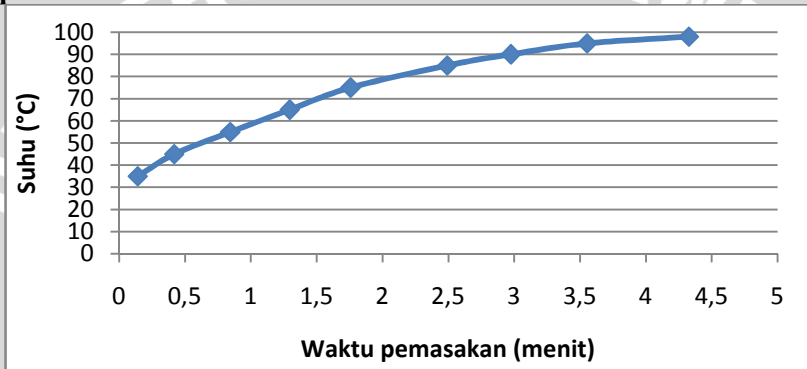
**Gambar 3.2** Kompor Nabati (gambar dari atas)

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

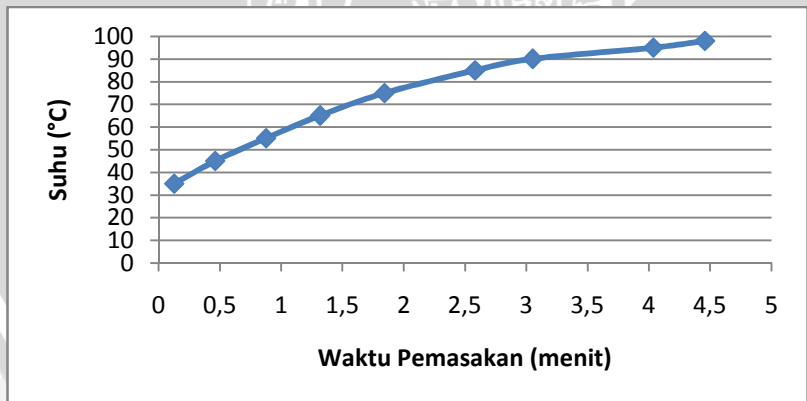
### 4.1 Hasil Penelitian

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh grafik hubungan antara suhu dengan waktu pemasakan dan suhu dengan efisiensi termal.

#### 4.1.1 Grafik hubungan antara suhu dengan waktu pemasakan

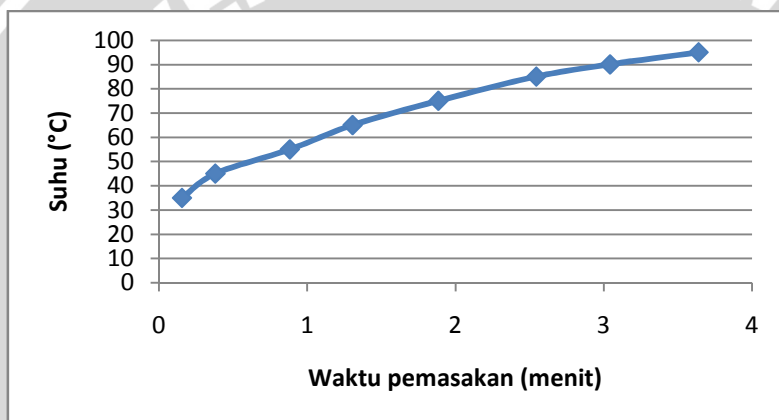


**Gambar 4.1** Grafik hubungan suhu dengan waktu pemasakan pada minyak jelantah kelapa sawit



**Gambar 4.2** Grafik hubungan suhu dengan waktu pemasakan pada minyak jelantah lalapan.

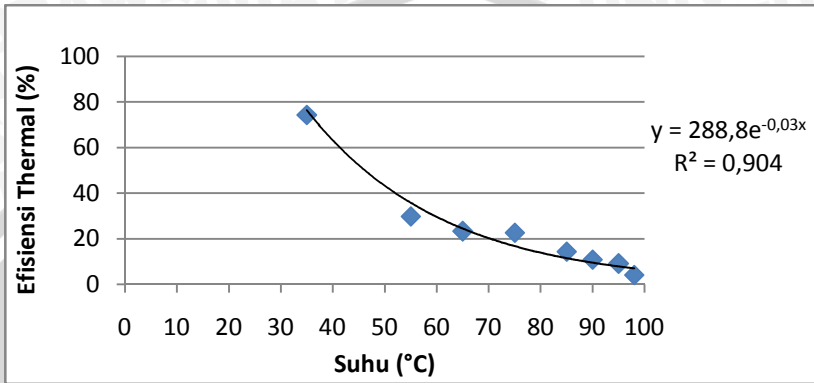
Dari grafik pada Gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhunya, waktu pemasakan semakin lama. Pada minyak jelantah sawit, waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan 200 ml air (waktu pemasakan) adalah selama 4,32 menit. Sedangkan minyak jelantah lalapan memiliki waktu pemasakan yang lebih lama jika dibandingkan dengan minyak jelantah sawit yaitu 4,46 menit. Perbedaan waktu pemasakan pada kedua minyak jelantah ini (minyak jelantah sawit dan lalapan) disebabkan oleh komposisi kimia yang berbeda yang berasal dari material saat minyak digunakan sebagai media penggorengan.



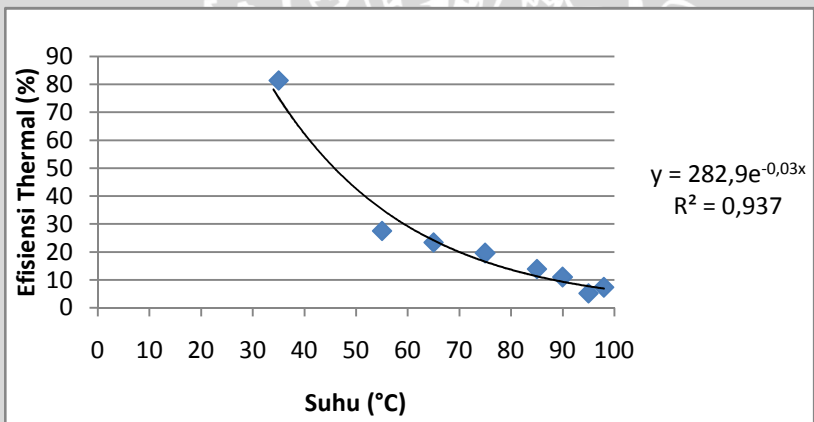
**Gambar 4.3** Grafik hubungan suhu dengan waktu pemasakan pada minyak jelantah kanola.

Dari grafik pada Gambar 4.3, dapat diketahui bahwa minyak jelantah kanola memiliki waktu pemasakan yang paling singkat jika dibandingkan kedua minyak jelantah tersebut yaitu 3,64 menit.

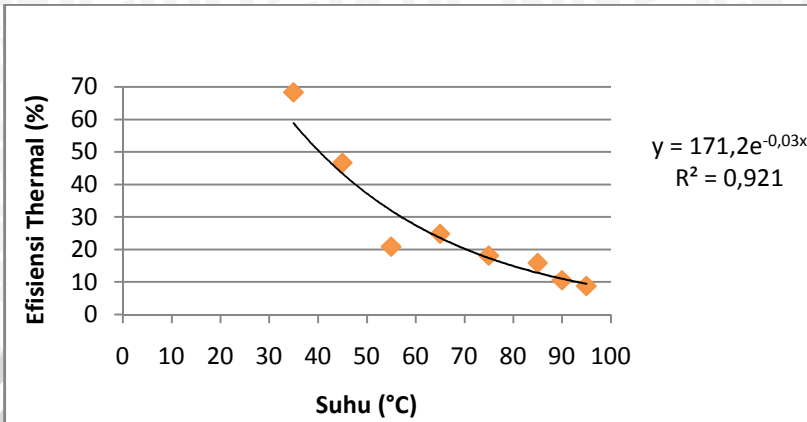
#### 4.1.2 Grafik hubungan antara suhu dengan efisiensi termal



**Gambar 4.4** Grafik hubungan suhu dengan efisiensi termal pada minyak jelantah sawit



**Gambar 4.5** Grafik hubungan suhu dengan efisiensi termal pada minyak jelantah pedagang lalapan



**Gambar 4.6** Grafik hubungan suhu dengan efisiensi termal pada minyak jelantah kanola

Dari grafik pada Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 dapat dilihat bahwa efisiensi termal menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Pada semua jenis minyak jelantah umumnya menunjukkan semua jenis minyak jelantah pada penelitian ini menunjukkan efisiensi termal yang paling besar pada suhu 35° C dan menurun menjadi efisiensi termal pada suhu 85° C.

## 4.2 Pembahasan

Kompur nabati adalah kompor yang menggunakan bahan bakar minyak dari tumbuh-tumbuhan seperti kelapa, kelapa sawit, jagung, bunga matahari, biji zaitun, kedelai, dan kanola. Salah satu keunggulan dari kompor nabati adalah dapat menggunakan minyak bekas penggorengan makanan yang disebut dengan minyak jelantah sebagai bahan bakar (Metronews, 2012).

Setiap minyak jelantah memiliki waktu pemasakan yang berbeda-beda. Untuk volume minyak jelantah 150 ml dapat digunakan sebagai bahan bakar selama 11 jam. Sehingga dapat dihitung volume minyak jelantah yang terpakai tiap menit yaitu :

$$\frac{150 \text{ ml} \times 10 \text{ sumbu}}{11 \times 60 \text{ menit}} = 2,27 \text{ ml / menit}$$

Jadi, untuk setiap menit volume minyak jelantah yang terpakai 2,27 ml. Dari sini dapat kita hitung perbandingan volume bahan bakar yang terpakai untuk mendidihkan 200 ml air dari masing – masing minyak jelantah sebagaimana yang tersaji pada Tabel 4.1.

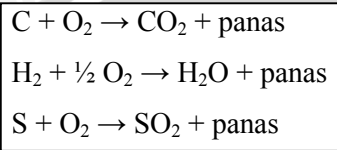
**Tabel 4.1** Tabel perbandingan volume bahan bakar dari masing- masing minyak

Jenis minyak jelantah	Analisa perhitungan	Volume bahan bakar yang terpakai
Minyak jelantah kanola	$V = 3,64 \text{ menit} \times 2,27 \text{ ml/menit}$	8,27 ml
Minyak jelantah sawit	$V = 4,32 \text{ menit} \times 2,27 \text{ ml/menit}$	9,81 ml
Minyak jelantah lalapan	$V = 4,46 \text{ menit} \times 2,27 \text{ ml/menit}$	10,12 ml

Pembakaran bahan bakar merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dengan udara atau oksigen murni menghasilkan pertambahan temperatur. Namun pada umumnya, pembakaran tidak menggunakan oksigen murni, melainkan memanfaatkan oksigen yang ada di udara (Arthur dan Chaim, 1995). Hadyana, dkk (2003), menjelaskan pembakaran sebagai proses oksidasi gas, cairan atau zat padat, yang menghasilkan kalor, dan sering juga cahaya.

Terjadinya proses pembakaran diperlukan adanya tiga syarat, yang dikenal dengan segitiga api, yaitu : (1) adanya bahan bakar, misalnya : minyak, gas alam, biomassa, dll; (2) adanya udara (oksigen) dalam jumlah yang memadai sebagai pereaksi oksidasi; dan (3) adanya panas pemicu sehingga tercapainya titik pembakaran (flash point) bahan bakar itu. Jadi proses pembakaran minyak ialah reaksi kimia antara oksigen yang berasal dari udara atau oksigen murni dengan bahan bakar nabati yang menghasilkan energi panas api, dan hasil samping karbondioksida dan uap air (Budy, 2008).

Prinsip pembakaran bahan bakar terdiri dari dua jenis, yaitu pembakaran lengkap (sempurna) dan pembakaran tidak lengkap (tidak sempurna). Pembakaran sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen hanya akan menghasilkan CO<sub>2</sub>, seluruh unsur H menghasilkan H<sub>2</sub>O, dan seluruh S menghasilkan SO<sub>2</sub>. Reaksinya adalah sebagai berikut :

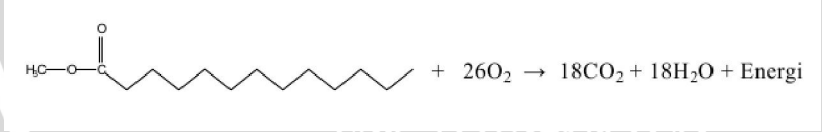


(Michael dan Howard, 2004).

Bahan bakar adalah zat yang mudah terbakar (Michael dan Howard, 2004). Bahan bakar terdiri dari senyawa organik yang tersusun atas karbon, hidrogen, sejumlah kecil oksigen, dan sulfur. Bahan bakar juga dapat mengandung senyawa anorganik seperti abu (Arthur dan Chaim, 1995).

Prinsip pembakaran bahan bakar sejatinya adalah reaksi kimia bahan bakar dengan oksigen (O). Kebanyakan bahan bakar mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), dan belerang (S). Akan tetapi yang memiliki kontribusi yang penting terhadap energi yang dilepaskan adalah C dan H. Masing-masing bahan bakar memiliki kandungan unsur C dan H yang berbeda-beda (Michael dan Howard, 2004).

Reaksi pembakarannya adalah sebagai berikut :



Setiap karbon dalam biodiesel diubah menjadi karbondioksida. Setiap karbon yang dioksidasi menjadi karbondioksida akan melepaskan kalor sebanyak 850 kJ/mol. Semakin banyak karbon, semakin banyak energi yang dihasilkan (Adawiyah, 2010).

Jumlah atom karbon (C) dapat dicari dengan persamaan 4-1 :

$$\text{Jumlah atom C} = \frac{Ar \text{ C} \times \text{jumlah atom C}}{Mr} \times \text{massa} \times 6,02 \times 10^{23}$$



Tiap minyak memiliki kandungan atom C yang berbeda-beda. Untuk membandingkan jumlah atom dari tiap minyak, maka jumlah atom C yang dihitung adalah jumlah atom C pada asam lemak yang memiliki kandungan terbesar dalam 100 gram minyak seperti asam palmitat, asam oleat, dan asam linoleat. Berikut adalah tabel perbandingan jumlah atom C pada asam lemak jenuh dan tak jenuh pada minyak kanola dan sawit.

**Tabel. 4.2** Perbandingan jumlah atom C pada asam lemak jenuh dan tak jenuh pada minyak kanola dan sawit

No	Jenis Minyak	Asam Lemak Jenuh	Asam Lemak Tak Jenuh	
		Asam palmitat	Asam Oleat	Asam Linoleat
1	Kanola	$18 \times 10^{23}$ atom C	$232 \times 10^{23}$ atom C	$123 \times 10^{23}$ atom C
2	Sawit	$180 \times 10^{23}$ atom C	$161 \times 10^{23}$ atom C	$29 \times 10^{23}$ atom C

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa jumlah atom C pada minyak kanola lebih besar daripada jumlah atom C pada minyak sawit. Jumlah atom C pada minyak kanola yaitu  $373 \times 10^{23}$  atom C dan jumlah atom C pada minyak sawit yaitu  $370 \times 10^{23}$  atom C.

Minyak jelantah dari pedagang lalapan umumnya berasal dari minyak sawit sehingga dapat disimpulkan dalam penelitian ini digunakan 2 jenis minyak jelantah (sawit dan kanola). Dari kedua minyak tersebut, dapat kita bandingkan presentase asam lemak jenuh dan tak jenuh pada masing – masing minyak jelantah.

Pada minyak jelantah sawit, dalam 100 gr minyak, komposisi terbanyak asam lemak jenuh yaitu pada asam palmitat 40 gr dan asam lemak tak jenuh yaitu pada asam oleat 39 gr dan asam linoleat 7 gr (Ketaren, 2005). Sedangkan pada minyak jelantah kanola, asam lemak jenuh 7%, asam lemak tak jenuh dengan satu ikatan rangkap 63% , dan asam lemak tak jenuh dengan banyak ikatan rangkap 30%, dengan komposisi terbanyak (dalam 100 gram

minyak kanola) yang terdiri dari asam lemak jenuh (asam palmitat 4 gram) dan asam lemak tak jenuh (asam oleat 56 g dan asam linoleat 20 g) (Handout minyak nabati, 2013).

Minyak kanola memiliki komposisi asam lemak tak jenuh yang lebih banyak jika dibandingkan dengan asam lemak tak jenuh pada sawit (berdasarkan tabel 4.2). Asam lemak tak jenuh mempengaruhi kualitas pembakaran. Semakin banyak jumlah asam tak jenuh yang terkandung dalam minyak memperlama atomisasi saat pembakaran dan meningkatkan nilai kalor pembakaran minyak tersebut. Atomisasi merupakan penguraian molekul menjadi atom dengan energi api (Adawiyah, 2010).

Efisiensi termal merupakan perbandingan kalor yang diperoleh oleh suatu sistem dengan energi kalor yang disuplai oleh bahan bakar. Efisiensi termal pada proses pemanasan air menggunakan bahan bakar minyak jelantah sawit, pedagang lalapan, dan kanola. Efisiensi termal dapat dicari dengan persamaan :

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{m_{\text{air}} \times c_{p \text{ air}} \times \Delta T_{\text{air}}}{v_{\text{fuel}} \times HV_{\text{fuel}} \times t_m} \times 100\%$$

Dengan,

$m_{\text{air}}$  = massa air (kg)

$c_{p \text{ air}}$  = panas jenis air (kkal/kg°C)

$v_{\text{fuel}}$  = laju volume bahan bakar (ml/menit)

$t_m$  = waktu pemanasan (menit)

$\Delta T_{\text{air}}$  = perubahan suhu air selama  $t_m$  (°C)

$HV_{\text{fuel}}$  = heating value bahan bakar (kkal/ml)

(Munawar, 2002).

Dari ketiga grafik pada gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhunya, semakin lama waktu pemasakan, dan semakin menurun efisiensinya. Efisiensi termal pada kenaikan suhu 10°C pertama, yaitu dari suhu 35°C hingga 45°C menunjukkan nilai efisiensi yang paling tinggi yaitu pada minyak jelantah kanola 68% dan minyak jelantah sawit 74% kemudian mengalami penurunan hingga 8,8 % ketika suhu 95°C pada minyak jelantah kanola dan 4% ketika suhu 98°C pada minyak jelantah sawit. Hal ini

terjadi karena adanya proses difusi panas (perpindahan energi). Difusi panas terjadi karena adanya perbedaan suhu. Perpindahan energi (kalor) terdiri dari konduksi, konveksi, dan radiasi.

Konduksi merupakan perpindahan energi hasil tumbukan molekul – molekul. Ketika satu ujung benda dipanaskan, molekul – molekul di tempat tersebut bergerak lebih cepat dan lebih cepat. Saat bertumbukan dengan tetangga mereka yang bergerak lebih lambat, mereka mentransfer sebagian energinya ke molekul – molekul lain, yang lajunya kemudian bertambah. Molekul–molekul ini kemudian juga mentransfer sebagian energi mereka dengan molekul – molekul lain sepanjang benda tersebut. Sehingga energi gerakan termal ditransfer oleh tumbukan molekul sepanjang benda (Giancoli, 2001). Energi yang berasal dari bahan bakar minyak jelantah, diserap oleh permukaan panci. Bagian bawah panci terdiri dari molekul – molekul air. Molekul–molekul air tersebut akan bergerak dan saling bertumbukan antara molekul yang satu dengan yang lainnya. Saat bertumbukan inilah akan terjadi transfer panas sehingga panas akan merata dan mencapai suhu setimbang.

Konveksi adalah proses dimana kalor ditransfer dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat yang lain. Jika pada konduksi melibatkan molekul yang hanya bergerak dalam jarak yang kecil dan bertumbukan, sementara pada konveksi melibatkan pergerakan molekul dalam jarak yang besar (Giancoli, 2001). Pada saat pemasakan air, ketika panci dipanaskan, molekul – molekul air pada bagian dasar panci menjadi panas sehingga volumenya semakin besar. Ketika volumenya besar, maka rapat massanya kecil sehingga molekul – molekul pada bagian dasar panci akan bergerak ke atas mengisi tempat yang rapat massanya besar sambil memindahkan panas ke tempat tersebut. Sedangkan molekul – molekul air pada bagian atas panci akan turun ke dasar panci mengisi tempat yang rapat massanya lebih kecil, begitu seterusnya hingga air mendidih. Perubahan fase air untuk menjadi fase gas membutuhkan sejumlah kalor sebesar  $Q = m.U$  sehingga,

$$Q_{\text{serap}} = Q_{\text{lepas}}$$
$$m_{\text{air}} \cdot c_{\text{air}} \cdot \Delta T_{\text{air}} + m \cdot U = m_{\text{bahan bakar}} \cdot c_{\text{bahan bakar}} \cdot \Delta T_{\text{bahan bakar}}$$

(Munawar, 2002).

Radiasi merupakan transfer kalor tanpa medium perantara. Contoh dari radiasi yaitu sampainya kalor matahari ke permukaan bumi. Energi kalor matahari yang sampai ke permukaan bumi tidak mungkin dihantarkan dengan cara konduksi sebab antara matahari dengan atmosfer terdapat ruang hampa udara. Energi kalor matahari juga tidak mungkin dihantarkan dengan konveksi sebab udara panas akan bergerak ke tempat yang suhunya lebih rendah. Oleh karena itu energi kalor matahari tidak sampai ke permukaan bumi (Muhammad, dkk, 2006).

Menurunnya efisiensi termal tidak hanya disebabkan oleh proses konduksi dan konveksi, namun juga radiasi. Ketika panci dipanaskan, selain kalor diserap oleh air dan dipergunakan untuk perubahan fase, ada sebagian kalor yang mengalir ke lingkungan. Kalor yang mengalir ke lingkungan disebabkan oleh luas kontak permukaan panci dengan diameter nyala api. Luas kontak antara nyala api dengan permukaan panci cenderung bertambah seiring bertambahnya waktu. Semakin besar luas kontak antara nyala api dengan permukaan panci akan menyebabkan semakin ratanya panas dan api yang diterima oleh air. Namun luas kontak antara nyala dengan permukaan panci juga dapat memperbesar pengaruh kehilangan panas ke lingkungan. Oleh karena itu, luas kontak nyala terhadap panci menentukan tinggi rendahnya efisiensi termal (Munawar, 2002).

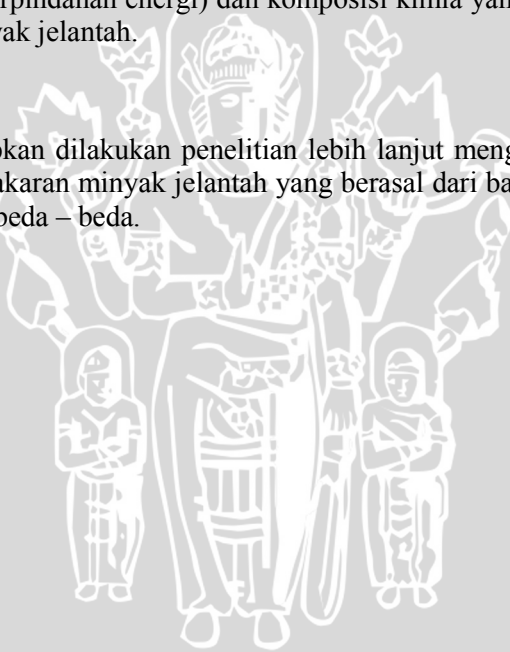
## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Efisiensi termal pada kenaikan suhu 10°C pertama, yaitu dari suhu 35°C hingga 45°C menunjukkan nilai efisiensi yang paling tinggi yaitu pada minyak jelantah kanola 68% dan minyak jelantah sawit 74% kemudian mengalami penurunan hingga 8,8 % ketika suhu 95°C pada minyak jelantah kanola dan 4% ketika suhu 98°C pada minyak jelantah sawit. Hal ini terjadi karena adanya proses difusi panas (perpindahan energi) dan komposisi kimia yang berbeda dari kedua minyak jelantah.

### 5.2 Saran

Diharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai efek dari asap pembakaran minyak jelantah yang berasal dari bahan bakar nabati yang berbeda – beda.



# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, Nur Robi'ah. 2010. *Penentuan Nilai Kalor Berbagai Komposisi Campuran Bahan Bakar Minyak Nabati*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Alamsyah, Andi Nur. 2005. Perpaduan Sang penakluk Penyakit VCO + Minyak Buah Merah. Jakarta : PT Agromedia Pustaka.
- Budy. 2008. Minyak jarak alternatif Energi Masa Depan. Sinar Tani Edisi 7. 12 Juli 2008.
- Giancoli, Douglas. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- [http://File.Upi.edu/direktori/FPTK/Jur.Pend\\_Kesejahteraan\\_Keluarga/197807162006042/AI\\_MAHMUDATUSSA'ADAH/modul\\_minyak.pdf](http://File.Upi.edu/direktori/FPTK/Jur.Pend_Kesejahteraan_Keluarga/197807162006042/AI_MAHMUDATUSSA'ADAH/modul_minyak.pdf). diakses pada tanggal 5 Oktober 2013.
- [http://ocw.usu.ac.id/.../tkk-322\\_handout\\_minyak\\_nabati.pdf](http://ocw.usu.ac.id/.../tkk-322_handout_minyak_nabati.pdf). diakses pada tanggal 5 Oktober 2013.
- <http://www.balipost.co.id>. Diakses pada tanggal 8 Oktober 2013
- Hambali, Erliza., dkk. 2007. Teknologi Bioenergi. Jakarta : PT Agromedia Pustaka.
- Hawab. 2003. Pengantar Biokimia. Malang : Bayumedia Publishing.
- Hadyana, Pudjatmaaka., Meyti Taqdir Q. 2003. Kamus Kimia. Jakarta : Balai Pustaka.
- Ketaren. 2005. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Jakarta : UI Press.
- Metronews. 2012. Kompor nabati Berbahan Bakar Minyak Jelantah.<http://metrotvnews.com/read/newsvideo/2012/03/13/147065>. diakses pada tanggal 5 Oktober 2013.
- Moran, Michael J., Howard N. Shapiro. 2004. *Termodinamika Teknik, Jilid II, Edisi IV*. Jakarta : Erlangga.
- Munawar, Agam. 2002. *Pengaruh Bentuk Burner terhadap Kinerja(Efisiensi Termal dan Reduksi Polutan) Kompor Gas LPG*. Universitas Indonesia.
- Nuraniza, Boni pahlanop Lapanporo, dan Yudha Arman. 2013. *Uji Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya Menggunakan Alat Semi Automatic Polarymeter*. Vol 1. No. 2. Hal. 87-91.

- Napitulu, Farel H. 2006. *Analisis Nilai kalor Bahan Bakar Serabut dan Cangkang Sebagai bahan Bakar Ketel Uap di Pabrik Kelapa Sawit*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Prihandana, Rama., dkk. 2007. Meraup Untung dari jarak pagar. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Shawit, Arthur., Chaim Cuffinger. 1995. Thermodynamics From Concept To Application. Avenue : Prentice Hall.
- Tazi, Imam., Sulistiana. 2011. *Uji Kalor Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Minyak Goreng Bekas*. Vol. 3. No. 2. Hal. 166.





## LAMPIRAN

- Lampiran data hasil percobaan
- Data hasil penelitian minyak jelantah sawit

Waktu (menit)						Suhu (°C)
Percobaan Ke-						
1	2	3	4	5	Rata-rata	
0,121167	0,193833	0,1155	0,137833	0,135833	0,140833	35
0,568333	0,505667	0,311333	0,374833	0,326667	0,417367	45
1,104667	0,978667	0,722333	0,748833	0,670167	0,844933	55
1,568	1,3735	1,194	1,220667	1,119833	1,2952	65
2,1435	1,8555	1,697833	1,572833	1,524833	1,7589	75
2,735167	2,620833	2,355833	2,3985	2,3465	2,491367	85
3,326667	3,010833	2,844333	2,848333	2,845	2,975033	90
3,963167	3,307833	3,613833	3,625667	3,258333	3,553767	95
4,775667	4,084167	3,8555	4,543667	4,375833	4,326967	98

### Data Suhu dengan Efisiensi Termal

Suhu (°C)	efisiensi (%)
35	74,34151364
55	29,73942102
65	23,2523612
75	22,57874309
85	14,2938425
90	10,82332512
95	9,045412255
98	4,062246445

### Data Suhu dengan Waktu Rata – Rata Pemasakan

suhu	tm rata - rata
35	0,140833333
45	0,417366667
55	0,844933333
65	1,2952
75	1,7589

85	2,491366667
90	2,975033333
95	3,553766667
98	4,326966667

➤ **Data hasil penelitian minyak jelantah pedagang lapangan**

Waktu (menit)						Suhu (°C)
Percobaan Ke-						
1	2	3	4	5	Rata-rata	
0,149667	0,0925	0,160667	0,120667	0,110167	0,126733	35
0,436167	0,498333	0,622667	0,353333	0,389333	0,459967	45
0,911667	0,988333	1,031167	0,646667	0,803333	0,876233	55
1,322833	1,4575	1,494833	1,005833	1,302	1,3166	65
1,833333	2,016	1,9685	1,522833	1,8745	1,843033	75
2,806333	2,559333	2,617167	2,385667	2,546667	2,583033	85
3,466833	3,049833	3,236167	2,630667	2,8755	3,0518	90
4,515167	4,298833	4,1345	3,082667	4,145667	4,035367	95
4,9485	4,753833	4,515833	3,581	4,4885	4,457533	98

**Data Suhu dengan Efisiensi Termal**

Suhu (°C)	Efisiensi (%)
35	81,45525694
55	27,54662103
65	23,4420473
75	19,60950338
85	13,95013004
90	11,01091115
95	5,247786744
98	7,335796768

**Data Suhu dengan Waktu Rata - Rata Pemasakan**

suhu	tm rata – rata
35	0,126733333
45	0,459966667

55	0,876233333
65	1,3166
75	1,843033333
85	2,583033333
90	3,0518
95	4,035366667
98	4,457533333

➤ **Data hasil penelitian minyak jelantah kanola**

Waktu (menit)						Suhu (°C)
Percobaan Ke-						
1	2	3	4	5	Rata-rata	
0,155	0,163	0,158667	0,150167	0,1425	0,153867	35
0,5525	0,4885	0,2915	0,290167	0,2725	0,379033	45
1,089833	0,855333	0,8445	0,832667	0,786667	0,8818	55
1,618167	1,251	1,305833	1,187667	1,161167	1,304767	65
2,27	1,755167	1,842333	1,786833	1,766667	1,8842	75
3,208667	2,535833	2,3975	2,331	2,251833	2,544967	85
3,8395	2,843667	2,869	2,844833	2,817333	3,042867	90
4,598833	3,271	3,553833	3,485167	3,291167	3,64	95

**Data Suhu Dengan Efisiensi Termal**

Suhu (°C)	Efisiensi Thermal (%)
35	68,30566653
45	46,67638145
55	20,90426021
65	24,84821158
75	18,13835107
85	15,9057134
90	10,55429326
95	8,800350472

## Data Suhu dengan Waktu Rata – Rata Pemasakan

suhu	tm rata – rata
35	0,153866667
45	0,379033333
55	0,8818
65	1,304766667
75	1,8842
85	2,544966667
90	3,042866667
95	3,64

### ➤ Gambar alat dan bahan



Penyangga

Tabung

Selang

Kompur Sumbu



Gelas Ukur



Termometer



Panci



Nepel dan Kapas



Korek api



Kain kaos